

# **TRABAJO DE ASCENSO**

## **ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA POTABLE DEL EDIFICIO DE LA FAU-UCV**

**Un aporte al programa de instalaciones sanitarias en la asignatura  
Instalaciones 97 del plan de estudios de la carrera de Arquitectura**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Prof. José Manzur Najul Saldivia  
para optar al ascenso  
a la categoría de Asistente

Enero 2017

**Profesor José Manzur Najul Saldivia**

**ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA  
POTABLE DEL EDIFICIO DE LA FAU-UCV**

**Un aporte al programa de instalaciones sanitarias en la asignatura  
Instalaciones 97 del plan de estudios de la carrera de Arquitectura**

**Tutor: Prof. Henry A. Blanco S.**

**Trabajo de Ascenso, Caracas, U.C.V., Facultad de Arquitectura y Urbanismo**

**Escuela de Arquitectura, 2016, No. Páginas 73**

**RESUMEN**

**Palabras clave:** *Instalaciones sanitarias, agua potable, pérdidas de carga, tuberías de termofusión, técnicas y recursos didácticos.*

El diseño correcto de las instalaciones sanitarias de una edificación debe procurar el abastecimiento de agua potable en cantidad y presión suficiente, sin deterioro de la calidad para su consumo y a costos razonables. Motivado por las frecuentes manifestaciones de la comunidad que hace vida en el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV), sobre las deficiencias en la distribución y suministro de agua potable, tales como: presión insuficiente para satisfacer las necesidades de las piezas sanitarias de los pisos altos del edificio entre otras, y considerando que uno de los contenidos de la asignatura Instalaciones 97 del plan de estudios de la carrera de Arquitectura es el programa de Instalaciones Sanitarias, se propuso como objetivo general del presente trabajo, diagnosticar el sistema de instalaciones sanitarias de agua potable del edificio FAU-UCV y utilizar la experiencia como apoyo al dictado del programa Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, correspondiente al plan de estudios de la carrera de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela. Las actividades para el logro de los objetivos se agruparon en cuatro etapas: 1) Identificación de los componentes del sistema: mediante la ubicación y revisión del proyecto original de las Instalaciones Sanitarias del Edificio de la FAU-UCV, así como el reconocimiento de las mismas. 2) Cálculo y diseño de las instalaciones: siguiendo la estructura del programa de la asignatura, se asumieron tres (3) escenarios, el primero considerando las condiciones del proyecto original en términos de diámetro y material de las tuberías, el segundo modificando los diámetros con el mismo material y el tercero, para los mismos diámetros del proyecto original, sustituyendo el material de las tuberías. 3)

Propuestas para su adecuación a las Normativas: previa verificación del cumplimiento de la normativa en el proyecto original, se compararon los resultados obtenidos para los tres (3) escenarios planteados como base para la elaboración de propuestas generales de corto, mediano y largo plazo para su adecuación. 4) Incorporación de los resultados del diagnóstico en el programa de la asignatura: mediante la revisión técnicas y tipos de recursos didácticos recomendados, se seleccionaron aquellos que, de acuerdo a la experiencia adquirida por el autor, como docente en la misma, pudieran aplicarse, para luego proponer algunos recursos específicos, utilizando los contenidos presentados en este trabajo, para ser incluidos en el corto plazo en el programa mencionado. Entre los resultados se obtuvo, que los parámetros de diseño del proyecto original son adecuados y cumplen con lo recomendado por la normativa sanitaria venezolana, siendo el punto crítico la disponibilidad de presión en la toma, a la entrada del edificio, ocasionado por el manejo del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad Universitaria de Caracas, en el cual la red es abastecida directamente del sistema de Hidrocapital, sin bombeo hacia el tanque de la red baja, condición que no suministra la presión requerida. Se concluye que, si el sistema de abastecimiento de la Ciudad Universitaria de Caracas se alimentara a partir del tanque ubicado a 918 msnm, a capacidad plena, la presión teórica disponible en la entrada del edificio de 58,78 m.c.a, permitiría el funcionamiento adecuado de las instalaciones sanitarias del edificio de la FAU-UCV, suponiendo un estado físico aceptable de las tuberías. Se recomienda verificar la presión disponible actualmente a la entrada del edificio de la FAU-UCV, inspeccionar cada ramal de tubería para verificar su estado físico y, en caso de obstrucción, sustituir progresivamente por tuberías de termofusión del mismo diámetro, instalar un sistema de bombeo con su respectivo tanque de almacenamiento, similar al propuesto en este trabajo, aprovechando los tanques existentes, previa inspección por personal experto y utilizar el presente documento como base para la elaboración de los recursos de apoyo para la aplicación de las técnicas didácticas: Laboratorio, Simulación, Trabajo de campo, Exposición y pregunta, Proyectos y prácticas profesionales en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, de la carrera de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL .....	3
ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA POTABLE EN EDIFICACIONES.....	3
Componentes del sistema de instalaciones sanitarias de agua potable en edificaciones .....	3
Criterios de diseño .....	12
Trazado, configuración y materiales de la red .....	20
Principales problemas que presentan las instalaciones sanitarias de agua potable y formas de prevenirlos .....	21
Innovaciones en las instalaciones sanitarias .....	23
ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ENFOCADO AL CURRÍCULUM POR COMPETENCIAS .....	26
Proceso enseñanza-aprendizaje .....	26
Métodos, Estrategias y Técnicas Didácticas.....	27
Algunas experiencias.....	29
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	31
Etapa 1. Identificación de los componentes del sistema.....	31
Etapa 2. Cálculo y diseño de las instalaciones .....	32
Etapa 3. Propuestas para su adecuación a las Normativas .....	46
Etapa 4. Incorporación de los resultados del diagnóstico en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97 .....	47
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	48
RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS .....	48
REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO .....	52
Dotación.....	52
Almacenamiento .....	53
Aducción .....	53
Montante de agua potable .....	53
Sistema de bombeo con tanque hidroneumático .....	60

ANÁLISIS INTEGRAL .....	63
APORTE AL PROGRAMA DE INSTALACIONES SANITARIAS .....	65
Aspectos conceptuales y de formación.....	65
Recursos de apoyo .....	65
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
CONCLUSIONES .....	69
RECOMENDACIONES .....	70
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS .....	71

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dotación para planteles educacionales .....	14
Cuadro 2. Unidades de gasto asignadas a piezas sanitarias de uso público .....	16
Cuadro 3. Gastos probables en litros por segundo en función de las unidades de gasto .....	17
Cuadro 4. Diámetros y presiones mínimos.....	19
Cuadro 5. Actividades de un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias .....	22
Cuadro 6. Actividades de un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias .....	28
Cuadro 7. Resumen del número y tipo de piezas sanitarias por piso en el edificio de la FAU-UCV .....	52
Cuadro 8. Unidades de gasto y gastos disponibles.....	55
Cuadro 9. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros del proyecto original, tubería de hierro galvanizado y coeficiente de rugosidad C=100.....	56
Cuadro 10. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros recomendados por el programa, tubería de hierro galvanizado y coeficiente de rugosidad C=100.....	57
Cuadro 11. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros del proyecto original y tubería PEAD (Termofusión) con coeficiente de rugosidad C=140.....	58
Cuadro 12. Resumen de las presiones requeridas en los tres escenarios analizados .....	60
Cuadro 13. Resumen de las presiones requeridas en los tres escenarios analizados .....	61
Cuadro 14. Análisis y diseño del tanque hidroneumático para el escenario 2 Diámetros recomendados por el programa, tuberías de hierro galvanizado, C=100.....	62
Cuadro 15. Análisis y diseño del tanque hidroneumático para el escenario 3 Diámetros del proyecto original, tuberías de polietileno de alta densidad PEAD Termofusión, C=140.....	63
Cuadro 16. Propuesta de los recursos de apoyo a la asignatura Instalaciones 2064 del programa de instalaciones sanitarias .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Excusado de tanque y b) excusado de válvula .....	4
Figura 2. Lavamanos.....	5
Figura 3. a) Urinario de tanque y b) Urinario de válvula .....	5
Figura 4. Lavamopas.....	6
Figura 5. Bidet.....	6
Figura 6. Ducha.....	7
Figura 7. Fregadero.....	8
Figura 8. Batea.....	8
Figura 9. Bebedero.....	9
Figura 10. Esquema de un montante de agua potable y tuberías de distribución .	10
Figura 11. Esquema de un sistema de hidroneumático .....	11
Figura 12. Esquema de un sistema de bombeo directo .....	12
Figura 13. Tuberías de termofusión .....	24
Figura 14. Excusados de bajo consumo .....	25
Figura 15. Griferías a) Consumo controlado y b) bajo consumo de agua .....	25
Figura 16. Ingreso de los datos del proyecto .....	34
Figura 17. Ingreso de los datos de los tramos de las tuberías de la red .....	35
Figura 18. Ingreso de tipo y número de piezas sanitarias por ramal .....	36
Figura 19. Ingreso de las cotas de piso.....	37
Figura 20. Presentación de resultados - Predimensionado de la red .....	38
Figura 21. Presentación de resultados - Tabla de unidades de gasto y Gasto probable .....	38
Figura 22. Presentación de resultados - Tabla de longitudes equivalentes .....	39
Figura 23. Presentación de resultados - Tabla de pérdidas y presiones disponibles .....	40
Figura 24. Presentación de resultados - Opciones de modificación de datos e impresión de resultados .....	40
Figura 25. Opciones de impresión de resultados .....	41
Figura 26. Opciones de exportación de resultados .....	42

Figura 27. Datos generales para el cálculo del sistema hidroneumático.....	43
Figura 28. Factores de consumo de Peerless .....	45
Figura 29. Resultados del cálculo del sistema hidroneumático .....	46
Figura 30. Tubería de aducción y filtro ubicados en el sótano .....	49
Figura 31. Salas y piezas sanitarias de planta baja, pisos 1 y 8 .....	50
Figura 32. Salas y piezas sanitarias de los pisos 2 al 7 .....	51



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes en el diseño, proyecto y construcción de edificaciones destinadas a uso residencial, comercial, institucional, industrial y público, lo constituye la red de instalaciones sanitarias. Específicamente las de abastecimiento de agua potable, mal llamadas “*aguas blancas*”, se requieren para satisfacer las necesidades básicas del ser humano: suministro de agua potable para la preparación de alimentos, aseo personal, limpieza y eliminación de aguas servidas. Estas instalaciones deben cumplir con exigencias de eficiencia, funcionalidad, durabilidad y economía.

Un diseño correcto debe procurar el abastecimiento de agua potable en cantidad y presión suficiente, sin deterioro de la calidad para su consumo y a costos razonables. Un diseño defectuoso puede ocasionar, entre otros, desperdicio de agua potable, daños a la edificación, contaminación del agua e incomodidades a los usuarios, con el consecuente impacto económico y afectación de la salud.

El diseño de la red sanitaria, que comprende el cálculo de carga disponible, la pérdida de carga por tramos considerando los accesorios y el cálculo de las presiones de salida, tiene como requisitos: conocer la presión de la red pública, la presión mínima de salida, las velocidades máximas y mínimas permisibles por cada tramo tubería y las diferencias de altura, entre otros. Conociendo estos datos se logrará un correcto dimensionamiento de las tuberías y accesorios.

Es oportuno señalar que las exigencias de eficiencia, funcionalidad, durabilidad y economía, antes mencionadas, no dependen únicamente de un correcto diseño. Se requiere de una gestión adecuada, que incluya el mantenimiento preventivo de sus constituyentes y la sustitución oportuna de las partes que lo requieran, así como el buen uso de las instalaciones, especialmente las piezas sanitarias.

Las edificaciones universitarias deben garantizar a su comunidad instalaciones e infraestructuras adecuadas, que brinden un nivel de funcionalidad y seguridad sanitaria. Sin embargo, la comunidad que hace vida en el edificio de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, ha manifestado deficiencias en la distribución y suministro de agua potable, tales como: presión insuficiente para satisfacer las necesidades de las salas sanitarias a partir del cuarto piso; insuficiente cantidad de agua a las piezas en las salas sanitarias y en el laboratorio de fotografía, ubicado en el sótano; deficiente funcionamiento del sistema de filtración, presentando obstrucciones que afectan la distribución del agua hacia las piezas sanitarias, trayendo como consecuencia, la insatisfacción de los usuarios, lo cual amerita el diagnóstico de las instalaciones sanitarias de agua potable, que permita proponer las modificaciones requeridas para su adecuación.

Por otra parte, Instalaciones Sanitarias es un contenido de la asignatura obligatoria Instalaciones 97 del plan de estudios en la carrera de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela, en la cual se incluye el diseño de sistemas de distribución de agua potable en edificaciones.

Entre las variables que inciden en el proceso enseñanza-aprendizaje, considerando al estudiante como centro del mismo, están su motivación, acceso al objeto de estudio y posibilidades de interacción, así como disponer de una estrategia que le permita desagregarlo en sus componentes para su mejor comprensión y análisis.

En las asignaturas del ciclo profesional de los planes de estudio en las carreras universitarias, si bien es valioso que un docente con experiencia práctica, pueda transmitirla mediante ejemplos reales, el tener acceso a un laboratorio –entendido éste como un espacio para observar, manipular, modificar u obtener productos – independientemente de la escala, constituye el ambiente idóneo para aplicar la máxima “*aprender haciendo*”, potenciando la formación del estudiante.

Por todo ello, resulta interesante abordar este tema, considerando, por una parte, la posibilidad de participar en la solución del problema señalado y, por la otra, utilizar la experiencia para su uso como recurso en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo cual el objetivo general del presente trabajo es diagnosticar el sistema de instalaciones sanitarias de agua potable del edificio FAU-UCV como apoyo al dictado del programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, correspondiente al plan de estudios de la carrera de Arquitectura en la Universidad Central de Venezuela. Para ello, se plantearon y alcanzaron los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los componentes del sistema de agua potable del edificio FAU-UCV
- Calcular la dotación requerida por el edificio, las unidades de gasto de las piezas sanitarias y por consiguiente los diámetros del montante de agua potable (MAP) y de las tuberías de distribución.
- Proponer las modificaciones necesarias con base en la verificación del cumplimiento de la normativa, en este caso la Gaceta Oficial extraordinaria 4.044 de fecha 08 de septiembre de 1988.
- Incorporar los resultados del diagnóstico en el programa Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97.

## **CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL**

A continuación se presentan las bases conceptuales del trabajo realizado, divididas en dos partes. En la primera parte se describen los aspectos relativos a las instalaciones sanitarias, componentes y criterios de diseño, los problemas estructurales y funcionales que comúnmente presentan, así como las acciones preventivas para evitarlos e innovaciones en su diseño y funcionamiento. En la segunda parte se indaga sobre los conceptos básicos que constituyen el marco para incorporar los resultados del trabajo en los métodos, estrategias y técnicas didácticas que pueden apoyar el dictado del programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, del plan de estudios de la carrera de Arquitectura en la Universidad Central de Venezuela.

### **ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA POTABLE EN EDIFICACIONES.**

Se conoce como instalaciones sanitarias al conjunto de sistemas, equipos y artefactos necesarios para mantener una edificación en condiciones sanitarias, tales como: el sistema abastecimiento y distribución de agua potable; el desagüe de las aguas servidas y de lluvia; el de recolección y almacenamiento de residuos sólidos, etc., (GORV, 1988). Para efectos de este trabajo, sólo se hará referencia a las instalaciones sanitarias de agua potable.

#### **Componentes del sistema de instalaciones sanitarias de agua potable en edificaciones**

Los componentes del sistema de instalaciones sanitarias de agua potable en edificaciones, se resumen a continuación (GORV, 1988):

- Salas sanitarias: baño, cocina y lavadero
- Piezas sanitarias: excusado o poceta, lavamanos, urinario, ducha, bidet, fregadero, lavamopas, batea, lavadora mecánica y bebedero.
- Montante de agua potable (MAP)
- Tuberías de distribución de agua potable
- Sistema de almacenamiento y bombeo

Sala sanitaria: Ambiente de la edificación donde se colocan las piezas sanitarias, generalmente denominadas baño, cocina y lavadero.

Pieza sanitaria: Artefacto o equipo instalado en una edificación que cumple con las siguientes condiciones: a) dotado de suministro de agua potable, b) que recibe

líquidos residuales o residuos transportados por líquidos y c) descarga los líquidos residuales o residuos transportados en el sistema de desagüe de la edificación.

*Excusado o poceta:* Pieza sanitaria que se utiliza para defecar y orinar. Se clasifica en excusado de tanque, cuando el agua utilizada para su descarga y/o limpieza, es previamente almacenada en un pequeño tanque o recipiente y excusado de válvula, en el cual el agua utilizada para su descarga y/o limpieza, es suministrada y controlada por una válvula que se acciona manual o automáticamente (Figura 1).



**Figura 1. a) Excusado de tanque y b) excusado de válvula**

Fuente: a) <http://buenosaber.blogspot.com/2012/02/el-inodoro-elemento-sanitario.html>

b) <http://hygolet.com.mx/productos/makech/inodorodefluxometro-wtf001#prettyPhoto>

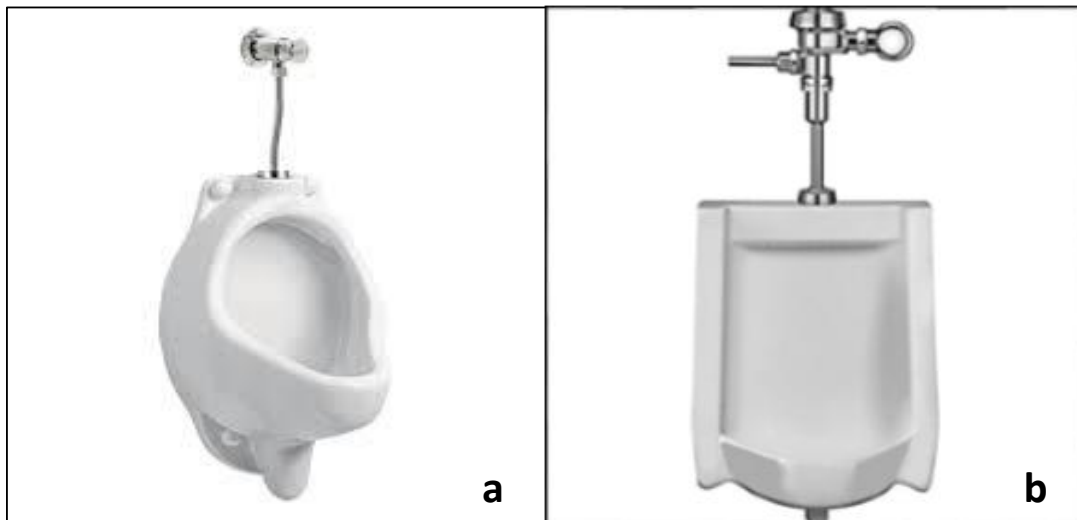
*Lavamanos:* Pieza sanitaria cóncava que se utiliza para el aseo de las manos y la cara de una persona. (Figura 2)



**Figura 2. Lavamanos**

Fuente: <http://www.bazaramericano.com.co/accesorios-de-bano/533-lavamanos-acuacer-ped.html>

*Urinario:* Pieza sanitaria que se utiliza para orinar. Se denomina urinario de tanque, cuando el agua utilizada para su descarga y/o limpieza, es previamente almacenada en un pequeño tanque o recipiente y urinario de válvula en el cual el agua utilizada para su descarga y/o limpieza, es suministrada y controlada por una válvula que se acciona manual o automáticamente (Figura 3).



**Figura 3. a) Urinario de tanque y b) Urinario de válvula**

Fuente: a) <http://www.promart.pe/cocinas-y-banos/sanitarios/tazas-y-urinarios?sc=2>

b) <https://www.grainger.com.mx/Todas-las-Categor%C3%ADas-de-productos/Plomer%C3%ADa/Inodoros-Mingitorios/Mingitorios/Urinario%2CCarcasa-Cromada-Resistente/p/2PPR5>

*Lavamopas*: pieza sanitaria en forma de cubeta que sirve para que en ella se limpien los equipos utilizados en el aseo de los pisos de las edificaciones. (Figura 4)



**Figura 4. Lavamopas**

Fuente: <http://www.consorca.com.ve/acero/hospitalarios.php>

*Bidet*: Pieza sanitaria sobre la cual una persona puede sentarse a horcajadas para lavarse. (Figura 5)



**Figura 5. Bidet**

Fuente: <http://www.briggsplumbing.com/fixtures/bidets/all>

*Ducha:* Pieza sanitaria que se utiliza para el aseo total de una persona mediante la descarga de agua que se hace caer sobre el cuerpo. La ducha incluye el receptáculo inferior que recibe las aguas residuales y el correspondiente drenaje de piso y las conduce al sistema de desagüe, así como la obra civil, bien sea ésta prefabricada o constituida por un muro perimetral de reducida altura. (Figura 6)



**Figura 6. Ducha**

Fuente: [https://blog.securibath.com/wp-content/uploads/2009/06/ducha\\_de\\_obra\\_1.jpg](https://blog.securibath.com/wp-content/uploads/2009/06/ducha_de_obra_1.jpg)

*Fregadero:* Pieza sanitaria que sirve para el lavado de vajilla (Figura 7)



**Figura 7. Fregadero**

Fuente: <http://www.clasf.co.ve/q/fregadero-bm-modelo-bellagio/>

*Batea*: Pieza sanitaria que se utiliza para el lavado de ropa. (Figura 8)



**Figura 8. Batea**

Fuente: <http://www.clasf.co.ve/bateas-sencillas-en-charallave-1988645/>

*Bebedero*: Pieza sanitaria de diseño, especial, que sirve para beber. (Figura 9)





**Figura 9. Bebedero**

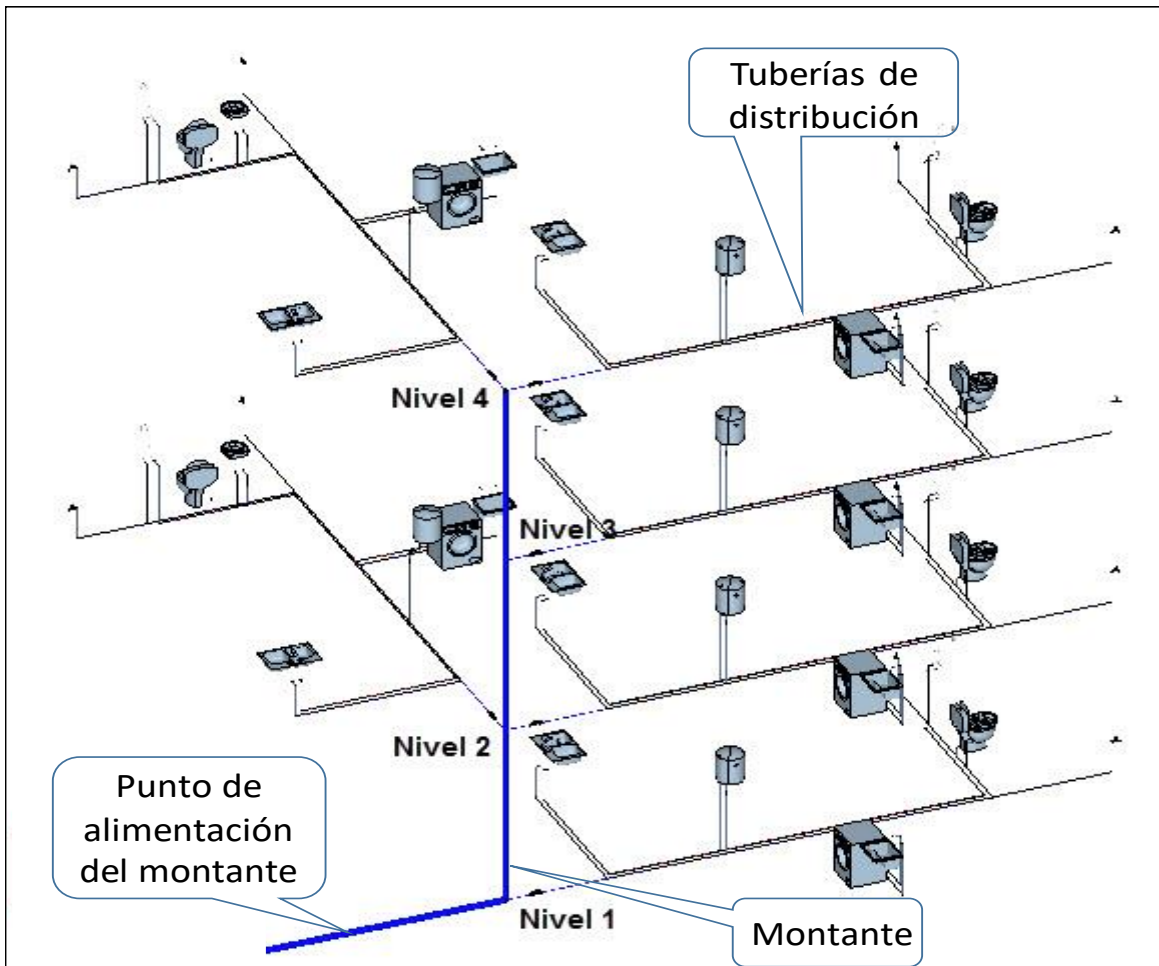
**Fuente:** <http://hidromedsa.com/bebedero-ezs8/>

Aducción: Es la tubería de alimentación de un sistema de distribución de una edificación, desde la toma domiciliaria hasta el tanque subterráneo.

Montante de agua potable: Es la tubería del sistema de abastecimiento de agua de una edificación que se extiende verticalmente por uno o más pisos, conduciendo agua potable para alimentar ramales de distribución a grupos de piezas sanitarias o piezas sanitarias en forma individual.

Tuberías de distribución de agua potable: Son las tuberías en sentido horizontal que se extienden desde el montante de agua potable hasta cada una de las piezas sanitarias. Están provistas de una llave de paso y un medidor de flujo.

La figura 10 muestra el esquema del montante y las tuberías de distribución de agua potable.



**Figura 10. Esquema de un montante de agua potable y tuberías de distribución**

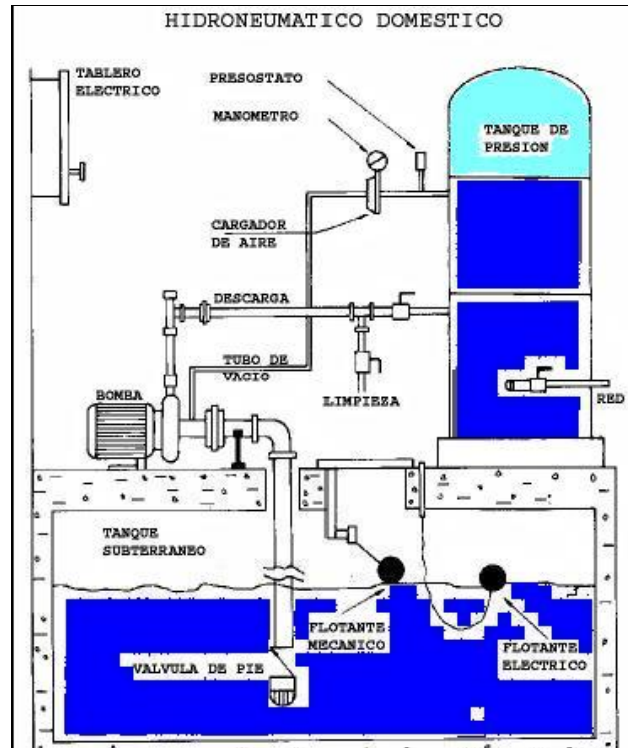
Fuente: <http://www.hidrasoftware.com/disenio-del-montante-de-distribucion-para-las-instalaciones-sanitarias-en-edificaciones-con-plumber/>

Sistema de almacenamiento y bombeo:

Cuando sistema de abastecimiento de agua público garantice servicio continuo y presión suficiente, la edificación podrá servirse directamente de la toma domiciliaria, pero en caso contrario, deberán diseñarse con uno o varios depósitos para almacenamiento de agua y equipos de bombeo hidroneumático o directo.

*Almacenamiento:* Estanque de agua potable que debe ser diseñado y construido para ser operado y mantenido de forma de no poner en riesgo la potabilidad del agua. La capacidad mínima debe ser una dotación diaria. Los tanques pueden ser subterráneos, a nivel y elevados; estos últimos actualmente no se recomienda su uso, aunque la norma antisísmica venezolana no los prohíbe.

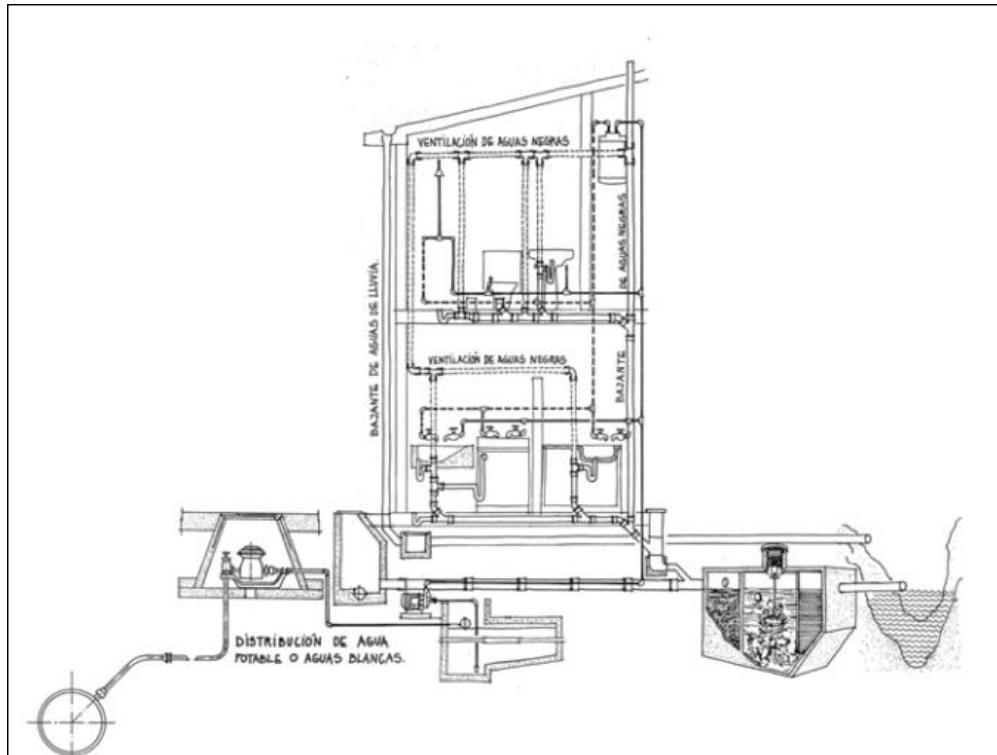
*Sistema de hidroneumático:* Es el sistema de abastecimiento de agua para una edificación que consiste en un estanque de almacenamiento de agua, un sistema de bombeo y un estanque de presión que contiene volúmenes variables de agua y de aire. La presión ejercida por el aire sobre el agua, permite que ésta abastezca las piezas sanitarias instaladas, con gasto y presión adecuados de diseño. La figura 11 muestra el esquema de un sistema de hidroneumático.



**Figura 11. Esquema de un sistema de hidroneumático**

Fuente: <http://avias-aguassubterraneeas.blogspot.com/2010/09/revista-aguas-para-el-desarrollo-en-feb.html>

*Sistema de bombeo directo:* Es el sistema de abastecimiento de agua para una edificación que consiste en un estanque de almacenamiento de agua y de un conjunto de bombas, cuyo funcionamiento continuo de al menos una de ellas, permite el abastecimiento directo de las piezas sanitarias instaladas en la edificación. También se le denomina sistema de presión constante. La figura 12 muestra el esquema de un sistema de bombeo directo.



**Figura 12. Esquema de un sistema de bombeo directo**

Fuente: López, (1990).

### **Criterios de diseño**

El diseño del sistema de distribución de agua potable en edificaciones comienza con la determinación de la dotación de agua, requerida para satisfacer las necesidades de sus ocupantes. Con ella se define la capacidad del tanque de almacenamiento, de acuerdo a la cantidad de días de reserva y los requerimientos contra incendio, así como el diámetro de la tubería de aducción, desde la toma domiciliar hasta el tanque, que permita la entrada de agua correspondiente a un día, en un tiempo de 4 horas.

Para el dimensionamiento de la red de tuberías de distribución de cada uno de los pisos, se debe calcular el gasto probable de diseño en cada tramo de tubería, de acuerdo a las unidades de gasto correspondientes a cada una de las piezas sanitarias.

El cálculo de las pérdidas de carga en la red de tuberías de distribución define la presión requerida a la entrada del sistema. En caso de no ser suficiente, se requeriría un sistema de bombeo que permita alcanzar la presión necesaria, en la pieza más desfavorable.

Para el dimensionamiento del sistema hidroneumático se calcula la demanda máxima, bien sea a partir de la dotación o de las unidades de gasto.

#### Dotación de agua

Se entiende por dotación, la cantidad de agua deseable por habitante, de la cual debe disponer una determinada población. Generalmente se expresa en litros per cápita por día (lpcd) o en litros por persona por día (lppd). Este término no debe confundirse con consumo per cápita, que es la cantidad realmente utilizada, pues ésta no es necesariamente la deseada. (Bolinaga, 1999)

La dotación para el abastecimiento urbano es el resultado de los requerimientos razonables de los diferentes usos y está influenciada por factores tales como: las necesidades de tipo sanitario, el clima, el tamaño del urbanismo o ciudad, el precio del agua, la existencia o no de cloacas, las características de los habitantes, el tipo de industria, comercio o institución. (Bolinaga, 1999)

En un acueducto, la acometida de agua potable para una edificación comienza con el punto de incorporación a la red urbana de agua de la ciudad. Mediante este dispositivo conectado a la red del acueducto, se deriva hacia cada edificación, la tubería correspondiente hasta el medidor ubicado al frente de cada parcela. (Arocha, 2011).

El conjunto de accesorios: llave de incorporación, tubería de conexión, llave maestra, accesorios complementarios y medidor, forma parte del sistema de distribución de agua de la ciudad, comúnmente denominada Toma Domiciliaria, cuyo diámetro se fija en función de las dotaciones en litros por día (l/d), que las normas sanitarias han establecido para cada edificación, dependiendo de su uso. (Arocha, 2011).

Para la determinación de la dotación de agua se aplican los criterios establecidos en las normas sanitarias (GORV, 1988). Para el caso de las instituciones educativas, el artículo 110 en su aparte B establece, para los planteles educativos, la dotación que se muestra en el cuadro 1, haciendo la salvedad que para los planteles educativos con dos o más turnos, la dotación calculada se multiplica por el número de turnos.

### Cuadro 1. Dotación para planteles educativos

Tipo de personal	Dotación
Alumnado externo	40 l/alumno.día
Alumnado semi-interno	70 l/alumno.día
Alumnado interno o residente	200 l/alumno.día
Personal residente en el plantel	200 l/persona.día
Personal no residente	50 l/persona.día

Fuente: GORV, 1988

#### Aducción

El cálculo de la tubería de aducción se realiza de acuerdo a la fórmula:

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q = caudal de agua que permita alimentar el tanque con la dotación de un día en 4 horas de llenado

V = velocidad del agua (entre 0,60 m/s y 3 m/s)

A = área transversal de la tubería de aducción =  $0,785 \times D^2$

D = diámetro (m)

### Gasto de diseño

El cálculo del gasto de diseño considera el tipo de uso que tendrá la edificación, número de piezas sanitarias conectadas a la red de distribución, tipo de pieza (tanque o de válvula), tiempo de uso, simultaneidad de uso, entre otros.

Si bien es ilógico pensar en el funcionamiento simultáneo de todas las piezas que integran la edificación, tampoco se puede prever con exactitud qué porcentaje de ellas funcionan de forma simultánea. Los métodos de estudio buscan determinar este porcentaje para que funcionen adecuadamente y a la vez considerar el aspecto económico. (Tatá, 2003).

La norma sanitaria venezolana prevé el uso del “Método de Hunter” para el cálculo de los gastos de diseño en cada uno de los ramales de las tuberías de la red de agua potable. Este método define la unidad de gasto como la cantidad de agua consumida por un lavamanos de tipo doméstico durante su uso. Con base en ello, se determina la equivalencia de unidades de gasto para las piezas sanitarias más usuales y basado en el cálculo de las probabilidades, se obtiene el tiempo de uso simultáneo de las piezas sanitarias y de aquí los gastos en función al número de ellos. (Sparrow, 2014)

El cuadro 2 presenta las unidades de gasto asignadas a piezas sanitarias de uso público, considerando las de tipo de tanque y de válvula, indicando además la consideración de agua fría o agua caliente para el cálculo de la tubería de abastecimiento correspondiente.

Una vez obtenidas las unidades de gasto por tramo y dependiendo si son del tipo de tanque o de válvula, se suman los valores para cada sector y con base en el método de Hunter, se determina el gasto máximo probable. La determinación del gasto probable en litros por segundo a partir de las unidades de gasto se facilita mediante el uso de la correlación presentada en el cuadro 3.

**Cuadro 2. Unidades de gasto asignadas a piezas sanitarias de uso público\***

Pieza Sanitaria	Tipo	Total	Para Tubería de abastecimiento de agua fría	Para Tubería de abastecimiento de agua caliente
Bañera	-	4	3	3
Batea	-	6	4,50	4,50
Ducha	-	4	3	3
Excusado	Con tanque	5	5	-
Excusado	Con válvula semiautomática	10	10	-
Fregadero	Hotel restaurante	4	3	3
Fregadero	Pantry	3	2	2
Fuente para beber	Simple	1	1	-
Fuente para beber	Múltiple	1(*)	1(*)	-
Lavamanos	Corriente	2	1,50	1,50
Lavamanos	Múltiple	2(*)	1,50(*)	1,50(*)
Lavacopas	-	2	1,50	1,50
Lavamopas	-	3	2	2
Lavaplatos	Mecánico	4	3	3
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	-
Urinario de pedestal	Con válvula semiautomática	10	10	-

**Nota:** Para calcular tuberías de distribución que conduzcan agua fría solamente o agua fría más el gasto de agua a ser calentada, se usarán las cifras indicadas en la primera columna. Para calcular diámetros de tubería que conduzcan agua fría o agua caliente a una pieza sanitaria que requiera de ambos, se usarán las cifras indicadas en la segunda y tercera columna

\*Corresponde a la tabla 34 de la GORV, 1988.



**Cuadro 3. Gastos probables en litros por segundo en función de las unidades de gasto\***

No. de unidades de gasto	Gasto probable piezas de tanque	Gasto probable piezas de válvula	No. de unidades de gasto	Gasto probable piezas de tanque	Gasto probable piezas de válvula	No. de unidades de gasto	Gasto probable piezas de tanque	Gasto probable piezas de válvula
3	0.20	no hay	205	4.23	5.70	1250	15.18	15.18
4	0.26	no hay	210	4.29	5.76	1300	15.50	15.50
5	0.38	1.51	215	4.34	5.80	1350	15.90	15.90
6	0.42	1.56	220	4.39	5.84	1400	16.20	16.20
7	0.46	1.61	225	4.42	5.92	1450	16.60	16.60
8	0.49	1.67	230	4.45	6.00	1500	17.00	17.00
9	0.53	1.72	235	4.50	6.10	1550	17.40	17.40
10	0.57	1.77	240	4.54	6.20	1600	17.70	17.70
12	0.63	1.86	245	4.59	6.31	1650	18.10	18.10
14	0.70	1.95	250	4.64	6.37	1700	18.50	18.50
16	0.76	2.03	255	4.71	6.43	1750	18.90	18.90
18	0.83	2.12	260	4.78	6.48	1800	19.20	19.20
20	0.89	2.21	265	4.86	6.54	1850	19.60	19.60
22	0.96	2.29	270	4.93	6.60	1900	19.90	19.90
24	1.04	2.36	275	5.00	6.66	1950	20.10	20.10
26	1.11	2.44	280	5.07	6.71	2000	20.40	20.40
28	1.19	2.51	285	5.15	6.76	2050	20.80	20.80
30	1.26	2.59	290	5.22	6.83	2100	21.20	21.20
32	1.31	2.65	295	5.29	6.89	2150	21.60	21.60
34	1.36	2.71	300	5.36	6.94	2200	21.90	21.90
36	1.42	2.78	320	5.61	7.13	2250	22.30	22.30
38	1.46	2.84	340	5.86	7.32	2300	22.60	22.60
40	1.52	2.90	360	6.12	7.52	2350	23.00	23.00
42	1.56	2.96	380	6.57	7.71	2400	23.40	23.40
44	1.63	3.03	400	6.62	7.90	2450	23.70	23.70
46	1.69	3.09	420	6.87	8.09	2500	24.00	24.00
48	1.74	3.16	440	7.11	8.28	2550	24.40	24.40
50	1.80	3.22	460	7.36	8.47	2600	24.70	24.70
55	1.94	3.35	480	7.60	8.66	2650	25.10	25.10
60	2.08	3.47	500	7.83	8.85	2700	25.50	25.50
65	2.18	3.57	520	8.08	9.02	2750	25.80	25.80
70	2.27	3.66	540	8.32	9.20	2800	26.10	26.10
75	2.34	3.78	560	8.55	9.37	2850	26.40	26.40
80	2.40	3.91	580	8.79	9.55	2900	26.70	26.70
85	2.48	4.00	600	9.02	9.72	2950	27.00	27.00
90	2.57	4.10	620	9.24	9.89	3000	27.30	27.30
95	2.68	4.20	640	9.46	10.05	3050	27.60	27.60
100	2.78	4.29	680	9.88	10.38	3100	28.00	28.00
105	2.88	4.36	700	10.10	10.55	3150	28.30	28.30
110	2.97	4.42	720	10.32	10.74	3200	28.70	28.70
115	3.06	4.52	740	10.54	10.93	3250	29.00	29.00
120	3.15	4.61	760	10.76	11.12	3300	29.30	29.30
125	3.22	4.71	780	10.98	11.31	3350	29.60	29.60
130	3.28	4.80	800	11.20	11.50	3400	30.30	30.30
135	3.35	4.86	820	11.40	11.66	3450	30.60	30.60
140	3.41	4.92	840	11.60	11.92	3500	30.90	30.90
145	3.48	5.02	860	11.80	11.98	3550	31.30	31.30
150	3.54	5.11	880	12.00	12.14	3600	31.60	31.60
155	3.60	5.18	900	12.20	12.30	3650	31.90	31.90
160	3.66	5.24	920	12.37	12.46	3700	32.30	32.30
165	3.73	5.30	940	12.55	12.62	3750	32.60	32.60
170	3.76	5.36	960	12.72	12.76	3800	32.90	32.90
175	3.85	5.41	980	12.90	12.94	3850	33.30	33.30
180	3.91	5.48	1000	13.07	13.10	3900	33.60	33.60
185	3.98	5.55	1050	13.49	13.80	3950	33.90	33.90
190	4.04	5.58	1100	13.90	13.90	4000	34.30	34.30
195	4.10	5.60	1150	14.38	14.38	4050	34.60	34.60
200	4.15	5.63	1200	14.85	14.85	4100	34.90	34.90

\*Corresponde a la tabla 37 de la GORV, 1988.

### Diámetros de tuberías de agua potable

Para el dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de agua potable se fija una velocidad entre 0,60 m/s para evitar sedimentación y 3,0 m/s para evitar ruido y vibración de la tubería. El cálculo de las pérdidas de carga por fricción, se realiza mediante las formulaciones típicas de Hazen-William, utilizando la velocidad definida, las longitudes de tubería y su rugosidad, que depende del tipo de material.

$$J = \alpha \times L \times Q^n$$

$$\alpha = 1,21957 \times 10^{10} / (C^{1,85} L \times D^{4,87})$$

$$J = 1,21957 \times 10^{10} \times L \times Q^n$$

Donde:

J= Pérdida por fricción en metros

$\alpha$  = Coeficiente en función del diámetro y de la rugosidad de la tubería en función del material.

L = Longitud de la tubería en metros

Q = Gasto probable en litros por segundo

C = Coeficiente de rugosidad

n = Varía entre 1,85 y 2,00 de acuerdo al tiempo de uso de las tuberías

Existen en la bibliografía tablas, nomogramas y gráficos para el dimensionamiento de las tuberías de distribución, calculados con base en los parámetros antes señalados (López, 1990; García, 2007)

### Requerimientos de presión

La presión requerida para garantizar el buen funcionamiento de la red de distribución de agua potable se calcula sumando las pérdidas de carga acumuladas en tuberías y piezas de conexión, a la presión mínima requerida para la pieza sanitaria más desfavorable.

Si la sumatoria es menor o igual a la presión en la entrada del sistema – toma domiciliaria – debería funcionar adecuadamente. En caso contrario se requiere un sistema de bombeo.

El cuadro 4 muestra los diámetros y presiones mínimos en la red de agua potable, de acuerdo al tipo de pieza sanitaria.

**Cuadro 4. Diámetros y presiones mínimos\***

<b>Artefacto Sanitario</b>	<b>Diámetro mínimo</b>	<b>Presión mínima (m)</b>
Fuente de beber	1/2"	2,5
Fregadero	1/2"	2,0
Excusado de válvula	1½"	14,0
Urinario de válvula	3/4"	5,0
Lavamanos	1/2 "	2,0
Ducha	1/2 "	1,5
Lavamopas	1/2"	2,0

\*Tomado de la tabla 36 de la GORV, 1988.

#### Cálculo del Sistema de Bombeo de Agua Potable

En caso de que la presión requerida no sea suficiente, se debe diseñar un sistema de bombeo.

Existen dos (2) tipos de sistemas de bombeo: sistema hidroneumático y sistema de presión constante.

El sistema hidroneumático requiere de:

- un tanque bajo de almacenamiento, con capacidad mínima igual a la dotación total diaria de la edificación,
- dos (2) equipos de bombeo, cada uno con capacidad igual a la demanda máxima estimada del sistema,
- tanque hidroneumático, que garantice en todo momento la presión mínima requerida. Se recomienda que la presión diferencial sea mayor a 14 m.

El sistema de presión constante, o por bombeo directo requiere:

- un tanque bajo de almacenamiento, con capacidad mínima igual a la dotación total diaria de la edificación,
- tres (3) equipos de bombeo, con capacidad total igual a la demanda máxima estimada del sistema

La potencia requerida en un sistema hidroneumático se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Potencia de la bomba (HP)} = Q \times H \div 75 \times \text{ef.}$$

Donde:

Q = gasto de diseño o dotación multiplicada por un factor (8 a 10)

H = carga total de la bomba (m)

ef = eficiencia de la bomba

La carga total de la bomba (H) corresponde a la sumatoria de la altura total del edificio, la altura de succión de la bomba, la pérdida de carga en la entrada y salida de la bomba y 14 metros a la salida del tanque.

En el caso del sistema de presión constante, el caudal de diseño se divide entre el número de bombas, de la siguiente manera:

Bomba piloto:  $q_1 = 0,10 \times Q$

Bombas de servicio (2 bombas):  $q_2 = 0,50 \times Q$ , cada una

Bombas de servicio (3 bombas):  $q_3 = 0,35 \times Q$ , cada una

Para el diseño de la obra civil y tipos de materiales a utilizar en cualquiera de ellos deben considerarse las recomendaciones especificadas en la norma sanitaria venezolana (GORV, 1988).

Existen en el mercado programas de computación, basados en los conceptos y criterios señalados y considerando lo recomendado en las normas sanitarias venezolanas. (GORV, 1988).

### **Trazado, configuración y materiales de la red**

- a) Para el trazado de la red de tuberías principales que conforman el sistema de agua potable, se considera que la misma irá embutida en la placa de piso.
- b) La red principal se traza en la mayoría de los casos a lo largo del recorrido de los pasillos o pasos de servicio, precedidos con válvulas de compuerta o llaves de paso para su control, de tal forma que en caso de reparaciones mayores, la edificación no quede totalmente sin agua.

- c) Las válvulas de compuerta requeridas para el control de la red, se ubican en la entrada de cada sala sanitaria.
- d) El material de las tuberías y conexiones que conforman la red de agua potable puede ser hierro galvanizado, con juntas roscadas, cobre, plásticas (PVC - cloruro de polivinilo, PEAD -polietileno de alta densidad).

### **Principales problemas que presentan las instalaciones sanitarias de agua potable y formas de prevenirlos**

A continuación se resumen algunos de los problemas comunes que, de acuerdo a la experiencia y observación propia, presentan las instalaciones sanitarias de agua potable:

- Falta de presión suficiente para el uso satisfactorio de la pieza sanitaria.
- Deterioro físico de las tuberías de hierro galvanizado, las cuales se oxidan y manchan las piezas sanitarias, obstruyéndose internamente hasta impedir totalmente la circulación del agua hacia las piezas sanitarias.
- Si no hay control de presión, el exceso puede llegar a romper tanto la tubería de distribución como el accesorio que da servicio a la pieza sanitaria (canilla).
- También por falta de control de presión, se presentan fugas de agua en las juntas de las tuberías, deteriorando el acabado de mampostería de la pared o de la losa de piso.
- Si se excede la velocidad de diseño, mayor a 3 m/s, se pueden producir vibraciones y ruido en las tuberías y posible erosión de las mismas.
- Fuga de agua en los diferentes accesorios de las piezas sanitarias (llaves de paso, griferías de lavamanos, duchas, fregaderos, bateas, excusado, etc.), que deben ser reparadas a la brevedad, para evitar desperdicio de agua potable y posible deterioro y manchado de la pieza sanitaria.

Las medidas para prevenir estas fallas parten de un diseño adecuado, uso de reductores de presión, si fuera el caso, así como el seguimiento y control de fugas, con base en un programa de mantenimiento preventivo. El cuadro 5 resume

algunas actividades mínimas para un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias.

**Cuadro 5. Actividades de un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias**

Frecuencia	Dispositivo	Actividad	Acción a seguir
Diaria	Baños y cocinas incluyendo paredes y pisos	Limpieza y desinfección de lavaplatos, lavamanos, lavamopas, excusados, urinarios y duchas	Limpieza y desinfección con cloro o productos similares
Semanal	Griferías	Revisión y reparación de tanques de excusados	Revisión de gomas, flotador y cadena. Cambiar si se detectan fallas
		Revisión y reparación de llaves de urinarios, excusados, duchas, lavamanos, lavaplatos, lavamopas	Revisión de sellos de llaves. Cambiar si se detectan filtraciones o goteos
	Red de agua potable	Revisión y reparación de llaves de paso y llaves de jardín	Revisión de sellos de llaves de paso y jardín. Cambiar si se detectan filtraciones o goteos
Mensual	Estanques de almacenamiento	Revisar filtraciones en muros	Pedir asesoría a empresas fabricantes de productos especiales para construcción
		Mantenimiento de equipos de bombeo	Realizar contrato de mantenimiento con empresa especializada
	Red de agua potable exterior	Revisar filtraciones de válvulas y grifos	Cambiar sellos y ajuste de válvulas y grifos si presentan filtraciones y goteos
Semestral	Piezas sanitarias	Reparación de griferías	Cambio de sellos de goma de todas las piezas, revisar y reparar asentamientos de sellos

Continúa...

**Cuadro 5. Actividades de un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias (continuación)**

<b>Frecuencia</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Acción a seguir</b>	
Anual	Estanques de almacenamiento	Limpieza y desinfección de estanques, revisión de válvulas y equipos de bombeo	Contratar empresa especializada para limpieza y desinfección de muros y pisos de los estanques, cambio de sellos y asientos de válvulas, eliminación de óxido en elementos metálicos, reponer aire en tanques hidroneumáticos, pintar tuberías, estanques hidroneumáticos y otros elementos metálicos. Revisar funcionamiento eléctrico e hidráulicos de los equipos de bombeo.	
	Red agua potable exterior	Revisar válvulas, grifos y llaves de jardín	Cambiar sellos, reparar asientos y ajustar válvulas	
	Baños y cocinas	Excusados		Cambiar sellos y asientos de válvulas, cambiar cadena y flotador, cambiar asiento de la taza, ajuste general de la pieza
		Lavamanos, duchas, urinarios, lavaplatos, lavamopas		Cambiar sellos y asientos de válvulas, ajuste general de la pieza
Llaves de paso			Cambiar sellos y reparar asientos	

Fuente: adaptado de UNESCO, 1999

### **Innovaciones en las instalaciones sanitarias.**

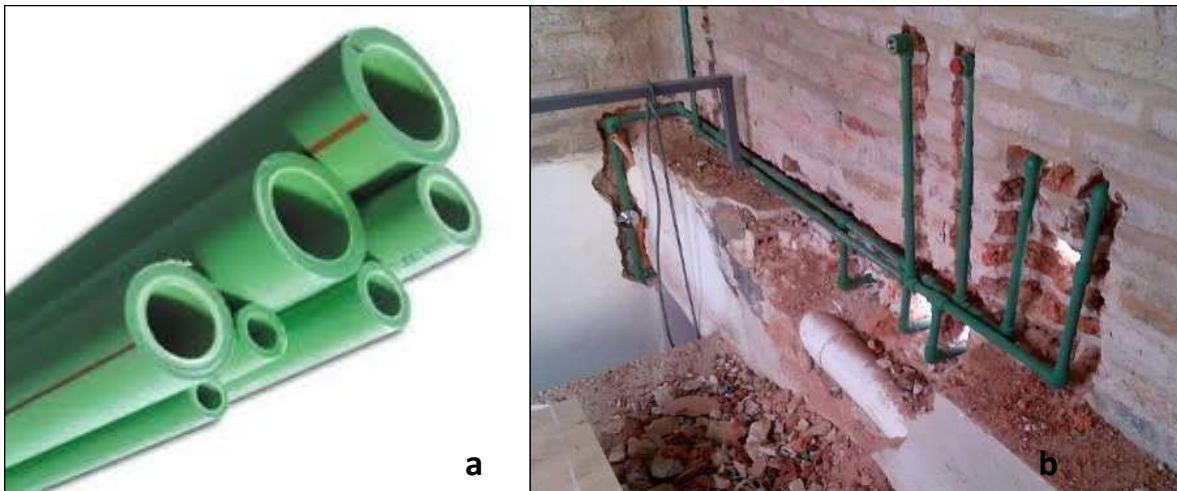
Al pasar de los años se ha ido mejorando el diseño de las instalaciones, en sus piezas sanitarias y el tipo de material en las tuberías de alimentación y distribución.

Anteriormente, el material por excelencia era el hierro galvanizado que garantizaba su durabilidad (vida útil) en aproximadamente 30 años; actualmente esa vida útil ha mermado a casi la tercera parte.

Se han desarrollado nuevos materiales que garantizan la durabilidad de las tuberías como el cobre y el plástico en su versión de PVC (cloruro de polivinilo) y PEAD (polietileno de alta densidad). La ventaja de estos dos últimos es que son resistentes a los cambios de temperatura y garantizan durabilidad de más de 50 años, estanqueidad en sus juntas ya que son pegadas y fundidas con el mismo material de la tubería, creando así una continuidad entre la tubería y la conexión o accesorio.

En el caso de las soldadas por termofusión<sup>1</sup>, caso del PEAD, el resultado es un material menos rugoso, pudiéndose obtener el mismo beneficio con tuberías de menor diámetro que las de hierro galvanizado, ganando en calidad y durabilidad de las instalaciones del sistema.

La figura 13 muestra imágenes de las tuberías de termofusión y sus arreglos.



**Figura 13. Tuberías de termofusión**

Fuente: a) <http://www.materialesruta9.com/termofusion>  
b) <https://www.alamaula.com/a-plomeria/la-plata/instalaciones-sanitarias-domiciliarias/1001186191380910509016209>

También se han desarrollado piezas sanitarias de bajo consumo de agua potable. En el caso de los excusados se diseña el tanque que requiere la cantidad exacta para la buena descarga y limpieza. Existen excusados que permiten seleccionar la cantidad de agua a descargar, dependiendo de su uso, como los mostrados en la figura 14. En caso de utilizarlo como urinario, se presiona un dispositivo para que descargue la cantidad suficiente para la limpieza y si se usa como excusado, al

<sup>1</sup> La Termofusión es un método de soldadura simple y rápido, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. La superficie de las partes que se van a unir se calientan a temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión. A pesar de ser un término asociado al método de soldadura, en la literatura revisada se utiliza como calificación de la tubería, es decir, tubería de termofusión.



presionar el otro dispositivo se dispone un poco más de agua para la buena limpieza y arrastre de sólidos de la pieza sanitaria.



**Figura 14. Excusados de bajo consumo**

Fuente: a) <http://www.americanstandard.com.mx/products/productDetail.aspx?id=9126>

b) <http://www.protectora.org.ar/notas/agua-un-recurso-en-extincion-solicita-legislacion/336/>

En el caso de otras piezas sanitarias que utilizan llaves y griferías, como las mostradas en la figura 15, éstas se han diseñado de tal forma que logran, a través de un dispositivo, que con muy poca agua, pero buena presión, generen un chorro de agua suficiente para su buen uso y racionamiento.



**Figura 15. Griferías a) Consumo controlado y b) bajo consumo de agua**

Fuente: a) <http://www.hygolet.com.mx/blog/wp-content/uploads/2014/04/griferia-eco.jpg>

b) <http://www.hygolet.com.mx/blog/category/griferia/>

## **ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ENFOCADO AL CURRÍCULUM POR COMPETENCIAS**

Sin ánimo de ser exhaustivo en los distintos modelos del proceso enseñanza-aprendizaje, a continuación, se presentan algunos conceptos básicos que sirven de motivación y constituyen el marco de referencia para incorporar los resultados del diagnóstico, como recursos para el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, del plan de estudios de la carrera de Arquitectura en la Universidad Central de Venezuela.

### **Proceso enseñanza-aprendizaje**

La revisión de algunas investigaciones en la literatura resume dos grandes modelos del proceso enseñanza-aprendizaje: el modelo de transmisión del conocimiento o modelo centrado en la enseñanza, y el modelo de facilitación del aprendizaje, o modelo centrado en el aprendizaje. Ambos serían los extremos, entre los cuales se ubicarían categorías intermedias. (Gargallo et al, 2010).

El modelo centrado en la enseñanza busca como producto del aprendizaje la reproducción, cuyo uso es para el futuro. La responsabilidad de la organización o transformación del conocimiento, entendido como algo construido externamente, es del profesor, con poca o ninguna incorporación de las concepciones del estudiante. La interacción entre el estudiante y el profesor es mínima y unidireccional, excepto para mantener la atención, aclarar dudas y asegurarse de la comprensión. El control del contenido recae sobre el profesor, así como la promoción del interés y motivación.

El modelo centrado en el aprendizaje busca como producto del aprendizaje el cambio mental. Se espera que el uso de lo aprendido sea para la vida y para interpretar la realidad. La responsabilidad de la organización o transformación del conocimiento es compartida o de los estudiantes. El conocimiento se entiende como algo construido por los alumnos de modo personal. Las concepciones del estudiante se usan como base para prevenir errores y para promover el cambio conceptual. La interacción entre el estudiante y el profesor es bidireccional para negociar significados. El control del contenido recae sobre el profesor y los estudiantes. El interés y la motivación recaen, sobre todo, en los propios estudiantes.

En este mismo orden de ideas, también se plantean dos grandes orientaciones de la evaluación, la que pone el énfasis en la reproducción del conocimiento y la que lo hace en su construcción y/o transformación. (Gargallo et al, 2010).

En el modelo centrado en la enseñanza los métodos utilizados se reducen prácticamente a la lección magistral o exposición del profesor, los materiales de

estudio al libro de texto o apuntes del profesor, las nuevas tecnologías sólo sirven como depósito de información y la evaluación está centrada en la reproducción de los conocimientos adquiridos.

En el modelo centrado en el aprendizaje los métodos expositivos se complementan con métodos interactivos, así como el uso de técnicas de grupo (trabajo cooperativo, discusión en grupo, asignación de roles), que no sólo sirven para romper la monotonía, sino para potenciar una interacción más rica y útil para el aprendizaje. Adicionalmente, se pueden aplicar métodos de indagación-investigación, con el uso de diversas técnicas: seminarios, trabajos de investigación, individuales y en equipo, proyectos, solución de problemas, estudio de casos, simulaciones, entre otras. La metodología de evaluación también tiene un enfoque formativo, utiliza exámenes a libro abierto, con resolución de problemas y estudio de casos o simulaciones, e incluso procedimientos alternativos sin exámenes, buscando la aplicación de lo aprendido. (Gargallo et al, 2010).

### **Métodos, Estrategias y Técnicas Didácticas**

La revisión de la literatura muestra el uso indistinto y confuso de los términos: método, metodología, estrategia, técnica, instrumento y herramienta.

Sin hacerse solidario con alguna, a continuación se presentan algunos conceptos encontrados (ITESM, 2000), lo que permite utilizar adecuadamente los recursos producto del diagnóstico, en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97.

El término de método se utiliza con frecuencia referido a determinado orden sistemático establecido para ejecutar alguna acción o para conducir una operación y se supone que para hacerlo ha sido necesario un trabajo de razonamiento. El método considerado como procedimiento, como un orden razonado de actuar, sirve de guía de una actividad.

La estrategia es un sistema de planificación aplicado a un conjunto articulado de acciones, permite conseguir un objetivo, sirve para obtener determinados resultados. De manera que no se puede hablar de que se usan estrategias cuando no hay una meta hacia donde se orienten las acciones. La estrategia es flexible y puede tomar forma con base en las metas a donde se quiere llegar.

En un sentido estricto, la estrategia docente es un procedimiento organizado, formalizado y orientado a la obtención de una meta claramente establecida. Su aplicación en la práctica diaria requiere del perfeccionamiento de procedimientos y de técnicas cuya elección detallada y diseño son responsabilidad del docente.

La técnica es considerada como un procedimiento didáctico que se presta a ayudar a realizar una parte del aprendizaje que se persigue con la estrategia.

La técnica didáctica es también un procedimiento lógico y con fundamento psicológico destinado a orientar el aprendizaje del alumno. Lo puntual de la técnica es que ésta incide en un sector específico o en una fase del curso o tema que se imparte, como la presentación al inicio del curso, el análisis de contenidos, la síntesis o la crítica del mismo. La técnica didáctica es el recurso particular de la que se vale el docente para llevar a efecto los propósitos planeados desde la estrategia.

El cuadro 6 resume una breve definición de las técnicas didácticas frecuentemente utilizadas.

**Cuadro 6. Actividades de un programa de conservación y mantenimiento preventivo de las instalaciones sanitarias**

<b>Técnica</b>	<b>Definición</b>
Exposición	Presentación de un tema lógicamente estructurado, en donde el recurso principal es el lenguaje oral, aunque también puede ser el texto escrito. Provee de estructura y organización a material desordenado y además se pueden extraer los puntos importantes de una amplia gama de información
Pregunta	Diálogo entre el profesor y los alumnos a partir de cuestionamientos que facilitan la interacción para: revisar, repasar, discutir y reflexionar ideas claves sobre un tópico o tema.
Juego de roles	Representación actuada de situaciones de la vida real, relacionadas principalmente con situaciones problemáticas en el área de las relaciones humanas con el fin de comprenderlas
Debate y discusión	Trabajo grupal organizado y estructurado con fines de aprendizaje en el que los alumnos expresan puntos de vista distintos acerca del asunto en cuestión.
Estudios de casos	Descripción escrita de un hecho acontecido en la vida de una persona, grupo u organización. La situación descrita puede ser real o hipotética pero construida con características análogas a las presentadas en la realidad.
Simulación	Diseño de un sistema real, a partir del cual se conducen experimentos con el fin de entender el comportamiento del sistema o evaluar estrategias con las cuales éste pueda ser operado.

Continúa...

**Cuadro 6. Técnicas frecuentemente utilizadas (Continuación)**

	<b>Definición Técnica</b>
Laboratorio	Situación práctica de ejecución según una determinada técnica orientada a desarrollar las habilidades requeridas y que demanda un trabajo de tipo experimental para poner en práctica determinados conocimientos.
Trabajo de campo	Situación que pone al alumno en contacto directo con una actividad real de la sociedad que ha sido previamente estudiada desde una perspectiva teórica, a partir de la cual puede adquirir una experiencia auténtica y, al mismo tiempo, comprobar conocimientos y aptitudes para el ejercicio de su profesión.
Proyectos	Actividades que enfrentan al alumno a situaciones problemáticas reales y concretas que requieren soluciones prácticas y en las que se pone de manifiesto una determinada teoría.
Aprendizaje basado en problemas	Situaciones problemáticas reales relacionadas con los contenidos del curso que se espera sean resueltas por el alumno de manera grupal. Lo fundamental en la forma de trabajo que se genera está en que los alumnos puedan identificar lo que requieren para enfrentar la situación problemática y las habilidades que se desarrollan para llegar a resolverla.
Prácticas profesionales	Actividades orientadas a comprender y abordar intelectualmente los fenómenos reales en una situación compleja, a partir de las cuales se pretende el desarrollo de un proceso de reflexión y de confrontación sistemática entre las maneras de pensar y solucionar problemas planteadas por las teorías académicas y los modos de pensar y de resolver problemas desde una perspectiva práctica.

Adaptado de ITESM, 2000.

### **Algunas experiencias**

A continuación se presentan algunos ejemplos de experiencias reseñadas en las referencias consultadas, que sirvieron de apoyo para el logro del objetivo propuesto:

Rodríguez et al, 2011, en su artículo publicado en el XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Calabozo, presentan la experiencia de la Cátedra Conservación de Suelos y Agua (FAGRO-UCV), en la cual se utiliza una serie de instrumentos durante el proceso enseñanza – aprendizaje en los cursos que se

imparten, descritos brevemente a continuación: a) libro de texto, establece una secuencia lógica de los conocimientos y desarrolla temas básicos, b) guía de práctica, desarrolla ejercicios de procedimiento, cálculos y metodologías, c) estudios de caso, dónde se trabaja con elementos tomados de realidades particulares sobre la degradación y las alternativas de conservación, resumidos en una guía técnica d) monografías e informes, permiten al estudiante exponer sus puntos de vista y desarrollar iniciativas propias, e) modelos de simulación, útiles para abordar temas tanto teóricos como prácticos y para llevar a cabo estudios de caso con análisis de escenarios, f) salidas de campo y visitas a proyectos, g) recursos de apoyo, biblioteca, internet, laboratorios, equipos, h) eventos científicos y técnicos, i) Trabajos de Grado, Maestría o Doctorado.

Concluyen que una adecuada selección y combinación dichos instrumentos, de naturaleza variada y que cumplen diferentes funciones, aseguran que el proceso de enseñanza aprendizaje en el curso en referencia logre los objetivos particulares que se han establecido y resaltan la necesidad de producir instrumentos de enseñanza adaptados a nuestras condiciones propias.

Garzón et al, 2009, en su artículo presentado en la Revista Educación en Ingeniería, presentan los resultados de un estudio realizado en tres universidades colombianas, (dos privadas y una pública) en los programas de Ingeniería Informática, Ingeniería de Producción Agroindustrial, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Mecatrónica. En el estudio se planteó la incógnita de ¿cuáles serían las metodologías apropiadas para las asignaturas relacionadas con Electrónica en carreras diferentes a Ingeniería Electrónica, según criterio de los estudiantes?. Para ello realizaron: una encuesta de percepción y entrevistas semiestructuradas, aplicadas a estudiantes de dichos programas.

Entre otras, la investigación determinó que los estudiantes categorizan la efectividad de las metodologías para el aprendizaje de asignaturas relacionadas con Electrónica en el siguiente orden (descendente) de importancia: talleres, clase magistral, laboratorios, desarrollo de proyectos, estudio de casos, aplicaciones empresariales, visitas empresariales y exposiciones, evidenciando una preferencia por el uso de metodologías más activas para facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

El trabajo realizado califica como de Diseño no Experimental, ya que no existe grado de control alguno sobre las variables o factores que intervienen, y de tipo Descriptivo, porque reseña las características de un sistema ya existente.

Para el logro de los objetivos planteados, el trabajo se realizó en cuatro (4) etapas. Las actividades en cada una de ellas se describen a continuación:

### ***Etapas 1. Identificación de los componentes del sistema.***

#### 1.1 Ubicación y revisión del proyecto original de las Instalaciones Sanitarias del Edificio de la FAU:

Los planos del proyecto original utilizados, suministrados en forma digital por la Dirección de Mantenimiento de la Universidad Central de Venezuela, ubicada en la Casa Ibarra se enumeran a continuación:

- ✓ 29-IS-1 Plano general PB y 1er piso
- ✓ 29-IS-2 Plano general de los pisos 2º 3º y 4º
- ✓ 29-IS-3 Plano general de los pisos 5º 6º y 7º
- ✓ 29-IS-4 Plano general de los pisos 8º y 9º
- ✓ 29-IS-6 Detalles de sanitarios de planta baja y 8º piso
- ✓ 29-IS-7 Detalles de los sanitarios del 1 piso y del 2º al 7º piso
- ✓ 29-IS-9 Diagrama de la distribución de tubería

El anexo digital A contiene los planos suministrados. No fue posible ubicar la memoria descriptiva.

Con ello se conoció la descripción detallada de cada uno de los componentes del sistema y sus dimensiones, ubicación de las salas sanitarias, que incluyen los baños de damas y caballeros, lavamopas y restaurante, así como la distribución espacial de las piezas sanitarias en cada una de ellas.

#### 1.2 Reconocimiento de las instalaciones:

Se realizó un recorrido por las salas sanitarias ubicadas en los diferentes pisos del edificio de la FAU-UCV, para corroborar la información suministrada en los planos originales mediante observación directa y con el apoyo de un registro fotográfico.

## **Etapa 2. Cálculo y diseño de las instalaciones**

2.1. Agrupación o desagregación de los componentes del sistema, de acuerdo a la estructura del programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97:

El cálculo y diseño de las instalaciones del sistema de distribución de agua potable se organizó de acuerdo a la secuencia de los temas que se dictan en el curso, con miras a aplicar los métodos descritos de forma sistemática, para su mejor incorporación al mencionado programa.

La secuencia se presenta a continuación:

- ✓ Dotación
- ✓ Almacenamiento
- ✓ Aducción
- ✓ Montantes de agua potable
- ✓ Sistema de bombeo

2.2. Cálculo de los parámetros de diseño:

El cálculo de la dotación, almacenamiento y aducción se realiza mediante las formulaciones presentadas en el capítulo anterior.

Con miras a verificar la capacidad e idoneidad del sistema de distribución de agua potable del edificio de la FAU-UCV, se realizó el diseño y cálculo de los componentes del sistema (montantes de agua potable y sistema de bombeo), utilizando el DEMO del programa IP3 de Aguas Blancas<sup>2</sup>. Dicho programa utiliza las bases conceptuales desarrolladas en el marco referencial, así como los valores que aparecen en las normas sanitarias (GORV, 1988), para cada uno de los cálculos realizados.

El programa va solicitando progresivamente el ingreso de los datos del proyecto, los cuales se presentan a continuación para el cálculo del sistema de distribución de agua potable del edificio de la FAU-UCV, realizado en el presente trabajo. La impresión de la pantalla que sale del programa muestra las opciones que permite seleccionar.

---

<sup>2</sup> A pesar de que el uso del término aguas blancas es incorrecto, se mantiene por ser el nombre del programa



Para efectos del presente trabajo, sólo se incluye lo correspondiente al diseño del sistema de distribución de agua potable.

*Paso 1.* Ingreso de los datos del proyecto.

- Proyecto: Distribución de agua potable Edificio FAU-UCV
- Ubicación: Ciudad Universitaria de Caracas - UCV
- Calculista: Ing. José M. Najul S
- Comentario: Trabajo de Ascenso
- Fecha: Octubre 2016
- Uso de las piezas sanitarias: público total
- Opción de presión inicial: 14 m (mínimo 14 m)
- Predimensionado de los ramales:
  - Velocidad de prediseño: 2,00 m/s (0,6 – 3,0 m/s).
  - Asumir diámetro más cercano. (El programa con la velocidad asumida calcula los diámetros teóricos de los ramales y asume el diámetro comercial según las condiciones que fije el proyectista)
  - Asumir diámetro mínimo: 1/2" (1/2"– 3/4")
- Pérdidas en los ramales: Fórmula de Hazen-William, utilizando C=100 para las condiciones actuales de la tubería de hierro galvanizado y C=140 suponiendo cambio a tubería de cloruro de polivinilo - PVC - o polietileno de alta densidad - PEAD (termofusión).

La figura 16 muestra la pantalla luego del ingreso de los datos.

**Datos Generales del Proyecto**

Proyecto: DISTRIBUCION AGUAS POTABLE EDIFICIO FAU-UCV

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA CARACAS-UCV

Calculista: ING. JOSE NAJUL

Comentario: TRABAJO DE ASCENSO Fecha: 27/10/2016

**Uso de la Piezas Sanitarias**

Privado Total

Privado Fria / Caliente

Público Total

Público Fria / Caliente

**Opción de Presión Inicial**

Calcular la Presión Inicial: 14,00 (Carga Mínima)

Introducir la Presión Inicial: 0,00 (Presión Inicial)

Tanque Elevado: 3,00 (Carga Mínima)

**Predimensionado de los Ramales**

Velocidad de Prediseño (m/s): 2,00

Asumir el Diámetro más Cercano

Asumir el Diámetro más Cercano Superior

Asumir el Diámetro más Cercano Inferior

Asumir 3/4" como Diámetro Mínimo

**Pérdidas en los Ramales**

Coeficiente de Hansen William C: 100 (Ejemplo: PVC = 140, Hierro Fundido = 100, Cobre = 140, Termofusión = 140)

Fórmula del B.M.S.(Hunter), Apéndice de las Normas Sanitarias de 10 a 15 Años de Uso (Tuberías Rugosas)

Fórmula del B.M.S.(Hunter), Apéndice de las Normas Sanitarias Hasta 10 Años de Uso (Tuberías Semi-Rugosas)

**Figura 16. Ingreso de los datos del proyecto**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas





Paso 2: Ingreso o modificación de los datos de los tramos de las tuberías de la red.

- Número Total de Ramales: 10 (Es el número del total de ramales del proyecto seleccionado)
- Para cada ramal se muestra:
  - Numeración ( I ) - ( J ) del Ramal: Piso inferior – piso superior
  - Longitud Real (m): 4 (Es la longitud real de los ramales medida directamente de los planos.)
  - Opción de Diseño: Piezas de válvula (Piezas de tanque o de válvula).
  - Válvula Reductora de Presión (m): no se usó (Se utiliza para bajar la presión en ramales de altas presiones ya que pueden romper canillas o dañar las piezas sanitarias).
  - Número de Piezas: varía en cada ramal

- Número de Conexiones: no se consideró porque sólo se analizó el montante de agua potable.
- Comentario: No hay comentarios. (Comentario por ramal para uso interno del proyectista).

La figura 17 muestra la pantalla luego del ingreso de los datos de los tramos de las tuberías de la red.

**Datos Generales del Proyecto**

Número Total de Ramales: 10 **Ramal 10**  Piezas  Conexiones  Cotas Piso  Diseño

Ramal	Nodo ( I )	Nodo ( J )	Longitud Real (m)	Opción Diseño	Vál. Reductora Presión (m)	No de Piezas	No de Conex.	Comentario
1	0	1	4,00	Piezas de Válvula		3		
2	1	2	4,00	Piezas de Válvula		3		
3	2	3	4,00	Piezas de Válvula		2		
4	3	4	4,00	Piezas de Válvula		2		
5	4	5	4,00	Piezas de Válvula		2		
6	5	6	4,00	Piezas de Válvula		2		
7	6	7	4,00	Piezas de Válvula		2		
8	7	8	4,00	Piezas de Válvula		2		
9	8	9	4,00	Piezas de Válvula		3		
10	9	10	4,00	Piezas de Válvula		1		

**Figura 17. Ingreso de los datos de los tramos de las tuberías de la red**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

### Paso 3: Ingreso de las piezas sanitarias en los ramales

La pantalla mostrada en la figura 17 contiene en la parte superior derecha unos botones para el ingreso de piezas sanitarias, conexiones, cotas de piso y tipo de diseño.

Al pulsar el botón correspondiente a las piezas sanitarias en los ramales, aparece la pantalla mostrada en la figura 18, donde se van introduciendo el tipo y número de piezas de cada tramo.

**Piezas Sanitarias en los Ramales**



Ramal	( I )	( J )	No de Piezas	Clave	Imagen	Descripción	Unidades de Gasto	Cantidad
1	0	1	3					
2	1	2	3	6		EXCUSADO DE VALVULA	10,00	3
3	2	3	2					
4	3	4	2	14		URINARIO DE VALVULA	5,00	2
5	4	5	2					
6	5	6	2					
7	6	7	2					
8	7	8	2					
9	8	9	3					
10	9	10	1	10		LAVAMANOS	2,00	1

**Figura 18. Ingreso de tipo y número de piezas sanitarias por ramal**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

Para ello, se coloca la cantidad de piezas sanitarias en cada ramal y luego por cada ramal, mediante el siguiente procedimiento:

1. Pulse el botón superior correspondiente a la pieza sanitaria y automáticamente se captura la pieza sanitaria desde la base de datos.
2. Coloque la cantidad de la pieza sanitaria seleccionada. (Por defecto el programa coloca 1 pieza).
3. Puede modificar las unidades de gasto de la pieza seleccionada.
4. Repita el procedimiento en cada ramal.

Paso 4: Ingreso de las cotas de piso

Al pulsar el botón correspondiente a las cotas de piso, aparece la pantalla mostrada en la figura 19, donde se introducen o modifican las cotas de piso del proyecto.

Cotas de los Nodos	
Nodo	Cota de Piso (m)
0	0,00
1	0,00
2	4,00
3	8,00
4	12,00
5	16,00
6	20,00
7	24,00
8	28,00
9	32,00
10	36,00

**Figura 19. Ingreso de las cotas de piso**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

#### Paso 5: Presentación de resultados – Predimensionado de la red

La figura 20 muestra la pantalla con los resultados del predimensionado de la red calculado por el programa: unidades de gasto, caudal, diámetro y velocidad de cada tramo. En la columna de predimensionado asumido, aparece el diámetro y velocidad de cada tramo, que puede ser modificado a criterio del proyectista. Originalmente los valores son iguales a los calculados por el programa.

Para este proyecto, en el predimensionado asumido se consideraron tres escenarios:

Escenario 1: se mantuvieron los diámetros resultantes del cálculo realizado por el programa, para C=100

Escenario 2: se modificaron los diámetros del escenario 1, colocando los que aparecen en el proyecto original, para C=100

Escenario 3: se mantuvieron los diámetros resultantes del cálculo realizado por el programa, suponiendo cambio por tubería de PEAD (termofusión), para C=140

Predimensionado		Unidades de Gasto		Longitudes Equivalentes		Pérdidas y Presiones Disponibles			
No	Ramal		Unidades de Gasto	Caudal (l/s)	Predimensionado de Cálculo		Predimensionado Asumido		Comentario
	Nodo I	Nodo J			Diámetro (plg)	Velocidad (m/s)	Diámetro (plg)	Velocidad (m/s)	
1	0	1	336,00	7,34	3"	1,54	2 1/2"	2,38	
2	1	2	298,00	6,94	3"	1,45	2 1/2"	2,25	
3	2	3	260,00	6,48	3"	1,36	2 1/2"	2,10	
4	3	4	228,00	6,04	3"	1,27	2 1/2"	1,96	
5	4	5	196,00	5,62	2 1/2"	1,82	2 1/2"	1,82	
6	5	6	162,00	5,27	2 1/2"	1,71	2 1/2"	1,71	
7	6	7	128,00	4,76	2 1/2"	1,54	2 1/2"	1,54	
8	7	8	94,00	4,18	2 1/2"	1,35	2"	1,93	
9	8	9	60,00	3,47	2"	1,60	2"	1,60	
10	9	10	20,00	2,21	1 1/2"	1,68	1 1/4"	2,29	

**Figura 20. Presentación de resultados - Predimensionado de la red**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

Paso 6: Presentación de resultados – Tabla de Unidades de Gasto y Gasto Probable

La figura 21 muestra la pantalla con los resultados del cálculo de las unidades de gasto y el gasto probable en todos los ramales.

Predimensionado		Unidades de Gasto		Longitudes Equivalentes		Pérdidas y Presiones Disponibles			
Ramal		Descripción		Unidades de Gasto				Gasto Probable (l/s)	
Nodo J	Nodo I	Cantidad	por Pieza	Sub-Total	Totales				
10	9	EXCUSADO DE VALVULA	2	10,00	20,00	20,00	2,21		
9	8	URINARIO DE TANQUE	2	3,00	6,00				
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
8	7	DUCHA	1	4,00	4,00	60,00	3,47		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
7	6	DUCHA	1	4,00	4,00	94,00	4,18		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
6	5	DUCHA	1	4,00	4,00	128,00	4,76		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
5	4	DUCHA	1	4,00	4,00	162,00	5,27		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
4	3	DUCHA	1	4,00	4,00	196,00	5,62		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
3	2	DUCHA	1	2,00	2,00	228,00	6,04		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00				
2	1	DUCHA	1	2,00	2,00	260,00	6,48		
		LAVAMANOS	1	2,00	2,00				
1	0	URINARIO DE TANQUE	2	3,00	6,00	298,00	6,94		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	336,00	7,34		

**Figura 21. Presentación de resultados - Tabla de unidades de gasto y Gasto probable**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

## Paso 7: Presentación de resultados – Tabla de Longitudes Equivalentes

La figura 22 muestra la pantalla con los resultados de las longitudes equivalentes producidas por las pérdidas debido a las conexiones y reducciones en los diferentes ramales las cuales se anexarán a la longitud real para el cálculo de la tabla de pérdidas y presiones disponibles.

Predimensionado		Unidades de Gasto	Longitudes Equivalentes	Pérdidas y Presiones Disponibles			
Ramal		Descripción	Diámetro del Ramal (plg)	Cantidad	Longitud Equivalente		
Nodo I	Nodo J				por Pieza (m)	Sub-Total (m)	Totales (m)
0	1		2 1/2"				0,00
1	2		2 1/2"				0,00
2	3		2 1/2"				0,00
3	4		2 1/2"				0,00
4	5		2 1/2"				0,00
5	6		2 1/2"				0,00
6	7		2 1/2"				0,00
7	8	Reducción de 2 1/2" a 2"	2"		0,34		0,34
8	9		2"				0,00
9	10	Reducción de 2" a 1 1/4"	1 1/4"		0,29		0,29

**Figura 22. Presentación de resultados - Tabla de longitudes equivalentes**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

## Paso 8: Presentación de resultados – Tabla de Pérdidas y Presiones Disponibles

La figura 23 muestra la pantalla con los resultados de las Pérdidas y Presiones Disponibles por ramal.

Por ramal se muestra:

- Numeración ( I ) - ( J ) de cada ramal.
- El caudal calculado a partir de las unidades de gasto.
- El diámetro en pulgadas de los ramales.
- La longitud real, equivalente y la total de cálculo por ramal.
- La velocidad del flujo en el ramal según el diámetro asumido.
- Las pérdidas unitarias y total por ramal.
- La cota piezométrica atrás ( I ) y adelante ( J ) de cada ramal.
- Diferencias de cotas entre los nodos ( I ) y ( J ) de cada ramal.

- Válvula reductora de presión (si existe).
- Carga disponible el nodo ( J ) de cada ramal.

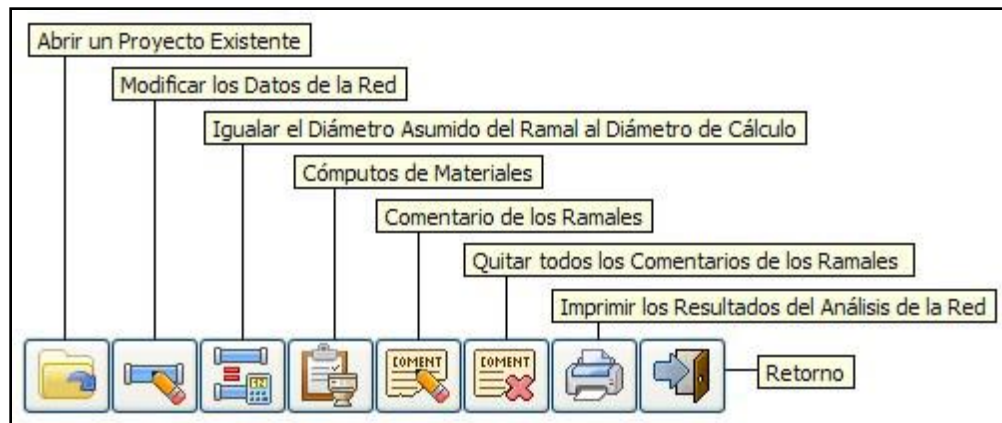
**Nota:** en esta pantalla se muestra la carga disponible del nodo más desfavorable y el cual debe tener la carga mínima asumida por el proyectista.

No	Ramal		Caudal (l/s)	Diámetro del Ramal (pulg)	Longitudes			Velocidad (m)	Pérdidas		Cota Piezométrica		Cota (J - I)	Válvula Reduct. (m)	Carga Disponible (m)
	Nodo I	Nodo J			Real (m)	Equivalente (m)	Total (m)		Unitaria (m)	Total (m)	Atrás (m)	Adelante (m)			
1	0	1	7,34	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	2,38	0,1598	0,64	55,57	54,93		54,93	
2	1	2	6,94	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	2,25	0,1441	0,58	54,93	54,35	4,00	50,35	
3	2	3	6,48	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	2,10	0,1269	0,51	50,35	49,84	4,00	45,84	
4	3	4	6,04	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	1,96	0,1114	0,45	45,84	45,39	4,00	41,39	
5	4	5	5,62	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	1,82	0,0975	0,39	41,39	41,00	4,00	37,00	
6	5	6	5,27	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	1,71	0,0866	0,35	37,00	36,65	4,00	32,65	
7	6	7	4,76	2 1/2"	4,00	0,00	4,00	1,54	0,0717	0,29	32,65	32,36	4,00	28,36	
8	7	8	4,18	2"	4,00	0,34	4,34	1,93	0,1423	0,62	28,36	27,74	4,00	23,74	
9	8	9	3,47	2"	4,00	0,00	4,00	1,60	0,1008	0,40	23,74	23,34	4,00	19,34	
10	9	10	2,21	1 1/4"	4,00	0,29	4,29	2,29	0,3126	1,34	19,34	18,00	4,00	14,00	

**Figura 23. Presentación de resultados - Tabla de pérdidas y presiones disponibles**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

En la parte inferior de la pantalla que aparece en la figura 8 están los botones que se muestran en la figura 24, que permiten hacer modificaciones a los datos ingresados originalmente, así como la impresión de los resultados.

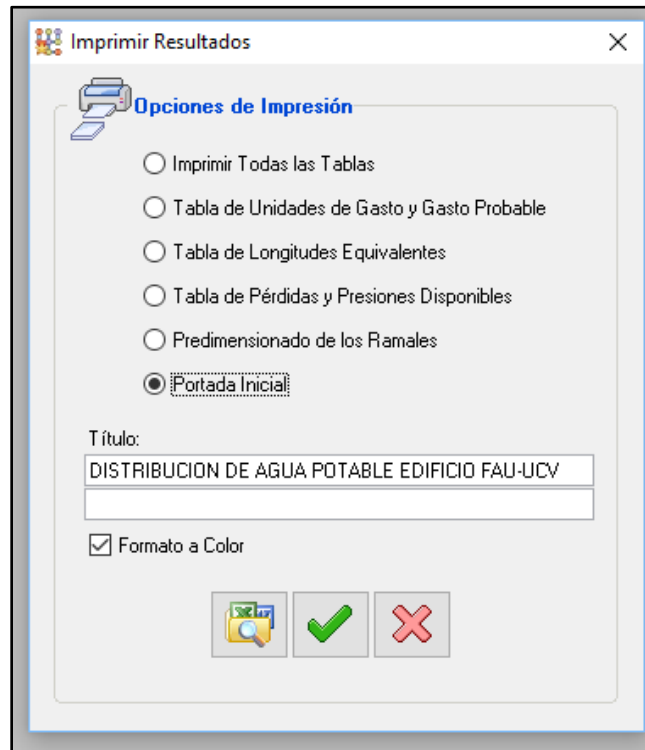


**Figura 24. Presentación de resultados - Opciones de modificación de datos e impresión de resultados**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas



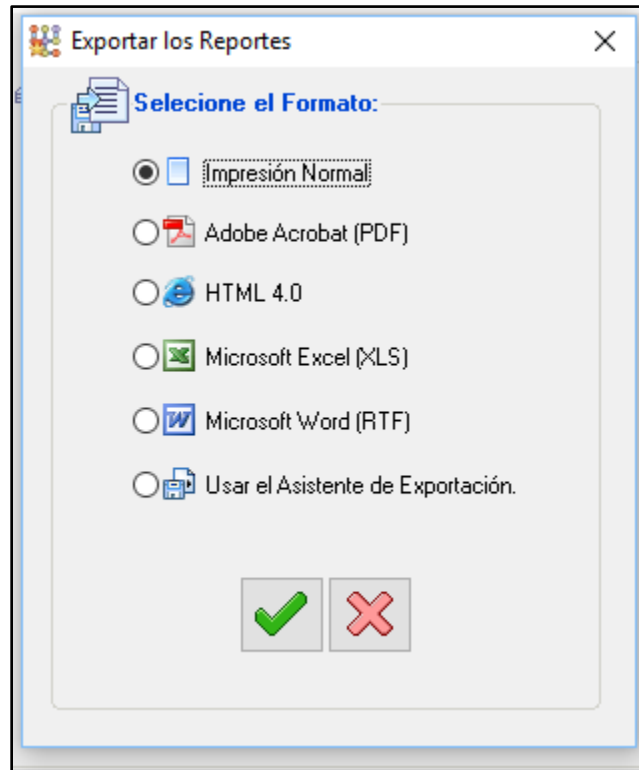
En la figura 25 se muestra la pantalla donde aparecen las opciones de impresión de los resultados del análisis y diseño de la red de agua potable en edificios y viviendas.



**Figura 25. Opciones de impresión de resultados**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

Cuando se pulsa el botón de aceptar, aparecen las opciones de salida de los resultados, como se muestra en la figura 26, los cuales pueden ser impresos o exportados a formato PDF, Microsoft Excel®, HTLM, o Microsoft Word®.



**Figura 26. Opciones de exportación de resultados**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

Los pasos del 1 al 8 se realizaron para los tres (3) Montantes de Agua Potable que cuenta el sistema de distribución de agua potable del edificio de la FAU-UCV.

Paso 9: Cálculo del sistema hidroneumático

La figura 27 muestra la pantalla de ingreso de los datos para el cálculo del tanque hidroneumático por varios métodos. El utilizado en el presente trabajo es el Método 3: Método de Peerles en función del número de piezas sanitarias.

**Datos Generales para el Cálculo**

Seleccione el Método

Método 1: El Caudal de Bombeo se asume como un Porcentaje del Caudal Máximo Probable. (Se toma entre el 25% y el 50% de este Caudal )

Método 2: El Caudal de Bombeo se calcula en función de la Dotación Diaria. (Gaceta)

Método 3: El Caudal de Bombeo se calcula en función del Número de Piezas Sanitarias y un Factor de Consumo en Litros/Minuto (Método de Peerless)

Método 1: Caudal Máximo Probable (l/s) = 13,01      %Porcentaje = 50  
 Método 2: Dotación Diaria (litros/día) = 0,00  
 Método 3: Número de Piezas Sanitarias = 216      Factor Peerless = 2,38

Datos del Proyecto

Presión Mínima del Sistema (m): 58,14

Presión Máxima del Sistema (m): 72,14

Número de Arranques/Hora de la Bomba: 6,00

Altura de Succión de la Bomba (m): 3,00

El Tanque es

Tanque Vertical (K = 0.10)  
 Tanque Horizontal (K = 0.054)

**Figura 27. Datos generales para el cálculo del sistema hidroneumático**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

El cálculo del sistema hidroneumático puede realizarse por cualquiera de los siguientes tres (3) métodos:

*Método 1:* El Caudal de Bombeo se asume como un porcentaje del caudal máximo probable, entre el 25% y el 50% del mismo. El programa asume por defecto el 50% ya que se entiende que no todas las piezas están abiertas al mismo tiempo. En este método se ingresa el caudal de entrada en l/s y el porcentaje asumido.

*Método 2:* El Caudal de Bombeo se calcula en función de la "Dotación Diaria", que es el recomendado en las normas sanitarias. En este método se ingresa la dotación diaria de la edificación en litros/día.

*Método 3:* El Caudal de Bombeo se calcula en función del "Número de Piezas Sanitarias" y un "Factor de Consumo en litros/minuto". (Factores de consumo en litros/minuto por pieza para el cálculo de sistemas hidroneumáticos para edificios recomendados por Peerless). En este método se introducen el número de piezas

sanitarias del proyecto y el factor en litros por minuto según el uso de la edificación.


Adicionalmente se ingresa:

- Presión Mínima del Sistema: 64,19 m (Es la presión de entrada en el nodo inicial calculada en el análisis).
- Presión Máxima del Sistema: 78,19 m. (Generalmente presión mínima + 14 metros).
- Número de Arranques/hora de la Bomba: 6 (Generalmente se asume entre 4 y 6 arranques/hora. El programa asume 6 arranques/hora para una mayor eficiencia).
- Altura de Succión de la Bomba: 3 m (Es la longitud de tubería que existe entre la bomba y la válvula de retención (maraca) del tanque subterráneo. El programa asume por defecto 3 metros ya que no es recomendable longitudes mayores por los efectos de la succión).
- Posición del Tanque: Horizontal (Vertical  $K = 0,10$ , Horizontal  $K = 0,054$ )

Nota: Cuando se selecciona el método 3 se accede a la pantalla de Peerless donde se selecciona el factor de consumo de 2,38 litros/minuto, tal como se muestra en la figura 28.

**Factores de Consumo ( litros/minuto)**

Clase de Edificio	Hasta 30 Piezas	De 31 a 75 Piezas	De 76 a 150 Piezas	De 151 a 300 Piezas	De 301 a 600 Piezas	De 601 a 1000 Piezas	Más de 1000 Piezas
Edificios de Apartamentos, Hoteles Residenciales y Viviendas	2,08	1,55	1,25	1,06	0,95	0,91	0,87
Hoteles Comerciales, Clubs	3,03	2,27	1,82	1,59	1,36	1,32	1,29
Hospitales	3,41	2,88	2,38	2,04	1,70	1,51	1,44
Edificios de Oficinas	3,79	3,03	2,46	2,08	1,70	1,32	1,02
Escuelas	4,54	3,41	2,84	2,38	1,97	1,57	1,38
Edificios Comerciales, Tiendas	4,54	3,63	2,95	2,50	2,04	1,82	1,74

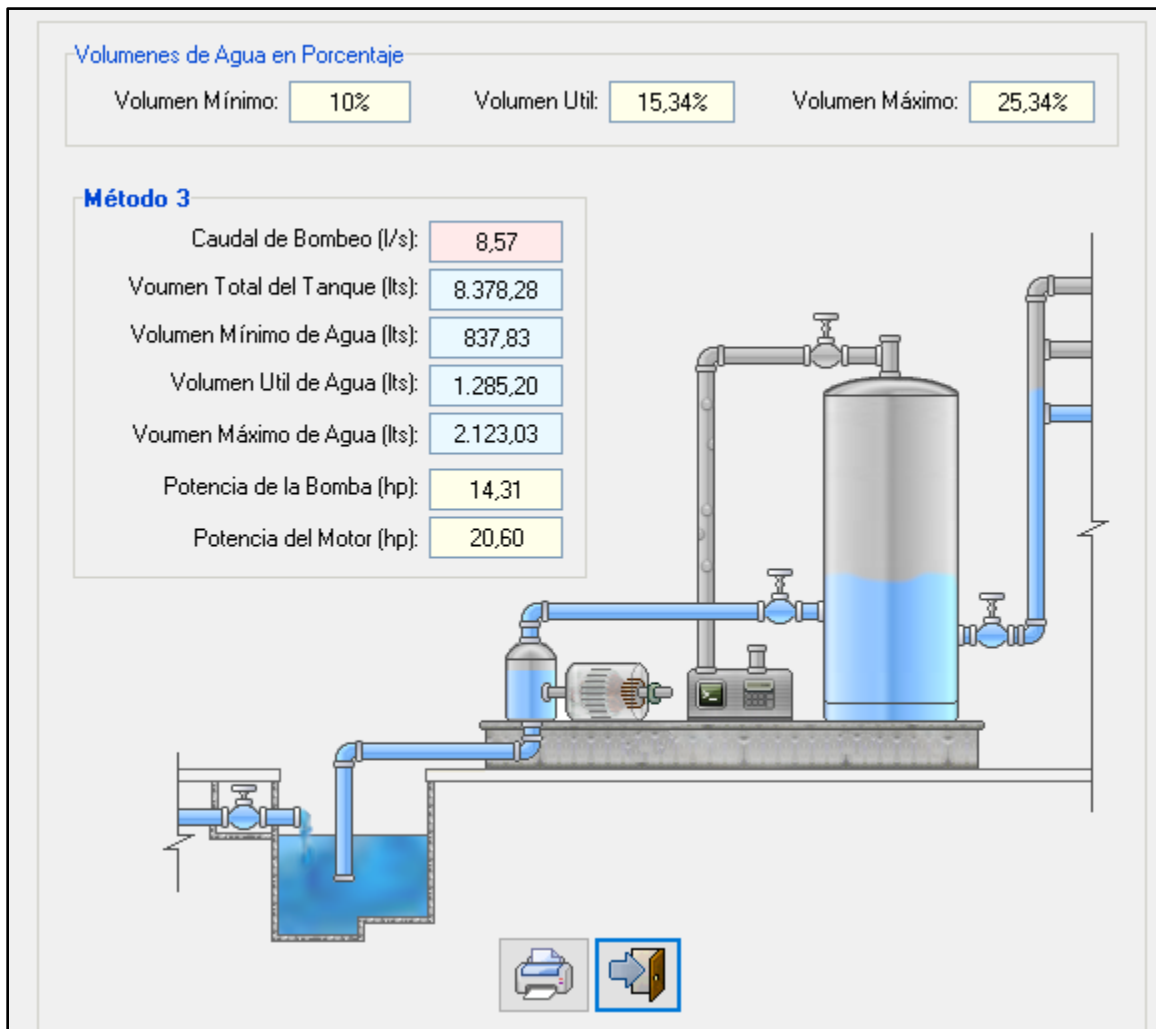


**Figura 28. Factores de consumo de Peerless**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

La figura 29 presenta los resultados del cálculo del sistema hidroneumático. Los volúmenes de agua se muestran en porcentajes (volumen mínimo, volumen útil y volumen máximo de agua) y para el método asumido nos da un resultado teórico de:

- Caudal de bombeo en litros/segundo.
- Volumen total del tanque en litros.
- Volumen mínimo en litros.
- Volumen útil en litros.
- Volumen máximo en litros.
- Potencia de la bomba en hp.
- Potencia del motor en hp.



**Figura 29. Resultados del cálculo del sistema hidroneumático**

Fuente: programa DEMO IP3 aguas blancas

**Nota:** Con los valores calculados el proyectista asume el tanque con dimensiones comerciales, así como la capacidad de la bomba y el motor.

### **Etapas 3. Propuestas para su adecuación a las Normativas**

- 3.1. Verificación del cumplimiento de la normativa en el proyecto original. A medida que se fueron realizando los cálculos para determinación de los diámetros de tubería, velocidades y pérdidas de carga, se compararon los resultados con los recomendados por las normas sanitarias (GORV, 1988).
- 3.2. Comparación de los resultados obtenidos bajo los tres (3) escenarios planteados. En ellos se destacó la influencia del cambio de diámetro en la

velocidad resultante y el cambio de material (diferentes rugosidades) en las pérdidas de carga resultantes y, en consecuencia, la presión requerida

- 3.3. Elaboración de propuestas generales de corto, mediano y largo plazo para su adecuación. Los criterios para la elaboración de las propuestas fueron: factibilidad técnica y económica, así como los tiempos de ejecución.

#### **Etapas 4. Incorporación de los resultados del diagnóstico en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97**

- 4.1. Revisión de tipos de recursos didácticos recomendados. A partir de la revisión de experiencias de enseñanza-aprendizaje reportadas en la literatura, se investigó sobre la aplicación de estrategias, técnicas, recursos, herramientas, instrumentos, etc., términos muchas veces no rigurosamente utilizados, con miras a orientar los recursos que pudieran apoyar el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97. Los documentos revisados incluyeron textos, guías, reportes de experiencias, entre otros, localizados en la web. (guías de campo para observación directa, presentaciones audiovisuales, entre otros).
- 4.2. Con base en el programa Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, correspondiente al plan de estudios de la carrera de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela, se seleccionaron algunos recursos, tales como estrategias, técnicas y actividades que, de acuerdo a la experiencia adquirida como docente en la misma, pudieran aplicarse. Los criterios para su selección fueron la adaptación a los objetivos del programa y la factibilidad para su aplicación en el corto plazo, en el sentido de disponer de los recursos sin necesidad de realizar cambios que requirieran aprobación en las instancias académico-administrativas.
- 4.3. Proposición de algunos recursos específicos, utilizando los contenidos presentados en este trabajo, para ser incluidos en el corto plazo en el programa mencionado.

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

En el presente capítulo se presentan los resultados de la inspección ocular realizada a las instalaciones sanitarias del edificio de la FAU-UCV, la revisión de los parámetros de diseño y análisis de la situación actual, así como las propuestas de incorporación de instrumentos, técnicas y actividades como recursos del proceso enseñanza-aprendizaje en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97.

### **RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS**

El trabajo de campo consistió en el recorrido para el reconocimiento de las instalaciones sanitarias del edificio de la FAU-UCV, incluyendo el sótano, la planta baja y los pisos del 1 al 9. La información levantada fue cotejada con la presentada en los planos.

Asimismo, se verificaron los comentarios que motivaron la realización de este trabajo, tales como:

- En la actualidad las piezas sanitarias ubicadas a partir del 4to. piso no les llega agua después de las 8:30 am; antes de esa hora llega hasta el piso 9; pero con muy baja presión.
- En las mañanas, deben llenarse tobos de agua en cada uno de los pisos superiores, para poder satisfacer las necesidades de los usuarios.
- El suministro de agua no es continuo debido al racionamiento existente en la ciudad.

Todo ello atenta contra la salud y confort de los usuarios.

A continuación se describe la información levantada en el sitio:

Sótano: en este piso se encuentra la tubería de aducción que da servicio a los tres montantes que surten de agua potable a las piezas sanitarias de los diferentes pisos.

Es una tubería de 4 pulgadas (100mm), tiene un filtro de arena y un sistema de llaves de paso, que permiten hacer mantenimiento tanto al filtro como a los montantes.

La figura 30 muestra detalles de la tubería de aducción y filtro existentes en el sótano, así como el uso que se da al sitio, donde están acumuladas maderas y



otros materiales, aparentemente como desechos, que dificultaría cualquier acción de mantenimiento que quisiera hacerse.

De acuerdo a la información suministrada, el filtro está operativo. Existe un by-pass, de forma que se pueda hacer mantenimiento preventivo al filtro de arena y así el agua pasa directamente hacia el sistema.



**Figura 30. Tubería de aducción y filtro ubicados en el sótano**

Planta baja, Piso 1 y Piso 8: en estos pisos se encuentran tres salas sanitarias, una para damas, otra para caballeros y una privada, así como un cuarto de lavamopas. El número de piezas sanitarias totaliza 7 lavamanos, 6 excusados de válvula y 2 urinarios; además de 1 lavamopas y 1 bebedero.

En la planta baja existe un fregadero en un restaurante, que no aparece en los planos, por lo que se supone fue incorporado posteriormente.

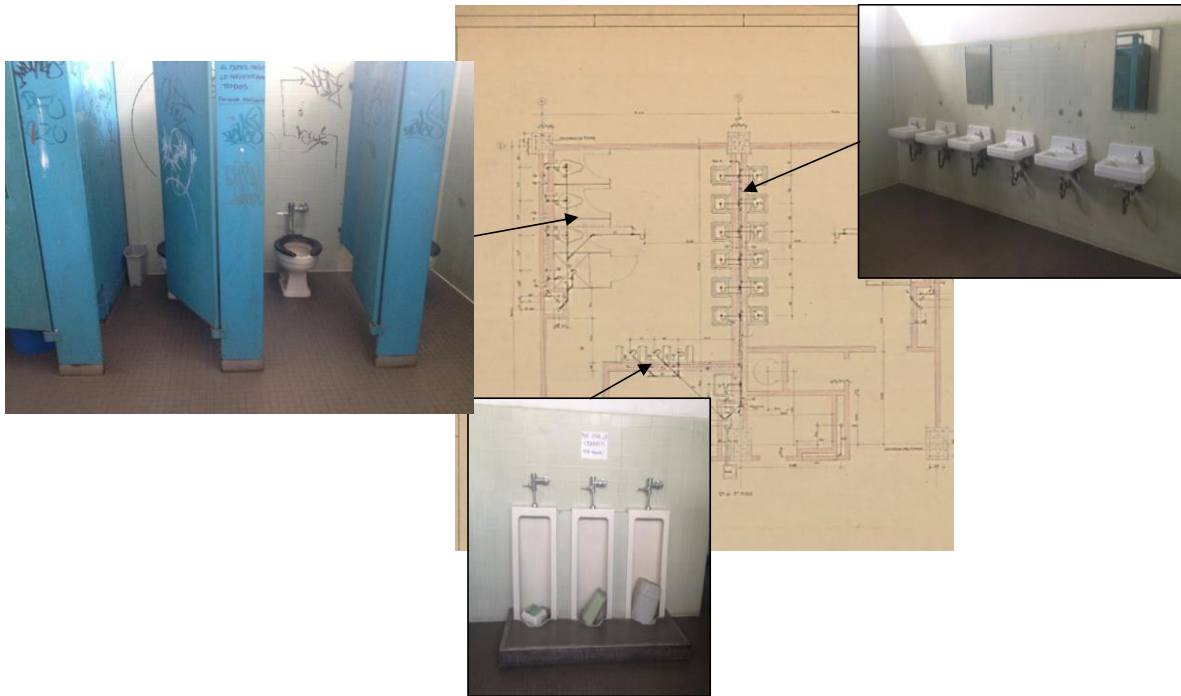
La figura 31 muestra las fotografías de las piezas sanitarias correspondientes a la sala de baños de caballeros del piso 1, similares a las de las otras salas.



**Figura 31. Salas y piezas sanitarias de planta baja, pisos 1 y 8**

Piso 2 al Piso 7: cada uno de estos pisos posee dos salas sanitarias, una para damas y otra para caballeros y un cuarto de lavamopas, con un total de piezas sanitarias de 12 lavamanos, 7 excusados de válvula, 3 urinarios, 1 ducha y 1 lavamopas.

La figura 32 muestra las fotografías de las piezas sanitarias correspondientes a la sala de baños de caballeros de uno de los pisos. En este caso, se observa que algunas de las piezas están fuera de servicio, así como el deterioro de algunas de las instalaciones.



**Figura 32. Salas y piezas sanitarias de los pisos 2 al 7**

Piso 9: en este piso existen 2 salas sanitarias, una para damas, una de caballeros y un cuarto de lavamopas con un total de 6 lavamanos, 4 excusados de válvula, 1 urinarios y 1 lavamopas.

Cabe resaltar que en algunos casos, no se pudo tener acceso a las salas de baño por permanecer cerradas, pero para efecto de los cálculos se asumió que existían las que aparecen en los planos.

El cuadro 7 resume el número y tipo de piezas sanitarias por piso en el edificio de la FAU-UCV.

**Cuadro 7. Resumen del número y tipo de piezas sanitarias por piso en el edificio de la FAU-UCV**

<b>Pieza</b>	<b>PB</b>	<b>Pisos 1 y 8</b>	<b>Pisos 2 al 7</b>	<b>Piso 9</b>
<b>Excusado</b>	6	6	7	4
<b>Lavamanos</b>	7	7	12	4
<b>Urinario</b>	2	2	3	2
<b>Ducha</b>	0	0	1	0
<b>Lavamopa</b>	1	1	1	1
<b>Bebedero</b>	1	1	1	1
<b>Fregadero</b>	1	0	0	0

### **REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO**

Se presentan los cálculos referentes a la Dotación, Almacenamiento, Aducción y Montante de agua potable, mediante el uso del programa DEMO IP-3 AGUAS BLANCAS<sup>3</sup>. Los datos utilizados fueron los correspondientes al proyecto original de las instalaciones sanitarias del edificio FAU-UCV, extraídos de los planos suministrados por la Dirección de Mantenimiento de la UCV, ubicada en la Casa Ibarra.

El sistema de distribución de agua potable de está compuesto por tres (3) montantes de agua potable que dan servicio a las piezas sanitarias ubicadas en los diferentes pisos de la FAU-UCV. Estos montantes han sido denominados en el proyecto original como RV #1, RV #2 y RV #3.

### **Dotación**

El cálculo de la dotación se realizó de acuerdo al capítulo 7 de las Normas Sanitarias Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4044 Extraordinario de fecha 08/09/1988.(GORV, 1988)

---

<sup>3</sup> (Copyright © 2000, Todos los Derechos Reservados por IP-3 Software)

1900 alumnos externos (incluye pre grado y postgrado) x 40 l/dxalumno

108 personal administrativo x 50 l/dxpersonal

30 personal obrero y vigilante x 50 l/dxpersonal

350 m<sup>2</sup> de restaurante x 50 l/dxm<sup>2</sup>

Total Dotación = 103.400,00 l/d = 1,20 l/s

Este valor es similar al obtenido anteriormente por Avendaño y Serrano (2004), en su análisis de la Red de Distribución de Agua de Ciudad Universitaria. Caracas.

### **Almacenamiento**

En el sótano del edificio de la FAU existen dos tanques de agua de dos cámaras cada uno. No están en funcionamiento y nunca han sido utilizados. Cada cámara tiene dimensiones aproximadas de 4,50x3,50x1,65 m, dando un volumen de aproximadamente 26 m<sup>3</sup>, para una capacidad total de 4x26 = 104 m<sup>3</sup>, que coincide con la capacidad necesaria para garantizar la dotación de un día, para el buen funcionamiento de las instalaciones sanitarias.

### **Aducción**

El cálculo del diámetro de la tubería de aducción, mediante la ecuación:  $Q = V \times A$  suponiendo la existencia de un tanque subterráneo, considerando el caudal que permita almacenar la dotación diaria en 4 horas, con una velocidad de 2 m/s, resultó de 3 pulgadas.

De acuerdo a lo comentado anteriormente, la tubería de aducción que da servicio a los tres montantes, tiene un diámetro de 4", lo que significa que, de utilizarse los tanques existentes que no están en servicio, habría una condición más favorable para su llenado.

### **Montante de agua potable**

Se analizó el sistema con la ayuda del programa DEMO IP3 aguas blancas, introduciendo los datos tal como se explicó en capítulo anterior y partiendo de la toma domiciliaria, donde se conecta el sistema a la red de acueducto de la Ciudad Universitaria.

Primero se introdujeron los datos que generaron la base presentada en el cuadro 8.

Luego se corrió el programa considerando tres (3) escenarios:

- ✓ En el primer escenario se consideraron los diámetros de las tuberías exactamente iguales a los señalados en los planos del proyecto original. El material de la tubería es hierro galvanizado con un coeficiente de rugosidad  $C=100$ . Para ello el programa da una opción de predimensionamiento, donde se pueden adaptar los diámetros a los del proyecto original. Los resultados de esta corrida se muestran en el cuadro 9 de pérdidas y presiones disponibles en el sistema.
- ✓ En el segundo escenario se mantuvieron los diámetros calculados por el programa y material de la tubería hierro galvanizado, con coeficiente de rugosidad  $C=100$ , con lo cual se generó el cuadro 10 de pérdidas y presiones disponibles para el sistema.
- ✓ En el tercer escenario se modificó el tipo de material de la tubería, considerando tubería de polietileno de alta densidad (termofusión), coeficiente de rugosidad  $C=140$ , manteniendo los diámetros del proyecto original, a partir de lo cual se generó el cuadro 11.

En el cuadro 8 se presentan las piezas sanitarias utilizadas en cada piso y distribuidas por cada montante, el montante RV#1 está representado por los ramales 3-3.1 al 3.8-3.9, el montante RV#2 representado por los ramales 4-4.1 al 4.8-4.9 y el montante RV#3 representado por los ramales 5-5.1 al 5.8-5.9.

Con esto valores, ramal por ramal, el programa va calculando los diámetros de acuerdo a las normas sanitarias (GORV,1988).

En este cuadro, se nombran las piezas sanitarias que son servidas por cada ramal y su cantidad. El programa, basado en la tabla 34 de la norma sanitaria (GORV,1988) presentado en el cuadro 2, calcula las unidades de gasto por cada pieza sanitaria y las totaliza.

Este valor de unidades de gasto se convierte a litros por segundo, con la ayuda de la tabla 37 de la norma sanitaria (GORV,1988) presentada en el cuadro 3.

En la columna de gastos probables se va acumulando la cantidad de litros por segundo hasta llegar al punto de entrada, ramal 0-1, donde se totaliza el caudal requerido por las piezas sanitarias del edificio FAU-UCV, el cual resultó de 13,45 l/s.

**Cuadro 8. Unidades de gasto y gastos disponibles**

Ramal		PIEZAS SANITARIAS DE TRANSITO	Cantidad	Unidades de Gasto			Gasto Probable (l/s)
(J)	(I)			Por Pieza	Sub Total	Total	
5.9	5.8	EXCUSADO DE VALVULA	2	10,00	20,00	20,00	2,21
5.8	5.7	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	50,00	3,22
5.7	5.6	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	90,00	4,10
5.6	5.5	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	130,00	4,79
5.5	5.4	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	170,00	5,37
5.4	5.3	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	210,00	5,77
5.3	5.2	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	250,00	6,35
5.2	5.1	EXCUSADO DE VALVULA	4	10,00	40,00	290,00	6,85
5.1	5	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	320,00	7,18
5	1	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	350,00	7,48
4.9	4.8	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	4	2,00	8,00	27,00	1,17
4.8	4.7	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	6	2,00	12,00	43,00	1,65
4.7	4.6	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	86,00	2,56
4.6	4.5	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	129,00	3,30
4.5	4.4	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	172,00	3,85
4.4	4.3	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	215,00	4,29
4.3	4.2	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	258,00	4,80
4.2	4.1	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		URINARIO DE VALVULA	3	5,00	15,00		
		LAVAMANOS	12	2,00	24,00	301,00	5,34
4.1	4	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	6	2,00	12,00	317,00	5,54
4	2	FUENTE SIMPLE	1	1,00	1,00		
		LAVAMOPAS	1	3,00	3,00		
		LAVAMANOS	6	2,00	12,00	333,00	5,75
3.9	3.8	EXCUSADO DE VALVULA	2	10,00	20,00	20,00	2,21
3.8	3.7	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		LAVAMANOS	1	2,00	2,00		
		URINARIO DE VALVULA	2	5,00	10,00	62,00	3,52
3.7	3.6	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	96,00	4,21
3.6	3.5	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	130,00	4,79
3.5	3.4	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	164,00	5,30
3.4	3.3	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	198,00	5,63
3.3	3.2	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	232,00	6,10
3.2	3.1	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00		
		DUCHA	1	4,00	4,00	266,00	6,56
3.1	3	LAVAMANOS	2	2,00	4,00		
		URINARIO DE VALVULA	2	5,00	10,00		
		EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	310,00	7,07
3	2	FREGADERO	1	4,00	4,00		
		LAVAMANOS	1	2,00	2,00		
		URINARIO DE VALVULA	2	5,00	10,00		
2	1	EXCUSADO DE VALVULA	3	10,00	30,00	356,00	7,54
1	0					689,00	10,53
						1.039,00	13,45

En el cuadro 9, el resultado final donde se presentan los diámetros de las tuberías de hierro galvanizado (C=100), predimensionados por el proyectista, ajustándolos al proyecto original de las instalaciones de agua potable del edificio de la FAU-UCV, la presión requerida a la entrada del sistema es de 58,15 metros de columna de agua (m.c.a.). Cabe resaltar que la última columna de la salida del programa se refiere a la presión requerida como carga disponible, lo cual a criterio del autor, es un término utilizado en forma incorrecta.

Con la velocidad promedio seleccionada de 2 m/s, las velocidades resultantes oscilaron entre 1,07 y 2,44 m/s, que se mantienen en el intervalo recomendado. Como era de esperarse, las menores velocidades (1,07 – 1,63 m/s) corresponden a los ramales cuyos diámetros fueron sustituidos por los del proyecto original, los cuales son ½” mayores, excepto el caso extremo de 1,07 m/s, donde la diferencia es de 1”.

**Cuadro 9. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros del proyecto original, tubería de hierro galvanizado y coeficiente de rugosidad C=100**

Ramal		Caudal (l/s)	Diámetro (pulg)	Longitud Real (m)	Longitud Equiv (m)	Longitud Total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida	C.Piezom. Atras	C.Piezom. Adelante	Cota Piso (J - I)	Carga Disp. (m)
(I)	(J)											
0	1	13,45	4"	1,00	0,10	1,10	1,64	0,05	0,05	58,15	58,09	58,09
1	2	10,53	3"	10,00	1,00	11,00	2,21	0,13	1,41	58,09	56,68	56,68
2	3	7,54	2 1/2"	3,00	0,30	3,30	2,44	0,17	0,55	56,68	56,13	56,13
3	3.1	7,07	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,15	0,66	56,13	55,47	51,47
3.1	3.2	6,56	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,12	0,13	0,57	51,47	50,90	46,90
3.2	3.3	6,10	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,97	0,11	0,50	46,90	46,40	42,40
3.3	3.4	5,63	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,82	0,10	0,43	42,40	41,97	37,97
3.4	3.5	5,30	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,72	0,09	0,38	37,97	37,58	33,58
3.5	3.6	4,79	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,07	0,32	33,58	33,27	29,27
3.6	3.7	4,21	2"	4,00	0,40	4,40	1,94	0,14	0,63	29,27	28,63	24,63
3.7	3.8	3,52	2"	4,00	0,40	4,40	1,63	0,10	0,46	24,63	24,18	20,18
3.8	3.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,31	1,38	20,18	22,80	18,80
2	4	5,75	2 1/2"	6,00	0,60	6,60	1,86	0,10	0,67	56,68	56,01	56,01
4	4.1	5,54	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,79	0,09	0,42	56,01	55,59	51,59
4.1	4.2	5,34	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,73	0,09	0,39	51,59	51,20	47,20
4.2	4.3	4,80	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,07	0,32	47,20	46,88	42,88
4.3	4.4	4,29	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,39	0,06	0,26	42,88	42,62	38,62
4.4	4.5	3,85	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,25	0,05	0,21	38,62	38,41	34,41
4.5	4.6	3,30	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,07	0,04	0,16	34,41	34,25	30,25
4.6	4.7	2,56	2"	4,00	0,40	4,40	1,18	0,06	0,25	30,25	29,99	25,99
4.7	4.8	1,65	1 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,26	0,09	0,38	29,99	25,62	21,62
4.8	4.9	1,17	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	1,21	0,10	0,42	21,62	25,19	21,19
1	5	7,48	2 1/2"	15,00	1,50	16,50	2,42	0,17	2,73	58,09	55,36	55,36
5	5.1	7,18	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,32	0,15	0,68	55,36	54,69	50,69
5.1	5.2	6,85	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,22	0,14	0,62	50,69	50,07	46,07
5.2	5.3	6,35	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,06	0,12	0,54	46,07	45,53	41,53
5.3	5.4	5,77	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,87	0,10	0,45	41,53	41,08	37,08
5.4	5.5	5,37	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,74	0,09	0,39	37,08	36,69	32,69
5.5	5.6	4,79	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,07	0,32	32,69	32,37	28,37
5.6	5.7	4,10	2"	4,00	0,40	4,40	1,89	0,14	0,60	28,37	27,76	23,76
5.7	5.8	3,22	2"	4,00	0,40	4,40	1,49	0,09	0,39	23,76	23,38	19,38
5.8	5.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,31	1,38	19,38	22,00	18,00



En el cuadro 10, el resultado final donde se presentan los diámetros de las tuberías de hierro galvanizado (C=100), calculados por el programa DEMO IP-3, se observa que la presión requerida a la entrada del sistema es de 59,58 metros de columna de agua (m.c.a.).

La diferencia de 1,43 m, mayor que en el escenario 1, se explica por el uso de tuberías de diámetros menores, recomendados por el programa.

Con la velocidad promedio seleccionada de 2 m/s, las velocidades resultantes oscilaron entre 1,58 y 2,66 m/s, superiores a las del escenario 1, pero se mantienen en el intervalo recomendado.

**Cuadro 10. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros recomendados por el programa, tubería de hierro galvanizado y coeficiente de rugosidad C=100**

Ramal		Caudal (l/s)	Diámetro (pulg)	Longitud Real (m)	Longitud Equiv (m)	Longitud Total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida	C.Piezom. Atras	C.Piezom. Adelante	Cota Piso (J - I)	Carga Disp. (m)
(I)	(J)											
0	1	13,45	4"	1,00	0,10	1,10	1,58	1,64	0,05	0,05	59,58	59,52
1	2	10,53	3"	10,00	1,00	11,00	2,11	2,21	0,13	1,41	59,52	58,11
2	3	7,54	2 1/2"	3,00	0,30	3,30	2,40	2,44	0,17	0,55	58,11	57,56
3	3.1	7,07	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,26	2,29	0,15	0,66	57,56	52,90
3.1	3.2	6,56	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,11	2,12	0,13	0,57	52,90	48,33
3.2	3.3	6,10	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,96	1,97	0,11	0,50	48,33	43,83
3.3	3.4	5,63	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,81	1,82	0,10	0,43	43,83	39,40
3.4	3.5	5,30	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,70	1,72	0,09	0,38	39,40	35,02
3.5	3.6	4,79	2"	4,00	0,40	4,40	2,19	2,21	0,18	0,81	35,02	30,21
3.6	3.7	4,21	2"	4,00	0,40	4,40	1,91	1,94	0,14	0,63	30,21	25,58
3.7	3.8	3,52	2"	4,00	0,40	4,40	2,60	1,63	0,10	0,46	25,58	21,12
3.8	3.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	2,29	0,31	1,38	21,12	19,74
2	4	5,75	2 1/2"	6,00	0,60	6,60	2,41	1,86	0,10	0,67	58,11	57,44
4	4.1	5,54	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,31	1,79	0,09	0,42	57,44	53,02
4.1	4.2	5,34	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,22	1,73	0,09	0,39	53,02	48,63
4.2	4.3	4,80	2"	4,00	0,40	4,40	2,02	2,22	0,18	0,81	48,63	43,82
4.3	4.4	4,29	2"	4,00	0,40	4,40	1,83	1,98	0,15	0,66	43,82	39,17
4.4	4.5	3,85	2"	4,00	0,40	4,40	1,64	1,78	0,12	0,54	39,17	34,63
4.5	4.6	3,30	1 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,29	2,51	0,31	1,36	34,63	29,26
4.6	4.7	2,56	1 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,78	1,95	0,19	0,85	29,26	24,41
4.7	4.8	1,65	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,66	1,71	0,18	0,80	24,41	19,61
4.8	4.9	1,17	1"	4,00	0,40	4,40	1,72	2,10	0,37	1,61	19,61	<b>18,00</b>
1	5	7,48	2 1/2"	15,00	1,50	16,50	2,42	2,42	0,17	2,73	59,52	56,79
5	5.1	7,18	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,32	2,32	0,15	0,68	56,79	52,12
5.1	5.2	6,85	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,22	2,22	0,14	0,62	52,12	47,50
5.2	5.3	6,35	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,06	2,06	0,12	0,54	47,50	42,96
5.3	5.4	5,77	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,87	1,87	0,10	0,45	42,96	38,51
5.4	5.5	5,37	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,74	1,74	0,09	0,39	38,51	34,12
5.5	5.6	4,79	2"	4,00	0,40	4,40	2,21	2,21	0,18	0,81	34,12	29,31
5.6	5.7	4,10	2"	4,00	0,40	4,40	1,89	1,89	0,14	0,60	29,31	24,71
5.7	5.8	3,22	1 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,45	2,45	0,30	1,30	24,71	19,40
5.8	5.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	2,29	0,31	1,38	19,40	18,03

En el cuadro 11, el resultado final donde se presentan los diámetros de las tuberías de PEAD (termofusión), (C=140), predimensionados por el proyectista, ajustándolos al proyecto original de las instalaciones de agua potable del edificio de la FAU-UCV, se observa que la presión requerida a la entrada del sistema es de 54,37 metros de columna de agua (m.c.a.).

La diferencia de 3,78 m, menor que en el escenario 1, se explica por el uso de tuberías de PEAD (termofusión), con menor rugosidad.

Igual que en el escenario 1, las velocidades resultantes oscilaron entre 1,07 y 2,44 m/s.

**Cuadro 11. Resultados pérdidas y presiones disponibles para el cálculo con los diámetros del proyecto original y tubería PEAD (Termofusión) con coeficiente de rugosidad C=140**

Ramal		Caudal (l/s)	Diámetro (pulg)	Longitud Real (m)	Longitud Equiv (m)	Longitud Total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida	C.Piezom. Atras	C.Piezom. Adelante	Cota Piso (J - I)	Carga Disp. (m)
(I)	(J)											
0	1	13,45	4"	1,00	0,10	1,10	1,64	0,03	0,03	54,37	54,34	54,34
1	2	10,53	3"	10,00	1,00	11,00	2,21	0,07	0,76	54,34	53,59	53,59
2	3	7,54	2 1/2"	3,00	0,30	3,30	2,44	0,09	0,30	53,59	53,29	53,29
3	3.1	7,07	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,08	0,35	53,29	52,94	48,94
3.1	3.2	6,56	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,12	0,07	0,31	48,94	48,63	44,63
3.2	3.3	6,10	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,97	0,06	0,27	44,63	44,36	40,36
3.3	3.4	5,63	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,82	0,05	0,23	40,36	40,13	36,13
3.4	3.5	5,30	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,72	0,05	0,21	36,13	35,92	31,92
3.5	3.6	4,79	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,04	0,17	31,92	31,75	27,75
3.6	3.7	4,21	2"	4,00	0,40	4,40	1,94	0,08	0,34	27,75	27,41	23,41
3.7	3.8	3,52	2"	4,00	0,40	4,40	1,63	0,06	0,24	23,41	23,17	19,17
3.8	3.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,17	0,74	19,17	22,43	18,43
2	4	5,75	2 1/2"	6,00	0,60	6,60	1,86	0,05	0,36	53,59	53,22	53,22
4	4.1	5,54	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,79	0,05	0,22	53,22	53,00	49,00
4.1	4.2	5,34	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,73	0,05	0,21	49,00	48,79	44,79
4.2	4.3	4,80	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,04	0,17	44,79	44,62	40,62
4.3	4.4	4,29	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,39	0,03	0,14	40,62	40,48	36,48
4.4	4.5	3,85	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,25	0,03	0,11	36,48	36,37	32,37
4.5	4.6	3,30	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,07	0,02	0,09	32,37	32,28	28,28
4.6	4.7	2,56	2"	4,00	0,40	4,40	1,18	0,03	0,14	28,28	28,14	24,14
4.7	4.8	1,65	1 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,26	0,05	0,20	24,14	23,94	19,94
4.8	4.9	1,17	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	1,21	0,05	0,23	19,94	23,71	19,71
1	5	7,48	2 1/2"	15,00	1,50	16,50	2,42	0,09	1,47	54,34	52,88	52,88
5	5.1	7,18	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,32	0,08	0,36	52,88	52,51	48,51
5.1	5.2	6,85	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,22	0,08	0,33	48,51	48,18	44,18
5.2	5.3	6,35	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	2,06	0,07	0,29	44,18	43,89	39,89
5.3	5.4	5,77	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,87	0,05	0,24	39,89	39,65	35,65
5.4	5.5	5,37	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,74	0,05	0,21	35,65	35,44	31,44
5.5	5.6	4,79	2 1/2"	4,00	0,40	4,40	1,55	0,04	0,17	31,44	31,27	27,27
5.6	5.7	4,10	2"	4,00	0,40	4,40	1,89	0,07	0,32	27,27	26,95	22,95
5.7	5.8	3,22	2"	4,00	0,40	4,40	1,49	0,05	0,21	22,95	22,74	18,74
5.8	5.9	2,21	1 1/4"	4,00	0,40	4,40	2,29	0,17	0,74	18,74	22,00	<b>18,00</b>

Cabe resaltar que, de acuerdo a los cálculos realizados por Avendaño y Serrano (2004), cuando el sistema es abastecido directamente de la red de Hidrocapital, sin pasar por los tanques de almacenamiento que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable de la Ciudad Universitaria de Caracas (SAAP-CUC), la presión teórica no supera los 36,62 m.c.a., esto suponiendo una presión de entrada de 45 lb/pie<sup>2</sup>. Con presiones a la entrada del sistema de 25 lb/pie<sup>2</sup> y 35 lb/pie<sup>2</sup>, la presión teórica en el edificio de la FAU-UCV es de 22,56 m.c.a y 29,59 m.c.a. respectivamente.

También reportan que, cuando el sistema es abastecido desde los tanques de almacenamiento a capacidad plena, la presión máxima registrada es de 58,78 m.c.a. y cuando está a 1/3 de su capacidad es de 55,86 m.c.a.

En el cuadro 12, que resume las presiones requeridas en los tres escenarios analizados y se compara con la presión teórica de entrada calculada por Avendaño y Serrano (2004), se observa que bajo las condiciones actuales del diseño, la presión requerida sólo podría ser satisfecha si la alimentación fuese a partir del tanque de almacenamiento del SAAP-CUC, a capacidad plena y para la condición de funcionamiento actual de la red, el déficit es de 21,53 m, lo que explicaría que el agua no llegue sino hasta el cuarto (4to.) piso del edificio de la FAU-UCV.

Con los diámetros de tubería calculados por el programa, la presión no puede ser satisfecha bajo alguna de las opciones descritas, por lo que se requeriría el diseño de un sistema de bombeo, con su respectivo estanque de almacenamiento.

La presión requerida si se sustituyeran las tuberías de hierro galvanizado por polietileno de alta densidad (termofusión) puede ser satisfecha sólo si la alimentación fuese a partir del tanque de almacenamiento del SAAP-CUC, pero no bajo la condición actual.

**Cuadro 12. Resumen de las presiones requeridas en los tres escenarios analizados**

Escenario	Presión requerida	Presión teórica disponible (mejor condición)*	Presión teórica disponible (condición actual)**
1. Diámetros del diseño original, hierro galvanizado	58,15 m.c.a	58,78 m.c.a a capacidad plena	36,62 m.c.a
2. Diámetros del diseño calculado por el programa, hierro galvanizado	59,58 m.c.a	55,86 m.c.a	
3. Diámetros del diseño original, PEAD	54,37 m.c.a	a 1/3 de capacidad	

Fuente: elaboración propia

\*El agua proveniente de Hidrocapital es bombeada a un tanque de almacenamiento ubicado a 918 msnm y a partir de allí se alimenta todo el sistema

\*\*El agua proveniente de Hidrocapital ingresa directo al sistema

### **Sistema de bombeo con tanque hidroneumático**

El programa IP-3 tiene tres métodos para el cálculo del sistema de hidroneumático, descritos en el capítulo 3. En este caso se seleccionó el método 3, en función del número de piezas sanitarias y el factor de consumo de Peerless.

En los cuadros 13, 14 y 15 se muestran las salidas del programa, para cada uno de los tres escenarios planteados, en los cuales la presión mínima requerida por el sistema de hidroneumático es el valor proveniente de los cuadros 9, 10 y 11, respectivamente, al cual se le suma 14 m.c.a. para obtener la presión máxima del sistema.

Con el método 3 basado en la cantidad de piezas sanitarias totales y el factor de consumo de Peerless (2,38), el programa determina la potencia de la bomba y la del motor.

En los tres escenarios analizados, la potencia de la bomba y del motor son relativamente iguales, un promedio de 14 HP para la bomba y 20 HP para el motor.

**Cuadro 13. Resumen de las presiones requeridas en los tres escenarios analizados**

ANALISIS Y DISEÑO DEL TANQUE HIDRONEUMATICO - ESCENARIO 1		
METODO 3: El Caudal de Bombeo en función del Número de Piezas y el Factor de Consumo de Peerlees.		
Número de Piezas = 214    Factor de Consumo = 2,38 litros/minuto		
Presión Mínima del Sistema =	58,15	metros
Presión Máxima del Sistema =	72,15	metros
El Tanque es Vertical    K = 0,10		
Número de Arranques/Hora del Motor =	6,00	
Altura de Succión de la Bomba =	3,00	metros
<b><u>Resultados:</u></b>		
Caudal de Bombeo    Qb=	8,57	litros/segundos
Volumen Total =	8.379,30	litros
Volumen Mínimo de Agua =	837,93	litros    ( 10% del Volumen Total )
Volumen Util de Agua =	1.285,20	litros    ( 15,34% del Volumen Total )
Volumen Máximo de Agua =	2.123,13	litros    ( 25,34% del Volumen Total )
Potencia de la Bomba =	14,31	hp
Potencia del Motor =	20,60	hp

**Cuadro 14. Análisis y diseño del tanque hidroneumático para el escenario 2  
Diámetros recomendados por el programa, tuberías de hierro galvanizado,  
C=100**

<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO - ESCENARIO 2</b>		
METODO 3: El Caudal de Bombeo en función del Número de Piezas y el Factor de Consumo de Peerlees.		
Número de Piezas = 214    Factor de Consumo = 2,38 litros/minuto		
Presión Mínima del Sistema =	59,58	metros
Presión Máxima del Sistema =	73,58	metros
El Tanque es Vertical    K = 0,10		
Número de Arranques/Hora del Motor =	6,00	
Altura de Succión de la Bomba =	3,00	metros
<b><u>Resultados:</u></b>		
Caudal de Bombeo    Qb=	8,49	litros/segundos
Volumen Total =	8.446,22	litros
Volumen Mínimo de Agua =	844,62	litros    ( 10% del Volumen Total )
Volumen Util de Agua =	1.273,30	litros    ( 15,08% del Volumen Total )
Volumen Máximo de Agua =	2.117,92	litros    ( 25,08% del Volumen Total )
Potencia de la Bomba =	14,45	hp
Potencia del Motor =	20,80	hp

**Cuadro 15. Análisis y diseño del tanque hidroneumático para el escenario 3  
Diámetros del proyecto original, tuberías de potietileno de alta densidad  
PEAD Termofusión, C=140**

<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO - ESCENARIO 3</b>		
METODO 3: El Caudal de Bombeo en función del Número de Piezas y el Factor de Consumo de Peerlees.		
Número de Piezas = 214    Factor de Consumo = 2,38 litros/minuto		
Presión Mínima del Sistema =	54,37	metros
Presión Máxima del Sistema =	68,37	metros
El Tanque es Vertical    K = 0,10		
Número de Arranques/Hora del Motor =	6,00	
Altura de Succión de la Bomba =	3,00	metros
<b><u>Resultados:</u></b>		
Caudal de Bombeo Qb=	8,49	litros/segundos
Volumen Total =	7.919,72	litros
Volumen Mínimo de Agua =	791,97	litros    ( 10% del Volumen Total )
Volumen Util de Agua =	1.273,30	litros    ( 16,08% del Volumen Total )
Volumen Máximo de Agua =	2.065,27	litros    ( 26,08% del Volumen Total )
Potencia de la Bomba =	13,46	hp
Potencia del Motor =	19,39	hp

**ANÁLISIS INTEGRAL**

La revisión del proyecto original de las instalaciones sanitarias de agua potable del edificio de la FAU-UCV, permitió verificar que sus parámetros de diseño se correspondían con los estipulados en las normas sanitarias (GORV, 1988). Lo que implica que los problemas que motivaron el presente trabajo, no son consecuencia de un diseño inadecuado del sistema.

El punto crítico es la disponibilidad de presión en la toma, a la entrada del edificio, ocasionado por el manejo del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad Universitaria de Caracas.

La única forma de garantizar, bajo las condiciones actuales, que el agua llegue hasta el último piso del edificio con la presión requerida por las piezas sanitarias, es que el abastecimiento provenga del tanque de la red baja del SAAP-CUC, a plena capacidad.

Actualmente, la red es abastecida directamente del sistema de Hidrocapital, sin bombeo hacia el tanque de la red baja, condición que no suministra la presión requerida.

En este caso, se debe investigar las razones por las cuales no se está operando el SAAP-CUC de acuerdo a su concepción original, que suministraría la presión suficiente.

Las posibles soluciones parten de la medición de la presión real existente a la entrada del edificio de la FAU-UCV, lo cual constituye la primera medida a corto plazo. Esto se determina con un manómetro sencillo, que se coloca en una llave de manguera ubicada cerca de la toma de entrada al sistema. La lectura del manómetro señala la presión disponible.

Si esta presión es suficiente para el buen funcionamiento del sistema, pero no llega agua a los pisos superiores, podría pensarse que la tubería está obstruida en algún punto, bien sea por porque ya alcanzó su vida útil, o por presentar óxido interno y en consecuencia disminuye el diámetro de la tubería.

Para resolver este problema se debe hacer una inspección de cada ramal de tubería, desde la parte más alta donde los diámetros de las tuberías son menores, hasta la parte baja llegando hasta la toma de entrada del edificio, verificando el estado físico y, en caso de obstrucción, sustituir por tubería del mismo diámetro o el recomendado en el escenario 2, o del material utilizado en el escenario 3, presentado en los cuadros 10 y 11 respectivamente.

En caso que exista poca presión a la entrada del edificio y las tuberías se encuentran en buen estado físico, se requiere la instalación de un sistema de bombeo con su respectivo tanque de almacenamiento, similar al propuesto en este trabajo. Podrían utilizarse los tanques existentes, previa inspección por personal experto, para determinar si están aptos para su uso y en caso contrario, que recomiende las directrices para su adecuación como parte del sistema de instalaciones sanitarias de agua potable del edificio de la FAU-UCV.



## **APORTE AL PROGRAMA DE INSTALACIONES SANITARIAS**

A continuación se presentan algunas propuestas para la incorporación de recursos de apoyo en el programa de instalaciones sanitarias en la asignatura Instalaciones 97 del plan de estudios de la carrera de Arquitectura, basados en el presente documento, discriminados en aspectos conceptuales y recursos de apoyo.

### **Aspectos conceptuales y de formación**

- Del uso del término aguas blancas: tanto el programa de la asignatura, como las normas sanitarias, no utilizan el término aguas blancas, sin embargo el programa de cálculo utilizado, así como algunos de los textos y otros documentos revisados, mantienen su uso, por demás inadecuado. Se recomienda insistir durante el dictado del programa en el uso de la terminología correcta, agua potable.
- Del uso de estanques elevados: en la norma y en algunos textos, se mantiene la opción de uso de estanques elevados, específicamente sobre las edificaciones. Aunque no se prohíbe su uso en las normas antisísmicas venezolanas, se debe insistir en los riesgos asociados a la colocación de los mismos en los techos de las edificaciones, así como las exigencias de cálculo en caso de que no haya alternativa alguna.
- De la incorporación del concepto de sustentabilidad: orientado específicamente al uso de piezas sanitarias de bajo consumo, tanto en las instituciones educativas, como las edificaciones destinadas a cualquier otro uso, así como fomentar conductas de buen uso del agua, las piezas y demás instalaciones sanitarias.
- De la actualización de la normativa: conociendo que la norma sanitaria venezolana tiene casi 30 años de su publicación y que como se vio existen innovaciones que podrían incorporarse, se sugiere la discusión con los estudiantes sobre los puntos que deberían considerarse para su actualización.

### **Recursos de apoyo**

- Laboratorio de instalaciones sanitarias: aprovechando que se está remodelando el laboratorio de Instalaciones Sanitarias en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, resulta oportuno su uso, no sólo para la observación de las piezas expuestas, resaltando las innovaciones, sino para su comparación con las existentes en el edificio de la FAU-UCV, como recurso didáctico.

- Incorporación de programas de cálculo: incorporación de programas de cálculo como el presentado en este trabajo para facilitar los cálculos, sin perder de vista las bases que los sustentan, evitando así diseños defectuosos por su alimentación con datos incorrectos y orientando el análisis de los resultados, desarrollando su actitud crítica. El anexo digital B presenta un bosquejo de una guía de usuario del DEMO del programa IP3 de Aguas Blancas, basada en la metodología presentada en el capítulo 3 de este trabajo. El diseño del arte final está fuera del alcance de este trabajo.
- Prácticas de campo: tales como observación de las instalaciones existentes en el edificio de la FAU-UCV y otras disponibles, cuantificación de fugas y motivación a los estudiantes para que sugieran prácticas para la mejora continua.
- Presentaciones audiovisuales, visuales, guías de autoaprendizaje, guías de autoevaluación, entre otros instrumentos: el marco referencial de este trabajo fue redactado en forma detallada, haciendo énfasis en los conceptos básicos, de tal manera que puede ser utilizado como insumo para estos instrumentos.
- Proyectos de investigación: la incorporación de los estudiantes en los proyectos de investigación que se realicen en el área, mediante trabajos de grado, diseños u otros, donde haya propuestas de modificación para mejorar la eficiencia, funcionalidad, durabilidad y economía de las instalaciones sanitarias, constituye el eslabón más alto que considera la premisa “aprender haciendo”.

El cuadro 16 presenta los recursos de apoyo propuestos, categorizados de acuerdo a las técnicas didácticas presentadas en el cuadro 6 y asociados a los temas del programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, específicamente lo que corresponde al agua potable.

Para facilitar su lectura, a continuación se describen los temas donde se propone la aplicación de las técnicas didácticas propuestas:

*Tema 5.* Lectura de los capítulos VI al XI de la Gaceta Oficial (GORV, 1988) relativos a: Disposiciones Generales sobre los sistemas de abastecimiento de agua y la disposición de aguas servidas y de lluvia en las edificaciones. Dotaciones de agua para las edificaciones. Piezas Sanitarias. Tipo y Número requerido de piezas sanitarias a instalar en edificaciones. Disposiciones Generales sobre los sistemas de abastecimiento de agua de las edificaciones. Estanques de almacenamiento de agua potable para las edificaciones.

*Tema 6.* Cálculo de dotación estanques de almacenamiento. Dimensionado, Ubicación, Tipos. Caudales usuales: Medio, Máximo, Aducción, Bombeo. Lectura de los capítulos XVI al XVIII de la Gaceta Oficial (GORV, 1988) relativos a: De los materiales, juntas, piezas de conexión y válvulas a utilizar en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua de las edificaciones: De la instalación de las tuberías del sistema de abastecimiento de agua. De la protección de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y de las edificaciones, contra la posibilidad de contaminación por conexiones peligrosas, por inversiones en la corriente de agua en las tuberías y por otras causas. Pérdidas de carga. Concepto, Uso de los ábacos de la Gaceta Oficial (GORV, 1988)

*Tema 7.* Lectura del capítulo XIX de la Gaceta Oficial (GORV, 1988), relativo al cálculo de las tuberías del sistema de distribución de agua. Tablas, Unidades de gasto, Gasto probable (Hunter).

*Tema 10.* Lectura de los capítulos XII al XV y XX al XXII de la Gaceta Oficial (GORV, 1988) relativos a: Bombas y motores para los sistemas de abastecimiento de agua de las edificaciones. Equipos hidroneumáticos para los sistemas de abastecimiento de agua de las edificaciones. Sistema de abastecimiento de agua de las edificaciones por bombeo directo. Sistemas para producción, almacenamiento y distribución de agua caliente en las edificaciones. Inspección y pruebas del sistema de abastecimiento de agua de las edificaciones. Limpieza y desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua de las edificaciones. Sifones de las piezas sanitarias

**Cuadro 16. Propuesta de los recursos de apoyo a la asignatura Instalaciones 2064 del programa de instalaciones sanitarias**

<b>Recurso de apoyo propuesto</b>	<b>Técnica didáctica asociada</b>	<b>Tema en el que se aplicará</b>
Laboratorio de instalaciones sanitarias FAU-UCV	Laboratorio	5,6 y 7
Incorporación de programas de cálculo	Simulación	5,7 y 10
Prácticas de campo	Trabajo de campo	5,6 y 10
Presentaciones audiovisuales, visuales, guías de autoaprendizaje, guías de autoevaluación, entre otros instrumentos	Exposición y pregunta	5,6,7 y 10
Proyectos de investigación	Proyectos y prácticas profesionales	No aplica de forma estricta, sin embargo, es una oportunidad para plantear ideas de proyectos que los estudiantes podrían realizar a futuro

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y el análisis asociado a cada uno de los escenarios planteados, permitieron llegar a las siguientes conclusiones, las cuales están clasificadas de la siguiente manera:

En cuanto a los parámetros de diseño del sistema de distribución de agua potable de la FAU-UCV:

- La tubería de aducción requiere un diámetro de 3", mientras que el existente es de 4", lo que lo constituye una condición más favorable para el llenado, en caso de utilizarse los tanques existentes que no están en servicio.
- Los diámetros de las tuberías de distribución existentes (escenario 1) son iguales o mayores a los resultantes de los cálculos realizados mediante el programa DEMO-IP3 (escenario 2), manteniéndose sus velocidades en el intervalo recomendado (0,6 – 3,0 m/s).
- Con base en el cálculo de las pérdidas de carga, el sistema requiere una presión mínima a la entrada del edificio, de 58,15 m.c.a., para los materiales y diámetros de las tuberías actuales (escenario 1) , suponiendo un estado físico aceptables.
- Si se sustituyeran los diámetros de las tuberías por los resultantes de los cálculos realizados mediante el programa DEMO-IP3, pero manteniendo el mismo material de la tubería (escenario 2), el requerimiento de presión aumenta a 59,58 m.c.a.
- Si se sustituyera el material de la tubería por polietileno de alta densidad (termofusión) y manteniendo los diámetros originales del sistema (escenario 3), el requerimiento de presión disminuye a 54,37 m.c.a., en la entrada del edificio.

En cuanto al funcionamiento actual del sistema de distribución de la FAU-UCV:

- Se confirmó que después de las 8:30 am, las piezas sanitarias ubicadas a partir del cuarto piso en los pisos no reciben agua y en el horario nocturno reciben agua, pero con muy baja presión. Todo ello, unido al

racionamiento de agua en la ciudad, complica el abastecimiento del edificio de la FAU-UCV.

- Si el sistema de abastecimiento de la Ciudad Universitaria de Caracas se alimentara a partir del tanque ubicado a 918 msnm, a capacidad plena, la presión teórica disponible en la entrada del edificio de 58,78 m.c.a, lo que permitiría el funcionamiento adecuado de las instalaciones sanitarias del edificio de la FAU-UCV, suponiendo un estado físico aceptable de las tuberías.
- Bajo la condición actual de abastecimiento del sistema de abastecimiento de la Ciudad Universitaria de Caracas, con la presión que suministra Hidrocapital, la presión teórica disponible en la entrada del edificio de 36,62 m.c.a., no permite el funcionamiento adecuado de las instalaciones sanitarias del edificio de la FAU-UCV, bajo alguno de los escenarios planteados.
- La ausencia de un sistema de almacenamiento y de bombeo propio del edificio de la FAU-UCV, limita su abastecimiento adecuado.

## **RECOMENDACIONES**

- Verificar la presión de agua disponible actualmente a la entrada del edificio de la FAU-UCV.
- Inspeccionar cada ramal de tubería para verificar su estado físico y, en caso de obstrucción, sustituir progresivamente por tuberías de termofusión del mismo diámetro.
- Instalar un sistema de bombeo con su respectivo tanque de almacenamiento, similar al propuesto en este trabajo, aprovechando los tanques existentes, previa inspección por personal experto.
- Utilizar el presente documento como base en la elaboración de recursos de apoyo para la aplicación de las técnicas didácticas: Laboratorio, Simulación, Trabajo de campo, Exposición y pregunta, Proyectos y prácticas profesionales, en el programa de Instalaciones Sanitarias de la asignatura Instalaciones 97, de la carrera de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela.

## CAPÍTULO 6. REFERENCIAS

- Arocha, S. (2011): Acueductos. Fundamentos teórico-prácticos. 1ra. Edición. República Bolivariana de Venezuela.
- Avendaño, E., & Serrano, S. (2004). Análisis de la Red de Distribución de Agua de Ciudad Universitaria. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería – Universidad Central de Venezuela, Caracas
- Bolinaga, J. J. (1999): Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Volumen 1. Fundación Polar, Caracas, Venezuela.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela – GORV (1988): Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 extraordinario de fecha 08 de septiembre de 1988
- García, C. Editor (2007): Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.044 extraordinario de fecha 08 de septiembre de 1988
- Gargallo, B.; Fernández, A.; Garfella, P., Pérez, C. (2010): Modelos de enseñanza y aprendizaje en la universidad. Ponencia del XXIX Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación “Formación y Participación de los Estudiantes en la Universidad, Universidad Complutense de Madrid. Documento en línea:  
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/site/docu/29site/ponencia3.pdf>. Consulta 25 de enero de 2014.
- Garzón, C.; Beltrán, L.; Martínez, P. (2009): Estudio de percepción sobre metodologías de enseñanza de temas de Electrónica en programas diferentes a Ingeniería Electrónica. Revista Educación en Ingeniería. N°. 8, Pp 93-101. Publicada en línea por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- [www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co). Consulta 25 de enero de 2014.
- Instituto de Estudios Superiores de Monterrey - ITESM, 2005. Capacitación en Estrategias y Técnicas Didácticas. Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica. Documento en línea. Consulta 7 de febrero de 2014. [http://sitios.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/Est\\_y\\_tec.PDF](http://sitios.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/Est_y_tec.PDF)

IP3-Software. IP3-Aguas Blancas 6.0. Documento en línea. Consulta 16 de octubre de 2016, <http://www.ip-3.com/demos.htm>. Copyright © 2000, Todos los Derechos Reservados por IP-3 Software.

López, L. (1990). Agua. Instalaciones sanitarias en los edificios. Maracay,

Rodríguez, O.; Silva, O.; Córcega, E.; Fernández, N. (2011): Instrumentos de apoyo para la enseñanza en Conservación de Suelos y Agua. Presentado en el XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Calabozo, noviembre 2011. Documento en línea: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/suelo\\_educacion/SE1.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/suelo_educacion/SE1.pdf). Consulta 25 de enero de 2014

Sparrow, E. (2014): Instalaciones sanitarias. Universidad Nacional del Santa, Perú. Documento en línea: [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/clases\\_instalaciones\\_sanitarias.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/clases_instalaciones_sanitarias.pdf). Consulta 11 de octubre de 2016

Tatá, G. (2003): Instalaciones Sanitarias en los Edificios. Tomos 1 y 3. Universidad de Los Andes, 3ra reimpresión de la 1ra edición. Venezuela.

Unesco (1999): Mantenimiento de instalaciones sanitarias. Guía No. 2, Reforma educacional. Ministerio de educación de Chile, Santiago. Documento en línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001231/123152s.pdf>. Consulta 11 de octubre de 2016

#### Otras referencias en internet

<http://buenosaber.blogspot.com/2012/02/el-inodoro-elemento-sanitario.html>

<http://hygolet.com.mx/productos/makech/inodorodefluxometro-wtf001#prettyPhoto>

<http://www.bazaramericano.com.co/accesorios-de-bano/533-lavamanos-acuacerp.html>

<http://www.promart.pe/cocinas-y-banos/sanitarios/tazas-y-urinarios?sc=2>

<http://www.casadimaco.com/urinario-blanco>

<https://www.grainger.com.mx/Todas-las-Categor%C3%ADas-de-productos/Plomer%C3%ADa/Inodoros-Mingitorios/Mingitorios/Urinario%2CCarcasa-Cromada-Resistente/p/2PPR5>

<http://www.consorca.com.ve/acero/hospitalarios.php>

<http://www.briggsplumbing.com/fixtures/bidets/all>



[https://blog.securibath.com/wp-content/uploads/2009/06/ducha\\_de\\_obra\\_1.jpg](https://blog.securibath.com/wp-content/uploads/2009/06/ducha_de_obra_1.jpg)

<http://www.clasf.co.ve/q/fregadero-bm-modelo-bellagio/>

<http://www.clasf.co.ve/bateas-sencillas-en-charallave-1988645/>

<http://hidromedsa.com/bebedero-ezs8/>

<http://www.hidrasoftware.com/disenio-del-montante-de-distribucion-para-las-instalaciones-sanitarias-en-edificaciones-con-plumber/>

<http://avias-aguassubterraneeas.blogspot.com/2010/09/revista-aguas-para-el-desarrollo-en-feb.html>

<http://www.materialesruta9.com/termofusion>

<https://www.alamaula.com/a-plomeria/la-plata/instalaciones-sanitarias-domiciliarias/1001186191380910509016209>

<http://www.americanstandard.com.mx/products/productDetail.aspx?id=9126>

<http://www.protectora.org.ar/notas/agua-un-recurso-en-extincion-solicita-legislacion/336/>

<http://www.hygolet.com.mx/blog/wp-content/uploads/2014/04/griferia-eco.jpg>

<http://www.hygolet.com.mx/blog/category/griferia/>

<http://www.ip-3.com/demos.htm>