



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TITULO**

Diseño hidráulico del suministro de agua potable en el Recinto Universitario  
Pedro Aráuz Palacios (UNI-RUPAP)

**AUTORES**

Br. Maurem Jordana Mendoza Cardoza  
Br. David Ernesto Ocón Andino

**TUTOR**

Ing. Donal Pérez Palma

**Managua, 27 de agosto del 2019**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios todo poderoso que me dio la oportunidad de culminar mis estudios universitarios.

Con mucho amor y cariño, a mi padre Hugo A. Mendoza (Q.E.P.D) por tantos años de amor y comprensión, por haber creído en mí. Así mismo, de haber sido un ejemplo digno de admirar, responsable, honesto y dedicado a su familia, por haberme inculcado valores morales y el salir adelante como una persona de bien. Su sacrificio por habernos dejado lo mejor a mi hermano y a mí, es lo que me motiva a realizarme como profesional y ejercer mi carrera universitaria.

A cada uno de mis familiares, que se vieron involucrados en este proceso, siempre animándome a que siguiera adelante y que nunca desistiera.

Maurem Mendoza

## **Agradecimiento**

Agradecemos primeramente a Dios, por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria. Por habernos conocido y terminar esta etapa de nuestras vidas como amigos. David y Maurem.

Gracias a nuestros padres, por ser pilar fundamental para nuestro crecimiento e inculcarnos el ser mejor cada día hasta llegar a coronar nuestros estudios superiores.

Gracias al Ing. Donal Pérez Palma por ser nuestro tutor, por el conocimiento compartido y la paciencia a lo largo de este trabajo, así mismo habernos brindado los medios suficientes para la culminación.

Al Ing. Bustamante, por habernos abierto las puertas de su departamento y poder obtener parámetros que eran necesarios para la culminación.

A nuestro amigo Ing. David Carazo, por el apoyo y la paciencia brindada en este tiempo.

A todos aquellos que indirectamente tuvieron participación de este logro.

David y Maurem

## Resumen

Se presenta el diseño de abastecimiento de agua potable en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios para un período de 15 años (2020 – 2035), el sistema fue diseñado a partir de las normas para el abastecimiento de agua potable regidas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario, considerando las particularidades y características que posee el recinto universitario. Para su diseño se tomaron criterios hidráulicos que garanticen el funcionamiento eficiente durante la vida útil de la obra.

El diseño comprende la red de conducción de la fuente, en este caso una acometida de 4" ubicada en la parte noreste del recinto universitario hasta un tanque de almacenamiento donde el vital líquido circulará a presión utilizando una bomba centrífuga de 1 ½ HP de potencia ya existente que entrará en funcionamiento cuando la presión de entrada brindada por ENACAL sea la mínima. Se dimensionaron las tuberías en la red de conducción con las velocidades y presiones regidas por la norma para que garanticen que el flujo llegue por gravedad desde el tanque hasta los edificios en donde se tienen demandas puntuales.

La estimación de costo de materiales de la obra es de C\$241,512.42. Para darle curso a la construcción de este proyecto se realizaron planos y especificaciones técnicas los cuales proveerán los detalles necesarios para la elaboración del mismo.

## Contenido

<i>I. Introducción</i> .....	1
<i>II. Antecedentes</i> .....	2
<i>III. Justificación</i> .....	3
<i>IV. Objetivos</i> .....	4
CAPITULO I.....	5
ASPECTOS GENERALES.....	5
<b>1.1 Diseño hidráulico</b> .....	6
<b>1.2 Fluido hidráulico</b> .....	6
<b>1.3 Población beneficiada por el proyecto y el consumo de agua potable</b> .....	6
<b>1.3.1 Proyección de población</b> .....	6
<b>1.3.2 Dotación</b> .....	7
<b>1.3.3 Estimación de consumo</b> .....	7
<b>1.4 Sistema de suministro de agua potable</b> .....	8
<b>1.4.1 Red de conducción</b> .....	8
<b>1.4.2 Tipo de sistema</b> .....	8
<b>1.4.3 Pérdidas de Agua en el Sistema</b> .....	9
<b>1.4.4 Tuberías en serie</b> .....	9
<b>1.4.5 Número de Reynolds</b> .....	10
<b>1.4.6 Números de Reynolds críticos</b> .....	10
<b>1.4.7 Pérdidas por Fricción</b> .....	11
<b>1.4.8 Pérdidas localizadas</b> .....	11
<b>1.4.9 Golpe de Ariete</b> .....	12
<b>1.4.9.1 Cálculo del golpe de ariete</b> .....	13
<b>1.5 Funciones de algunos accesorios</b> .....	14
<b>1.5.1 Válvula de compuerta</b> .....	14
<b>1.5.2 Válvulas de Regulación</b> .....	14
<b>1.5.3 Válvula de globo</b> .....	15
<b>1.5.4 Válvulas de Retención o Check</b> .....	15

1.5.5 Válvulas de alivio contra el golpe de ariete.....	15
1.6 Almacenamiento .....	15
1.7 EPANET.....	16
CAPITULO II.....	17
DIAGNOSTICO Y DISEÑO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA. ....	17
2.1 Condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable.....	18
2.2 Ubicación de la Fuente de Abastecimiento Propuesta para el nuevo diseño.....	19
2.3 Plano del Recinto Universitario .....	19
2.4 Diseño Hidráulico de los elementos del sistema.....	19
2.5 Estimación de Caudal.....	20
2.6 Cálculo de Caudales .....	20
2.7 Cálculo de Presiones.....	21
2.8 Línea de Conducción.....	22
2.9 Tubería de Conducción.....	22
2.10 Cálculo de golpe de ariete para cierre instantáneo.....	23
2.11 Análisis de la red de distribución en EPANET versión 2.0 E.....	24
2.11.1 Resultados del análisis de la red .....	26
2.11.1.1 Presiones en los nodos .....	26
2.11.1.2 Presión Obtenida en los nodos de la línea de conducción.....	27
2.11.1.3 Velocidad Obtenida en las tuberías de la línea de conducción .....	29
2.11.1.4 Presión Obtenida en los nodos de la línea de distribución .....	31
2.11.1.5 Velocidad Obtenida en las tuberías de la línea de distribución.....	33
2.12 Componentes de la Red.....	34
2.12.1 Accesorios de la Línea de Conducción.....	34
2.11.2 Accesorios Línea de distribución .....	35
2.13 Tanque de almacenamiento.....	37
2.13.1 Consumo Promedio Diario del Recinto.....	37
2.13.2 Determinación del Consumo de Agua Potable.....	38
2.13.3 Cálculo del Consumo Promedio Diario .....	39
2.13.4 Tiempo de descarga del tanque actual.....	40
2.14 Propuesta.....	41

<b>2.14.1 Análisis de cálculo con la nueva red de conducción utilizando la bomba y tanque existente.....</b>	42
CAPITULO III.....	¡Error! Marcador no definido.
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>3.1 Tanque de almacenamiento.....</b>	52
<b>3.2 Equipos de bombeo.....</b>	53
CAPITULO IV.....	55
COSTOS DEL SISTEMA.....	55
<b>4.1 Costos de Materiales del Proyecto.....</b>	56
<b>4.1.1 Propuesta Económica.....</b>	56
<b>4.2 Beneficios del proyecto.....</b>	56
<b>4.2.1 Identificación de beneficios.....</b>	56
<b>4.2.2 Relación costos- beneficios.....</b>	56
CAPITULO V.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
<b>5.1 Conclusiones.....</b>	58
<b>5.2 Recomendaciones.....</b>	59
CAPITULO VI.....	60
<b>6.1 Bibliografía.....</b>	60
CAPITULO VII.....	62
<b>7.1 Anexos.....</b>	62
<b>7.2 Cálculo de la nueva bomba.....</b>	47
<b>7.4 Cálculo del nuevo tanque.....</b>	¡Error! Marcador no definido.

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Periodos de diseño.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2 Coeficiente de Accesorios.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3 Valores en WSFU de Inmueble.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4 Presiones Obtenidas en la Acometida de 4".....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5 Accesorios en la línea de conducción.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6 Accesorios en la Línea de Distribución.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7 Dotaciones de Agua.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 8 Población FTI.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 9 Población FCYS.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10 Población FTC.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11 Población Total RUPAP.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 12 Accesorios Línea de Succión.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 13 Accesorios Línea de Descarga.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 14 Accesorios Línea de Succión propuesta.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 15 Accesorios Línea de Descarga propuesta.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 16 Valor del Coeficiente k.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>



## Índice de Figuras

<i>Ilustración 1 Tubería en Serie</i>	9
<i>Ilustración 2 Válvula de Compuerta</i>	14
<i>Ilustración 3 Válvula de Regulación</i>	14
<i>Ilustración 4 Válvula de Globo</i>	15
<i>Ilustración 5 Conversión de WSFU a GPM</i>	21
<i>Ilustración 6 Presión de Trabajo de Tuberías según su cedula</i>	24
<i>Ilustración 7 Esquema Propuesto de Tuberías</i>	25
<i>Ilustración 8 Resultado del análisis de las presiones en los nodos de la red de conducción</i>	28
<i>Ilustración 9 Resultado del análisis de las velocidades en la red de conducción</i>	30
<i>Ilustración 10 Resultado del análisis de las presiones en los nodos de la red de distribución</i>	32
<i>Ilustración 11 Resultado del análisis de las velocidades en la red de distribución</i>	34
<i>Ilustración 12 Tanque Cilíndrico de eje vertical con fondo plano</i>	40
<i>Ilustración 13 Esquema de la línea de conducción</i>	43

## Nomenclatura

ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
G.A	Golpe de Ariete
GPM	Galones por Minuto
H.G.	Hierro galvanizado
Hf	Perdidas por Fricción
hl	Pérdidas localizadas.
Hmáx:	Altura máxima
Hmin:	Altura mínima
HP	Horsepower
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario
L/s	Litros por segundo
m	Metros
m.c.a	Metros columna de agua
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
PB	Potencia de la bomba
Pulg.	Pulgadas
PVC	Polyvinyl Chloride
SAAP	Sistema de abastecimiento de agua potable

## **I. Introducción.**

El agua es uno de los elementos que no debe faltar para el buen funcionamiento de las actividades que a diario el ser humano realiza, ya sea agua potable o en su forma cruda proveniente de fuentes superficiales y subterráneas. Sus usos pueden ser diversos, ya sea en una industria, en el mercado, en el trabajo y en cada uno de los hogares, es por ello que la falta total o parcial de este líquido dificulta en distintos grados la realización de los deberes, según el uso que este tenga.

Con el presente trabajo, se plantea realizar el diseño hidráulico de sistema de agua potable en el Recinto Universitario, que consiste en una propuesta de solución a unas de las causas al problema de abastecimiento de agua potable que existe en el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios.

Esta investigación se realiza con el fin de proveer la información técnica necesaria para la construcción del sistema de agua potable y contribuir al mejoramiento de las condiciones de las instalaciones. Este documento contiene una descripción detallada de las actividades y metodología que conllevará a la propuesta del diseño del sistema de agua potable, se realizará la simulación mediante el Software EPANET para ver el funcionamiento del diseño propuesto y se cotizarán los costos de materiales a incurrir en la realización del proyecto.

## II. Antecedentes.

El sistema de abastecimiento de agua potable existente data desde la construcción del Instituto Técnico Superior de Nicaragua (ITESNIC), según UNESCO, 1988. “Fue creado en 1976, donde se impartían carreras de dos años de duración, con diferentes especialidades de la Ingeniería”, y no cuenta con los planos hidráulicos necesarios que permitan conocer las líneas de distribución.

En consecuencia, este Recinto requiere de un sistema de agua potable, el cual es el servicio básico más importante, para ello se debe considerar una solución factible desde el punto de vista técnico, social y económico.

En la actualidad el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios cuenta con dos estudios monográficos que están relacionados con el estudio de abastecimiento de agua potable por medio del pozo que está ubicado al lado suroeste, ninguno de estos estudios representa la implementación de un diseño de abastecimiento de agua potable por medio de una red de distribución.

El trabajo monográfico titulado “DISEÑO Y ESTUDIO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE PROPIO EN RECINTO PEDRO ARÁUZ PALACIOS. (UNI-RUPAP)”<sup>1</sup> tuvo la finalidad de una propuesta para la utilización del pozo, la bomba sumergible ya existente y la utilización de parte del sistema de tubería actual, debido a que es la opción más económica y que la universidad está dispuesta a aplicar. El sistema planteado contempla la instalación de un sistema mixto (servicio de agua ENACAL y sistema propio adaptado a la misma red), haciendo uso de tuberías y accesorios que les permitiera implementar ese sistema.

Posteriormente, se realizó otro trabajo monográfico titulado “EVALUACIÓN TÉCNICA DEL POZO Y EQUIPO DE BOMBEO UBICADO EN LAS INSTALACIONES UNI-RUPAP”<sup>2</sup> el cual consistió en un estudio evaluativo practicado a la estación de bombeo RUPAP donde se permitió evaluar las condiciones físicas de manera que se demostró el alto grado de deterioro impidiendo de este modo su rehabilitación y proponiendo la construcción de una nueva estación de bombeo y la perforación de un nuevo pozo.

---

<sup>1</sup> Elaborada por los Brs: Jefferson Steve Ríos, Danny José Reyes y Danny Noel Berrios.

<sup>2</sup> Elaborada por el Br: Rene de Jesús Mena Echeverry.

### **III. Justificación.**

Actualmente el Recinto se abastece de agua potable del sistema de distribución de ENACAL mediante 2 acometidas, una con diámetro de 2 pulgadas que abastece el 10% del consumo de agua y otra con un diámetro de 4 pulgadas, las cuales son de material de asbesto cemento; las tuberías de distribución interna del recinto que se conectan a las acometidas son de hierro galvanizado. Estas tuberías tienen más de 43 años, tomando como referencia la creación del ITESNIC.

El periodo de diseño según normas del INAA establece que la vida útil de las tuberías es de 15 años, lo cual indica que la red de distribución ya dio su vida útil, disminuyendo su eficiencia, a causa de esto las válvulas se deben de regular al mínimo para evitar que la presión reviente las tuberías de hierro galvanizado y que surjan algunas filtraciones, esto a su vez provoca que el suministro llegue solo a ciertas áreas o con muy baja presión, lo que hace que la comunidad universitaria sufra el día a día con una falta de agua parcial.

De manera que el “Diseño hidráulico del suministro de agua potable en el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios (UNI-RUPAP)” proporcionará toda la información necesaria para que la entidad pública encargada del proyecto, en este caso UNI-RUPAP analice y estudie la factibilidad de la ejecución de este proyecto. Pues, el propósito principal es ayudar al mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias y a la implementación de un servicio de calidad, que se debe adaptar a las condiciones y necesidades del lugar.

#### **IV. Objetivos.**

##### **Objetivo General.**

Diseñar el sistema hidráulico de suministro de agua potable en el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios (UNI-RUPAP).

##### **Objetivos Específicos.**

Describir las condiciones actuales del sistema de distribución de agua potable del recinto.

Determinar la población beneficiada por el proyecto y el consumo de agua potable.

Determinar parámetros hidráulicos de operación necesarios para el dimensionamiento del sistema de distribución.

Realizar el diseño del sistema hidráulico de suministro de agua potable para el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios.

Realizar simulación de funcionamiento del sistema propuesto a través del programa EPANET.

Estimar costos de materiales a utilizar en el proyecto.

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES



Fuente: Elaboración Propia, 2019

## **1.1 Diseño hidráulico.**

El autor menciona que “Es responsabilidad del diseñador especificar los ductos y tubería para una aplicación en particular, ya que esto tiene una influencia significativa en el costo, duración, seguridad y rendimiento del sistema” (Robert L. Mott, 2006, p. 159).

El diseño hidráulico para suministros de tuberías de agua potable establece todos los componentes, dimensiones y diversas normalizaciones que se puedan realizar en las tuberías tales como de especificar los tamaños finales del ducto para lograr un rendimiento razonable teniendo en cuenta las pérdidas de energía, las presiones en puntos críticos del sistema y el costo del ciclo de vida.

## **1.2 Fluido hidráulico.**

Es un líquido transmisor de potencia que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo. (Quiminet, 2007)

## **1.3 Población beneficiada por el proyecto y el consumo de agua potable.**

### **1.3.1 Proyección de población.**

Es necesario determinar la demanda futura de la población para proveer en el diseño las exigencias de consumo, en las fuentes de abastecimiento, línea de conducción, red de distribución y futuras extensiones.

Un método para obtener la población de diseño es utilizando la proyección geométrica realizando la tasa mínima de 2.5% según normas INAA. En el proyecto para obtener la población de diseño nos basaremos en los datos suministrados por la oficina de recursos humanos y en el porcentaje de matrícula anual esto se justifica debido a que la institución mantiene un crecimiento poblacional casi constante.

### **1.3.2 Periodo de Diseño.**

Es recomendable fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de determinar las demandas futuras de la comunidad universitaria. También para determinar qué elementos del sistema de abastecimiento de agua potable deben diseñarse por etapas. (INAA, 1998).

Se entiende por período de diseño, el lapso en que el sistema estará en funcionamiento por debajo de su capacidad real, prestando un buen servicio durante el tiempo adoptado. Dos aspectos importantes que intervienen en el diseño son:

- Estado físico y durabilidad de las instalaciones.
- Capacidad de prestar buen servicio bajo las condiciones previstas.



Normalmente queda determinado por la capacidad de las instalaciones, pudiéndose aprovechar la durabilidad de los materiales mediante el desarrollo del sistema, por etapas, según el crecimiento de la población.

El período de diseño se estimó para 15 años, según tabla de periodos de diseño mostrada a continuación, considerando el primer año para la ejecución del proyecto y los siguientes 15 años para prestar el servicio a la comunidad.

Tabla 1 Periodos de diseño

Tipos de Componentes	Periodo de Diseño
<b>Pozos Excavados</b>	10 años
<b>Pozos Perforados</b>	15 años
<b>Captaciones de Manantiales</b>	20 años
<b>Desarenador</b>	20 años
<b>Filtro Lento</b>	20 años
<b>Líneas de Conducción</b>	15 años
<b>Tanques de Almacenamiento</b>	20 años
<b>Red de Distribución</b>	15 años

Fuente: Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA, 1998)

### 1.3.2 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

- 1- Nivel de Servicio adoptado
- 2- Factores geográficos
- 3- Factores culturales
- 4- Uso del agua.

### 1.3.3 Estimación de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas en función o como factores de la demanda promedio diaria, y se usará de base para el dimensionamiento de la capacidad de línea de conducción y red de distribución.

Consumo máximo día:

$$(CMD) = 1.5 \text{ CDP} \quad \text{Ecuación (1)}$$

CDP: Consumo promedio diario

$$\text{Consumo máximo hora: (CMH)} = 2.5 \text{ CDP} \quad \text{Ecuación (2)}$$

CDP: Consumo promedio diario

Para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento las presiones deben estar dentro del siguiente rango permisible:

Presión mínima: 5.0 m.c.a. (7.11 Psi)  
Presión máxima: 50.0 m.c.a. (71.1 Psi)

## **1.4 Sistema de suministro de agua potable.**

### **1.4.1 Red de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de ductos y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente hacia la obra de almacenamiento. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día.

Se le deberá proveer de los accesorios y obras necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomando en consideración la protección y mantenimiento de estas.

El rango de velocidad permitido está entre 0.4 m/s a 2.0 m/s. Así mismo, deberán hacerse las consideraciones necesarias para prevenir las condiciones de golpe de ariete.

Para muchas aplicaciones, es necesario observar los códigos y estándares establecidos por instituciones u organizaciones gubernamentales como:

- INAA
- ENACAL

Los tipos de tubería generalmente utilizados en acueductos son:

- Tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC), tubería plástica, económica, fácil de transportar y trabajar, debe protegerse del sol enterrado bajo zanjas.
- Tubería de hierro galvanizado (HG), más utilizada en los lugares donde la tubería no se puede enterrar y donde las altas presiones así lo requieran.

### **1.4.2 Tipo de sistema**

Para la conducción de agua básicamente existen dos tipos de sistemas: por gravedad y por bombeo. Los tipos de sistema por bombeo son empleados cuando la ubicación de la fuente se encuentra a una altura menor con respecto a la ubicación de la red de distribución, utilizándose para ello un sistema por bombeo que permita adicionar la energía necesaria para la conducción. En cambio, el sistema de distribución por gravedad cae por su propio peso desde una fuente elevada hasta los consumidores ubicados en la parte más baja.

### 1.4.3 Pérdidas de Agua en el Sistema

Cuando se proyectan Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes.

### 1.4.4 Tuberías en serie

Las tuberías en serie se usan cuando se quiere cambiar los diámetros de tuberías o el material por cada tramo de longitud. Cada vez que se va a realizar una reducción o ampliación se tiene que tomar en cuenta la pérdida o ganancia de presión que se obtendrá.

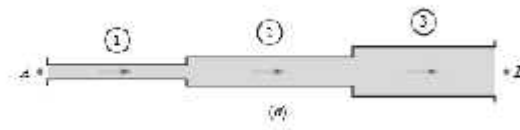


Ilustración 1 Tubería en Serie

Fuente: Mecánica de Fluidos, 2003

En el trabajo en algunos casos, utilizaremos tuberías en serie para reducir los diámetros. A como anteriormente se mencionaba, el diámetro de la acometida para el abastecimiento de agua es de 4" por lo cual se harán reducciones si el caso se requiera.

Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - hL = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación (3)}$$

*Nota. De "Mecánica de Fluidos" (p. 359) Por Robert L. Mott, 2006, Lugar de la publicación: México, Compañía Editorial PEARSON EDUCACION. Copyright 2006 por la Compañía PEARSON EDUCACION. Adaptado con permiso.*

Despejando la caída de presión la ecuación queda:

$$P_1 - P_2 = \gamma \left\{ (Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_t \right\} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

$P_1 - P_2$  : es la carga de presión.

$h_t$  : Perdida total en tubería por longitud.

z: es la carga de elevación.

$V_2$ : Velocidad de salida.

$V_1$ : Velocidad de entrada.

$\gamma$ : Peso específico.

#### 1.4.5 Número de Reynolds

El comportamiento de un fluido, en particular en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento, por esta razón se necesita un medio para predecir el tipo de flujo sin tener que observarlo en realidad. Más aún, la observación directa es imposible para fluidos que van por tubos opacos. Se demuestra en forma experimental y se verifica de modo analítico, que el carácter del flujo en un tubo redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido, su viscosidad, el diámetro del tubo y la velocidad promedio del flujo.

Conforme el fluido fluye a lo largo de un tramo de tubería, manguera o tubo, su presión disminuye debido a la pérdida de energía, por la fricción que se crea en la interacción del fluido con la pared estacionaria y la turbulencia interna.

Es por eso que la ecuación de Número de Reynolds será una herramienta para determinar qué tipo de flujo con el que se está trabajando es laminar o turbulento:

$$N_R = \frac{V_s \cdot \rho \cdot D}{\mu} = \frac{V_s \cdot D}{\nu} \quad \text{Ecuación (5)}$$

*Nota. De "Mecánica de Fluidos" (p. 230) Por Robert L. Mott, 2006, Lugar de la publicación: México, Compañía Editorial PEARSON EDUCACION. Copyright 2006 por la Compañía PEARSON EDUCACION. Adaptado con permiso.*

Dónde:

$\rho$ : Densidad del Fluido

$V_s$ : Velocidad característica del fluido

D: Diámetro de la tubería que circula el fluido

$\mu$ : Viscosidad dinámica del fluido

$\nu$ : Viscosidad cinemática del fluido

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

#### 1.4.6 Números de Reynolds críticos

Si  $N_r < 2000$ , el flujo es laminar.

Si  $N_r > 4000$ , el flujo es turbulento.

### 1.4.7 Pérdidas por Fricción

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional  $f$ .

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$hf$  = pérdida de energía debido a la fricción (N-m/ lb-pie)

$L$  = longitud de la corriente del flujo (m o pies)

$D$  = diámetro de la tubería (m o pies)

$v$  = velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s)

$f$  = factor de fricción (adimensional)

### 1.4.8 Pérdidas localizadas

Además de las pérdidas por fricción, el uso de piezas especiales como válvulas o llaves de paso, reductores, codos, yes y tees, entre otros, origina perturbaciones en las líneas de corriente del flujo en su paso a lo largo de la conducción que son denominadas pérdidas localizadas y que, de acuerdo con su magnitud, pueden significar una pérdida de energía significativa:

Una de las metodologías existentes para el cálculo de las Pérdidas Localizadas ( $h_l$ ) utiliza las siguientes expresiones:

$$h_l = K_l \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Como se puede observar, la pérdida depende de la velocidad del flujo ( $V$  [m/s]) y de un coeficiente de pérdida localizada ( $K_l$ ) que es dependiente principalmente de la forma geométrica de la pieza o accesorio y secundariamente del número de Reynolds el cual deja de tener influencia cuando sus valores son muy altos.

La Ecuación de Pérdidas Localizadas presentada arriba (7) se emplea cuando las velocidades medias del flujo antes y después de la zona donde se genera la pérdida localizada (pieza o accesorio) son iguales y la de la derecha en caso contrario. Pese a esto, es práctica común usar la primera en cualquier condición, empleando en el cálculo la velocidad mayor, a fin de mantenerse dentro del lado de la seguridad (mayor velocidad, mayor pérdida).

El valor del Coeficiente de Pérdida Localizada es un valor empírico, resultante de pruebas en laboratorio. Por lo general, dependerá no sólo del tipo de pieza, sino también de su diámetro y otros parámetros geométricos, como la relación entre el diámetro inicial y el final en el caso de reducciones y expansiones.

## VALORES MEDIOS DE ACCESORIOS

Tabla 2 Coeficiente de Accesorios

ACCESORIO	KI
Codos de 90°, de radio corto	<b>0.9</b>
Codos de 45°	<b>0.4</b>
Tee (en el ramal principal)	<b>0.3</b>
Válvula de Globo 100% abierta	<b>10</b>
Válvula de compuerta 100% abierta	<b>0.2</b>
Válvula de compuerta 50% abierta	<b>5.6</b>
Válvula de compuerta 25% abierta	<b>24</b>
Entrada Recta	<b>0.5</b>
Salida Recta	<b>1</b>
Tee (en el ramal de salida)	<b>1.8</b>
Ampliación gradual	<b>0.3</b>
Controlador de caudal	<b>2.5</b>
Curva de 22°30'	<b>0.1</b>
Entrada de Borda	<b>1</b>
Entrada normal en tubo	<b>0.5</b>
Reducción gradual	<b>0.2</b>
Rejilla	<b>0.8</b>
Salida de Tubo	<b>1</b>
Tee de pase directo	<b>0.6</b>
Tee salida bilateral	<b>1.8</b>
Tee salida lateral	<b>1.3</b>
Válvula. Angulo Abierta	<b>5</b>
Válvula. De retención	<b>2.5</b>
Válvula de pie	<b>1.8</b>

Fuente: Normas de diseño de sistema de agua potable para zonas rurales, (s.f).

### 1.4.9 Golpe de Ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos, se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica.

En este caso debido a la inercia de las partes rotativas de los conjuntos elevadores, inmediatamente después de la falta de corriente, la velocidad de las bombas comienza a disminuir, reduciéndose rápidamente el caudal. La columna líquida

continúa subiendo por la tubería de descarga, hasta el momento en que la inercia es vencida por la acción de la gravedad. Durante este período se verifica una descompresión en el interior de la tubería.

Enseguida, ocurre la inversión en el sentido del flujo y la columna líquida vuelve a las bombas. No existiendo válvulas de retención, las bombas comenzarían, entonces, a funcionar como turbinas, girando en sentido contrario. Con excepción de los casos en que la altura de elevación es pequeña, con descarga libre, en las líneas de bombeo son instaladas válvulas de retención o válvulas check, con el objeto de evitar el retorno del líquido a través de las bombas.

La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido, lo cual da origen a una onda de sobrepresión (Golpe de Ariete).

#### 1.4.9.1 Cálculo del golpe de ariete

$$G.A = \frac{C}{g} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Dónde:

GA: sobrepresión (m).

V: velocidad media del agua (m/s). C: Celeridad (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$$C = \frac{9}{\sqrt{4.3 + k \frac{D}{E}}} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Dónde:

C: celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s)

D: diámetro de la tubería (m)

He: espesor de los tubos (m)

k: coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional)

E: módulo de elasticidad del material del tubo (adimensional)

## 1.5 Funciones de algunos accesorios

### 1.5.1 Válvula de compuerta

Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o totalmente cerrada. No son adecuadas para estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco.

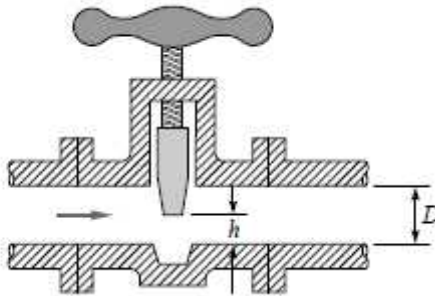


Ilustración 2 Válvula de Compuerta

Fuente: Mecánica de Fluidos, 2006

### 1.5.2 Válvulas de Regulación

Son aquellas de operación manual, o sea, que el paso de flujo se regula manualmente. Generalmente son las que reemplazan a las válvulas de control, cuando estas se bajan para repararlas en un cuadro de control. Pueden ser de Globo, mariposa para aire o gas y de aguja para altas.



Ilustración 3 Válvula de Regulación

Fuente: TECNOAQUA, 2014



### 1.5.3 Válvula de globo

El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

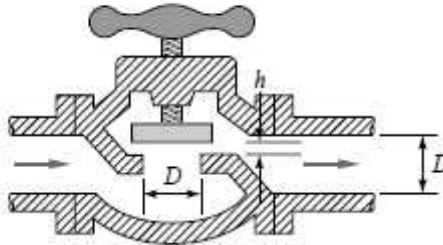


Ilustración 4 Válvula de Globo

Fuente: Mecánica de Fluidos, 2006

### 1.5.4 Válvulas de Retención o Check

Su disposición tiene como objetivo, en la línea de impulsión, impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas.

En la sarta de bombeo se debe de colocar después del equipo de bombeo y antes de la válvula de cierre y en posición horizontal, una de las razones para esto radica en las labores frecuentes de sostenimiento que esta válvula exige y en caso de una instalación invertida se haría necesario el vaciado completo de la línea de impulsión para dichas labores de sostenimiento.

### 1.5.5 Válvulas de alivio contra el golpe de ariete

En las sargas de bombeo estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.

## 1.6 Almacenamiento

El almacenamiento se hace para disponer de una determinada cantidad de agua como reserva, con objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción, así como para satisfacer demandas extraordinarias. (INAA, 1998)

La localización de los depósitos se hace tomando en cuenta la presión que deberá tener el agua para poder llegar a todos los puntos de la red de distribución con la presión adecuada. Los depósitos de almacenamiento pueden ser: enterrados o semienterrados, superficiales y elevados.

Para la construcción de tanques de almacenamiento o distribución debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Los materiales usados para la construcción deben ser apropiados y duraderos.
- Los más recomendables son concreto, mampostería y metal.
- Se colocarán cercas perimetrales para evitar el acceso de personas y animales.
- Los tanques superficiales deben protegerse de los escurrimientos de agua de lluvia, construyendo zanjas o cunetas interceptoras.
- El tanque debe localizarse a una altura y distancia conveniente, alejado de cualquier posible fuente de contaminación.

## **1.7EPANET**

EPANET es un software que permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías, permite simular los nodos, tuberías y depósitos para obtener la presión y los caudales debidos. Así como también realizar un análisis de la calidad del agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente hasta los nodos del sistema.

El programa consiste en una herramienta de investigación el cual mejorara nuestro conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes. (*Blog del agua, 2019*)

### **Estimar costos de los materiales a utilizar en el proyecto.**

Para el presente trabajo estimaremos un aproximado de los materiales, realizando cotizaciones en diferentes distribuidores de materiales ferreteros, omitiendo gastos de transporte, mano de obra, administrativos y cualquier otro que pueda surgir en la elaboración del proyecto.

Los materiales que se cotizarán serán tuberías, accesorios. Estas en base a los planos hidráulicos del sistema nuevo de tubería que se realizaran.

Para estas estimaciones, nos auxiliaremos mediante una tabla de Excel para mostrar los valores de cada producto.

## CAPITULO II

### DIAGNOSTICO Y DISEÑO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.

En la imagen se puede observar el tanque elevado de 32m<sup>3</sup> que se encuentra ubicado en el punto más alto del recinto universitario, el manómetro que se instaló en la acometida de 4" para conocer las variaciones de presiones a distintas horas del día, y también se puede apreciar la bomba de 1 ½ HP existente.



Fuente: Elaboración Propia, 2019

## **2.1 Condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable.**

En la actualidad el recinto universitario Pedro Arauz Palacios se abastece de agua potable a través de 2 acometidas, una de 2 pulgadas y otra de 4 pulgadas las cuales son de material asbesto cemento, que se encuentran en la dirección norte del edificio. La red interna de tuberías es de hierro galvanizado, actualmente en el recinto no se encuentran planos hidrosanitarios para determinar la localización de las tuberías.

También, el recinto cuenta con 2 tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran ubicados en diferentes zonas de la universidad. Un tanque está ubicado en el costado sur de la biblioteca y tiene una capacidad de  $10\text{m}^3$ , el tanque 2 está ubicado en uno de los puntos más altos del recinto y tiene una capacidad de  $32\text{m}^3$  el cual abastece agua por medio de gravedad a los edificios del Julio Padilla, Marlon Zelaya y el comedor.

El uso actual del agua potable es para consumo humano, servicios higiénicos, limpieza y jardinería.

Con el paso del tiempo el recinto universitario fue sufriendo cambios de esta forma se originó el nacimiento de nuevos edificios (Marlon Zelaya, Julio Padilla, Biblioteca y FTI).

Dadas las condiciones actuales que provocan el desabastecimiento total o parcial del agua en la comunidad, se procedió a investigar, para dar un veredicto y una respuesta de manera responsable a la problemática que afecta al Recinto Universitario.

## **2.2 Ubicación de la Fuente de Abastecimiento Propuesta para el nuevo diseño.**

En el caso de este nuevo proyecto se ha decidido utilizar la acometida de 4" existente proveniente de ENACAL para abastecer la línea de conducción.

La ubicación de la acometida se encuentra en la parte noroeste del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, cuya posición es  $12^{\circ}08'17''$  N  $86^{\circ}13'27''$  W 124 m.s.n.m.

## **2.3 Plano del Recinto Universitario**

### **Estudio Topográfico**

El estudio topográfico es una de las partes esenciales en la realización de cualquier proyecto, por lo que en esta ocasión es necesario el conocimiento del relieve en la locación de estudio, pues de ello dependen ciertos criterios de diseño del SAAP. (B.E., 2001).

Se necesitan conocer las alturas de los nodos para la red de distribución, y la determinación de las alturas de la acometida al tanque, por lo que es preciso saber si se puede diseñar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, por gravedad o por bombeo.

### **Levantamiento Topográfico**

Considerado para identificar y trazar la red de abastecimiento, involucrando la red de conducción de la acometida a tanque de almacenamiento, así como, la red de distribución desde el tanque hacia los distintos puntos de distribución donde tenemos demanda. De esta forma, elegir el tipo de configuración que tendrán los acueductos, para ello, es necesario contar con información planimétrica y altimétrica, para realizar los trazos de la red y determinar la ubicación de las estructuras e instalaciones necesarias.

Con la ayuda del departamento de vías de transporte de la facultad tecnológica de la construcción se logró obtener los datos altimétricos y planimétricos del recinto, de igual forma se consiguieron las elevaciones en los nodos y curvas de nivel del terreno. Estos datos nos han ayudado a desarrollar nuestro estudio proponiendo nuestra nueva propuesta de sistema de abastecimiento.

## **2.4 Diseño Hidráulico de los elementos del sistema**

### **Hidráulica del Acueducto**

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permiten dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran

importancia, debido a que, si son de gran tamaño, encarecen el sistema, provocarán sedimentación y problemas de depósito debido a las bajas velocidades. Pero, al ser reducido los diámetros, las altas velocidades de las tuberías podrían causar erosión a estas. (Tirado, Apuntes de Ingeniería Sanitaria, 2010)

El abastecimiento de agua potable provendrá de la acometida de 4" existente proveniente de ENACAL la cual se acoplará a la línea de conducción hasta un tanque de almacenamiento ubicado en la cota más alta de la universidad, y luego se distribuirá por medio de un sistema de gravedad por tuberías de distintos diámetros a la comunidad universitaria.

### 2.5 Estimación de Caudal

Este es uno de los puntos más importantes para la elaboración del SAAP. Ya que de la cantidad de artefactos que se estime dependerán todos los cálculos para el diseño de la red.

### 2.6 Cálculo de Caudales

Para calcular los caudales, nos hemos basado en un método de simultaneidad en el cual se determina la demanda de los distintos inmuebles instalados en el recinto asignándoles una unidad, medida en WSFU (Water Supply Fixture Units / Unidades de Fijación de Suministro de Agua), por medio de una tabla hacemos la conversión a GPM y obtenemos el caudal de ese inmueble. El caudal total instalado es la suma de todos los WSFU de los artefactos instalados. Este método supone que todos elementos trabajan en simultaneidad para así poder diseñar en base a un caudal máximo probable y poder dar un servicio satisfactorio a todos los usuarios.

Tabla 3 Valores en WSFU de Inmueble

Inmuebles	Unidades WSFU
Inodoros de tanque	3
Lavamanos	1
Urinaros	4
Llaves de Chorro	2
Lava lampazos / Lavaderos	4
Pantry	2

Fuente: National Standard Plumbing Code, 2009

<b>WSFU</b>	<b>GPM Flush Tanks<sup>2</sup></b>	<b>GPM Flush Valves<sup>3</sup></b>	<b>WSFU</b>	<b>GPM Flush Tanks<sup>1</sup></b>	<b>GPM Flush Valves<sup>3</sup></b>
3	3		120	49	74
4	4		140	53	78
5	4.5	22	160	57	83
6	5	23	180	61	87
7	6	24	200	65	91
8	7	25	225	70	95
9	7.5	26	250	73	100
10	8	27	300	85	110
11	8.5	28	400	105	125
12	9	29	500	125	140
13	10	29.5	750	170	175
14	10.5	30	1000	210	210
15	11	31	1250	240	240
16	12	32	1500	270	270
17	12.5	33	1750	300	300
18	13	33.5	2000	325	325
19	13.5	34	2500	380	380
20	14	35	3000	435	435
25	17	38	4000	525	525
30	20	41	5000	600	600
40	25	47	6000	650	650
50	29	51	7000	700	700
60	33	55	8000	730	730
80	39	62	9000	760	760
100	44	68	10,000	790	790

**Ilustración 5 Conversión de WSFU a GPM**  
**Fuente: National Standard Plumbing Code, 2009**

Cabe señalar que no se tomara en cuenta ningún volumen de agua para red contra incendios, ya que estos no serán incluidos en el diseño de la red. A medida que se disponga la nueva red de distribución es recomendable diseñar un propio sistema contra incendios contando con: tanque de almacenamiento, equipo de bombeo si es necesario, redes internas de protección e hidrantes.

## **2.7 Cálculo de Presiones**

Se realizaron medidas de presión colocando un manómetro de 140 psi en la acometida de 4" donde se tomaron mediciones a distintas horas para ver la variación de las presiones, recolectando estos datos se obtuvo Presión Máxima, Presión Media y Presión Mínima para poder así simular en distintos escenarios.

## Presiones obtenidas en la acometida de 4"

Tabla 4 Presiones Obtenidas en la Acometida de 4"

Hora	Presión Obtenida en Psi	Equivalencia en m.c.a
6:30 a. m.	44	30.95
1:00 p.m.	30	21.10
05:00 p.m.	19	13.36

Fuente: Elaboración Propia (2019)

### 2.8 Línea de Conducción

Para el caso de este sistema, la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico bajo el tanque de almacenamiento, la presión con la que ENACAL abastece al recinto universitario en la mañana es suficiente para poder llevar el flujo por inercia a través de la línea de conducción, pero en el caso de trabajar con la presión mínima será necesario el uso de una bomba centrífuga ya existente de 1 ½ HP, para ahorrar energía se decidió en el diseño ubicar un bypass entre la bomba y el tanque de almacenamiento en el cual estará ubicada una válvula check evitando el anti retorno, de esta manera cuando la presión de abastecimiento de ENACAL sean entre 44 y 30 PSI no será necesario el uso de la bomba, y evitara el flujo inverso por la mayor presión en puntos anteriores así mismo se contara con una válvula de globo antes de la bomba la cual evitará el paso del fluido en dado caso de que la bomba no esté en marcha.

En el método de simultaneidad se trabajó con el valor del consumo total: 9.987 L/s

### 2.9 Tubería de Conducción

Calculando el diámetro más económico de la tubería de la línea de conducción, con la fórmula similar a la de Bresse:

$$D = k * Q^{0.45} \text{ con } K = 0.9 \quad \text{Ecuación (10)}$$

*Nota. De "Normas Rurales" (p. 31) Por INAA, 2009, Lugar de la publicación: Managua, Nicaragua. Adaptado con permiso.*

$$D = 0.9 * Q^{0.45}$$

$$D = 0.9 * (9.987 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.1132 \text{ m}$$

$$D = 4"$$



A continuación, se procederá a comprobar la velocidad en la tubería de conducción.

$$\phi_e = 4''$$

$$V = \frac{4Q}{\pi(\phi)^2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$V = \frac{4(0.0 \text{ /s})}{\pi(0.1 \text{ m})^2} = 0.99 \text{ m/s} ; 0.4 \leq 0.99 \leq 2 \text{ cumple}$$

Con 0.99 m/s evitamos que exista acumulación excesiva de sedimentos en la tubería de conducción.

## 2.10 Cálculo de golpe de ariete para cierre instantáneo

Aplicando la fórmula (9)

Para tubos plásticos:

$$K=18$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.1132}{0.00275}}}$$

$$C = 352.39 \text{ m/s}$$

Con la fórmula (8):

$$G.A = \frac{(352.39 \text{ m/s})\left(\frac{0.99 \text{ m}}{\text{s}}\right)}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A = 35.56 \text{ m}$$

La presión máxima ejercida en las paredes de la tubería está dada por la sumatoria de la carga estática y la sobrepresión ocasionada por golpe de ariete.

Presión total en la tubería:

$$\text{Presión total} = \text{Carga estática} + G.A \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$17.82 \text{ m} + 35.56 \text{ m} = 53.38 \text{ m. c. a}$$

La presión de trabajo de la tubería de 4" material PVC según el SDR se presenta en la tabla:

Fuente: Futura industrial PVC hidráulica de 60

CÓDIGO	DIÁMETRO NOMINAL		DIÁMETRO EXTERIOR mm	ESPESOR DE PARED mm	ASTM D1785	NMXE-224	LONGITUD m	PESO/ TRAMO m
	pulgadas	mm			PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (kgf/cm <sup>2</sup> )			
05-40-005	1/2"	13	21.30	2.8	41		6.0	3.08
05-40-007	3/4"	19	26.70	2.9	33		6.0	4.11
05-40-010	1"	25	33.40	3.4	31		6.0	6.07
05-40-012	1 1/4"	32	42.20	3.6	26		6.0	8.27
05-40-015	1 1/2"	38	48.40	3.7	23		6.0	9.82
05-40-020	2"	50	60.30	3.9	19		6.0	13.10
05-40-025	2 1/2"	60	73.00	5.2	21		6.0	20.99
05-40-030	3"	75	88.90	5.5	18		6.0	27.31
05-40-040	4"	100	114.30	6.0	15		6.0	38.69
05-40-060	6"	150	160.30	7.1	12		6.0	68.14
05-40-080	8"	200	219.10	8.2	11		6.0	104.68
05-40-100	10"	250	273.10	9.3	10		6.1	148.50
05-40-120	12"	300	323.90	10.3	9		6.1	195.52
05-40-140	14"	355	355.00	355.6	9		6.1	231.47
05-40-160	16"	400	400.00	406.4	9		6.1	302.65

Ilustración 6 Presión de Trabajo de Tuberías según su cedula

## 2.11 Análisis de la red de distribución en EPANET versión 2.0 E

En esta etapa del diseño hidráulico se trabajó con el programa EPANET, con el que se realizó el siguiente procedimiento:

Se configuró el programa de la siguiente manera:

- Unidades de caudal: litros por segundo. Realizando esta configuración se modifican las unidades de medida de los diámetros de tubería a milímetros y cotas de las conexiones a metros.
- Ecuación de pérdidas: Hazen-Williams.
- Se utiliza tubería PVC cedula 40 cuyo coeficiente de rugosidad es de 150, se colocó la imagen de la universidad de fondo para dibujar el esquema de la red de distribución.

En la figura 7 se presenta el esquema propuesto, en esta se puede observar que las líneas de color azul son las tuberías de distribución y las líneas de color verde es la línea de conducción.

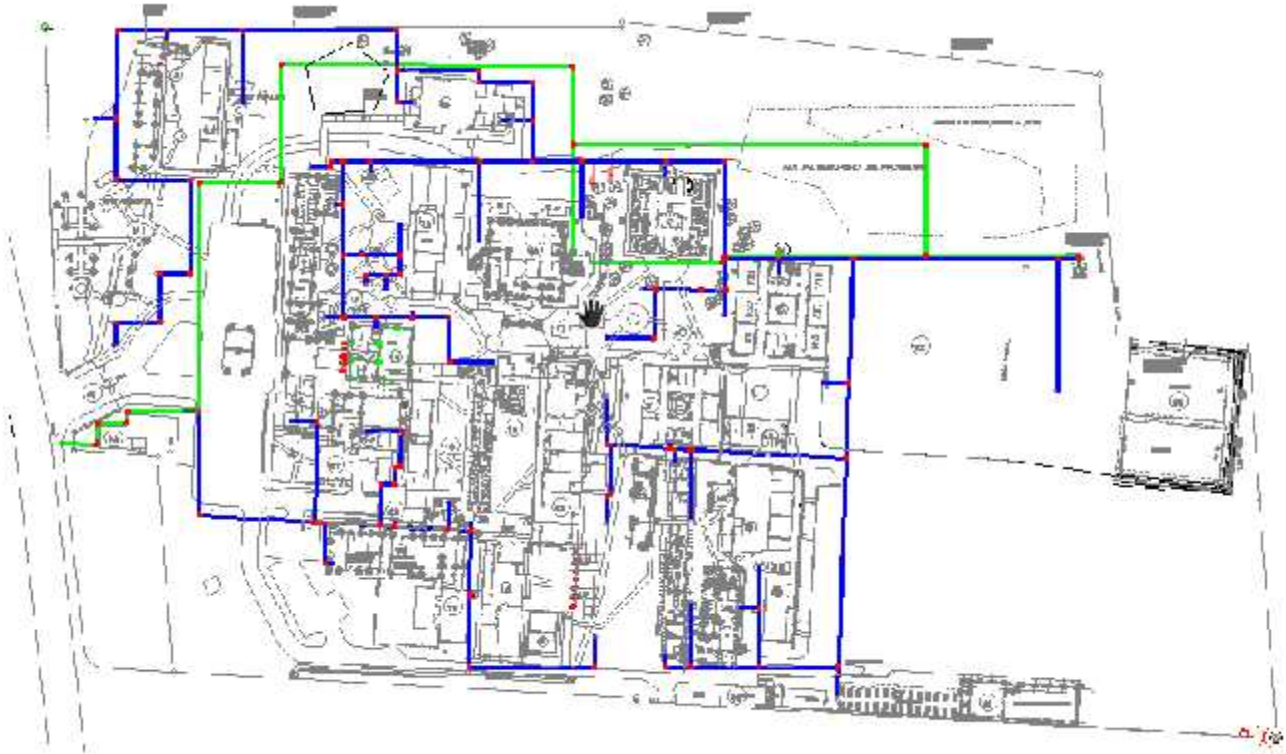


Ilustración 7 Esquema Propuesto de Tuberías  
Fuente: AUTOCAD (2018)

Se calcula la demanda base de cada nodo por el método de simultaneidad propuesto por la norma americana. Con la ayuda del Plano arquitectónico en AutoCAD 2018 se localizaron las edificaciones o áreas que requieren determinado caudal y así poder realizar de manera adecuada la distribución de caudales de acuerdo al tipo de artefacto que se encuentra en cada edificio teniendo en cuenta si hay laboratorios, servicios higiénicos, áreas de riego.

Es importante destacar que la simulación que se realizó en Epanet supone con que todos los artefactos están trabajando de manera simultánea y así mismo con la menor presión de entrada en la línea de conducción de tal manera de que se pudiese tener una simulación considerando las condiciones más desfavorables para la red.

Cabe señalar que existen nodos abiertos y cerrados. Los nodos abiertos son los que aportan un porcentaje de caudal y los cerrados solo funcionarían para intersecciones o cambios de dirección.

Se ingresaron las longitudes y diámetros de tuberías PVC, los diámetros se fueron calculando para obtener las velocidades y presiones requeridas.

Los datos del depósito se introducen de la siguiente manera:

-Cota: Es la altura a la que está la base del tanque. Sirve de referencia para las demás cotas. Se propone un tanque elevado para poder cumplir con las presiones de 5 m.c.a. - 50 m.c.a.

$$\text{Cota} = 105.81 + 10 = 115.81$$

-Nivel inicial: Es la altura inicial del tanque; si está a medio llenar es de la mitad de la altura del tanque. Por lo que el tanque mide 4.60 m, se tomara un nivel inicial de 2.30 m.

-Nivel mínimo: Es la altura relativa de la salida del agua a la distribución por lo cual se tomará un valor de 0 ya que el tanque tiene su nivel de salida de agua desde el nivel inicial.

-Nivel Máximo: Es la altura relativa del rebosadero, se tomará un nivel máximo de 4.

Diámetro: 3.70 m

## **2.11.1 Resultados del análisis de la red**

### **2.11.1.1 Presiones en los nodos**

Las presiones obtenidas del análisis satisfacen las establecidas por la norma de INAA cuyas presiones deben estar en el rango de:

Presión mínima: 5.0 m.c.a (7.11 Psi)

Presión máxima: 50.0 m.c.a (71.1 Psi)

### 2.11.1.2 Presión Obtenida en los nodos de la línea de conducción

ID Nudo	Altura m	Presión m
Nudo 2	109.29	11.82
Nudo 3	109.24	11.22
Nudo 4	109.17	8.87
Nudo 5	108.67	8.91
Nudo 6	108.09	8.29
Nudo 7	107.85	8.35
Nudo 8	107.54	7.39
Nudo 9	107.46	7.01
Nudo 10	107.37	8.19
Nudo 11	107.17	6.72
Nudo 12	107.11	6.73
Nudo 13	106.88	5.89
Nudo 14	106.74	5.84
Nudo 15	106.65	5.76
Nudo 16	107.39	6.99
Nudo 17	107.39	7.09
Nudo 18	107.13	5.57
Nudo 19	107.18	6.61
Nudo 20	106.53	5.97
Nudo 21	106.46	5.89
Nudo 22	106.03	5.38
Nudo 23	108.77	8.27
Nudo 24	108.24	6.69
Nudo 25	108.13	6.38

Nudo 26	107.98	5.98
Nudo 27	124.09	22.19
Nudo 28	123.93	21.78
Nudo 29	120.58	16.38
Nudo 30	120.58	18.05
Embalse 1	109.36	0.00
Depósito 31	118.11	2.30

Ilustración 8 Resultado del análisis de las presiones en los nodos de la red de conducción

Fuente: EPANET (2019)

Podemos observar que en el nudo 18 es el punto en que tenemos la presión más baja pero siempre cumpliendo con los valores establecidos por la norma del INAA.

### 2.11.1.3 Velocidad Obtenida en las tuberías de la línea de conducción

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	19.5187	100	150	4.06	0.52
Tubería 2	14.4522	100	150	3.97	0.51
Tubería 3	25.0234	100	150	3.97	0.51
Tubería 4	28.1481	50	150	1.78	0.91
Tubería 5	31.5250	50	150	1.78	0.91
Tubería 6	12.9815	50	150	1.72	0.88
Tubería 7	18.5478	50	150	1.66	0.85
Tubería 8	21.5850	13	150	0.06	0.44
Tubería 9	28.2181	13	150	0.06	0.44
Tubería 10	18.4325	25	150	0.29	0.59
Tubería 11	2.50	25	150	0.29	0.59
Tubería 12	12.0776	25	150	0.29	0.59
Tubería 13	6.95	25	150	0.29	0.59
Tubería 14	8.10	25	150	0.22	0.45
Tubería 15	11.636	50	150	1.37	0.70
Tubería 16	1.0278	13	150	0.03	0.22
Tubería 17	19.03	50	150	1.34	0.68
Tubería 18	5	50	150	1.23	0.62
Tubería 19	8.0106	13	150	0.12	0.87
Tubería 20	2.8049	13	150	0.06	0.44
Tubería 21	22.8061	13	150	0.06	0.44
Tubería 22	108.13	75	150	2.19	0.50
Tubería 23	143.49	75	150	2.19	0.50
Tubería 24	27.37	75	150	2.19	0.50

Tubería 28	121.30	50	150	2.19	1.12
Tubería 30	39.1824	50	150	0.00	0.00
Tubería 31	91.92	50	150	2.19	1.12
Bomba 26	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	2.19	0.00
Válvula 25	Sin Valor	50	Sin Valor	2.19	1.12
Válvula 27	Sin Valor	50	Sin Valor	2.19	1.12
Válvula 29	Sin Valor	50	Sin Valor	0.00	0.00

Fuente: EPANET (2019)

Ilustración 9 Resultado del análisis de las velocidades en la red de conducción

En las tuberías 8,9,20 y 21 tenemos las velocidades en 0.44 m/s son las más bajas de toda la línea de conducción, pero siempre cumpliendo con las normas del INAA.



#### 2.11.1.4 Presión Obtenida en los nodos de la línea de distribución

ID Nudo	Altura m	Presión m
Nudo 2	120.74	15.53
Nudo 3	120.10	16.12
Nudo 4	119.89	15.75
Nudo 5	119.76	15.38
Nudo 6	119.19	14.39
Nudo 7	120.45	14.87
Nudo 8	119.45	15.07
Nudo 9	119.36	12.86
Nudo 10	118.81	11.00
Nudo 11	118.84	15.46
Nudo 12	116.96	13.42
Nudo 14	117.44	14.06
Nudo 15	116.80	12.42
Nudo 16	115.25	11.76
Nudo 17	119.67	12.03
Nudo 18	118.88	12.99
Nudo 19	118.50	16.86
Nudo 20	117.53	15.03
Nudo 21	116.99	12.61
Nudo 22	117.01	15.06
Nudo 23	117.38	16.04
Nudo 24	116.61	15.42
Nudo 25	115.60	14.53
Nudo 26	113.71	12.93

Nudo 27	118.29	16.73
Nudo 28	116.15	16.90
Nudo 29	115.77	16.62
Nudo 30	114.63	14.23
Nudo 31	117.57	16.14
Nudo 32	115.39	15.22
Nudo 33	114.09	13.59
Embalse 1	120.81	0.00

Ilustración 10 Resultado del análisis de las presiones en los nodos de la red de distribución

Fuente: EPANET (2019)

Podemos apreciar que en el nodo 10 en la red de distribución es donde tendremos la menor presión con 11 m.c.a, de igual forma es una presión suficiente para poder abastecer ese punto de demanda, cumpliendo siempre con los valores normados por INAA.

### 2.11.1.5 Velocidad Obtenida en las tuberías de la línea de distribución

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	7.18	100	150	8.12	1.03
Tubería 2	71.99	100	150	7.63	0.97
Tubería 3	43.52	75	150	2.60	0.59
Tubería 4	26.44	75	150	2.60	0.59
Tubería 5	73.2208	50	150	1.15	0.59
Tubería 6	45	38	150	0.50	0.44
Tubería 7	26.49	50	150	1.44	0.73
Tubería 8	8.05	50	150	1.37	0.70
Tubería 9	9.91	25	150	0.44	0.89
Tubería 10	27.97	38	150	0.71	0.63
Tubería 11	23.48	13	150	0.12	0.88
Tubería 12	20.64	25	150	0.60	1.22
Tubería 13	15.03	25	150	0.47	0.95
Tubería 14	21.47	13	150	0.12	0.88
Tubería 15	25.97	75	150	5.03	1.14
Tubería 16	73.47	75	150	3.98	0.90
Tubería 17	46.624	75	150	3.40	0.77
Tubería 18	12.179	13	150	0.12	0.88
Tubería 19	23.46	13	150	0.06	0.44
Tubería 20	24.37	13	150	0.06	0.44
Tubería 21	56.86	50	150	1.90	0.97
Tubería 22	42.34	50	150	1.82	0.93
Tubería 23	32.78	19	150	0.19	0.67
Tubería 24	56.49	13	150	0.07	0.55

Tubería 25	18.95	50	150	1.38	0.71
Tubería 26	127.68	38	150	0.85	0.75
Tubería 27	26.65	38	150	0.77	0.68
Tubería 28	69.71	25	150	0.28	0.56
Tubería 29	42.90	32	150	0.54	0.67
Tubería 30	22.884	13	150	0.07	0.55
Tubería 31	58.45	25	150	0.20	0.42

Ilustración 11 Resultado del análisis de las velocidades en la red de distribución

Fuente: EPANET (2019)

A como se muestra en las tablas generadas por EPANET, el menor diámetro utilizado es de ½ pulgada que equivale a 13 mm, cumpliendo los parámetros en la simulación de la línea de conducción y la línea de distribución, con las velocidades establecidas en las normas de INAA que deben estar entre 0.4 m/s a 2 m/s y de igual forma cumpliendo con las presiones normadas de Presión mínima: 5.0 m.c.a. (7.11 Psi) y Presión máxima: 50.0 m.c.a. (71.1 Psi).

## 2.12 Componentes de la Red

### 2.12.1 Accesorios de la Línea de Conducción

Tabla 5 Accesorios en la línea de conducción

Cantidad	Medida (Pulg)	Accesorio
6	1	Codo a 90°
1	1	Te flujo recto
11	2	Codo a 90°
4	2	Te flujo recto
1	(1/2)	Codo a 90°
1	2	Valv. De globo
2	2	Valv. Rete.

1	3	Codo a 90°
1	4	Te flujo recto
4	4	Codo a 90°
3	Reductor de 4 a 2	Reducción gradual
1	Reductor de 2 a 1	Reducción gradual
1	reductor de 4 a 3	Reducción gradual
5	Reductor de 2 a 1/2	Reducción gradual

Fuente: Elaboración Propia (2019)

### 2.12.2 Accesorios Línea de distribución

Tabla 6 Accesorios en la Línea de Distribución

Cantidad	Medida (Pulg)	Accesorio
1	(1/2)	Te flujo recto
3	(1/2)	Codo a 90°
1	(3/4)	Codo a 90°
1	(3/4)	Te flujo recto
2	1	Codo a 90°
1	1	Te flujo recto
4	1 (1/2)	Te flujo recto
2	1 (1/2)	Codo a 90°
5	2	Te flujo recto
3	3	Te flujo recto

2	4	Te flujo recto
3	2	Codo a 90°
2	3	Codo a 90°
1	4	Valv. Compuerta
2	Reductor de 4 a 3	Reducción gradual
1	Reductor de 3 a 1/2	Reducción gradual
2	Reductor de 4 a 1 (1/2)	Reducción gradual
2	Reductor de 1 (1/2) a 1/2	Reducción gradual
3	Reductor de 3 a 2	Reducción gradual
1	Reductor de 1 (1/2) a 1/2	Reducción gradual
1	Reductor de 2 a 3/4	Reducción gradual
1	Reductor de 2 a 1 (1/2)	Reducción gradual
2	Reductor de 4 a 2	Reducción gradual
1	Reductor de 3/4 a 1/2	Reducción gradual
1	Reductor de 2 a 1	Reducción gradual
3	Reductor de 1 (1/2) a 1	Reducción gradual
1	Reductor de 2 a 1 (1/4)	Reducción gradual

Fuente: Elaboración Propia (2019)

## 2.13 Tanque de almacenamiento

El diseño del tanque de almacenamiento, deberá de adaptarse a los parámetros y condiciones que se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del recinto universitario Pedro Arauz Palacios.

La norma establece que el volumen de almacenamiento disponible en el sistema debe tener las siguientes características:

- Volumen compensador: Es el agua necesaria para compensar las variaciones horarias del consumo. Se debe almacenar: “Para poblaciones menores de 20.000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario.”
- Reserva para eventualidades y/o emergencias: Este volumen será igual al 15% del consumo promedio diario.

### Proyección de la Población

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema.

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de la población.

La información de datos del recinto universitario se puede obtener a través de los registros académicos. Para este estudio se tomó una tasa de población fija sin crecimiento ya que en los registros de los últimos años la población en el recinto se mantiene en un rango de 4000 a 5000.

#### 2.13.1 Consumo Promedio Diario del Recinto.

Tabla 7 Dotaciones de Agua

RANGO DE POBLACION	DOTACION
	LPPD
0 – 5000	75
5000 – 10000	95
10000 – 15000	113
15000 – 20000	132

20000 – 30000	151
30000 – 50000	1170
50000 – 100000 y más	189

Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua, INAA

### 2.13.2 Determinación del Consumo de Agua Potable

Según datos obtenidos en las secretarías de cada una de las facultades en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios la población estudiantil activa para el segundo semestre del año 2015 es la siguiente:

Facultad de Tecnología de la Industria

Tabla 8 Población FTI

Carrera	Cantidad de Alumnos
Ing. Mecánica	697
Ing. Industrial	1095
Total	1792

Fuente: Estudio y Diseño de sistema de agua potable Propio en Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, 2015

Facultad de Ciencias y Sistemas

Tabla 9 Población FCYS

Carrera	Cantidad de Alumnos
Ing. Sistema	835
Total	835

Fuente: Estudio y Diseño de sistema de agua potable Propio en Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, 2015

Facultad de Tecnología de la Construcción



Tabla 10 Población FTC

Carrera	Cantidad de Alumnos
Ing. Civil	1325
Ing. Agrícola	380
Total	1705

Fuente: Estudio y Diseño de sistema de agua potable Propio en Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, 2015

Según datos de Recursos Humanos de la Universidad Nacional de Ingeniería la población laboral existente en el Recinto Universitario es de 391 trabajadores lo cuales incluye personal académico y administrativo, así como personal de mantenimiento (Guardas de seguridad, personal de limpieza y jardinería).

Población total del Recinto

Tabla 11 Población Total RUPAP

Área	Población
FTI	1792
FTC	1705
FCYS	835
Trabajadores	391
Total	4723

Fuente: Estudio y Diseño de sistema de agua potable Propio en Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, 2015

### 2.13.3 Cálculo del Consumo Promedio Diario

$$CPD = (4723) (75\text{lppd}) / 86400\text{seg/día}$$

$$CPD = 4.099 \text{ L/s}$$

Consumo Promedio Diario en m<sup>3</sup>

$$\text{CPD} = 4.099 \text{ L/s (86400seg) / 1000L}$$

$$\text{CPD} = 354.1536 \text{ m}^3.$$

### 2.13.4 Tiempo de descarga del tanque actual.

El diseño de tanque más difundido en la industria es sin dudas, el tanque cilíndrico de eje vertical con fondo plano tal como el mostrado en la figura:

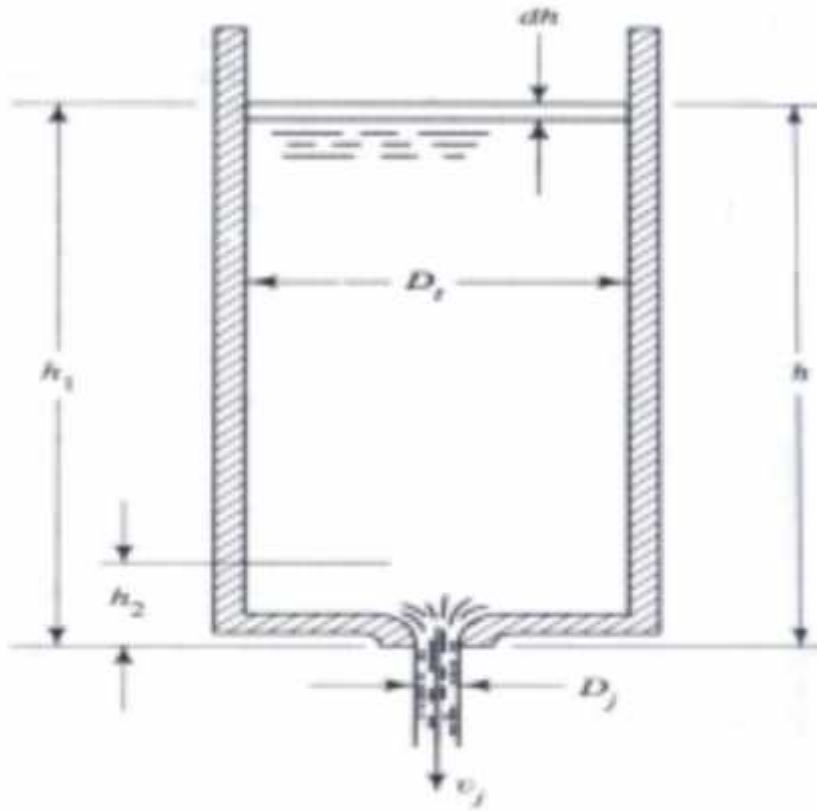


Ilustración 12 Tanque Cilíndrico de eje vertical con fondo plano

Fuente: Ingeniería de las Instalaciones, Argentina 2004

tenemos que el tiempo de descarga del tanque será:

$$t - t = \frac{z^A}{\sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) \quad \text{Ecuación (13)}$$

D del tanque actual: 3m

D descarga: 0.0508m

Área del Tanque:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(3m)^2}{4}$$

$$A = 7.06m^2$$

Área de la descarga:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.0508m)^2}{4}$$

$$A = 2.0268 \times 10^{-3} m^2$$

La relación de área será:

$$\frac{A}{A} = \frac{7.06m^2}{2.0268 \times 10^{-3} m^2} = 3,483.32$$

Tiempo de descarga:

$$t - t = \frac{2A}{\sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})$$

$$t - t = \frac{2(3,483.32)}{\sqrt{2 * 9.81 m/s^2}} (\sqrt{3m} - \sqrt{0.0508m})$$

$$t - t = e t \quad d \quad a l \quad a \quad s \quad v \quad á \quad e \quad 12 \quad m \quad y \quad 37 \quad s \quad .$$

## 2.14 Propuesta

Nuestra propuesta plantea el uso de la bomba existente en caso que la presión dada por ENACAL sea la mínima, así como del tanque elevado que está ubicado en el punto más alto de la universidad. Cuando tengamos suficiente presión no será necesario el uso de la bomba, en caso contrario para que la bomba trabaje de una forma automática es necesario poner un medidor de nivel en el tanque, para que

este mande una señal de paro a la bomba cuando este llegue a su nivel máximo establecido. El sistema planteado contempla línea de conducción, así como red de distribución. Haciendo uso de tuberías y accesorios que nos permitan implementar el sistema.

### 2.14.1 Análisis de cálculo con la nueva red de conducción utilizando la bomba y tanque existente.

Q= 22 GPM

Altura estática: 17.82 m

T: 25°C

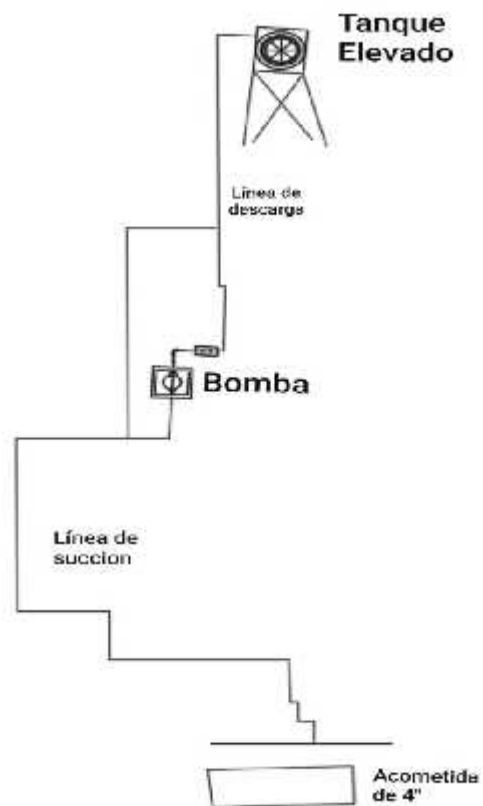
Material: PVC

Diámetro, línea de succión: 4 pulgadas = 0.10342 m

Diámetro, línea de descarga: 2 pulgadas = 0.05458m

Longitud línea de succión: 374.87m

Longitud línea de descarga: 175.688 m



## Ilustración 13 Esquema de la línea de conducción

Fuente: Elaboración Propia

### Convirtiendo el Caudal a m<sup>3</sup>/s

$$Q = 22 \frac{G}{m} * \frac{0.0}{1g} \frac{m^3/s}{6 s} * \frac{1m}{6 s}$$

$$Q = 0.00138798 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Cálculo de la velocidad

$Q = V * A$ ; Despejando velocidad, (Aplicando Ecuación 11):

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Para la cual se obtuvieron 2 velocidades, correspondientes a la línea de succión y descarga:

$$V = \frac{4 * 0.00138739 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * D^2}$$

$$V_{\text{Succión}} = 0.1652 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{Descarga}} = 0.59 \text{ m/s}$$

Podemos comprobar que la velocidad en la línea de succión es baja menor que lo descrito a 0.4 m/s según norma, cabe señalar que la bomba nada más trabaja con 22GPM y lo cual para abastecer el recinto se necesita 158.3 GPM. Por lo cual, en cálculos posteriores se realizó un cálculo nuevo con el caudal necesario en el recinto, así como la potencia real que se necesita para poder obtener los valores tanto de velocidad como de presión necesarios.

### Tipo de flujo

Aplicando Ecuación 5

$$R = \frac{V * D}{\mu} * \rho$$

Para el agua:

$$\mu = V \quad \text{del agua} = 0.00105 \text{ Pa*s}$$

$$\rho = D \quad d \quad a = 998 \text{ K} / m^3$$

Para lo cual:

Re<sub>L-S</sub>: 123,409.77; Flujo turbulento.

Re<sub>L-D</sub>: 158,704.79; Flujo turbulento.

Para Nr > 4,000; Flujo turbulento.

### Cálculos de pérdidas de por fricción

Factor de fricción

$$f = \frac{1.325}{\left( \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7 * Diámetro} + \frac{5.74}{(Re)^{0.9}} \right) \right)^2} \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$F_{L-S} = 0.024871339$$

$$F_{L-D} = 0.022613658$$

De la fórmula (6):

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{fL-S} = 0.6254 \text{ m}$$

$$H_{fL-D} = 2.0237 \text{ m}$$

### Cálculos de Perdidas por accesorios:

Accesorios L-S

Tabla 12 Accesorios Línea de Succión

Cantidad	Medida	Accesorio	Coeficiente	Sumatoria
----------	--------	-----------	-------------	-----------

4	4	Codo a 90°	0.9	3.6
1	3	Codo a 90°	0.9	1.1
1	reductor de 4 a 3	Reducción gradual	0.2	
			Sumatoria	4.7

Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### Accesorios L-D

Tabla 13 Accesorios Línea de Descarga

Cantidad	Medida (Pulg)	Accesorio	Coeficiente	Sumatoria
1	2	Valv. De globo	10	13.6
1	2	Valv. Rete.	2.5	
5	2	Codo a 90°	0.9	
1	Reductor 4 a 2	Reducción gradual	0.2	
1	2	Valv. Rete.	2.5	3.6
1	Reductor 4 a 2	Reducción gradual	0.2	
1	2	Codo a 90°	0.9	
1	2	Codo a 90°	0.9	0.9
			Sumatoria	18.1

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Según la formula (7)

$$hl = k \frac{V^2}{2g}$$

$$hl_{L-S} = 0.02364 \text{ m}$$

$$hl_{L-D} = 0.4610 \text{ m}$$

#### Pérdidas totales

$$HT = hf + hl$$

Ecuación (15)

$$HT=0.02364 \text{ m} + 0.4610 \text{ m} + 0.6254 \text{ m} + 2.0237 \text{ m} = 3.13 \text{ m}$$

### Altura de presión de la Bomba

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + H_b = h_3 + \frac{V_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho} + h_{\text{totales}}$$

$$H = h_3 + \frac{V_{L-D}^2}{2g} + h_{t1} - \frac{V_{L-S}^2}{2g}$$

$$H = 17.82 + \frac{(0.59 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} + 3.13 - \frac{(0.1652 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$H = 20.96 \text{ m}$$

Conociendo que la bomba es de 1 (1/2) hp; se calculó la eficiencia a la que trabaja la bomba:

$$P = \frac{Q * \rho * g * hb}{e} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Convirtiendo HP a Watt

$$1.5 \text{ hp} \left( \frac{746 \text{ W}}{1 \text{ HP}} \right) = 1,118.53 \text{ Watt.}$$

Despejando la eficiencia:

$$e = \frac{Q * \rho * g * hb}{P} \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$e = \frac{(0.00138798 \text{ m}^3/\text{s}) * (998 \text{ kg} / \text{m}^3) * (9.81 \text{ m/s}^2) * (20.963)}{1,118.53 \text{ W}}$$

$$e = 0.2548$$

Lo que significa que la bomba con esa potencia instalada trabaja con una eficiencia del 25%.



## 2.14.2 Cálculo de la nueva bomba

### Calculo para la recomendación de bomba

Q= 158 GPM

Altura estática: 17.82 m

T: 25°C

Material: PVC

Diámetro, línea de succión: 4 pulgadas = 0.10342 m

Diámetro, línea de descarga: 2 pulgadas = 0.05458m

Longitud línea de succión: 374.87m

Longitud línea de descarga: 175.688 m

### Convirtiendo el Caudal a m<sup>3</sup>/s

$$Q = 158 \frac{\text{G}}{\text{m}} \cdot \frac{0.001}{1 \text{ g}} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{6 \text{ s}}$$

Q= 0.00996822 m<sup>3</sup>/s

### Cálculo de la velocidad

Q= V \* A; Despejando velocidad:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Para la cual se obtuvieron 2 velocidades, correspondientes a la línea de succión y descarga:

$$V = \frac{4 * 0.00138739 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * D^2}$$

V<sub>succión</sub>: = 1.1866 m/s; Cumple

V<sub>descarga</sub>= 1.96 m/s; Cumple

Cabe destacar, que con estas velocidades evitaremos la acumulación de sedimentos en la tubería.

$$0.4 \text{ m/s} < V < 2 \text{ m/s}$$

### Tipo de flujo

$$R = \frac{V * D * \rho}{\mu}$$

### Para el agua:

$$\mu = \text{del agua} = 0.00105 \text{ Pa*s}$$

$$\rho = 998 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Para lo cual:

Re<sub>L-S</sub>: 121867.15; Flujo turbulento.

Re<sub>L-D</sub>: 156,720.98; Flujo turbulento.

Para Nr > 4,000; Flujo turbulento.

### Cálculos de pérdidas

#### Pérdidas por fricción

Factor de fricción

$$f = \frac{1.325}{\left( \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7 * \text{Diametro}} + \frac{5.74}{(Re)^{0.9}} \right) \right)^2}$$

$$F_{L-S} = 0.017240317$$

$$F_{L-D} = 0.016439132$$

De la fórmula (6):

$$H = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{f-L-S} = 4.4850 \text{ m}$$

$$H_{f-L-D} = 7.0494 \text{ m}$$

## Pérdidas por accesorios

### Accesorios L-S

Tabla 14 Accesorios Línea de Succión propuesta

Cantidad	Medida	Accesorio	Coeficiente	Sumatoria
4	4	Codo a 90°	0.9	3.6
1	3	Codo a 90°	0.9	1.1
1	reductor de 4 a 3	Reducción gradual	0.2	
Sumatoria				4.7

Fuente: Elaboración Propia (2019)

### Accesorios L-D

Tabla 15 Accesorios Línea de Descarga propuesta

Cantidad	Medida (Pulg)	Accesorio	Coeficiente	Sumatoria
1	2	Valv. De globo	10	13.6
1	2	Valv. Rete.	2.5	
5	2	Codo a 90°	0.9	
1	Reductor 4 a 2	Reducción gradual	0.2	
1	2	Valv. Rete.	2.5	3.6
1	Reductor 4 a 2	Reducción gradual	0.2	
1	2	Codo a 90°	0.9	
1	2	Codo a 90°	0.9	0.9
Sumatoria				18.1

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Según la formula (7)

$$hl = k \frac{V^2}{2g}$$

$$hl_{L-S} = 0.33731 \text{ m}$$

$$hl_{L-D} = 3.5528 \text{ m}$$

### Pérdidas totales

$$HT = hf + hl$$

$$HT = 0.33731 \text{ m} + 3.5528 \text{ m} + 4.4850 \text{ m} + 7.0494 \text{ m} = 15.4245 \text{ m}$$

### Altura de presión de la Bomba

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + H_b = h_3 + \frac{V_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho} + h_{\text{totales}}$$

$$H = h_3 + \frac{V_{L-D}^2}{2g} + h_{\text{total}} - \frac{V_{L-S}^2}{2g}$$

$$H = 17.82 + \frac{(1.96 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} + 15.4245 - \frac{(1.18 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$H = 30.54 \text{ m}$$

Conociendo que la bomba es de 1 (1/2) hp; y asumiendo una eficiencia para la bomba del 75% calcularemos la potencia:

$$P = \frac{Q * \rho * g * hb}{e * 745.69}$$

$$P = \frac{0.0100944 \left(\frac{m^3}{s}\right) * 998k /m^3 * 9.81m/s^2 * 30.54m}{0.75 * 745.69}$$

$$P = 5 H$$

Según el caudal y la altura estática a la que se encuentra la bomba del tanque elevado, la capacidad necesaria para bombearlo debe de ser de 3 HP. Cabe señalar que con la instalación de una bomba adecuada se reducirá la tarifa energética, debido a que la bomba trabajará menor tiempo y aumentará su eficiencia.

### **3.1 Tanque de almacenamiento.**

Toda edificación ubicada en sectores donde el abastecimiento de agua público no sea continuo o carezca de presión suficiente, deberá estar provisto de uno o varios tanques de almacenamiento que permitan el suministro de agua en forma adecuada a todas las piezas sanitarias o instalaciones previstas. Estos tanques podrán instalarse en los niveles inferiores (cisterna), en pisos intermedios o sobre el edificio (elevados), siempre que cumplan con lo estipulado.

Los tanques de agua deberán ser diseñados en forma tal que garanticen la potabilidad del agua en todo tiempo y que no permitan la entrada de agua de lluvia, roedores o materiales contaminantes.

Cuando solo exista tanque elevado, es recomendable que su capacidad sea cuando menos igual al consumo diario total de las instalaciones. En casos en que las interrupciones en el abastecimiento sean esporádicas, se podrá disminuir la capacidad de dicho tanque.

Los tanques de almacenamiento estarán dotados de los dispositivos necesarios para su correcta operación, mantenimiento y limpieza, tales como registro, tubería de entrada con válvula de boya u otro mecanismo automático de control, tubería de salida con válvula de compuerta o de paso, tubería de ventilación, tubería de rebalse protegida contra la entrada de insectos y tubería de limpieza, descargando en forma tal que no provoque inundaciones.

Los materiales para los tanques de almacenamiento deberán cumplir con los siguientes requisitos generales: materiales impermeables, inodoro y que no den sabor al agua. Estos materiales pueden ser plásticos, metales, fibro-cemento, fibra de vidrio, concreto armado u otros materiales aprobados por la autoridad sanitaria.

El control de los niveles de agua en los tanques se hará por medio de interruptores automáticos que permitan:

- a) Arrancar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado descienda hasta la mitad de su altura.
- b) Parar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado ascienda hasta el nivel máximo previsto.

### 3.2 Equipos de bombeo

La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse con base en las curvas características de estos y de acuerdo con las condiciones de operación del sistema de distribución. La potencia del motor deberá ser acorde con los requerimientos de potencia hidráulica de la bomba.

Para el bombeo de agua en los edificios se recomienda, en general, la utilización de bombas centrífugas.

Los diámetros de las tuberías de impulsión de las bombas se determinarán en función del caudal de bombeo y de la carga dinámica total. Los diámetros de las tuberías de succión de las bombas se determinarán de acuerdo con la carga neta de succión requerida de la bomba.

Los equipos de bombeo de los sistemas de distribución de agua instalados dentro de los edificios deberán ubicarse en los ambientes adecuados y que satisfagan requisitos tales como espacio libre alrededor de la bomba suficiente para su fácil reparación o remoción, piso con pendiente hacia desagües previstos y seguridad y ventilación adecuada del local. Los equipos que se instalen en el exterior deberán ser protegidos adecuadamente contra la intemperie.

Los equipos de bombeo deberán instalarse sobre una fundación de concreto, adecuadamente proyectada para absorber las vibraciones. Los equipos se fijarán sobre la fundación mediante pernos de anclaje, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

En las tuberías de succión con carga positiva se instalará una válvula de compuerta. En el caso de que trabaje con carga de succión, para prevenir el descebado de la bomba, deberá instalarse una válvula de retención con su respectivo filtro en su extremo inferior.

Las bombas y motores eléctricos instalados en los sistemas de distribución de agua de los edificios deberán estar identificados con placas, en las cuales figuren grabados en forma indeleble los datos y características de estos, tales como los siguientes:

a) Para la bomba: marca, modelo, tipo, número de serie, caudal, presión, rpm y potencia hidráulica.

b) Para el motor: marca, modelo, serie, voltaje y amperaje por fase, factor de potencia y factor de servicio, frecuencia, aislamiento, clase y temperatura ambiente.

Los motores deberán tener su alimentación independiente derivada directamente del tablero de control. El equipo deberá estar dotado de una adecuada protección contra sobrecargas, cortocircuitos, pérdida de fase, inversión de fase y sobre temperatura.

Todos los equipos de bombeo e instalaciones, de abastecimiento de agua en edificios cubiertos por este reglamento, deberán estar sujetos a un plan de mantenimiento que asegure una condición adecuada de operación.

Las bombas instaladas en las edificaciones destinadas al abastecimiento de agua no podrán conectarse directamente a la red pública, sino a través de un tanque de almacenamiento.



## **CAPITULO IV**

### **COSTOS DEL SISTEMA**

## **4.1 Costos de Materiales del Proyecto**

### **4.1.1 Propuesta Económica**

Con el objetivo de conocer el costo de los materiales a utilizar en el proyecto se realizaron cotizaciones de los materiales, obteniendo un total de C\$241,512.42 y los datos se muestran a continuación:

## **4.2 Beneficios del proyecto**

El proyecto no tiene razón de ser, si no genera beneficios que sean mayores que los costos que implica conseguirlos. Más aún, todo costo que se aplique en un proyecto debe ser consistente con los objetivos establecidos, los cuales se concretan en beneficios. Sin embargo, el análisis de beneficios es una materia compleja en tanto surgen dificultades en varios planos: en la identificación, en la medición o cuantificación, en el momento en que se producen, en los beneficiarios que se apropian de los beneficios. (SNIP, 1996)

### **4.2.1 Identificación de beneficios**

Los beneficios del proyecto están en estrecha relación con los problemas detectados. Y dieron origen a los objetivos planteados en el proyecto.

Beneficios:

- Mejorar el abastecimiento de servicios sanitarios para reducir las enfermedades que derivan de la falta de agua o del empleo de aguas infectadas.
- Aumento de la cantidad de agua disponible, satisfacer el crecimiento de la demanda de agua.
- Acceso a agua potable segura y limpia; acrecentando el bienestar social y mejorando la efectividad económica en el aprovisionamiento de los servicios.
- Aumento en la continuidad de la disponibilidad de agua.

### **4.2.2 Relación costos- beneficios**

Dado el hecho de que los proyectos de agua sean de inversión pública. Y que debe establecerse su consistencia con las políticas y estrategias del sector. La razón de ello es la siguiente: El agua es un tema de estado, es decir, que por la importancia que tiene para el desarrollo de un país, y el desarrollo de sus comunidades. Normalmente, los proyectos de inversión pública, no se ejecutan buscando

rentabilidad, sino tratando de solucionar los problemas del país, de las ciudades y de sus habitantes.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

En base a los objetivos planteados puede concluirse que el propósito del estudio ha sido alcanzado teniendo las siguientes indicaciones:

1. Se logró determinar las condiciones del Recinto Universitario, donde concluimos que el actual sistema hidráulico de agua potable no satisface las necesidades del uso del vital líquido para la población, por lo antes descrito consideramos que es necesario el reemplazo por un sistema hidráulico de agua potable nuevo.
2. Se determinó la población que se beneficiaría con el proyecto la cual es de 4,723 incluyendo estudiantes y trabajadores, también se definió el consumo de agua promedio diario el cual es de 354.15m<sup>3</sup>.
3. Se logró determinar los parámetros hidráulicos necesarios para la culminación del estudio utilizando los diferentes métodos y ecuaciones para lograr un eficiente dimensionamiento hidráulico que comprende proveer un diseño óptimo no solo en el aspecto económico, sino también en el comportamiento hidráulico en el cual se definió las velocidades y presiones adecuadas que estén dentro del límite según las normas utilizadas del INAA, así como también proveer disponibilidad de tuberías y una adecuada distribución de la demanda.
4. Se realizó el diseño del sistema hidráulico de suministro de agua potable para el Recinto Universitario, utilizando la herramienta de AutoCAD 2018 para proyectar las tuberías y accesorios necesarios en el plano del recinto. Se realizó la simulación del funcionamiento del sistema propuesto mediante el programa EPANET 2.0.
5. Con la propuesta planteada, la estimación de costos de materiales del proyecto será de C\$241,512.42

## 5.2 Recomendaciones

Para el buen funcionamiento y operación de la bomba es de suma importancia el mantenimiento.

Se sugiere la instalación de una válvula de control de nivel de operación hidráulica, la cual se cerrará cuando el tanque de almacenamiento llegue a un nivel predefinido y se abrirá por completo en respuesta a una caída de nivel de aproximadamente 1 m.

Al tener la presión mínima (19 psi) se recomienda el uso de la bomba ya que no se obtendrá la suficiente presión para llegar al tanque.

Se sugiere asegurarse de que la tapa cierre herméticamente para que no entre ningún insecto o animal.

Revisar los flotadores, las válvulas y las juntas de las tuberías y comprobar que todo funciona correctamente.

Observar si hay fisuras o pérdidas de agua en el tanque, válvulas y tuberías.

## CAPITULO VI

### 6.1 Bibliografía

- QuimiNet (31/08/2007) Los fluidos hidráulicos y sus características. México. Recuperado de: [www.quiminet.com/articulos/los-fluidos-hidraulicos-y-sus-caracteristicas-22305.htm](http://www.quiminet.com/articulos/los-fluidos-hidraulicos-y-sus-caracteristicas-22305.htm)
  
- TECNOAQUA (2014) Productos Industria Agua. Recuperado de: <https://www.tecnoaqua.es/productos/20140618/lama-sistemas-filtrado-valvula-limpieza-filtros#.XGrvJqJKjIU>
  
- Blog del agua (2019) ¿Qué es Epanet? Recuperado de: <https://blogdelagua.com/tematica/abastecimiento/que-es-epanet/>
  
- Frank M. White (2004). Mecánica de Fluidos. España: McGraw-Hill INTERAMERICANA DE ESPAÑA. S.A.U.
  
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptistas Lucio, P. (2003). Metodología de la investigación . Mexico D,f: McGraw Hill Interamericana.
  
- INNA. (2001). Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua. Managua (Nicaragua): INAA.
  
- Robert L. Mott (1996). Mecánica de Fluidos Aplicada. México: Prentice Hall Hispanoamérica S.A.
  
- Unesco (1988) La educación superior en Nicaragua. Venezuela. Recuperado de:

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000084763?posInSet=1&queryId=4471a8fe-3598-40cb-b17d-10aef0c5fa1b>

**CAPITULO VII**

**7.1 Anexos**

**Tabla 1- Cálculo para la Red de Distribución.**



Tuberia	Nodo Inicial	Nodo final	Caudal (.PS)	Caudal Necesario (m <sup>3</sup> /s)	Diametro Economico (m)	Diametro (in)	Diametro (mm)	Medida estandar en Pulg.	Velocidad	Longitud de tuberia	coeficient e de tuberias (H-W)	Perdidas por friccion por Hazel-Williams	Coeficient e por pedidas de accesorios	Perdidas por Accesorios	Suma total de perdidas
1-2-	1	5	8.12	8.12E-03	0.10316746	4.06170275	103.16725	4	0.97135882	79.17	150	0.67489909	1.4	0.06732687	0.74222595
3-4-	3	6	2.59	2.59E-03	0.06169179	2.42880595	61.6916711	3	0.86647106	59.96	150	0.8794888	0.8	0.03061252	0.91010132
5-	5	6	1.15	1.15E-03	0.04281111	1.68547359	42.8110292	2	0.79890266	73.22	150	1.21304597	0.8	0.02602428	1.23907025
6	2	7	0.496	4.96E-04	0.02932306	1.15444881	29.3229997	1 (1/2)	0.73446694	45	150	0.9922367	0.9	0.02474503	1.01698173
7-8-	5	9	1.443	1.44E-03	0.04741463	1.86671395	47.4145344	2	0.81724207	34.54	150	0.52973847	1.5	0.05106151	0.58079998
9	6	10	0.437	4.37E-04	0.02769869	1.09049724	27.6986299	1	0.7252241	9.91	150	0.22812546	0.4	0.01072273	0.23884819
10-	6	11	0.714	7.14E-04	0.03454671	1.36010401	34.5466417	1 (1/2)	0.76171745	27.97	150	0.54489086	1.4	0.04140157	0.58629244
11-	11	12	0.12	1.20E-04	0.01548368	0.60959232	15.4836449	(1/2)	0.63729749	23.48	150	0.8387072	0.2	0.00414014	0.84285087
12-13-	11	15	0.598	5.98E-04	0.0318976	1.25580861	31.8975387	1	0.7483318	35.67	150	0.73806619	0.2	0.00570847	0.74377465
14	12	16	0.117	1.17E-04	0.01530827	0.60268664	15.3082406	(1/2)	0.63568603	21.47	150	0.77354223	0.2	0.00411923	0.77766146
15-16-17	3	19	5.031	5.03E-03	0.08317388	3.27455559	83.1737119	3	0.92595422	146.064	150	1.46520223	3.2	0.13983955	1.60504178
18-19-20	19	20	0.0587	5.87E-05	0.01122353	0.44187056	11.2235123	(1/2)	0.59331851	60.009	150	2.73337762	1.7	0.03050182	2.76387944
21-22	19	24	1.896	1.90E-03	0.05361296	2.11074211	53.6128495	2	0.83986197	99.2	150	1.38657159	2.3	0.08268842	1.46926001
23	24	25	0.19	1.90E-04	0.01904064	0.74963015	19.0406058	(3/4)	0.66726669	32.78	150	1.00156336	1.7	0.03857881	1.04014217
24	25	26	0.073	7.30E-05	0.01238049	0.48741985	12.3804642	(1/2)	0.60639606	56.49	150	2.38927828	2	0.03748381	2.42676209
25	19	27	1.385	1.39E-03	0.04654734	1.83256894	46.5472512	2	0.81389628	18.95	150	0.2947696	0.8	0.02701028	0.32172724
26-27-	27	30	0.846	8.46E-04	0.03728715	1.46799504	37.287074	1 (1/2)	0.77474917	154.38	150	2.83898599	4.1	0.12543164	2.96441763
28	29	30	0.28	2.80E-04	0.02267063	0.89254277	22.6705865	1	0.6936492	59.71	150	1.86687602	1.7	0.04168979	1.90856581
29	27	31	0.539	5.39E-04	0.0304409	1.19845814	30.4408367	1(1/2)	0.74059873	42.9	150	0.91957141	0.2	0.0055911	0.9251625
30	28	32	0.073	7.30E-05	0.01238049	0.48741985	12.3804642	(1/2)	0.60639606	22.8	150	0.96433962	0.9	0.01686771	0.98120733
31	30	33	0.204	2.04E-04	0.01965966	0.77400096	19.6596244	1	0.67202759	58.45	150	1.7432413	1.1	0.02532024	1.76856155

Tabla 2 – Cálculo para la Red de Conducción

Tubería	Nodo Inicial	Nodo final	Caudal (LPS)	Caudal Necesario (m <sup>3</sup> /s)	Diametro Economico (m)	Diametro (in)	Diametro (mm)	Medida estandar en Pulg.	Velocidad	Longitud de tubería	Coficiente de tuberías (H-W)	Perdidas friccion por Hazel-Williams	Coficiente por pedidas de accesorios (k)	Perdidas por Accesorios	Suma total de perdidas
1-2-3-	Embalse 1	4	9.987	9.99E-03	0.113237	4.4581399	113.23675	4	0.9916709	58.9943	150	0.468742	3.5	0.1804424	0.6491844
4-5-6-7-	4	8	1.713	1.71E-03	0.0512193	2.0165024	51.21915	2	0.8313805	91.4024	150	1.3224326	2.3	0.0810268	1.4034594
9	6	9	0.058	5.80E-05	0.0111631	0.4394915	11.163085	(1/2)	0.5926071	28.2181	150	1.2905719	0.8	0.0143194	1.3048913
8	7	10	0.058	5.80E-05	0.0111631	0.4394915	11.163085	(1/2)	0.5926071	21.585	150	0.987203	0.8	0.0143194	1.0015224
10-11-12-13-14	8	15	0.292	2.92E-04	0.0231028	0.9095576	23.102763	1	0.5965662	48.0601	150	1.2688478	1.7	0.0420412	1.310889
15-17	8	20	1.37	1.37E-03	0.0463198	1.8235109	46.319717	2	0.8130105	33.68	150	0.6037958	1.5	0.0505341	0.6543299
16	17	16	0.029	2.90E-05	0.0081719	0.3217266	8.1718567	(1/2)	0.552922	1.0278	150	0.0594974	0.8	0.0124658	0.0719532
18	19	18	1.225	1.23E-03	0.0440457	1.7340301	44.045636	2	0.803966	5	150	0.0810756	0.9	0.0296496	0.1107252
19-20	20	21	0.058	5.80E-05	0.0111631	0.4394915	11.163085	(1/2)	0.5926071	2.3049	150	0.1282838	1.1	0.0196892	0.147973
21	20	22	0.058	5.80E-05	0.0111631	0.4394915	11.163085	(1/2)	0.5926071	22.8061	150	1.0430508	0.2	0.0035798	1.0466306
22-23-24	4	25	8.12	8.12E-03	0.1031675	4.0617028	103.16725	3	0.9713588	278.99	150	2.3783011	1.1	0.0528597	2.4312008
25-26-27-28	25	29	8.12	8.12E-03	0.1031675	4.0617028	103.16725	2	0.9713588	158.72	150	1.3530376	13.6	0.6540324	2.00707
29-30	25	29	8.12	8.12E-03	0.1031675	4.0617028	103.16725	2	0.9713588	162.18	150	1.382533	3.5	0.1731262	1.5556592
31	29	TANQUE-ELEV	8.12	8.12E-03	0.1031675	4.0617028	103.16725	2	0.9713588	91.92	150	0.7835888	0.9	0.0432816	0.8268703
														Sumatoria total de perdidas	14.522369

Tabla 3 – Cálculo para estimar el caudal

# TRAMO	INODOROS DE TANQUE			LAVAMANOS			DUCHAS		WSFU TOTAL	GPM	LPS	FACTOR
	CANTIDAD	WSFU/CU	WSFU T	CANTIDAD	WSFU/CU	WSFU T	WSFU/CU	WSFU T				
TOTAL	90	3	270	67	1	67	2	0	685	158.3	9.987	1.000
(2) Comisariato	1	3	3	1	1	1	2	0	6		0.087	0.009
(3) CNEG	4	3	12	4	1	4	2	0	34		0.496	0.050
(5) Ciencias Basicas	14	3	42	12	1	12	2	0	112		1.633	0.164
(6) Administracion	1	3	3	1	1	1	2	0	4		0.058	0.006
(7) Antiguo Comedor	2	3	6	1	1	1	2	0	15		0.219	0.022
(8) Lab. De Metales - Taller de MIH		3	0		1	0	2	0	4		0.058	0.006
(9) Lab. Metrologia		3	0		1	0	2	0	2		0.029	0.003
(10) Facultad Tecnologia de la	12	3	36	8	1	8	2	0	84		1.225	0.123
(11) Antigua Biblioteca	1	3	3	1	1	1	2	0	8		0.117	0.012
(13) Laboratorio de Plantas Termicas		3	0		1	0	2	0	4		0.058	0.006
(14) Lab. De Mecanica		3	0		1	0	2	0	4		0.058	0.006
(19) Biblioteca		3	0		1	0	2	0	8		0.117	0.012
(20) Facultad de Tecnologia de la	8	3	24	4	1	4	2	0	40		0.583	0.058
(21) Edificio Julio Padilla	12	3	36	8	1	8	2	0	94		1.370	0.137
(23) Lab. Biomasa		3	0		1	0	2	0	8		0.117	0.012
(24) Edificio Biomasa	2	3	6	1	1	1	2	0	9		0.131	0.013
(27) Area PIMA	6	3	18	2	1	2	2	0	32		0.467	0.047
(28) Cafeteria y Biblioteca Estudiantil		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
(29) Edificio Marlon Zelaya	12	3	36	8	1	8	2	0	72		1.050	0.105
(30) Comedor Nuevo	5	3	15	4	1	4	2	0	37		0.539	0.054
(32) Area Deportiva	6	3	18	4	1	4	2	0	34		0.496	0.050
(35) Edificio TAICHIN	4	3	12	2	1	2	2	0	30		0.437	0.044
Bar Jessenia		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
Bar El Aula		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
Bar Sistemas FRANK		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
Bar Gerald		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
Bar CNEJ		3	0	1	1	1	2	0	5		0.073	0.007
Jardin Entrada de Universidad		3	0		1	0	2	0	14		0.204	0.020

Tabla 3 – Cálculo para estimar el caudal

# TRAMO	URINARIOS			LAVALAMPAZOS/LAVANDERO			PANTRY		WSFU TOTAL	GPM	LPS	FACTOR
	CANTIDAD	WSFU/UCU	WSFU T	CANTIDAD	WSFU/UCU	WSFU T	WSFU/UCU	WSFU T				
TOTAL	44	4	176	11	4	44	2	42	685	158.3	9.987	1.000
(2) Comisariato		4	0		4	0	2	0	6		0.087	0.009
(3) CNEG	3	4	12	1	4	4	2	0	34		0.496	0.050
(5) Ciencias Basicas	10	4	40	1	4	4	2	0	112		1.633	0.164
(6) Administracion		4	0		4	0	2	0	4		0.058	0.006
(7) Antiguo Comedor	1	4	4	1	4	4	2	0	15		0.219	0.022
(8) Lab. De Metales - Taller de M/H		4	0		4	0	2	0	4		0.058	0.006
(9) Lab. Metrologia		4	0		4	0	2	0	2		0.029	0.003
(10) Facultad Tecnologia de la	6	4	24		4	0	2	16	84		1.225	0.123
(11) Antigua Biblioteca		4	0		4	0	2	0	8		0.117	0.012
(13) Laboratorio de Plantas Termicas		4	0		4	0	2	2	4		0.058	0.006
(14) Lab. De Mecanica		4	0	1	4	4	2	0	4		0.058	0.006
(19) Biblioteca		4	0	1	4	4	2	0	8		0.117	0.012
(20) Facultad de Tecnologia de la		4	0		4	0	2	0	40		0.583	0.058
(21) Edificio Julio Padilla	3	4	36	2	4	8	2	0	94		1.370	0.137
(23) Lab. Biomasa		4	0		4	0	2	8	8		0.117	0.012
(24) Edificio Biomasa		4	0		4	0	2	2	9		0.131	0.013
(27) Area PIMA	2	4	8	1	4	4	2	0	32		0.467	0.047
(28) Cafeteria y Biblioteca Estudiantil		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
(29) Edificio Marlon Zelaya	6	4	24	1	4	4	2	0	72		1.050	0.105
(30) Comedor Nuevo	2	4	8	2	4	8	2	2	37		0.533	0.054
(32) Area Deportiva	2	4	8		4	0	2	0	34		0.496	0.050
(35) Edificio TAICIHIN	3	4	12		4	0	2	0	30		0.437	0.044
Bar Jessenia		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
Bar El Aula		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
Bar Sistemas FRANK		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
Bar Gerald		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
Bar CNEJ		4	0		4	0	2	2	5		0.073	0.007
Jardin Entrada de Universidad		4	0		4	0	2	0	14		0.204	0.020















## SILVA INTERNACIONAL S.A

### Cotizacion

TEL.22787777 - Email. ferreteria@sinsa.com.ni - Fax. 22787777 Ext219  
Direccion :MANAGUA, NIC - ALTAMIRA D ESTE #459  
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J031000001812

Documento : 673568      Tienda: 01.TIENDA PROYECTOS      Fecha : 2019-08-26  
Vendedor : 48      Nombre : NORMAN ARCIA CRUZ  
Cliente : DAVID ERNESTO OCON ANDINO      Telefono : 2      O/C :  
Direccion :  
Moneda : C\$      Cotizacion De: CONTADO      Carnet :      Dias de Validez : 12

LIN	CODIGO	No.PARTE	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNID	TOTAL
001	5704101000	1001701	ABETROTONIVEL/FLOTADOR ROTOPILAS	UNIDAD	1.00	630.01	630.01
002	0276008000	TSJ3X14	CABLE TSJ 3X14 PROT. UL 18AMP 600V 60°C FLEXIBLE	MTS	175.00	23.22	4,063.50
003	0282008000	LG34211	CONECTOR DE REGLITA 4MM LEGRAND	UNIDAD	1.00	63.14	63.14
004	0274024000	SUPER 33	TAPE ELECTRICO 3/4X20MTS VINYL NEGRO SUPER 33 3M	UNIDAD	1.00	147.39	147.39
005	0274021000	130C	TAPE ELECTRICO 3/4X9MT VULCAN 130C 3M	UNIDAD	1.00	546.02	546.02

Sub-Total C\$: 5,459.06  
Impuesto C\$: 818.85  
Total C\$: 6,277.91  
Equiv. en US\$: 185.26  
Factor de Cambio : 33.65

NORMAN ARCIA



• Invernaderos • Control de Plagas • Sistemas de Riego • Insumos Agrícolas

KM 2.5 CARRETERA NORTE, EDIFICIO FONDILAC  
- DE DONDE FUE LA PEPSI 4 CUADRAS ABAJO

RUC: J831000173338

Cotización #: NI-EM-MAYO 592
Fecha: 26-ago-19
Numero RUC:
Cliente: DAVID ERNESTO OCON ANDINO
Contacto:
Ubicación: Edif. Armando Guido Torribe, 1/2c norte
Teléfono: 58656812
Correo:
Credito o Contado: contado

Item	Cantidad	U/M	Codigo	Descripción del Producto	Precio unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	1	UNIDAD		VALVULA CHECK DOBLE DISCO TIPO WAFER 4", IVF	74.04	74.04
					Sub-Total (\$)	74.04
					IVA	11.11
					Total (\$)	85.15

Lugar de Entrega:

Tiempo de Entrega:

Observaciones:

Vigencia de la oferta: 15 días

- Nota:
- 1) Si cancela en Cordoba nos regimos conforme a la tasa oficial de cambio
  - 2) Para la Exoneración del IVA presentar documentación correspondiente
  - 3) Si va a realizar Depósito hacerlo a Nombre de : AGROLOGICO DE NICARAGUA S.A
  - 4) Precios basados en las cantidades ofertadas, si las cantidades cambian el precio sufre variación

Agradeciendo su atención, me suscribo cordialmente.

Atentamente,

Ing. Emir Alexander Mayorga Lopez  
Ventas Oficina  
Cel: 8844-0306 / 8252-8359



AGROLOGICO DE NICARAGUA S.A  
Km 2 1/2 carretera norte, Edificio FONDILAC

SILVA INTERNACIONAL, S.A.  
 SINSA NORTE  
 CARRETERA NORTE KM 4 FRENTE A EDIFICIO ARMANDO GUIDO  
 TEL: 22557000  
 norte@sinsa.com.ni

RUC: J0310000001812  
 ASFC 01/0015/02/2019/4

Tienda: 10                      Caja: 6  
 Fecha: 12/8/19                Hora: 3:44 PM  
 Ticket: 4781  
 Vendedor: 2385 (Francis Umana)  
 Cajero: 2385

Nombre:  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 RUC# :J0130000006891  
 AVDA UNIVERSITARIA  
 Managua NICARAGUA  
 Municipalidad: Managua

C O T I E A C I O N  
 Q 0 0 1 0 0 0 6 0 0 0 8 0 6

Artículo	#BU%	Cantidad	Precio	Precio en \$	Importe	Monto en \$
TUBO PVC AGUA POTABLE 6MTS SDR. 17:3":250PSI - EA						
	100960678	83	1,110.11	32.99	76,317.97	2327.38
NUMEROS-HTS:39172310000000						
TUBO PVC AGUA POTABLE 6MTS SDR. 17:4":250PSI - EA						
	100960607	23	1,863.67	55.39	36,438.67	1082.65
NUMEROS-HTS:39172310000000						

Subtotal 114,756.64  
 Subtotal en \$ 3410.23  
 Impuesto 15% 17,213.50

Total 131,970.14  
 Total en \$ 3,921.76  
 Tipo de cambio 33.65

\*\*\*\*\*

Ahorro 20,251.50

\*\*\*\*\*

FORMA DE PAGO

---

---

Gracias por visitar nuestra tienda Universidadnacional.  
¡Esperamos verte pronto!

"Ver politica de devolucion al reverso" "Conserve su factura" "Reclamos de pisos  
y azulejos quebrados debe ser en un maximo de 15 dias".

NOTA: No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a  
datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambios sin previo aviso.  
SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DEL 2% DGI Y 1% ALM

El retiro del producto debe ser en un maximo de 72 horas. De lo contrario no  
garantizamos la disponibilidad del inventario.

Recuento de articulos vendidos = 106



135M11111A11004ARIX

Copia de cliente

## 2 FERRETERIA JENNY SUC CARRETERA NORTE

TODO EN FERRETERIA  
MATERIALES DE CONSTRUCCION  
**PROFORMA**

RUC J0310000002550

Fecha : 12/08/2019

0000394322

Vendedor : QUIR ESPINOZA

Código : 00000 TYP : 1

Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Ruc :

Dir :

Observ :

Item	Código	Descripción	UdeM	Cant	Precio	%Desc	Subt/Descoto
1	051310001	TUBO PVC SDR 13.5 (320 PS) 1/2" X 6 MTS - 3917.23.20.00.00	Cu	44	71.9738	0.00	3,166.85
2	051310003	TUBO PVC SDR 1T (280 PS) 3/4" X 6 MTS - 3917.23.20.00.00	Cu	6	108.7966	0.00	652.77
3	051310021	TUBO PVC SDR 41 (180 PS) 1 1/2" X 6 MTS - 3917.23.10.00.00	Cu	45	175.9181	0.00	7,916.31
4	051310005	TUBO PVC SDR 1T (280 PS) 1" X 6 MTS - 3917.23.20.00.00	Cu	36	158.0119	0.00	5,688.43
5	051310025	TUBO PVC SDR 1T (280 PS) 3" X 6 MTS - 3917.23.10.00.00	Cu	128	507.9357	0.00	65,015.77
6	044200050	COUDO LISO PVC 1/2" 90° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	4	3.6265	0.00	14.51
7	044200051	COUDO LISO PVC 3/4" 90° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	1	7.8574	0.00	7.86
8	044200069	COUDO LISO PVC 1 1/2" 45° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	2	18.2850	0.00	36.57
9	044200055	COUDO LISO PVC 2" 90° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	14	29.8711	0.00	418.20
10	044200057	COUDO LISO PVC 3" 90° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	3	90.9016	0.00	272.70
11	044200059	COUDO LISO PVC 4" 90° 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	4	182.5085	0.00	730.03
12	044200261	REDUCCION LISA PVC 4" A 3" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	5	71.7493	0.00	358.75
13	044200242	REDUCCION LISA PVC 2" A 1" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	2	13.8858	0.00	27.77
14	044200263	REDUCCION LISA PVC 4" A 3" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	3	151.3392	0.00	454.02
15	044200240	REDUCCION LISA PVC 2" A 1/2" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	6	15.7149	0.00	94.29
16	044200236	REDUCCION LISA PVC 1 1/2" A 1/2" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	3	9.7185	0.00	29.16
17	044200256	REDUCCION LISA PVC 3" A 2" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	3	97.9193	0.00	293.76
18	044200241	REDUCCION LISA PVC 2" A 3/4" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	1	13.4882	0.00	13.49
19	044200251	REDUCCION LISA PVC 3" A 1/2" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	1	130.8503	0.00	130.85
20	044200238	REDUCCION LISA PVC 1 1/2" A 1" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	3	9.0185	0.00	27.06
21	044200243	REDUCCION LISA PVC 2" A 1 1/4" 540 AP - 3917.40.10.00.00	Cu	1	15.2696	0.00	15.27
22	044180215	VALVULA OROLA PVC LISA PROFER 2" ERA - 5401.80.00.00.00	Cu	1	164.0246	0.00	164.02
23	044200435	TEE LISA PVC 540 AP 1/2" - 3917.40.10.00.00	Cu	1	4.7399	0.00	4.74
24	044200436	TEE LISA PVC 540 AP 3/4" - 3917.40.10.00.00	Cu	1	7.6347	0.00	7.63
25	044200439	TEE LISA PVC 540 AP 1 1/2" - 3917.40.10.00.00	Cu	4	31.1595	0.00	124.64
26	044200437	TEE LISA PVC 540 AP 1" - 3917.40.10.00.00	Cu	2	11.1022	0.00	22.20
27	044200440	TEE LISA PVC 540 AP 2" - 3917.40.10.00.00	Cu	9	31.7957	0.00	286.16
28	044200442	TEE LISA PVC 540 AP 3" - 3917.40.10.00.00	Cu	3	170.4590	0.00	511.38
29	044200443	TEE LISA PVC 540 AP 4" - 3917.40.10.00.00	Cu	3	264.4656	0.00	793.40

ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE : "FERRETERIA JENNY S.A"

SOMOS EXENTOS DEL 1% y 2%

BAJO PASO A DESNIVEL, KM 5 1/2 CARRETERA NORTE

TELF. 2249-4162

NOTA: ESTOS PRECIOS PUEDEN VARIAR EN CUALQUIER MOMENTO SIN PREVIO AVISO

Subtotal - Descoto C/= : 87,278.58

Impuesto C/= : 13,091.79

Total Neto C/= : 100,370.37