



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA
EDIFICACIÓN DE TRES PISOS UBICADO EN LA CIUDAD DE
MACHALA

ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA
EDIFICACIÓN DE TRES PISOS UBICADO EN LA CIUDAD DE
MACHALA

ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN DE
TRES PISOS UBICADO EN LA CIUDAD DE MACHALA

ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO
INGENIERO CIVIL

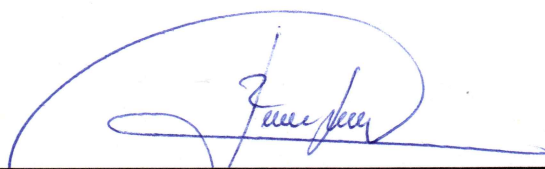
AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 11 DE JULIO DE 2018

MACHALA
11 de julio de 2018

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN DE TRES PISOS UBICADO EN LA CIUDAD DE MACHALA, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO
0701788283
TUTOR - ESPECIALISTA 1



CARRILLO LANDIN ANGEL ANTONIO
0701210668
ESPECIALISTA 2



COBO REGALADO GONZALO EDGAR EFRAIN
1703979953
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: jueves 12 de julio de 2018 - 15:10

Urkund Analysis Result

Analysed Document: ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO_PT-010518.pdf (D40303898)
Submitted: 6/21/2018 10:59:00 PM
Submitted By: titulacion_sv1@utmachala.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

MALDONADO RENTERÍA OMAR GUILLERMO.pdf (D21151037)

Instances where selected sources appear:

1

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN DE TRES PISOS UBICADO EN LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 11 de julio de 2018



ALAVA PESANTEZ XAVIER FERNANDO
0705822229

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal diseñar y calcular un sistema de instalaciones hidráulico-sanitario de una edificación tipo residencial de cuatro plantas, para ello se rigió con los requisitos establecidos por la Norma Ecuatoriana De Construcción NEC-2011 en el capítulo 16. El edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Machala, provincia de El Oro, en las calles: Avenida Bolívar Madero Vargas entre 11ava y 12ava oeste.

En esta edificación se propuso dos alternativas para una red interna de agua potable y se determinó, el sistema más factible para mencionada edificación. Entre las alternativas propuestas están, una red de agua potable distribuida por medio de un tanque elevado y otra distribución por medio de un tanque hidroneumático. Se elaboró además la red para desagüe de aguas lluvias y un sistema independiente de red de agua caliente.

Se procedió al diseño en AutoCAD de los planos arquitectónicos del edificio, como también de todas las redes de agua potable, desagüe sanitario y pluvial, con la finalidad de conocer todos los accesorios de la red, longitudes y número de aparatos, que tienen relación directa al momento de calcular el sistema hidrosanitario realizado mediante el programa Excel.

Se aplicó el método de simultaneidad para el cálculo de abastecimiento de agua potable y para el sistema de desagüe se utilizó el método de unidades de descarga, con ello se obtuvo un mejor sistema de bombeo y distribución, conveniente desde los puntos de vista técnico y económico.

Palabras claves: Sanitario, diseño, cálculo, abastecimiento, red.

ABSTRACT

The main objective of this work is to design and calculate a system of hydraulic-sanitary facilities of a residential building of four floors, for this purpose it was governed by the requirements established by the Ecuadorian Construction Standard NEC-2011 in chapter 16. The building It is located in the city of Machala, province of El Oro, in the streets: Avenida Bolívar Madero Vargas between 11ava and 12ava west.

In this building two alternatives were proposed for an internal network of drinking water and the most feasible system for said building was determined. Among the proposed alternatives are a network of potable water distributed by means of an elevated tank and another distribution by means of a hydropneumatic tank. The network for rainwater drainage and an independent system of hot water network was also developed.

We proceeded to design in AutoCAD the architectural plans of the building, as well as all the networks of drinking water, sanitary and rainwater drainage, in order to know all the accessories of the network, lengths and number of appliances, which are directly related when calculating the hydro-sanitary system carried out using the Excel program.

The simultaneity method was applied to calculate drinking water supply and for the drainage system, the unloading units method was used, thus obtaining a better pumping and distribution system, convenient from the technical and economic points of view.

Author keywords: Sanitary, design, calculation, supply, network.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
DESARROLLO.....	6
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	6
ALTERNATIVA 1.....	7
Sistema indirecto tanque elevado.....	7
Acometida.....	7
Dotación.....	7
Diseño de cisterna y tanque elevado.....	7
Sistema de bombeo.....	8
Pérdidas por fricción (k).....	8
Curva del sistema y curva característica de la bomba.....	9
Red de distribución.....	9
Cálculo de caudales probables.....	10
Red de agua caliente.....	12
Dimensionamiento del calentador de agua.....	12
ALTERNATIVA 2.....	14
Sistema directo hidroneumático.....	14
Red de distribución del tanque hidroneumático.....	14
Potencia de la bomba.....	14
Volumen del tanque hidroneumático.....	15
SISTEMAS DE DESAGÜE SANITARIO.....	16
SISTEMAS DE VENTILACIÓN.....	17
SISTEMAS DE DESAGÜE PLUVIAL.....	17
PRESUPUESTO.....	18
CONCLUSIONES.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
TABLAS.....	24
ANEXOS.....	29
PLANOS.....	46

INTRODUCCIÓN

Garantizar las necesidades básicas de una familia que habita en un lugar ocupacional, ha sido una de las prioridades fundamentales para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes. Las instalaciones de una red de distribución de agua potable y las correspondientes bajantes para desagüe sanitario y pluvial que existe en cualquier construcción habitable denominadas; planos de instalaciones hidráulico-sanitario, es un factor indispensable para lograr un estilo de vida saludable a cualquier individuo.

El agua es un patrimonio que debemos preservar, es un medio vital para un desarrollo sustentable y sostenible, el cual no debe comprometer a la afectación del medio ambiente y que ha servido sin lugar a duda para erradicar la pobreza y el hambre de la población. Por ende, se lo ha considerado como un derecho humano irrenunciable e ineludible [1].

Durante el transcurso del tiempo, los recursos hídricos se han visto inmersos en un cuadro de alteraciones, que han generado tres problemáticas directamente relacionadas con la densidad poblacional y su almacenamiento, la infraestructura de la red potable y su mantenimiento público y domiciliario y el abastecimiento y consumo doméstico [2].

Todos los recursos hídricos requieren por parte del estado, principios y políticas para un manejo adecuado de sus recursos tanto económico, social como ambiental, promoviendo un uso de estos recursos hídricos de manera eficiente y sostenible teniendo como idea principal, preservar el abastecimiento a largo plazo [3].

Los procesos que abarcan el tratamiento del agua, se los realiza mediante varios factores, los cuales puede generar dificultades dependiendo de las características y el medio en el que se encontraron las aguas superficiales a tratar; estas dificultades generan grandes costos ecológicos, sociales y económicos y para evitar esos gastos es necesario conservar la calidad del agua desde la fuente [4].

La mayoría de la población cuenta con el suministro de agua para sus viviendas, pero hay una cierta minoría que aún no está conectada a la red pública de abastecimiento, lo que conlleva a que compren el líquido a distribuidores independientes y esto genera un gasto sobrevalorado de lo que pagarían si disfrutaran de este servicio [5].

En Holanda, su Industria de agua potable distribuye a sus consumidores cantidades adecuadas de agua potable garantizando altas prioridades en este suministro. Para ello dispone de ciertos factores como son:

- Uso de las mejores fuentes de agua disponible.
- Aplicación de tecnologías modernas para el tratamiento de aguas servidas.
- Prevención de la contaminación del agua durante su distribución, evitando presiones bajas en los puntos de llegada.
- Disipar el crecimiento de microorganismos, mediante la producción de agua biológicamente estable (es decir, limitada en nutrientes) y la utilización de materiales bio-estables.
- Mantenimiento de las redes de distribución.
- Monitoreo en la producción y entrega del agua potable [6].

En el Ecuador, tanto en el sector agrícola como urbano se ha implementado diferentes mecanismos para la distribución del agua potable, sistemas de riego, desagüe de aguas servidas que de alguna manera han incrementado el uso de este recurso hídrico. En cuanto al sector agrícola aún no existe un adecuado uso del agua, como es la reutilización de aguas residuales para el sistema de riego que llevaría a un menor consumo de este líquido [7].

Un sistema hidrosanitario es un factor indispensable para el consumo y evacuación del agua ya sea en una vivienda, un edificio residencial o todo espacio habitable. Es por ello la importancia de este proyecto, el cual consiste en calcular una red hidrosanitaria para una edificación de uso residencial, que mediante un correcto diseño, obtener una buena distribución del agua, asegurando las presiones mínimas establecidas por la NEC-11 en cada aparato sanitario.

Al proponer dos alternativas para la distribución, uso y consumo del agua, se originan diferentes criterios de solución a esta problemática en los que se involucra: un correcto trazado de la red, dimensiones correctas de tuberías, pendientes óptimas para desagüe y sobre todo el beneficio-costos en la implementación de este sistema.

El sistema de desagüe y alcantarillado son servicios básicos con los que cuenta una población y estos a su vez están especificados desde un punto de vista técnico y funcional, refiriéndose al tiempo de uso, su estado operacional y su capacidad de

distribución, sin embargo, en algunas zonas rurales el manejo de estas aguas servidas se ha constituido en un problema de salud y disponibilidad de estos servicios [8].

El tema de costos es un valor importante en cuanto al diseño de las redes de distribución hidrosanitarias, ya que este diseño pasa por dos etapas: por un lado, el trazado de la red y sus conexiones y por otro, su respectivo dimensionamiento que una vez ejecutado sus costos fijos (construcción), y costos variables (mantenimiento) hacen posible el funcionamiento y rentabilidad del sistema [9].

El sistema hidrosanitario en el edificio, es un sistema rentable, técnico y económico, esto no quiere decir que los materiales a utilizar en el proceso serán de bajo rendimiento y poca calidad ya que el contratista responsable de la obra debe cumplir con los siguientes requisitos en cuestión de materiales:

- Función del material o sistema.
- Resistencias y aspectos mecánicos y químicos.
- Durabilidad bajo las condiciones necesarias de aplicación.
- Normativas y registros que se debe garantizar [10].

En el desarrollo del proyecto, se implementó un correcto modelo de distribución del agua dependiendo de las dotaciones y la cantidad de personas que viven en el edificio. Se garantizó las presiones mínimas en los aparatos críticos y el desagüe sanitario y pluvial evacua sus aguas de una manera correcta y eficiente hasta una caja de registro y este a su vez al alcantarillado principal.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el cálculo y diseño de un sistema de distribución de agua potable y desagüe para un edificio residencial ubicado en la ciudad de Machala, proponiendo dos alternativas y determinando cuál es el más conveniente a nivel técnico y económico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener el sistema de distribución de agua más conveniente en el edificio tanto a nivel técnico como económico.
- Garantizar las presiones mínimas en cada aparato sanitario.
- Obtener los diámetros de tuberías apropiados para toda la red de desagüe del edificio.

DESARROLLO

La edificación residencial se encuentra ubicada en la ciudad de Machala, provincia de El Oro, en las calles Avenida Bolívar Madero Vargas entre 11ava y 12ava oeste. Cuenta con un área de construcción de 358 m^2 , la distribución arquitectónica del edificio es la siguiente:

- Planta Baja.
Un dormitorio principal con baño privado, dormitorio secundario, baño general, sala, comedor, cocina y estacionamiento.
- Primer y segundo piso.
Un dormitorio principal con baño privado, dormitorio secundario, baño general, sala, comedor y cocina.
- Terraza
Sala de eventos, lavandería y baño general.

Para el desarrollo del proyecto se propondrán dos sistemas de abastecimiento de agua indirectos, y mediante el resultado del análisis se optará por el equipo que mejor distribución de agua posea y más económico resulte.

1. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Las redes de distribución de agua se han ampliado producto de la extensión de la población hacia nuevas zonas, pero el sustento de este líquido ha ido disminuyendo de manera significativa que ahora se lo considera al agua como un recurso en escasez [11].

Es importante considerar, que el agua tiene un aspecto económico indiscutible y por ende hay que tratar de reducir sus pérdidas frecuentes desde la red de distribución hasta cada uno de los puntos en las instalaciones sanitarias de cada domicilio [12].

La ciudad de Machala, por estar ubicada en una zona baja, cuenta con una presión menor a los 10 mca. en la red pública de suministro de agua, lo cual imposibilita realizar un sistema directo para el suministro del líquido al edificio. Según la NEC-11, en caso de no contar con una presión adecuada en la red, es necesario emplear un sistema indirecto para el abastecimiento de agua en una edificación, que puede ser mediante bombeo o por medio de un aparato de presión autónomo.

ALTERNATIVA 1

1.1 Sistema indirecto tanque elevado

Este sistema trabaja mediante un tanque de almacenamiento de agua ubicada en la parte superior del edificio en la cual por medio de gravedad alimenta a toda la red interna diseñada para proporcionar agua a cada aparato sanitario. Para este sistema, se diseñó una cisterna que conecta a la red pública y la succión e impulsión del agua hasta el tanque de almacenamiento se lo realizó por medio de una bomba.

1.1.1 Acometida

Es la conexión domiciliaria que se realiza desde el punto de la red pública de distribución hasta un sistema de almacenamiento (cisterna) o conectado directamente a la red interna del domicilio. El diámetro de la red principal es de 110 mm, conectada a un collarín de toma con una salida de 25 mm y enlazada a una tubería de acometida del mismo diámetro, posee una llave de registro y su tubería de alimentación. Todas las conexiones y tuberías son del tipo PVC y ofrecen una resistencia de presión de más de 150 m.c.a como demanda la NEC-11.

1.1.2 Dotación

Es la cantidad de agua que le corresponde a cada individuo. Para estimar la cantidad de agua en el edificio se ha seguido la normativa establecida en la NEC-11 (Tabla 1). Por las características del edificio; Por las características del edificio; contando con tres departamentos familiares (200 l/habitante/día), un jardín (3 l/m²/día) y una sala de eventos (20 l/m²/día), estimamos un volumen diario de 3.56 m³ de agua.

1.1.3 Diseño de cisterna y tanque elevado

Una vez establecido el volumen total del líquido a almacenar, se procede a diseñar las secciones de la cisterna, rigiéndose en la NEC-11 que señala, que el volumen de almacenamiento de la cisterna corresponderá a un 60% y su volumen restante (40%), lo almacenará el tanque elevado. De esta manera queda conformado un almacenamiento de 2.13 m³ de agua para la cisterna y 1.42 m³ para el tanque elevado. Por relaciones económicas, las dimensiones de la cisterna son: 1.40 * 1.50 * 1.50 correspondientes a la altura, ancho y profundidad y con un volumen real de 3.15 m³. El tanque elevado será de polietileno con un volumen de 1500 l.

1.1.4 Sistema de bombeo

Para estimar el caudal de bombeo, se toma como referencia el volumen del tanque elevado y el tiempo en el cual será llenado. Se calculan los diámetros de las tuberías tanto de succión (ϕ 1"), como de impulsión (ϕ 3/4") que están acopladas a la bomba.

1.1.5 Pérdidas por fricción (k)

Para la distribución de agua en la red interna, se han aplicado fórmulas que han sido de relevada importancia para la comunidad científica ya que se han vuelto fundamentales para el diseño, cálculo y explotación de los mismos [13]. El agua que se traslada por las tuberías y accesorios que están conectados a la bomba para el proceso de succión e impulsión, producen pérdidas durante su recorrido (Tabla 2), estas pérdidas representan la disminución de energía que se genera cuando el agua se traslada por las tuberías (rugosidad) antes de llegar al punto de fuga. Para determinar las pérdidas por fricción en las tuberías, tanto de succión como de impulsión, se utilizó la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$hf = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad \text{form. (1)}$$

Donde:

hf = Pérdidas por fricción (m).

f = Factor de fricción.

L = Longitud de la tubería (m).

Q = Caudal (m^3/s).

g = Gravedad (m/s^2).

D = Diámetro de la tubería (m).

Para las pérdidas menores producidas por los accesorios, se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$hm = \frac{8 * \Sigma K * Q^2}{\pi^{1.852} * g * D^4} \quad \text{form. (2)}$$

Donde:

hm = Pérdidas menores (m).

K = Coeficiente de pérdidas menores (accesorios).

Q = Caudal (m^3/s).

g = Gravedad (m/s^2).

D = Diámetro de la tubería (m).

1.1.6 Curva del sistema y curva característica de la bomba

La curva característica de una bomba son las especificaciones técnicas que un fabricante proporciona al usuario acerca de una bomba centrífuga, la curva está relacionada con la carga y el caudal que una bomba puede impulsar. En la actualidad, gracias a varias investigaciones se ha podido desarrollar bombas cuyo requisito principal es ofrecer una descarga constante del fluido, haciéndolas mucho más ligeras y baratas ya sea para su uso industrial o doméstico [14].

La curva del sistema que de igual forma relaciona la carga de altura y el caudal que puede impulsar, son datos representados al realizar cálculos para la altura de succión y de impulsión que se necesitará para la conducción del líquido. Estos cálculos vinculan: caudales, longitudes, velocidad, pérdidas de fricción y pérdidas menores.

Para la selección de la bomba centrífuga del edificio, se representaron tres diferentes curvas características de bombas proporcionadas por un fabricante y una curva del sistema cuyo punto de intersección será el más apropiado para la bomba a escoger dependiendo del caudal a transportar y la altura a la que se quiere llegar.

La bomba que conduce el agua desde la cisterna hasta el tanque elevado, será una bomba centrífuga de 0.7 HP con un punto de operación de 0.51 l/s a una altura de 26 m.

1.1.7 Red de distribución

Para contar con un apropiado análisis, cálculo y diseño de una red de distribución hidráulica, es necesario tener conocimientos previos para el trazado de la red como lo son la rugosidad de la tubería, la altura a la cual se encuentra cada aparato sanitario, sus respectivos accesorios y los puntos de fuga trabajando simultáneamente [15].

La red de agua distribuida en todo el edificio por el tanque elevado, se la diseñó reconociendo todos los aparatos sanitarios que utilizarán cada conjunto habitacional. Se trazará una vista isométrica de la red en AutoCAD, con la finalidad de reconocer las longitudes de todas las tuberías y sus respectivos accesorios a emplear. Con ello obtendremos: caudales que necesita cada aparato (Tabla 3), diámetros de tuberías, velocidades y pérdidas totales.

En las tuberías de distribución, los ramales que llegan hasta cada aparato sanitario, la mayor parte fueron de un diámetro de 3/4", mientras que la tubería principal interna se diseñó para un diámetro de 1", todos de material PVC debido a su fácil instalación, resistencia mecánica y corrosión y bajo costo de instalación.

Las pérdidas totales hasta el punto crítico del edificio, que es una ducha en la terraza, dieron un resultado de pérdida de energía de 0.683 m, considerando la ubicación del tanque a una altura de 2.60 m desde el nivel de terraza. La presión hasta la ducha es insuficiente para lo que indica la NEC-11 (min 3 mca.) por lo que se optó por instalar un regulador electrónico de presión colocado en un tramo del ramal que conecta a la ducha para que pueda cumplir con las presiones correspondientes.

1.1.8 Cálculo de caudales probables

Para realizar una evaluación del caudal máximo probable que tendrán todos los aparatos sanitarios en servicio, se establece el factor de simultaneidad el cual hace una estimación del funcionamiento simultáneo de todos los aparatos sanitarios aplicando la siguiente fórmula dispuesta por la NEC-11:

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n))) \quad \text{form. (3)}$$

Donde:

k_s = Factor de simultaneidad.

n = Número de aparatos.

F = 2, edificios habitacionales.

Una vez determinado el caudal máximo probable, se seleccionó los diámetros comerciales de las tuberías, siempre y cuando la velocidad del líquido al transitar por estos conductos esté dentro de un rango de 0.6 m/s a 2.5 m/s como lo especifica la norma NEC-11. Se determinó las pérdidas por fricción generadas por la rugosidad de

la tubería y los accesorios. Estas pérdidas están vinculadas por el número de Reynolds (velocidad, viscosidad y dimensión de un fluido) y un factor de fricción:

$$NR = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{form. (4)}$$

Donde:

NR = Número de Reynolds.

V = Velocidad media (m/s).

D = Diámetro interior de tubería (m).

ν = Viscosidad cinemática del agua (Tabla 4).

El factor de fricción vinculado a las pérdidas, depende del valor de rugosidad de la tubería, en este caso PVC y de su diámetro interior. Para su cálculo se utilizó la ecuación de Swamee-Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} \quad \text{form. (5)}$$

Donde:

f = Rugosidad absoluta (Tabla 5).

D = Diámetro interior de tubería (mm).

Re = Número de Reynolds.

Las pérdidas por fricción se las calcula por medio de la fórmula general de Darcy-Weisbach:

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{form. (6)}$$

Donde:

hf = Pérdidas por fricción (m).

f = Factor de fricción.

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro interior de tubería (m).

V = Velocidad (m/s).

g = Gravedad (9.81 m/s^2).

Para las pérdidas locales, se utiliza la fórmula general que toma en consideración el factor adimensional K, que representan las pérdidas por accesorios y la velocidad de flujo:

$$hm = k \frac{V^2}{2g} \quad \text{form. (7)}$$

Donde:

hm = Pérdidas locales (m).

k = Pérdidas por accesorios.

V = Velocidad del flujo (m/s).

g = Gravedad (9.81 m/s^2).

1.2 Red de agua caliente

Este sistema se emplea para satisfacer las demandas de agua caliente de los habitantes en el edificio, el trazado del sistema por piso es independiente y se realizó en AutoCAD con el fin de determinar longitudes y derivaciones de la tubería.

Para la selección del caudal mínimo en cada aparato sanitario, se aplicó el 67% del caudal mínimo para agua fría [16], el requerimiento de agua caliente varía dependiendo del consumidor y las temperaturas y consumo se definirán en la NEC-11 (Tabla 6). Para las pérdidas de carga se empleó el mismo sistema de cálculo para agua fría.

Para el transporte del agua caliente se seleccionaron tuberías de CPVC debido a su alta durabilidad, fácil instalación, baja conductividad térmica y resistente a temperaturas de hasta 82°C , Los diámetros de las tuberías utilizadas son de 1/2" y 3/4" respectivamente.

1.2.1 Dimensionamiento del calentador de agua

La NEC-11 señala que existen tres tipos de sistema para producción de agua caliente: instalaciones puntuales, instalaciones autónomas e instalaciones centralizadas con acumulación, en la que esta última se optó por su implementación. El edificio cuenta con tres termos eléctricos (uno por cada piso), para el cálculo de la dotación de agua caliente se empleó tablas americanas de consumo (Tabla 7). El volumen del termo eléctrico se calculó mediante la siguiente fórmula dispuesta en la NEC-11:

$$V_w = \frac{(T_s - T_{in})}{(T_{out} - T_{in})} V_d \quad \text{form. (8)}$$

Donde:

V_w = Volumen del termo (l).

V_d = Volumen por consumo de agua (l).

T_s = Temperatura de agua caliente en el aparato (°C).

T_{in} = Temperatura de agua fría que ingresa al termo (°C).

T_{out} = Temperatura de calentamiento del termo (°C).

La energía que requiere el termo para calentar el agua almacenada está determinado por la siguiente ecuación:

$$E_r = V_w(T_{out} - T_{in}) \quad \text{form. (9)}$$

Donde:

E_r = Energía requerida (Kcal).

V_w = Volumen del termo (l).

T_{out} = Temperatura de agua fría que ingresa al termo (°C).

T_{in} = Temperatura de calentamiento del termo (°C).

Se calcula además, la potencia calorífica que emplea el termo con la siguiente ecuación:

$$Pot_{cal} = \frac{E_r}{0.9 t_{pro}} \quad \text{form. (10)}$$

Donde:

Pot_{cal} = Potencia calorífica (Kcal/h).

E_r = Energía requerida (Kcal).

t_{pro} = Tiempo estimado para calentar el agua (h).

Implementar la producción de agua caliente por medio de un sistema de energía solar es una buena idea para dejar de utilizar los calentadores solares pero existe una desventaja muy desfavorable el cual es la pérdida de calor en estos sistemas [17]. Se implementó un termo eléctrico que tiene un volumen de almacenamiento de 135.84 l, en producto comercial se implementará un termo de 40 gal.

ALTERNATIVA 2

1.3 Sistema directo hidroneumático

Este sistema está formado por una bomba, la cual traslada el agua hacia un depósito conocido como tanque hidroneumático, que, por medio del almacenamiento de agua y aire comprimido, alimenta a la red hidráulica interna del edificio garantizando una buena presión en cada aparato sanitario.

1.3.1 Red de distribución del tanque hidroneumático

La red de distribución en este caso varía un poco a la anterior en su trazado, sin embargo, se la diseñó siguiendo todos los parámetros establecidos en la red de distribución del caso anterior. El trazado se efectuó haciendo inciso en el punto donde las pérdidas de energía eran más desfavorables, en este caso, una ducha ubicada en la terraza. Hasta ese punto, se obtuvieron unas pérdidas totales de: 2.17 m, la red se la diseñó con tubería de PVC.

1.3.2 Potencia de la bomba

La potencia de la bomba para el sistema hidroneumático, se la diseñó tomando en consideración el caudal máximo probable en toda la red que es de 1.48 l/s, una presión mínima de 23.17 m y la presión máxima de la bomba 38.17 m, obteniendo así una potencia de 1.24 HP, para bombas comerciales se seleccionó una de 1.5 HP.

$$P_{min} = Z + P_s + H_t \quad \text{form. (11)}$$

Donde:

P_{min} = Presión mínima o encendido de bomba (P_{on}).

Z = Altura hasta el punto más crítico (m).

P_s = Presión de salida (m).

H_t = Pérdidas totales (m).

Para el apagado de la bomba o presión máxima, se añadió un ΔP de 15 m:

$$P_{max} = P_{min} + 15 \text{ m} \quad \text{form. (12)}$$

Donde:

P_{max} = Presión máxima o apagado de bomba (P_{off}).

P_{min} = Presión mínima.

$\Delta P = 15$ m.

Para la potencia de la bomba se utilizó un porcentaje de eficiencia del 60%:

$$P(HP) = \frac{Q_{max} * H_t}{76 * n} \quad \text{form. (13)}$$

Donde:

$P(HP)$ = Potencia de la bomba (HP).

Q_{max} = Caudal máximo probable.

P_{max} = Presión máxima (m).

n = Porcentaje de eficiencia de la bomba (60%).

1.3.3 Volumen del tanque hidroneumático

Para el diseño del tanque hidroneumático que garantizará un volumen adecuado de presión de aire y agua comprimida, el un volumen total fue de 272.88 l, por el ámbito comercial se seleccionó un tanque de 80 gal. Para el cálculo del volumen del tanque se utilizó la ecuación de la NEC-11:

$$V = \frac{19 * R_{air} * Q_{max} * (P_{off} - P_{atm})}{\#bombas * \#ciclos * (P_{off} - P_{on})} \quad \text{form. (14)}$$

Donde:

V = Volumen del tanque hidroneumático (l).

$R_{air} = 1$, hidroneumático de membrana con respecto a la masa de aire.

Q_{max} = Caudal máximo probable (l/min).

P_{off} = Presión de apagado de la bomba (m).

$P_{atm} = 10.33$, Presión atmosférica.

$\#bombas$ = Número de bombas.

$\#ciclos$ = Número de ciclos de la bomba.

P_{on} = Presión de encendido de la bomba (m).

2. SISTEMAS DE DESAGÜE SANITARIO

Este sistema posibilita el desalojo de todas las aguas servidas producto del consumo humano. Poseen ramales conectados a cada aparato sanitario y este a su vez a una tubería principal conocida como bajante, siempre y cuando estas descargas de aguas negras o grises posean una pendiente para su evacuación.

La red de desagüe fue calculada dependiendo de las unidades de descarga de cada aparato sanitario (Tabla 8), el cual representa un valor adimensional, pero es necesario para la obtención del caudal máximo probable de las aguas servidas. La pendiente mínima en los ramales de desagüe es del 2% [18], para la evacuación de los desechos se adoptó pendientes del 2% al 3% respectivamente.

Los diámetros de las tuberías de desagüe fueron de 50 mm y 110 mm, todos de PVC. La velocidad mínima a tubo lleno será de 0.6 m/s, y para su cálculo se utilizó la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{form. (15)}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

D = Diámetro interior (m).

S = Pendiente.

Para un sistema óptimo de desagüe, las tuberías tienen que trabajar parcialmente llenas a un funcionamiento máximo (tirante) del 75% del diámetro interior total y sus uniones en los ramales tienen que ser en Y a 45°, se obtiene un valor de relación entre el caudal máximo probable y el caudal a tubo lleno q/Q (Tabla 9). De esa relación un valor d/D , que, multiplicado por el diámetro interno de la tubería seleccionada, hallaremos un tirante normal de la lámina de agua.

Los diámetros de las bajantes no deberán ser menores al diámetro máximo de descarga seleccionado en cualquier aparato, las uniones de los ramales y bajantes serán en Y a 45°. Los diámetros de las tuberías en las bajantes fueron de 4" del tipo PVC.

3. SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Los sistemas de ventilación proporcionan la evacuación de los gases producidos en las tuberías de desagüe, con ello se protege los sellos hidráulicos y el sello de agua (sifón) de los aparatos sanitarios [18].

En la edificación, se empleó la **ventilación en circuito**; el cual consiste en un solo ducto encargado de proporcionar ventilación a varios aparatos en un piso (ocho aparatos máximo) [18]. El material utilizado es de PVC, y el diámetro del conducto de ventilación se une a cada bajante de desagüe sanitario (4").

4. SISTEMAS DE DESAGÜE PLUVIAL

Es aquel sistema que recibe las aguas lluvias producto de la escorrentía superficial y la entrega al sistema de alcantarillado pluvial de la zona. La recolección de las aguas lluvias del edificio, se la diseñó por medio de dos canaletas semicirculares, utilizando un tubo de PVC con un diámetro de 110 mm para una cubierta de dos aguas.

Para la estimación del caudal de aguas lluvias se aplicó el método racional que establece:

$$Q = C I A \quad \text{form. (16)}$$

Donde:

Q = Caudal de aguas lluvias (l/s)

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (m^2).

El coeficiente escorrentía el cual es un valor adimensional será igual a 1 (lluvias prolongadas) para el diseño del desagüe pluvial. La intensidad de lluvia se obtiene mediante datos estadísticos del INAMHI, para las dimensiones de las canaletas y del diámetro de la tubería para la bajante de aguas lluvias se empleó una intensidad de lluvia de 110 mm/h.

En este caso, el área de la cubierta de dos aguas es de $21.40 m^2$ por lado y la bajante de PVC que conecta a la canaleta y a la caja de registro tiene un diámetro comercial de 50 mm.

5. PRESUPUESTO

Se realizó un presupuesto de todo el material utilizado en la red hidrosanitaria, mostrando inclusive la diferencia de precios entre un sistema de tanque elevado y un hidroneumático.

SISTEMA DE TANQUE ELEVADO			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Tub rosc. 3/4"x 6m	15	10,44	156,6
Tub rosc. 1"x 6m	4	21,39	85,56
Tub rosc. 1/2"x 6m	3	6,99	20,97
Tub rosc. 1 1/4"x 6m	1	25,78	25,78
Tanque elevado	1	356,75	356,75
Regulador electrónico de presión 1HP	1	140,00	140,00
Bomba periférica 0,5 HP	1	74,80	74,80
Bomba periférica 0,7 HP	1	135,84	135,84
Accesorios	Global		117,35
TOTAL:			1113,65

SISTEMA BOMBA HIDRONEUMÁTICA			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Tub rosc. 3/4"x 6m	11	10,44	114,84
Tub rosc. 1"x 6m	3	21,39	64,17
Tub rosc. 1/2"x 6m	2	6,99	13,98
Tub rosc. 1 1/4"x 6m	1	25,78	25,78
Bomba Hidroneumatica 1,	1	235	235
Tanque de presión	1	185	185
Accesorios	Global		102,35
TOTAL:			741,12

RED DE AGUA CALIENTE			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Tub rosc. 1/2"x 6m	4	9,54	38,16
Tub rosc. 3/4"x 6m	12	13,52	162,24
Termo eléctrico 40 gal.	3	212,14	636,42
Accesorios	Global		87,65
TOTAL:			924,47

SISTEMA DE DESAGÜE			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Tubo pvc 110 mm x 3m	19	14,57	276,83
Tubo pvc 50 mm x 3m	13	8,65	112,45
Galon de kalipega	1	40,35	40,35
Accesorios	Global		116,38
TOTAL:			546,01

CONCLUSIONES

- Con los datos obtenidos en los cálculos, trazado, diámetros, velocidades, presiones y presupuesto, el sistema que más conviene en el edificio es el sistema hidroneumático; tanto por el ámbito económico ya que tiene una diferencia de precios con respecto al tanque elevado de \$ 372.50, como también por el lado técnico ya que se dispone de un trazado de la red más óptimo con menos derivaciones y menor uso de tuberías.
- En el tanque hidroneumático, se determinó la presión mínima con el cual arrancó la bomba; esta presión mínima involucra la altura al aparato crítico que son 11 m, la presión recomendada del aparato 10 mca (NEC-11) y las pérdidas de fricción y locales que son de 2.17 m, obteniendo así una presión mínima de la bomba de 23.17 m. La presión máxima o de parado se determinó mediante la suma de la presión mínima más 15 m, obteniendo una presión máxima de 38.17m. Esto conlleva a un mejor desempeño del tanque hidroneumático y a que las derivaciones de presión y caudal sean mínimas.
- El sistema de tanque elevado no fue la mejor opción para la red de agua en el edificio, por una parte se cuenta con una presión menor en cada aparato de lo que se contaría con un hidroneumático y por otra, la presión mínima es nula (0 mca) en el aparato crítico ubicado en la terraza con lo que se tendría que usar un regulador electrónico de presión para mejorar la presión en este aparato, pero todo esto representa un mayor gasto económico.
- Para el suministro de agua caliente sanitario (ACS), se estableció un calentador eléctrico por cada piso, con el fin de que el habitante tenga la opción de poder usarlo si lo desea, ya que esto se ve reflejado en el consumo de energía eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Yáñez martha and Acevedo Karina, "El Acceso Al Agua Para Consumo Humano En Colombia," *Rev. Econ. Inst.*, vol. 15, no. 29, pp. 125–148, 2013 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41929178007>
- [2] C. García Lirios, J. Carreón Guillén, J. Hernández Valdés, M. Montero López Lena, and J. M. Bustos Aguayo, "Actitudes, consumo de agua y sistema de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable," *Polis*, vol. 34, no. 2013, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30528135019>
- [3] L. Carlos, E. Henríquez, C. Charpentier, J. Manuel, and D. Hernández, "Avances y limitaciones de la gestión integrada de los recursos hídricos en Panamá," *Rev. Econ. del caribe*, vol. 15, no. 1, pp. 23–36, 2015 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169422215002>
- [4] N. C. C. Camacho, "Tratamiento De Agua Para Consumo Humano," *Univ. Lima - Ing. Ind.*, vol. 0, no. 29, pp. 153–170, 2011 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- [5] J. L. C. Montenegro, "La Seguridad Humana Y Los Problemas Colaterales Del Agua*," *Rev. Relac. Int. Estrateg. y Segur.*, vol. 9, no. 2, pp. 183–203, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/927/92731753009.pdf>
- [6] L. Zlatanović, J. P. van der Hoek, and J. H. G. Vreeburg, "An experimental study on the influence of water stagnation and temperature change on water quality in a full-scale domestic drinking water system," *Water Res.*, vol. 123, pp. 761–772, 2017 [Online]. Available: <http://xurl.es/ScienceDirect-Experi>
- [7] Ing. Civil Ángel Antonio Carrillo Landín, "PLAN DE REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, EL CAMBIO, EL ORO," Universidad de Guayaquil, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15278>

- [8] G.-U. César A, V.-B. Martha L, and G.-U. Juan C, "Sanitario seco: una alternativa para el saneamiento básico en zonas rurales," *Rev. salud pública*, vol. 16, no. 4, pp. 638–689, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42235721013>
- [9] V. Luis de Nicolás, F. Laguna-Peñuelas, and P. Viduera, "Criterio para la optimización energética de redes ramificadas de agua.," *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 5, no. 6, pp. 41–54, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://xurl.es/Tecnolog%EDa+y+Ciencia>
- [10] I. S. Bueno, S. Water, and M. International, "Sostenibilidad en la construcción. Calidad integral y rentabilidad en instalaciones hidro-sanitarias, Revista de Arquitectura e Ingeniería, Matanzas, 2009," 2009 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915931002>
- [11] M. R. Joseph and A. J. L. Méndez, "Gestión integral de pérdidas de agua: un caso de estudio Management of water losses: a case study," *Ing. Hidraul. y Ambient.*, vol. XXXVII, no. 3, pp. 74–88, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://xurl.es/Scielo-Ing.Hidr%E1ulic>
- [12] I. de C. L. F. R. Dr. Ing. Industrial Julián Salas Serrano, "Economía de agua, economía de instalaciones," *Inf. la construcción*, vol. 40, no. 396, pp. 39–48, 1988 [En línea]. Disponible en: <http://xurl.es/CSIC-infoConstucci%F3n>
- [13] I. Patricia and B. Fuentes, "Calibración y simulación del sistema fuente para abasto de agua del acueducto El Gato Calibration and simulation of the source system for El Gato water supply aqueduct," vol. XXXV, no. 1, pp. 101–115, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://xurl.es/Scielo-Calibraci%F3n+y>
- [14] J. Santos, Rafael; Muñoz, "Procedimiento para la elaboración de la curva de NPSHr en bombas centrífugas a partir de parámetros adimensionales," *Cienc. E Ing.*, vol. 35, no. 2, pp. 77–83, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550625003>

- [15] D. Saldarriaga, Juan; Páez, Diego; Vallejo, “Modelo Estocástico de demanda de agua en edificaciones y la recolección y procesamiento de datos para su formulación,” vol. 0, no. 40, pp. 33–38, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1210/121031489005.pdf>
- [16] MIDUVI, “NEC-11, Norma Hidrosanitaria NHE Agua,” *Norma Ecuatoriana La Construcción*, p. 38, 2011.
- [17] J. A. Mantilla, M. A. Casallas, F. Tecnológica, U. Distrital, and F. José, “Diseño de un tanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria, utilizando materiales de bajo costo,” vol. 20, no. 3, pp. 225–233, 2015 [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84943818004>
- [18] H. A. Rodríguez Díaz, *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones*, Primera ed. Colombia, 2005.
- [19] L. J. Arizmendi, *Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios*, 7ma ed., vol. 7ª renov. Navarra: EUNSA, 2005.

TABLAS

Tabla 1. Dotaciones para diferentes usos en edificaciones.

TIPO DE EDIFICACIÓN	UNIDAD	DOTACIÓN
Bloques de viviendas	L/hab/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil/día	40 a 60
Centro comercial	L/m ² área útil/día	15 a 25
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
recirculación	L/m ² /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/Kg de ropa	30 a 50
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil/día	15 a 30
Salas de fiestas y casinos	L/m ² área útil/día	20 a 40

Fuente: NEC-11 Norma Hidrosanitaria NHE Agua

Tabla 2. Coeficiente de pérdidas menores K.

ACCESORIO	DIÁMETRO (pulg)						
	1/2 "	3/4 "	1"	1 1/2 "	2"	3"	4"
Codo 90	0,81	0,75	0,69	0,63	0,57	0,53	0,51
Codo 45	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,28	0,27
Válvula de compuerta	0,22	0,20	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14
Válvula de globo	9,20	8,50	7,80	7,10	6,50	6,00	5,80
Válvula de mariposa	1,35	1,22	1,10	0,92	0,86	0,79	0,77
Válvula de bola	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
Válvula de check o de retención	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00	0,94
Válvula de pie	11,30	10,50	9,70	9,30	7,60	7,10	7,10
Tee normal	0,54	0,50	0,46	0,44	0,38	0,37	0,34
Tee con derivación	1,62	1,50	1,38	1,32	1,14	1,08	1,02
Unión	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

Fuente: Cálculo y Normativa Básica de Instalaciones en Edificios (Arizmendi Barnes, 2005)

Tabla 3. Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/S)	PRESIÓN		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c a.)	mínima (m c a.)	
Bañera/tina	0,30	7,00	3,00	20
Bidet	0,10	7,00	3,00	16
Calentadores/calderas	0,30	15,00	10,00	20
Ducha	0,20	10,00	3,00	16
Fregadero cocina	0,20	5,00	2,00	16
Fuentes para beber	0,10	3,00	2,00	16
Grifo para manguera	0,20	7,00	3,00	16
Inodoro con depósito	0,10	7,00	3,00	16
Inodoro con fluxor	1,25	15,00	10,00	25
Lavabo	0,10	5,00	2,00	16
Máquina de lavar ropa	0,20	7,00	3,00	16
Máquina lava vajilla	0,20	7,00	3,00	16
Urinario con fluxor	0,50	15,00	10,00	20
Urinario con llave	0,15	7,00	3,00	16

Fuente: NEC-11 Norma Hidrosanitaria NHE Agua

Tabla 4. Valores de viscosidad del agua.

TEMPERATURA	VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA ν (m ² /s)
0	1,785E-06
5	1,519E-06
10	1,306E-06
15	1,139E-06
20	1,003E-06
25	8,930E-07
30	8,000E-07
40	6,580E-07
45	6,040E-07

Fuente: Hidráulica de Tuberías (Saldarriaga, 1998)

Tabla 5. Valores de rugosidad absoluta.

MATERIAL	E (mm)
PVC	0,0015
AC	0,03
Acero	0,046
Hierro galvanizado	0,15
Hierro fundido	0,15
Hierro dúctil	0,25
Concreto	0,3 - 3,0
Vidrio	0,0003

Fuente: Hidráulica de Tuberías (Saldarriaga, 1998)

Tabla 6. Temperaturas y consumos de agua en aparatos sanitarios.

TIPO DE EDIFICACIÓN	APARATO	TEMPERATURA (°c)	CONSUMO POR LLENADO (L)	TIEMPO DE LLENADO (min)
Vivienda	Bañera	38	150	15
	Bidet	35	5	2
	Ducha	40	45	6
	Lavamanos	35	2	2
Casas de salud y hospitales	Bañera	38	250	4
	Baño de asiento	38	60	2
	Baño medicinal	36	200	3
	Ducha	38	100	5
	Hidromasaje	36	600	5
	Lava brazos	40	30	25
	Lavapiés	40	35	20
	Para esterilizar	85 a 90	-	-
Hoteles y restaurantes	Bañera	38	200	15
	Ducha	38	60	6
	Lavamanos	35	6	1

Fuente: NEC-11 Norma Hidrosanitaria NHE Agua

Tabla 7. Especificaciones técnicas americanas para el cálculo del tanque acumulador.

TIPO DE EDIFICACIÓN	UNIDAD	Consumo máximo horario en relación al consumo	Duración del periodo de consumo máximo (horas)	Capacidad de almacenamiento o en relación al consumo diario	Capacidad horaria del calentador en relación al consumo diario
	L/persona/día				
Viviendas, apartamentos y hoteles	150	1/7	4	1/5	1/7
Oficinas	7,5	1/5	2	1/5	1/6
Fábricas y talleres	20	1/3	1	2/5	1/8

Fuente: Desing Guide For Heating, Ventilating, and Air Conditioning Systems (2006)

Tabla 8. Unidades de descarga en las tuberías de desagüe de los aparatos sanitarios.

APARATO	DIÁMETRO (pulg)	UNIDADES DE DESCARGA
Bañera o tina	2	2 - 3
Ducha privada	2	2
Lavadero	2	2
Inodoro (tanque)	3 - 4	3
Inodor (fluxómetro)	4	8
Lavaplatos	2	1
Lavamanos	2	1 - 2
Urinario (tanque)	2	2
Urinario (fluxómetro)	3	8

Fuente: Diseño Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones (H. A. Rodríguez, 2005)

Tabla 9. Relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas.

Caudal	Velocidad	Tirante	Radio hidráulico	Profundidad hidráulica	Tensión tractiva
Q/Q _o	V/V _o	d/D	R/R _o	H/D	T/T _{Li}
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,01	0,290	0,076	0,239	0,041	0,195
0,02	0,344	0,108	0,315	0,067	0,273
0,03	0,386	0,131	0,370	0,086	0,328
0,04	0,419	0,152	0,410	0,102	0,375
0,05	0,445	0,169	0,449	0,116	0,415
0,06	0,468	0,186	0,481	0,128	0,452
0,07	0,488	0,201	0,510	0,140	0,485
0,08	0,506	0,215	0,530	0,151	0,515
0,09	0,523	0,228	0,554	0,161	0,542
0,10	0,539	0,241	0,586	0,170	0,568
0,11	0,553	0,253	0,606	0,179	0,592
0,12	0,567	0,265	0,630	0,188	0,615
0,13	0,579	0,276	0,650	0,197	0,637
0,14	0,591	0,287	0,668	0,205	0,658
0,15	0,602	0,297	0,686	0,213	0,678
0,16	0,614	0,307	0,704	0,221	0,697
0,17	0,625	0,317	0,716	0,229	0,715
0,18	0,636	0,326	0,729	0,236	0,732
0,19	0,646	0,335	0,748	0,244	0,748
0,20	0,656	0,344	0,768	0,251	0,764
0,21	0,665	0,353	0,780	0,258	0,779
0,22	0,674	0,362	0,795	0,266	0,794
0,23	0,683	0,370	0,809	0,273	0,809
0,24	0,692	0,379	0,824	0,280	0,822
0,25	0,700	0,387	0,836	0,287	0,836
0,26	0,708	0,395	0,848	0,294	0,849
0,27	0,716	0,403	0,860	0,300	0,862
0,28	0,724	0,411	0,874	0,307	0,874
0,29	0,732	0,418	0,886	0,314	0,885
0,30	0,739	0,426	0,896	0,321	0,897
0,31	0,747	0,433	0,907	0,328	0,908
0,32	0,754	0,440	0,919	0,334	0,918
0,33	0,761	0,448	0,931	0,341	0,929
0,34	0,768	0,455	0,938	0,348	0,939
0,35	0,775	0,462	0,950	0,354	0,949
0,36	0,782	0,469	0,962	0,361	0,959
0,37	0,776	0,476	0,974	0,368	0,968
0,38	0,781	0,482	0,983	0,374	0,978
0,39	0,787	0,488	0,992	0,381	0,987
0,40	0,796	0,498	1,007	0,388	0,996

Fuente: Ingeniería Ambiental. Sistemas de Recolección y Evacuación de aguas (Báez Noguera J.)

ANEXOS

Anexo 1. Dotaciones y características del edificio.

PISOS	TIPO	CANTIDADES		DOTACIÓN	VOLUMEN DIARIO (l)
		# DE HAB	ÁREA (m ²)		
PLANTA BAJA	DEPARTAMENTO	4		200 l/hb/dia	800
	JARDIN		1,8	3 l/m ² /dia	5,40
PRIMER PISO	DEPARTAMENTO	5		200 l/hb/dia	1000
SEGUNDO PISO	DEPARTAMENTO	5		200 l/hb/dia	1000
TERRAZA	SALA DE EVENTOS		37,6	20 l/m ² /dia	752
VOL. TOTAL (l)					3557,40
VOL. TOTAL (m³)					3,56

Cálculos: Alternativa 1

Anexo 2. Volumen de la cisterna y tanque elevado

NEC-11:	VOLUMEN MÍNIMO DE CISTERNA (60% CONSUMO DIARIO)	60%	2,13	m ³
	VOLUMEN MÍNIMO DE TANQUE ELEVADO (40% CONSUMO DIARIO)	40%	1,42	m ³

La relación más económica para una cisterna es : r (a/b)

Se asume una altura:	1,00	m ³
Área de la superficie:	2,13	m ²
$a=(rS)^{0,5}$	1,5	m
$b=a/r$	1,5	m
Borde libre de cisterna:	0,2	m
Nivel de salida de succión de la bomba:	0,2	m
H total:	1,40	m
Volumen real de cisterna:	3,15	m ³
Volumen real del tanque:	1,5	m ³

Anexo 3. Cálculo del caudal de bombeo y diámetros de succión e impulsión.

Datos:

V_{te} : 1.50 m³

T : 3600 s

$V_{succión}$: 1 m/s (asumida)

$V_{impulsión}$: 2 m/s (asumida)

Caudal de bombeo

$$Q = \frac{V_{te}}{T} = \frac{1.50}{3600} \quad \text{form. (17)}$$

$$Q = 0.00042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.42 \text{ l/s}$$

Diámetros y velocidades de succión e impulsión reales.

$$D_{succión} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad \text{form. (18)}$$

$$V_{succión} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{form. (19)}$$

$$D_{succión} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00042}{3.1416 \times 1}}$$

$$V_{succión} = \frac{4 \times 0.00042}{3.1416 \times 0.022^2}$$

$$D_{succión} = 0.0230$$

$$V_{succión} = 1.10 \text{ m/s}$$

$$D_{succión} = \varnothing 1" \text{ (22 mm interior)}$$

$$D_{impulsión} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00042}{3.1416 \times 2}}$$

$$V_{impulsión} = \frac{4 \times 0.00042}{3.1416 \times 0.017^2}$$

$$D_{impulsión} = 0.0163$$

$$V_{impulsión} = 1.84 \text{ m/s}$$

$$D_{impulsión} = \varnothing 3/4" \text{ (17 mm interior)}$$

Valores k de los accesorios empleados en los tramos de succión e impulsión.

ACCESORIOS	No.	D"	k
SUCCIÓN			
VÁLVULA DE PIE	1	1"	9,7
CODO DE 90	1	1"	0,69
		∑ Ks	10,39
IMPULSIÓN			
TEE CON DERIVACIÓN	1	3/4"	1,5
VÁLVULA CHECK O RETENCION	1	3/4"	1,4
VÁLVULA DE COMPUERTA	1	3/4"	0,2
CODO DE 90	5	3/4"	3,75
		∑ Ki	6,85

Anexo 4. Aplicación de las ecuaciones de pérdidas por fricción y pérdidas menores en las tuberías de succión e impulsión.

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN DE LA SUCCIÓN E IMPULSIÓN

$$h_f = \frac{8 f_s L_s Q^2}{\pi^2 g D_s^5}$$

FACTOR DE FRICCIÓN (f) Darcy-Weisbach

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

NUMERO DE REYNOLDS

$$Re = \frac{V D}{\nu}$$

PÉRDIDAS MENORES DE LA SUCCIÓN

$$h_{ms} = \frac{8 \sum K_s Q^2}{\pi^{1,852} g D_s^4}$$

g= 9,81 m/s²

Ds= 0,022 m

Ks= 10,39

hms= 4341325,60 Q²

PÉRDIDAS MENORES DE LA IMPULSIÓN

$$h_{mi} = \frac{8 \sum K_i Q^2}{\pi^{1,852} g D_i^4}$$

g= 9,81 m/s²

Di= 0,017 m

Ki= 6,85

hmi= 8027723,78 Q²

Anexo 5. Curva del sistema y curva característica de la bomba

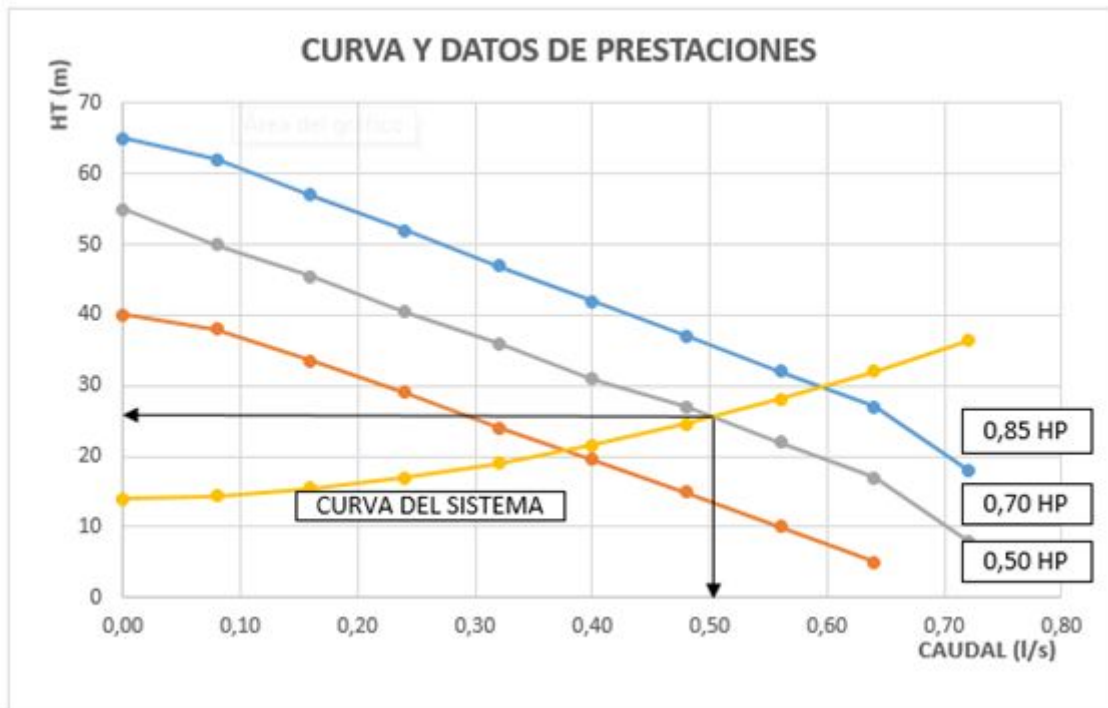
Datos:

$h_s = 1.40$ m. Altura de succión

$h_i = 12.60$ m. Altura de impulsión

$$H_t = h_s + h_i + h_{fs} + h_{fi} + h_{ms} + h_{mi} \quad \text{form. (20)}$$

PRESTACIONES SEGÚN EL FABRICANTE			CAUDALES	PERDIDAS POR SUCCIÓN				PERDIDAS POR IMPULSIÓN				HT (m)
H (m)				VELOCIDAD (m/s)	# de Reynold	f	hf (m)	VELOCIDAD (m/s)	# de Reynold	f	hf (m)	
0,5 HP	0,7 HP	0,85 HP	l/s									
40	55	65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00
38	50	62	0,08	0,21	4616,10	0,0389	0,007	0,35	5973,78	0,0360	0,335	14,42
33,5	45,5	57	0,16	0,42	9232,21	0,0318	0,022	0,70	11947,56	0,0297	1,106	15,44
29	40,5	52	0,24	0,63	13848,31	0,0285	0,043	1,06	17921,34	0,0267	2,237	16,99
24	36	47	0,32	0,84	18464,41	0,0265	0,072	1,41	23895,12	0,0249	3,709	19,05
19,5	31	42	0,40	1,05	23080,51	0,0251	0,106	1,76	29868,90	0,0237	5,517	21,60
15	27	37	0,48	1,26	27696,62	0,0240	0,146	2,11	35842,68	0,0227	7,609	24,61
10	22	32	0,56	1,47	32312,72	0,0232	0,192	2,47	41816,46	0,0219	9,992	28,06
5	17	27	0,64	1,68	36928,82	0,0225	0,244	2,82	47790,24	0,0213	12,693	32,00
	8	18	0,72	1,89	41544,93	0,0219	0,300	3,17	53764,02	0,0208	15,687	36,40



La gráfica de **Curva y Datos de Prestaciones** hace referencia al caudal de operación de las bombas de 0.5 HP, 0.7 HP y 0.85 HP según datos del fabricante, mientras que la **Curva del Sistema** se refiere al caudal corregido y a la altura correspondiente a la que una bomba puede alcanzar para elevar el agua según las especificaciones y dimensiones del edificio. El punto de operación más adecuado es de 0.51 l/s a una altura de 26 m cuyas prestaciones las puede suministrar una bomba de 0.7 HP.

Anexo 6. Cálculo de la red de distribución

Tramo 54–53 de la terraza

Datos:

Q_{maz} posible: 1.20 l/s

D: $\varnothing 1''$ (interior: 24.20 mm)

L: 2.65 m.

K: 1.15

apart: 7

Viscosidad cinemática: $1.003 \cdot 10^{-6}$ (m^2/s).

ϵ : 0.0015 mm

Cálculo del caudal máximo probable:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{7-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(7))) \quad Q_{\text{máx probable}} = 0.48 * 1.20$$

$$K_s = 0.48 \quad Q_{\text{máx probable}} = 0.58 \text{ l/s}$$

Cálculo de la velocidad y número de Reynolds:

$$V = \frac{4 * (0.58/1000)}{3.1416 * (24.20/1000)^2} \quad Re = \frac{1.26 * (24.20/1000)}{1.003 * 10^{-6}}$$

$$V = 1.26 \text{ m/s} \quad Re = 30365.62$$

Cálculo de la pérdidas por fricción, pérdidas locales y pérdidas totales:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.0015}{3.7 + 24.20} + \frac{5.74}{30365.62^{0.9}} \right) \right]^2} \quad hf = 0.0235 * \frac{2.65 + 1.26^2}{0.0242 * 2 * 9.81}$$

$$f = 0.0235 \quad hf = 0.21 \text{ m}$$

$$hm = 1.15 * \frac{1.26^2}{2 * 9.81}$$

$$hm = 0.09 \text{ m}$$

$$ht = 0.2077 + 0.0928$$

$$ht = 0.30 \text{ m}$$

Se evaluó el aparato crítico en el edificio, el cual es una ducha ubicada en la terraza, todos los aparatos de la terraza están acoplados a una bajante independiente que conecta al tanque elevado. La pérdidas totales en la tubería de conducción del tanque elevado hasta la ducha son: 0.644 m. La altura del tanque elevado es de 2.60 m y la ducha está a una altura de 2 m, todos medidos a nivel de terraza. Se aplicó la ecuación de energía y se dedujo que la presión en el aparato es nula (0 mca), para lo que la NEC-11 demanda (3 mca.). Por lo que se optó por la instalación de un regulador electrónico de presión colocado en un tramo del ramal que conecta a la ducha para que pueda cumplir con la demanda de presión en ese aparato.

A continuación se procede con los cálculos restantes por cada piso, obteniendo caudales, velocidades diámetros y pérdidas:

Red de distribución de agua potable.

Sección	Nº Apar	factor simultaneidad(ks)	Qmax posible (L/s)	Qmax probable (L/s)	φ"	φ nominal (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Nº de Reynolds	Σ	Pérd. Fricción		Pérd. Locales		ht (m)
											f	hf (m)	k	hm (m)	
1-2	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	0,80	13533,35	0,0015	0,0287	0,03	0,75	0,02	0,05
2-3	2	1,00	0,30	0,30	3/4"	18,76	1,09	0,80	20300,03	0,0015	0,0259	0,07	0,50	0,03	0,10
3-4	3	0,76	0,40	0,30	3/4"	18,76	1,10	2,70	20608,51	0,0015	0,0258	0,23	2,20	0,14	0,37
4-6	4	0,64	0,60	0,38	3/4"	18,76	1,39	0,70	25972,72	0,0015	0,0244	0,09	0,50	0,05	0,14
5-6	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,50	9225,50	0,0015	0,0319	0,08	0,75	0,02	0,10
6-8	5	0,57	0,70	0,40	3/4"	18,76	1,44	1,50	26883,30	0,0015	0,0242	0,20	0,70	0,07	0,28
7-8	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,30	9225,50	0,0015	0,0319	0,07	0,95	0,02	0,09
8-9	6	0,52	0,80	0,41	3/4"	18,76	1,50	3,00	28068,10	0,0015	0,0240	0,44	0,50	0,06	0,50
10-9	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	1,90	13533,35	0,0015	0,0287	0,08	0,95	0,03	0,10
9-11	7	0,48	1,00	0,48	3/4"	18,76	1,75	1,50	32642,50	0,0015	0,0232	0,29	0,50	0,08	0,37
11-12	7	0,48	1,00	0,48	1"	24,20	1,05	3,00	25304,68	0,0015	0,0245	0,17	0,69	0,04	0,21
13-14	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	2,30	13533,35	0,0015	0,0287	0,09	1,50	0,04	0,13
15-16	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,00	9225,50	0,0015	0,0319	0,05	0,81	0,02	0,07
16-14	2	1,00	0,20	0,20	1/2"	13,76	1,34	0,50	18450,99	0,0015	0,0266	0,09	0,54	0,05	0,14
14-17	3	0,76	0,40	0,30	3/4"	18,76	1,10	0,50	20608,51	0,0015	0,0258	0,04	0,70	0,04	0,09
17-18	4	0,64	0,60	0,38	3/4"	18,76	1,39	1,00	25972,72	0,0015	0,0244	0,13	0,50	0,05	0,18
19-18	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,80	9225,50	0,0015	0,0319	0,10	0,81	0,02	0,11
18-20	5	0,57	0,70	0,40	3/4"	18,76	1,44	1,50	26883,30	0,0015	0,0242	0,20	0,70	0,07	0,28
21-20	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,60	9225,50	0,0015	0,0319	0,09	1,03	0,02	0,11
20-22	6	0,52	0,80	0,41	3/4"	18,76	1,50	3,00	28068,10	0,0015	0,0240	0,44	0,50	0,06	0,50
22-12	6	0,52	0,80	0,41	3/4"	18,76	1,50	1,80	28068,10	0,0015	0,0240	0,26	0,75	0,09	0,35
12-41	13	0,37	1,80	0,67	1"	24,20	1,46	3,00	35164,40	0,0015	0,0227	0,30	0,50	0,05	0,36

PLANTA
BAJA

1ER PISO-IZQ

Sección	Nº Apar	factor simultaneidad (ks)	Qmax posible (L/s)	Qmax probable (L/s)	φ"	φnomin al (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Nº de Reynolds	Σ	Pérd. Fricción		Pérd. Locales		ht (m)
											f	hf (m)	k	hm (m)	
23-24	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	5,95	13533,35	0,0015	0,0287	0,24	1,70	0,05	0,29
30-29	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	0,70	9225,50	0,0015	0,0319	0,04	0,81	0,02	0,06
29-28	2	1,00	0,40	0,40	3/4"	18,76	1,45	0,90	27066,70	0,0015	0,0242	0,12	0,50	0,05	0,18
28-26	3	0,76	0,60	0,46	3/4"	18,76	1,65	0,70	30912,76	0,0015	0,0235	0,12	1,45	0,20	0,32
27-26	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	2,00	9225,50	0,0015	0,0319	0,11	1,03	0,02	0,13
26-24	4	0,64	0,70	0,45	3/4"	18,76	1,62	2,00	30301,51	0,0015	0,0236	0,34	0,50	0,07	0,40
24-25	5	0,57	0,90	0,51	3/4"	18,76	1,85	0,30	34564,25	0,0015	0,0229	0,06	0,50	0,09	0,15
25-31	5	0,57	0,90	0,51	3/4"	18,76	1,85	3,00	34564,25	0,0015	0,0229	0,64	0,75	0,13	0,77
50-47	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	2,30	13533,35	0,0015	0,0287	0,09	1,50	0,04	0,13
49-48	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,00	9225,50	0,0015	0,0319	0,05	0,81	0,02	0,07
48-47	2	1,00	0,20	0,20	1/2"	13,76	1,34	0,50	18450,99	0,0015	0,0266	0,09	0,54	0,05	0,14
47-46	3	0,76	0,40	0,30	3/4"	18,76	1,10	0,50	20608,51	0,0015	0,0258	0,04	0,70	0,04	0,09
46-44	4	0,64	0,60	0,38	3/4"	18,76	1,39	1,00	25972,72	0,0015	0,0244	0,13	0,50	0,05	0,18
45-44	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,80	9225,50	0,0015	0,0319	0,10	0,81	0,02	0,11
44-42	5	0,57	0,70	0,40	3/4"	18,76	1,44	1,50	26883,30	0,0015	0,0242	0,20	0,70	0,07	0,28
43-42	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	1,60	9225,50	0,0015	0,0319	0,09	1,03	0,02	0,11
42-51	6	0,52	0,80	0,41	3/4"	18,76	1,50	3,00	28068,10	0,0015	0,0240	0,44	0,50	0,06	0,50
51-41	6	0,52	0,80	0,41	3/4"	18,76	1,50	1,80	28068,10	0,0015	0,0240	0,26	0,75	0,09	0,35
41-40	19	0,32	2,60	0,84	1"	24,20	1,83	3,00	44222,14	0,0015	0,0216	0,46	0,50	0,09	0,54

1ER PISO-DER

2DO PISO-IZQ

Sección	N° Apar	factor simultaneidad (ks)	Qmax posible (L/s)	Qmax probable (L/s)	φ"	φnomin al (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	N° de Reynolds	Σ	Pérd. Fricción		Pérd. Locales		ht (m)
											f	hf (m)	k	hm (m)	
33-32	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	5,95	13533,35	0,0015	0,0287	0,24	1,70	0,05	0,29
38-37	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	0,70	9225,50	0,0015	0,0319	0,04	0,81	0,02	0,06
37-36	2	1,00	0,40	0,40	3/4"	18,76	1,45	0,90	27066,70	0,0015	0,0242	0,12	0,50	0,05	0,18
36-34	3	0,76	0,60	0,46	3/4"	18,76	1,65	0,70	30912,76	0,0015	0,0235	0,12	1,45	0,20	0,32
35-34	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	2,00	9225,50	0,0015	0,0319	0,11	1,03	0,02	0,13
34-32	4	0,64	0,70	0,45	3/4"	18,76	1,62	2,00	30301,51	0,0015	0,0236	0,34	0,50	0,07	0,40
32-31	5	0,57	0,90	0,51	3/4"	18,76	1,85	0,30	34564,25	0,0015	0,0229	0,06	0,50	0,09	0,15
31-40	10	0,41	1,80	0,74	1"	24,20	1,62	8,70	39027,05	0,0015	0,0222	1,06	1,15	0,15	1,22
40-52	29	0,28	4,40	1,24	1 1/4"	35,35	1,27	2,65	44587,09	0,0015	0,0215	0,13	0,44	0,04	0,17
61-62	1	1,00	0,10	0,10	1/2"	13,76	0,67	0,60	9225,50	0,0015	0,0319	0,03	0,81	0,02	0,05
62-63	2	1,00	0,20	0,20	1/2"	13,76	1,34	0,90	18450,99	0,0015	0,0266	0,16	0,54	0,05	0,21
63-64	3	0,76	0,40	0,30	3/4"	18,76	1,10	0,35	20608,51	0,0015	0,0258	0,03	0,70	0,04	0,07
60-58	1	1,00	0,20	0,20	3/4"	18,76	0,72	1,40	13533,35	0,0015	0,0287	0,06	0,75	0,02	0,08
58-57	2	1,00	0,40	0,40	3/4"	18,76	1,45	0,35	27066,70	0,0015	0,0242	0,05	0,70	0,07	0,12
57-64	2	1,00	0,40	0,40	3/4"	18,76	1,45	2,70	27066,70	0,0015	0,0242	0,37	0,75	0,08	0,45
64-56	5	0,57	0,80	0,45	1"	24,20	0,99	0,55	23817,27	0,0015	0,0249	0,03	0,46	0,02	0,05
56-55	6	0,52	1,00	0,52	1"	24,20	1,13	0,80	27198,22	0,0015	0,0241	0,05	0,46	0,03	0,08
55-54	7	0,48	1,20	0,58	1"	24,20	1,26	1,10	30365,62	0,0015	0,0235	0,09	0,64	0,05	0,14
54-53	7	0,48	1,20	0,58	1"	24,20	1,26	2,65	30365,62	0,0015	0,0235	0,21	1,15	0,09	0,30

Apar crítico Total: 0,64

**2DO PISO-
DER**

**BAJANTE
PRINCIPAL**

TERRAZA

BAJANTE

Anexo 7. Cálculo de la red de agua caliente y dimensionamiento del termo eléctrico.

Datos:

$$Q_{mazprobable}: 0.423 \text{ l/s}$$

$$T: 3600 \text{ s.}$$

$$T_s = 45^\circ\text{C}$$

$$T_{in}: 20^\circ\text{C}$$

$$T_{out} = 60^\circ\text{C}$$

Volumen por consumo de agua

$$Vd = 0.423 * 3600$$

$$Vd = 1523 \text{ l}$$

Volumen del termo eléctrico

$$V_w = \frac{(45-20)}{(60-20)} * 1523$$

$$V_w = 952 \text{ l}$$

Demanda de hora (1/7)

$$V_w = 952/7$$

$$V_w = 136 \text{ l} = 35.8 \text{ gal} = 40 \text{ gal comercial.}$$

Energia requerida

$$E_r = V_w (T_{out} - T_{in})$$

$$E_r = 152 (60 - 20)$$

$$E_r = 6080 \text{ Kcal}$$

Potencia calorífica

$$Pot_{cal} = \frac{6080}{0.9*1}$$

$$Pot_{cal} = 6755.56 \text{ Kcal/h}$$

El volumen de termo eléctrico comercial es de 40 gal. La temperatura, tiempo de calentamiento y presiones estarán reguladas según el fabricante y a disposición del usuario.

Red de distribución de agua caliente.

Tramo	Nº Apar	factor de simultaneidad (ks)	Qmax posible (L/s)	Qmax probable (L/s)	φ "	φ nominal (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Nº de Reynolds	Pérd. Fricción			Pérd. Locales		Ht. Apar Crítico
										f	hf (m)	k	hm (m)		
1-2	1	1	0,13	0,13	1/2"	12,42	1,07	3,35	22064,49	0,026	0,40	1,62	0,10	0,50	
3-4	2	1	0,20	0,2	1/2"	12,42	1,65	0,60	33945,37	0,023	0,15	1,35	0,19	0,34	
5-6	3	0,76	0,33	0,25	3/4"	18,17	0,97	2,50	29150,26	0,024	0,16	1,31	0,06	0,22	
7-8	4	0,64	0,46	0,29	3/4"	18,17	1,13	5,40	34140,19	0,023	0,45	1,31	0,09	0,53	
16	5	0,57	0,53	0,30	3/4"	18,17	1,16	0,35	34898,15	0,023	0,03	0,50	0,03	0,06	
15-14	1	1,00	0,07	0,07	1/2"	12,42	0,58	3,80	11880,88	0,030	0,16	1,62	0,03	0,18	
13-12	2	1,00	0,27	0,27	3/4"	18,17	1,04	3,60	31324,27	0,023	0,26	1,31	0,07	0,33	
11-10	3	0,76	0,40	0,30	3/4"	18,17	1,17	8,80	35333,64	0,023	0,78	1,31	0,09	0,87	
9-17	8	0,45	0,93	0,42	3/4"	18,17	1,63	3,00	49029,84	0,021	0,47	1,25	0,17	0,64	
TANQUE	8	0,45	0,93	0,423								1,25	0,17	1,51	

Cálculos: Alternativa 2

Anexo 8. Cálculo de la red de distribución del tanque hidroneumático (tabla de valores hasta el punto más crítico)

Sección	N° Apar	factor simultaneidad(ks)	Qmax posible (L/s)	Qmax probable (L/s)	φ "	φ nominal (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	N° de Reynolds	ζ	Perd. Friccion		Perd. Locales		ht (m)
											f	hf (m)	k	hm (m)	
63-62	3	0,76	0,60	0,46	3/4"	18,76	1,65	0,90	30912,76	0,0015	0,0235	0,16	0,50	0,07	0,23
62-61	4	0,64	0,70	0,45	3/4"	18,76	1,62	0,60	30301,51	0,0015	0,0236	0,10	0,50	0,07	0,17
61-60	5	0,57	0,80	0,45	3/4"	18,76	1,64	0,60	30723,77	0,0015	0,0235	0,10	0,50	0,07	0,17
60-57	5	0,57	0,80	0,45	3/4"	18,76	1,64	2,70	30723,77	0,0015	0,0235	0,46	0,75	0,10	0,57
57-40	7	0,48	1,20	0,58	1"	24,20	1,26	4,10	30365,62	0,0015	0,0235	0,32	0,46	0,04	0,36
40-41	7	0,48	1,20	0,58	1"	24,20	1,26	3,00	30365,62	0,0015	0,0235	0,24	0,69	0,06	0,29
41-12	18	0,33	2,90	0,96	1 1/4"	35,35	0,98	3,00	34411,40	0,0015	0,0228	0,09	0,44	0,02	0,12
12-11	29	0,28	4,60	1,30	1 1/4"	35,35	1,32	3,00	46613,78	0,0015	0,0213	0,16	0,44	0,04	0,20
11-A	36	0,26	5,60	1,48	1 1/4"	35,35	1,51	0,30	53169,86	0,0015	0,0207	0,02	0,44	0,05	0,07

PÉRDIDA TOTAL 2,17

Presión de la bomba

$$P_{min} = 11 + 10 + 2.17$$

$$P_{min} = 23.17 \text{ m}$$

$$P_{max} = 23.17 + 15$$

Potencia de la bomba

$$P(HP) = \frac{1.48 \cdot 38.17}{76 \cdot 0.6}$$

$$P(HP) = 1.24 \text{ HP}$$

Volumen del tanque

$$V = \frac{19 \cdot 1 \cdot (1.48 \cdot 60) \cdot (38.17 + 10.33)}{1 \cdot 20 \cdot (38.17 - 23.17)}$$

$$V = 272.88 \text{ l}$$

Anexo 9. Cálculo de la red de aguas servidas , selección de pendientes y diámetros correspondientes.

CALCULO DE BAJANTE AGUAS SERVIDAS						Tubo parcialmente lleno			Tirante normal		0,75 * D		
Nudo Inicial	Nudo Final	Unidad de descarga	Unidad de descarga acumulada	Caudal máximo probable (q)	Pendiente (S)	Diámetro		q/Q	v/V	d/D	v	Altura lamina de agua suponiendo flujo uniforme (mm)	Diámetro interior multiplicado por 0,75
						Diámetro nominal	Diámetro interior (D)						
		Ud	UD Acu.	q(l/s)	2% - 3%	(mm)	(mm)	q max probable / Q tubo lleno	vel tubo parcialm ente / vel tubo lleno	Tirante /Diámetro	vel del tubo parcialm ente = v/V * Vel tubo		
						(m/s)	(l/s)	q/Q	v/V	d/D	v/V x V	d/D x D	(mm)
A	D	2	2	0,187	2,00%	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
B	D	2	2	0,187	2,00%	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
D	J	-	4	0,302	2,00%	0,60	1,02	0,30	0,739	0,426	0,45	19,77	34,8
E	J	2	2	0,187	2,00%	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
J	K	-	6	0,399	2,00%	0,60	1,02	0,39	0,787	0,488	0,48	22,64	34,8
C	K	2	2	0,187	2,00%	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
K	F	-	8	0,486	2,00%	0,60	1,02	0,48	0,840	0,550	0,51	25,52	34,8
G	F	3	3	0,248	3,00%	1,28	11,21	0,02	0,344	0,108	0,44	11,40	79,2
F	L	-	11	0,605	3,00%	1,28	11,21	0,05	0,445	0,169	0,57	17,85	79,2
I	L	2	2	0,187	3,00%	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
L	M	-	13	0,678	3,00%	1,28	11,21	0,06	0,468	0,186	0,60	19,64	79,2
H	M	2	2	0,187	3,00%	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
M	A1	-	15	0,748	3,00%	1,28	11,21	0,07	0,488	0,201	0,62	21,23	79,2

TERRAZA

CALCULO DE BAJANTE AGUAS SERVIDAS										Tubo parcialmente lleno				Tirante normal	0,75 * D
Nudo Inicial	Nudo Final	Unidad de descarga	Unidad de descarga acumulada	Caudal máximo probable (q)	Pendiente (S)	Diámetro		Tubo lleno		q/Q	v/V	d/D	v/V x V	Altura lamina de agua suponiendo flujo uniforme (mm)	Diámetro interior múltiplo por 0,75
						Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (D) (mm)	Velocidad (M) (m/s)	Caudal (Q) (l/s)						
		Ud	UD Acu.	q(l/s)	2% - 3%	(mm)	(mm)	(m/s)	(l/s)	q/Q	v/V	d/D	v/V x V		
O	P	3	3	0,248	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,03	0,386	0,131	0,40	13,83	79,2
P	R	-	3	0,248	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,02	0,344	0,108	0,44	11,40	79,2
Q	R	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
R	B1	-	7	0,443	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,04	0,419	0,152	0,54	16,05	79,2
N	B1	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
S	T	2	2	0,187	2,00%	50	46,4	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
W	T	3	3	0,248	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,02	0,344	0,108	0,44	11,40	79,2
T	V	-	5	0,352	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,03	0,386	0,131	0,49	13,83	79,2
U	V	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
V	C1	-	7	0,443	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,04	0,419	0,152	0,54	16,05	79,2
AB	AA	2	2	0,187	2,00%	50	46,4	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8
Z	AA	3	3	0,248	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,02	0,344	0,108	0,44	11,40	79,2
AA	Y	-	5	0,352	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,03	0,386	0,131	0,49	13,83	79,2
X	Y	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
Y	AN	-	7	0,443	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,04	0,419	0,152	0,54	16,05	79,2
AM	AN	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8
AN	D1	-	9	0,527	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,06	0,468	0,186	0,49	19,64	79,2

2DA Y 1RA PLANTA

CALCULO DE BAJANTE AGUAS SERVIDAS										Tubo parcialmente lleno			Tirante normal	0,75 * D		
Nudo Inicial	Nudo Final	Unidad de descarga	Unidad de descarga acumulada	Caudal máximo probable (q)	Pendiente (S)	Diámetro nominal	Diámetro interior (D)	Tubo lleno		q/Q		vV	d/D	v	Altura lamina de agua suponiendo flujo uniforme (mm)	Diámetro interior multiplicado por 0,75
								Velocidad (V)	Caudal (Q)	q max probable / Q tubo lleno	vV tubo parcialmente lleno / vV tubo lleno	Tirante / Diámetro	vel del tubo parcialmente lleno = vV * Vel tubo lleno			
		Ud	UD Acu.	q(l/s)	2% - 3%	(mm)	(mm)	(m/s)	(l/s)	q/Q	vV	d/D	vV x V	d/D x D	(mm)	
AD	AF	3	3	0,248	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,03	0,386	0,131	0,40	13,83	79,2	
AC	AF	2	2	0,187	2,00%	50	46,4	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8	
AF	AH	-	5	0,352	3,00%	110	105,6	1,28	11,21	0,03	0,386	0,131	0,49	13,83	79,2	
AG	AH	3	3	0,248	2,00%	50	46,4	0,60	1,02	0,24	0,692	0,379	0,42	17,59	34,8	
AH	Caja1	2	7	0,443	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,05	0,445	0,169	0,46	17,85	79,2	
C-1-1	Caja1	-	14	0,714	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,08	0,506	0,215	0,53	22,70	79,2	
D1-1	Caja1	-	18	0,848	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,09	0,523	0,228	0,55	24,08	79,2	
Caja1	Caja2	-	41	1,494	1,50%	110	105,6	0,90	7,93	0,19	0,646	0,335	0,58	35,38	79,2	
AJ	AL	3	3	0,248	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,03	0,386	0,131	0,40	13,83	79,2	
AK	AL	2	2	0,187	3,00%	50	46,4	0,74	1,25	0,15	0,602	0,297	0,45	13,78	34,8	
Caja2	Caja3	-	46	1,617	1,50%	110	105,6	0,90	7,93	0,20	0,656	0,344	0,59	36,33	79,2	
AM	AN	2	2	0,187	2,00%	50	46,4	0,60	1,02	0,18	0,636	0,326	0,38	15,13	34,8	
A1-1	A2-2	-	17	0,816	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,09	0,523	0,228	0,55	24,08	79,2	
B1-1	Caja3	-	35	1,340	2,00%	110	105,6	1,04	9,15	0,15	0,602	0,297	0,63	31,36	79,2	
Caja3	Caja4	-	81	2,386	1,50%	110	105,6	0,90	7,93	0,30	0,739	0,426	0,67	44,99	79,2	

PLANTA
BAJA

BAJANTES DEL DESAGÜE SANITARIO

BAJANTE	UNIDADES DE DESCARGA	CAUDAL	DIÁMETRO INTERIOR CALCULADO	DIÁMETRO NOMINAL ADOPTADO	DIÁMETRO INTERIO
	Ud	(l/s)	(mm)	(mm)	(mm)
A1 - A1-1	15	0,75	38,14	110	105,6
B1 - B1-1	18	0,85	39,98	110	105,6
C1 - C1-1	14	0,71	37,47	110	105,6
D1 - D1-1	14	0,71	37,47	110	105,6

Anexo 10. Cálculo de la red de aguas lluvias (canaleta semicircular, diámetro de bajante).

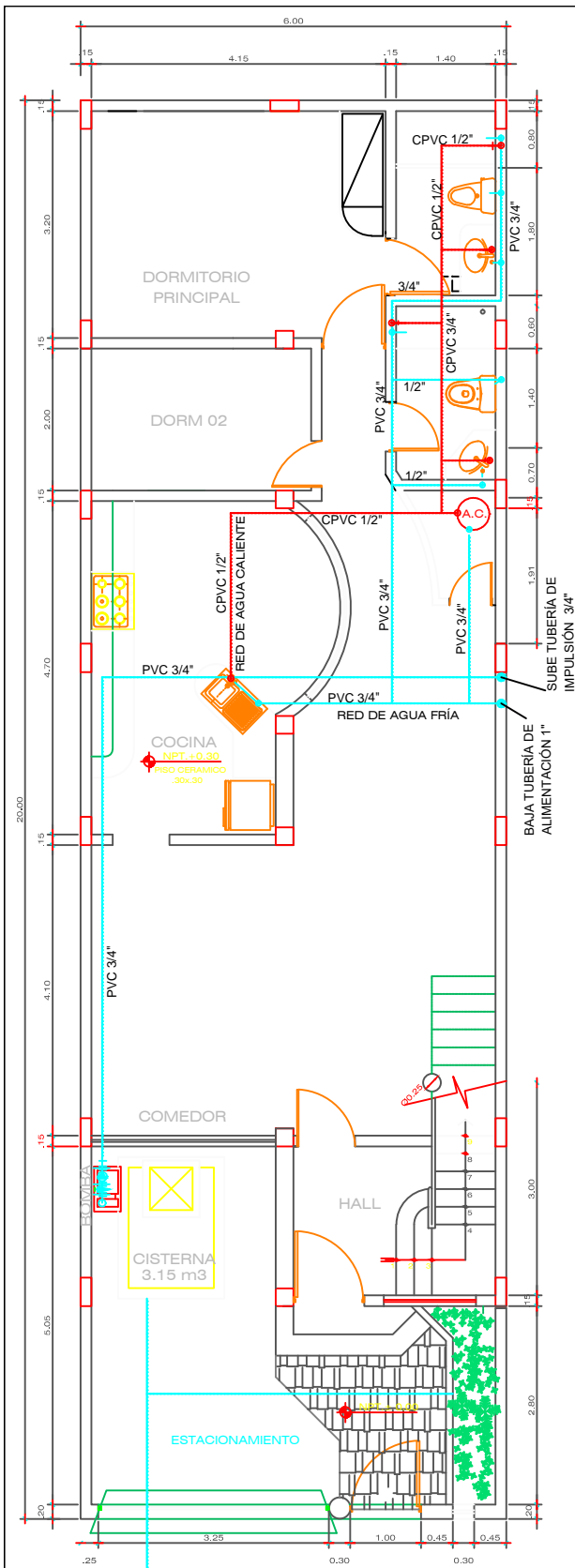
Fórmulas empleadas:

$$q = CIA \quad V = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} S^{1/2} \quad Q = V * A$$

$$Tirante = D_{int} * d/D \quad D = \left(\frac{q*0.011}{0.3116*(1/3)^{5/3}}\right)^{3/8}$$

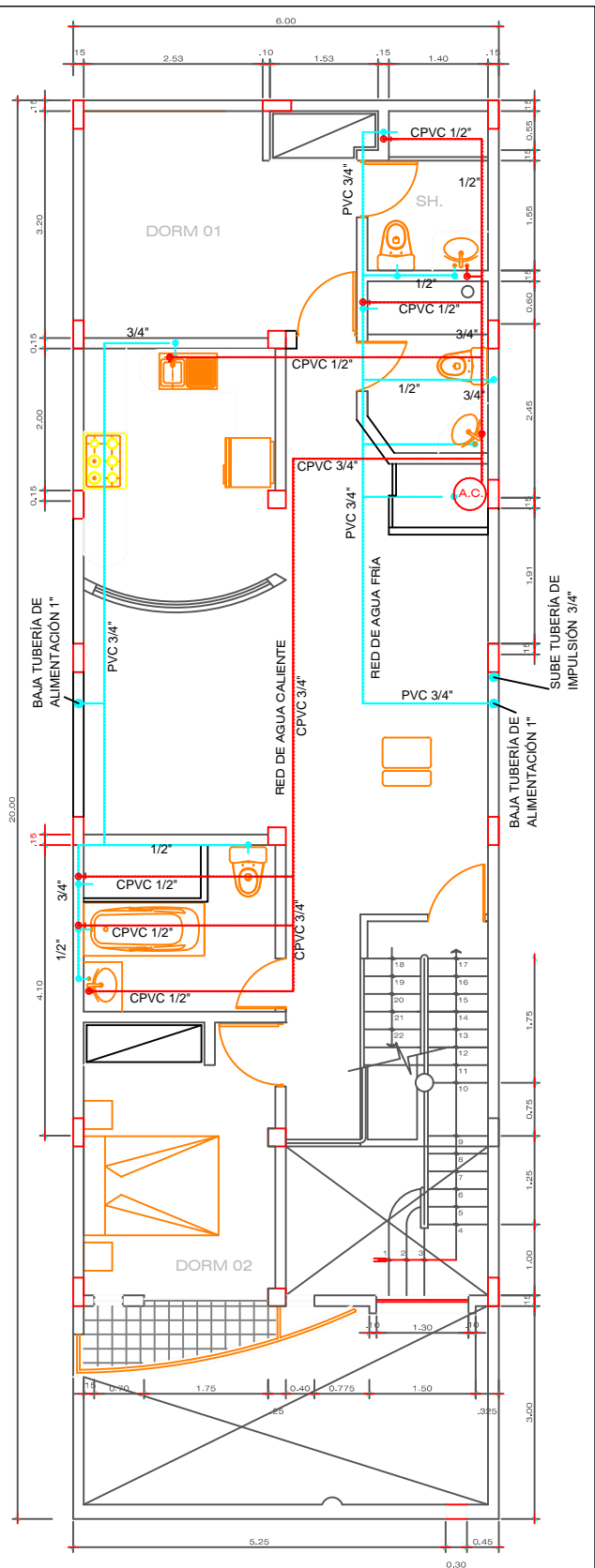
TRAMO	ÁREA (m ²)	INTENSIDAD LLUVIA mm/h	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA ©	CAUDAL AL AGUAS LLUVIAS (q)	PENDIENTE (S)	DIAMETRO COMERCIAL		TUBOLLENO			TUBOPARCIALMENTE LLENO				TIRANTE E NORMA L (d)	LAMINA DE AGUA, MAX - 0,70x (D/2)	BAJA NTE (D)	DIAMETRO COMERCIAL
						NOMINA L (mm)	INTERIO R (mm)	VELOCIDAD m/s	ÁREA HIDRAULICA m ²	CAUDAL (Q) l/s	q max probable / Q tubo lleno	vel tubo parcialme nte lleno / vel tubo lleno	Tirante /Diamet ro	vel del tubo parcialmente lleno = v/V *				
Canaleta semicircular ar1	21,4	110	1	0,654	1,00%	110	105,6	0,806	0,009	7,06	0,09	0,523	0,228	0,422	24,08	36,96	36,26	50
Canaleta semicircular ar2	21,4	110	1	0,654	1,00%	110	105,6	0,806	0,009	7,06	0,09	0,523	0,228	0,422	24,08	36,96	36,26	50

PLANOS



RED PÚBLICA M.A.P.P. **PLANTA BAJA** (ESC. 1/100)

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AFS. Y ACS.



PRIMER PISO (ESC. 1/100)



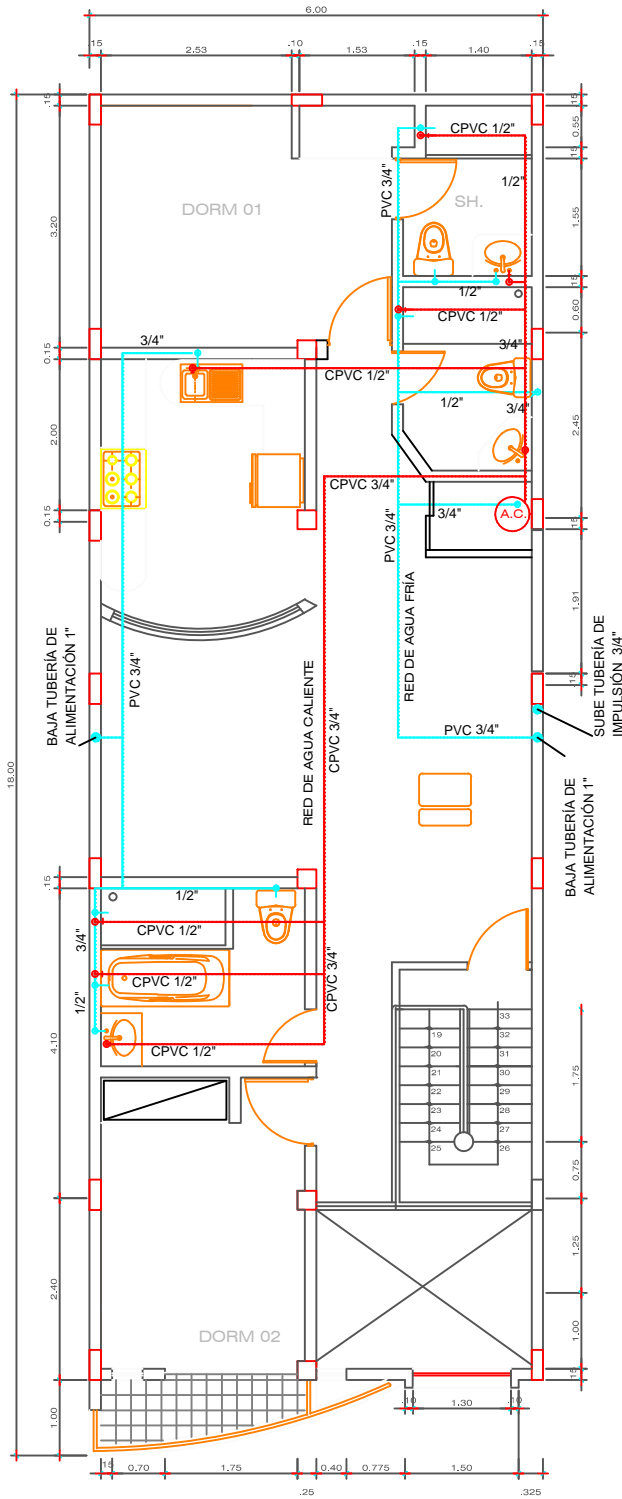
CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

Elabora: **XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ**

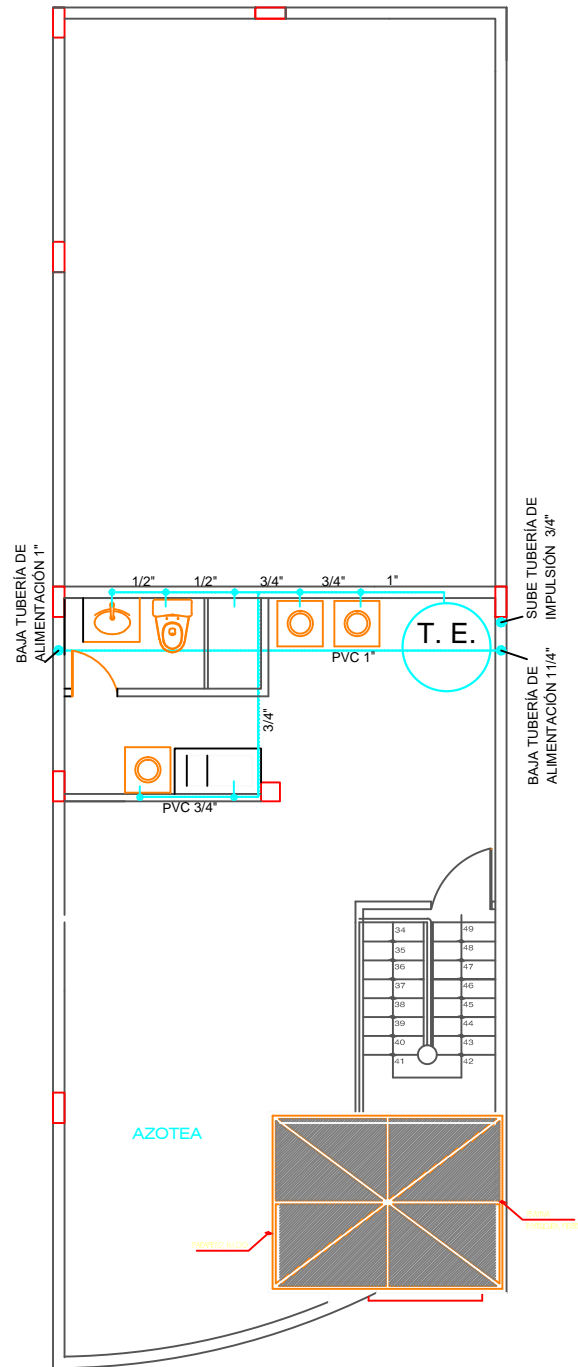


Ubicación: **Machala-El oro**
 Escala: 1 : 100
 Fecha: JUNIO 2018
 Lámina: 1/9





SEGUNDO PISO
(ESC: 1/100)



TERRAZA
(ESC: 1/100)

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AFS. Y ACS.

UTMACH
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

Elabora:
XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ



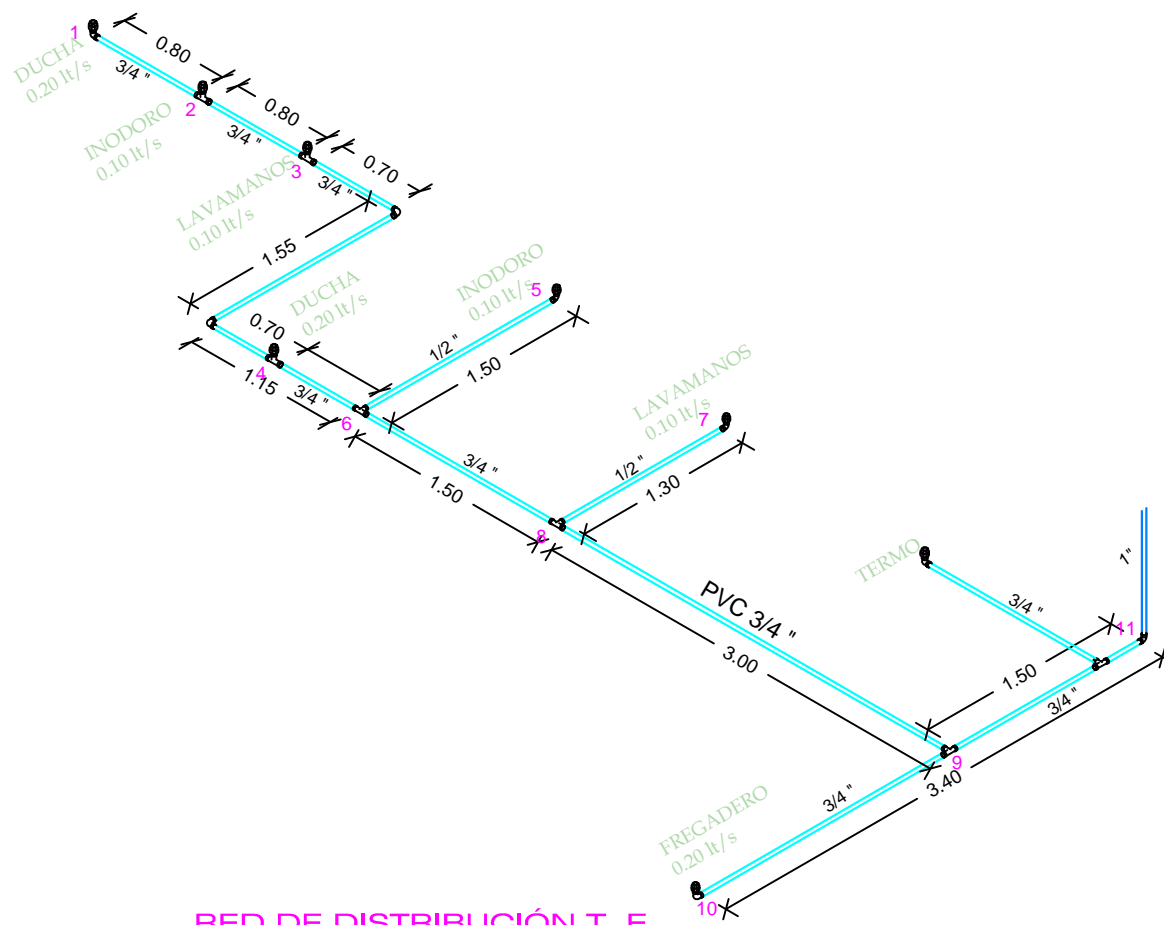
Ubicación:
Machala-El oro

Escala:
1 : 100

Fecha:
JUNIO 2018

Lamina:
2/9





RED DE DISTRIBUCIÓN T. E.
(ESC: 1/ 50)

VISTA ISOMÉTRICA PLANTA BAJA

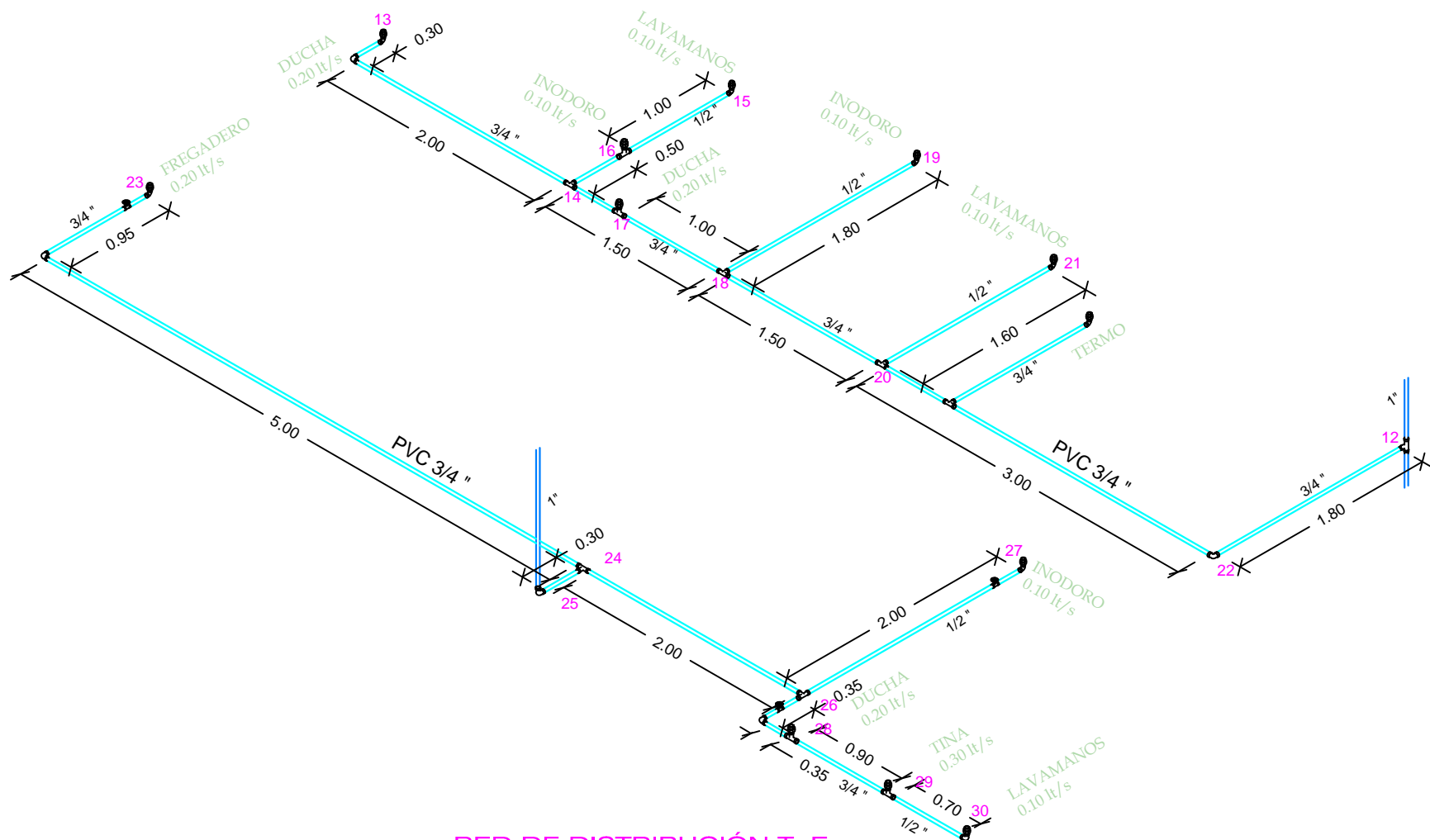


CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

Elabora:	
XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ	
Ubicación:	Machala-El oro
Escala:	1 : 50
Fecha:	JUNIO 2018
Lamina:	3/9



VISTA ISOMÉTRICA PRIMER PISO



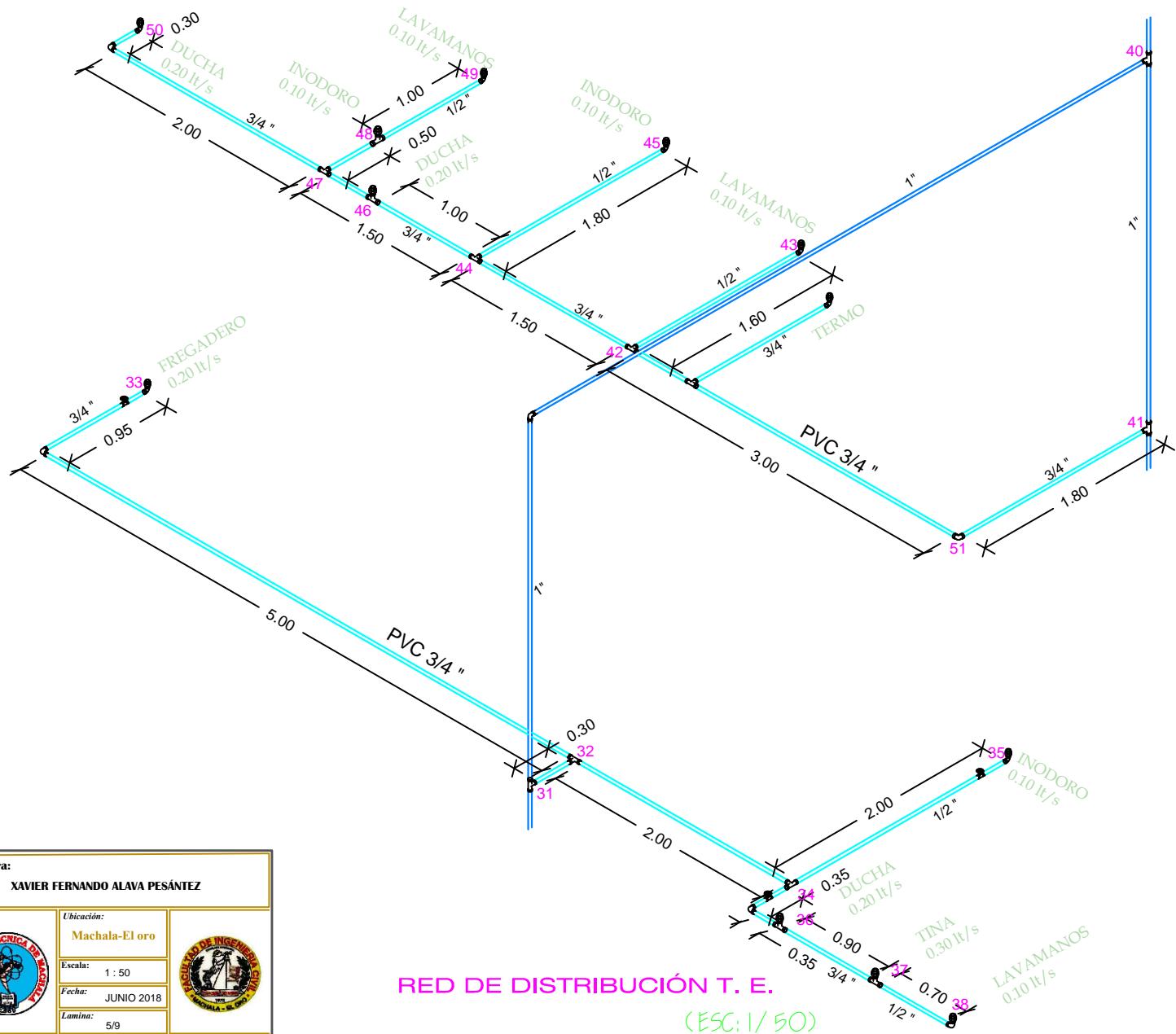
RED DE DISTRIBUCIÓN T. E.
(ESC: 1/ 50)



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

Elabora:		XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ	
Ubicación:		Machala-El oro	
Escala:		1 : 50	
Fecha:		JUNIO 2018	
Lamina:		4/9	





VISTA ISOMÉTRICA SEGUNDO PISO

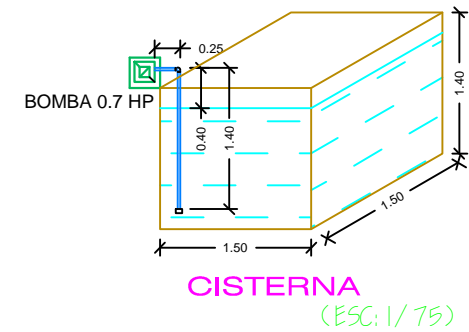
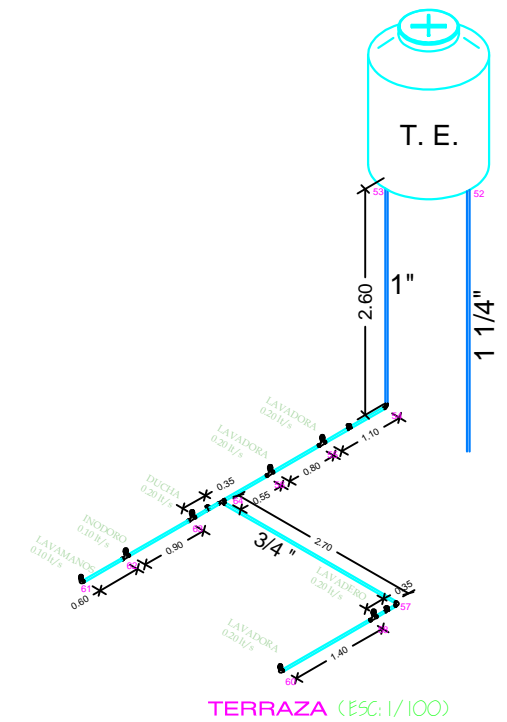
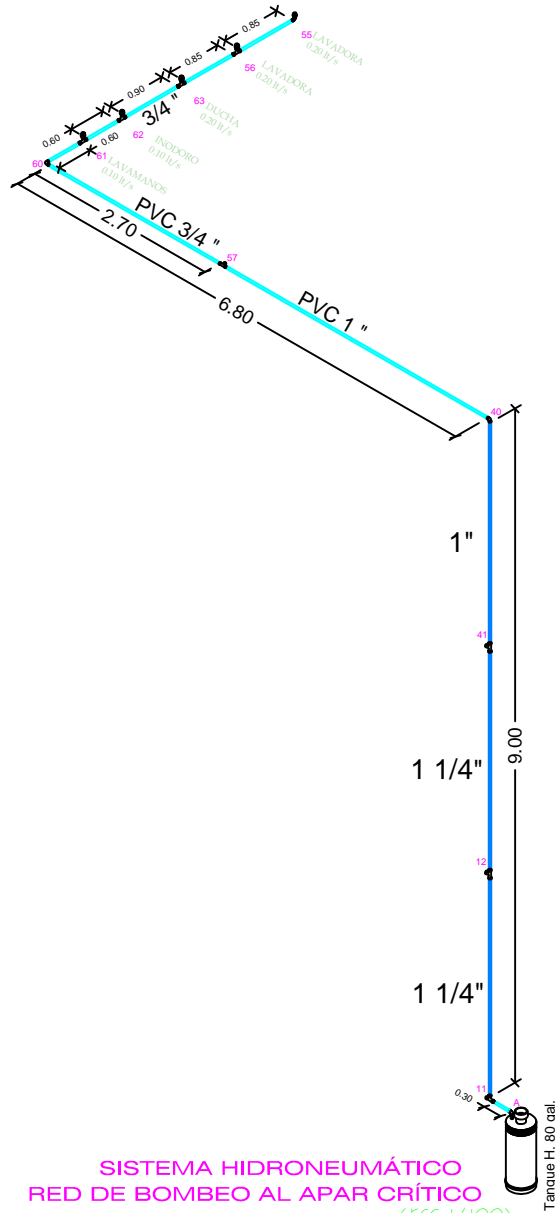
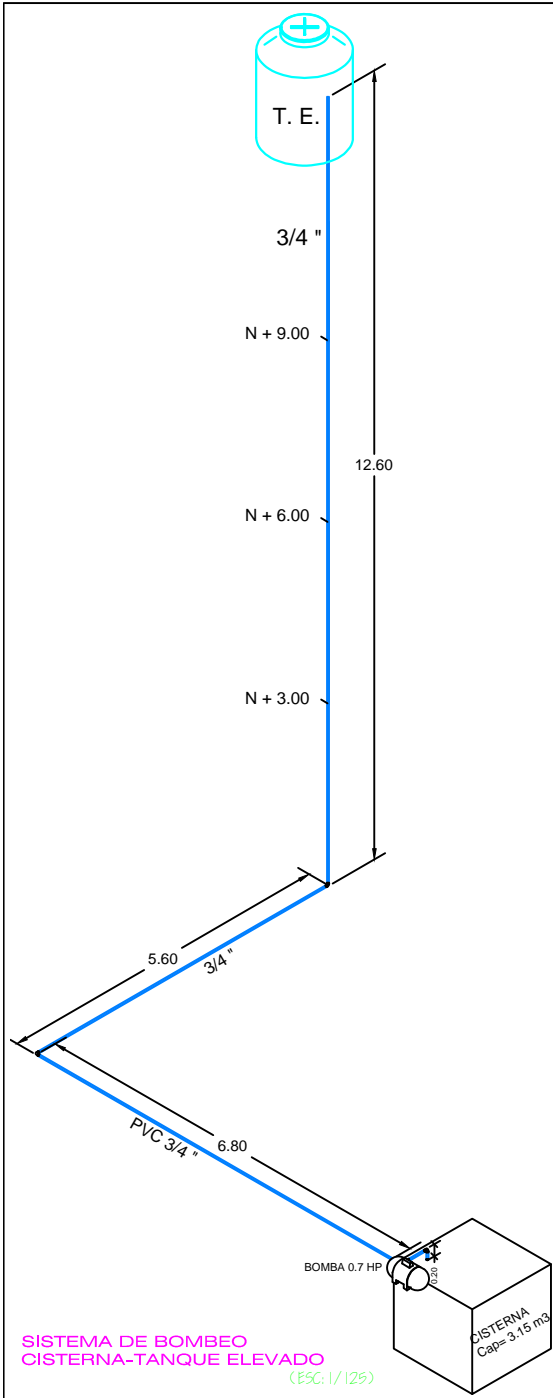
RED DE DISTRIBUCIÓN T. E.
(ESC: 1/ 50)



Elabora:	
XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ	
Ubicación:	Machala-El oro
Escala:	1 : 50
Fecha:	JUNIO 2018
Lamina:	5/9

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

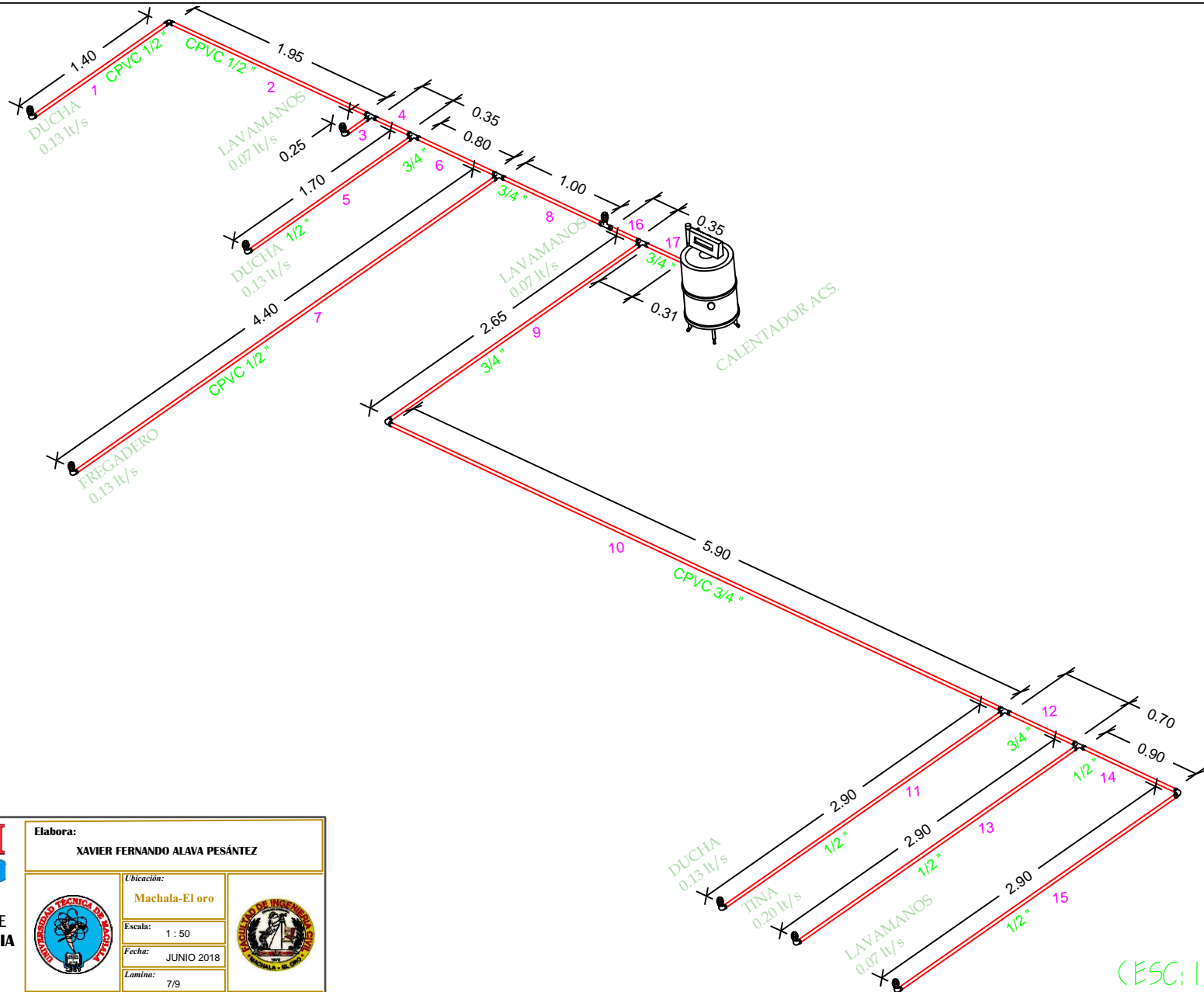




UTMACH
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN

Elabora: XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ	
Ubicación: Machala-EI oro	
Escala: 1 : 100	
Fecha: JUNIO 2018	
Lamina: 6/9	



VISTA ISOMÉTRICA
RED DE AGUA CALIENTE

(ESC: 1/50)

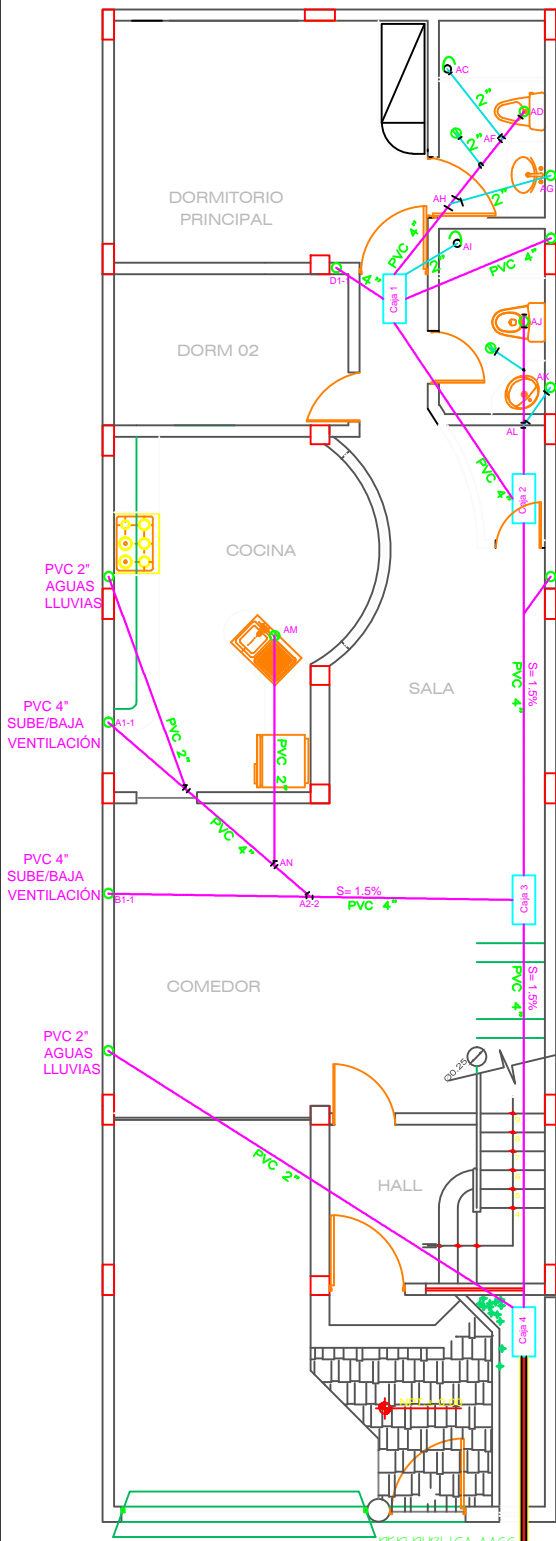
UTMACH
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA

**CÁLCULO Y DISEÑO DE
LA RED HIDROSANITARIA
DE UNA EDIFICACIÓN**

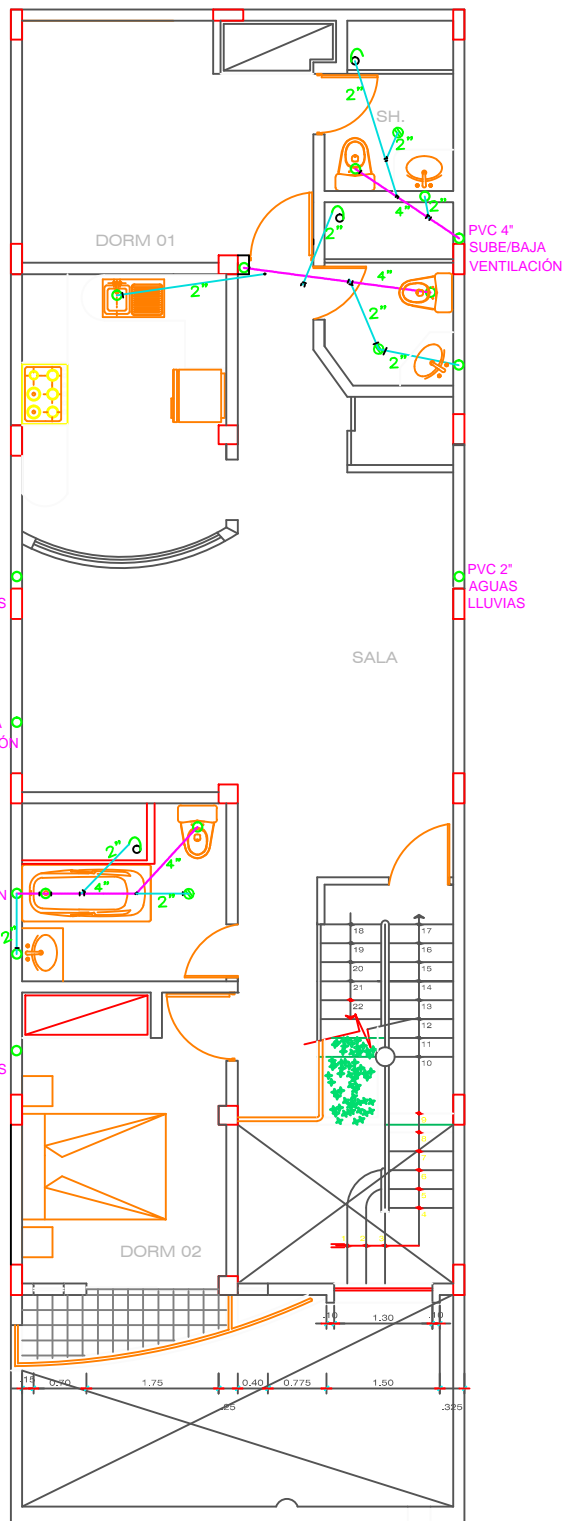
Elabora:	
XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ	
Ubicación:	Machala-El oro
Escala:	1 : 50
Fecha:	JUNIO 2018
Lamina:	7/9



RED DE DESAGÜE SANITARIO



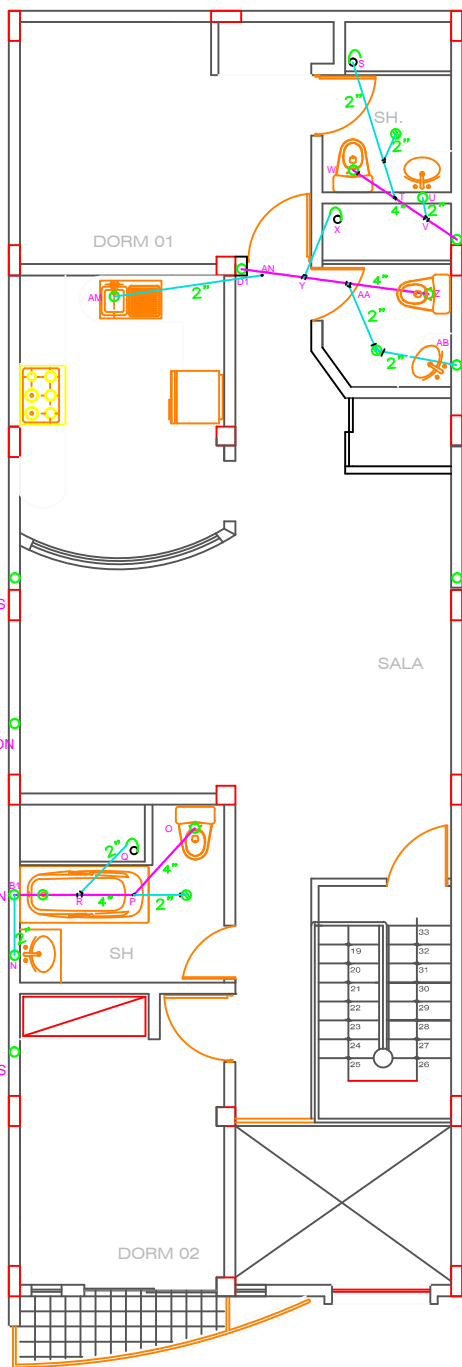
PLANTA BAJA (ESC: 1/100)



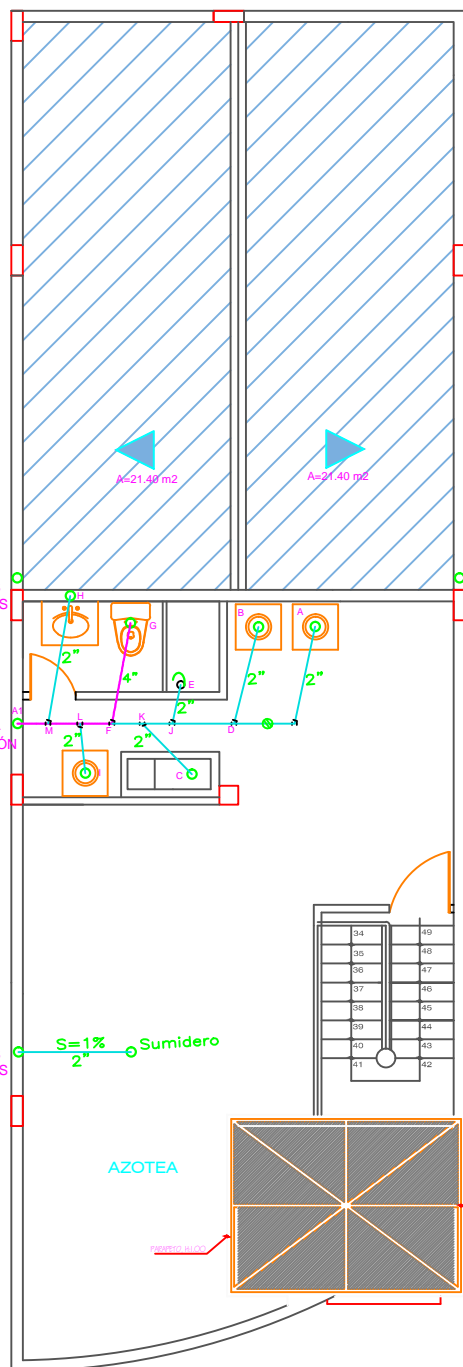
PRIMER PISO (ESC: 1/100)

 <p>UTMACH UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</p>	<p>Elabora: XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ</p>	
		
<p>CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN</p>		
<p>Ubicación: Machala-El oro</p>	<p>Escala: 1 : 100</p>	<p>Fecha: JUNIO 2018</p>
<p>Lamina: 8/9</p>		

RED DE DESAGÜE SANITARIO



SEGUNDO PISO (ESC: 1/100)



TERRAZA (ESC: 1/100)



Elabora:
XAVIER FERNANDO ALAVA PESÁNTEZ

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RED HIDROSANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN



Ubicación:
Machala-El oro
Escala: 1 : 100
Fecha: JUNIO 2018
Lamina: 9/9

