



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES
ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Edgar Renato Pineda Estrada

Asesorado por el Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz

Guatemala, abril de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES
ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR RENATO PINEDA ESTRADA

ASESORADO POR EL ING. JORGE ALBERTO MARTÍNEZ CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

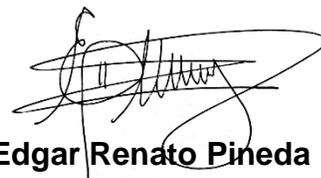
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. José Estuardo Galindo Escobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 06 de mayo de 2019.



Edgar Renato Pineda Estrada

Guatemala, octubre de 2020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación, titulado: **DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante Edgar Renato Pineda Estrada.

Considerando que el trabajo de graduación se ha desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema; por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Sin otro particular, atentamente:

Jorge Alberto Martínez Cruz
Ingeniero Civil
Colegiado 9459

Jorge Alberto Martínez Cruz
Ingeniero Civil
Colegiado 9459

Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz
Asesor de Trabajo de Graduación
Colegiado No. 9459

Jorge Alberto Martínez Cruz
Ingeniero Civil
Colegiado 9459



Guatemala, 14 de octubre de 2,020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado la tesis graduación, **DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **EDGAR RENATO PINEDA ESTRADA, CUI: 2501066200101** Registro Académico: 2001318606, quien contó con la asesoría de el **ING. JORGE ALBERTO MARTÍNEZ CRUZ**, considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad universitaria y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

/remo.





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz y del Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa al trabajo de graduación del estudiante Edgar Renato Pineda Estrada **DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, abril 2021
/mrrm.



DTG.176.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL EDIFICIO T3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Renato Pineda Estrada**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, abril de 2021

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el centro de mi vida y quien me acompaño desde el principio de este logro, que un día fue un sueño y de la mano de él me apoye para ir paso a paso hasta cumplir con esta meta.
- Mi padre** Edgar Pineda. Por confiar en mí, por brindarme su apoyo incondicional e inculcarme buenos valores y principios. Gracias a él y su esfuerzo por sacarnos adelante descubrí esta hermosa carrera.
- Mi madre** Miriam Estrada de Pineda. Por ser un gran ejemplo de profesionalismo, de ella aprendí la disciplina necesaria para el estudio. Además, por darme su amor de madre y por luchar día a día para que logre ser un profesional de éxito.
- Mi hermano** Pablo Pineda. El próximo ingeniero de la familia, por ser un gran hermano y estar siempre en mi vida.
- Mi novia** Gabriela Vásquez. Por apoyarme y creer en mi desde el principio de mi carrera. Y por entregarme todo su amor.

Mi sobrino

Joaquín Pineda. Para servirle de ejemplo en su vida y para que logre ser un profesional en el futuro.

Mi abuela

Beda Morales. Por apoyarme y entregarme su amor día a día.

Mis abuelos

Mis otros tres abuelos que desde el cielo me bendicen y se sienten orgullosos de mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de poder prepararme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por estar al nivel de capacitar ingenieros competitivos. Y por permitirme realizar estudios dentro de sus instalaciones con fines del desarrollo de esta tesis.
Mis amigos de la Facultad	Quienes fueron más que amigos, ellos fueron apoyo para salir adelante juntos.
Mi asesor	Por orientarme, ayudarme y tenerme paciencia con mi trabajo de graduación. Su servicio hacia el estudiantado es excepcional.
Mis padres	Por inculcarme el valor de salir adelante en la vida y luchar por mis sueños y metas. Y por creer en mi todo este tiempo.
Dios	Por darme la vida y la oportunidad de disfrutar este momento el cual es uno de mis mayores logros alcanzados, él es por quien lucho día a día y por quien puedo vivir tranquilo y feliz.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XVII
LISTA DE SÍMBOLOS	XVIII
GLOSARIO	XXIII
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Misión y visión	2
1.3. Estructura organizacional de la Facultad.....	2
1.4. Mantenimiento y servicios	4
2. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1. Tuberías	5
2.2. Almacenamiento para distribución.....	8
2.3. Tanques.....	8
2.3.1. Tanques elevados	9
2.3.2. Tanques enterrados.....	10
2.3.3. Tanques superficiales.....	10
2.3.4. Tanques semienterrados	10
2.4. Distribución de agua.....	11
2.5. Fuentes de abastecimiento.....	11
2.6. Pozos.....	12

2.7.	Dotación	14
3.	EQUIPO E INSTRUMENTACIÓN	15
3.1.	Equipos de medición	15
3.1.1.	Medición de caudal	15
3.1.2.	Medición de presiones.....	16
3.2.	Bombas hidroneumáticas.....	18
3.2.1.	Presiones	23
3.2.2.	Manómetros	24
3.2.3.	Caudales	24
3.3.	Instrumentación de la red de agua potable	25
3.4.	Mantenimiento de equipo hidráulico.....	30
4.	MANTENIMIENTO TECNICO.....	31
4.1.	Área de mantenimiento	31
4.1.1.	Diagnósticos de las tuberías accesorios y válvulas.	32
4.1.2.	Diagnóstico del equipo de bombeo	37
4.1.3.	Diagnóstico de artefactos el servicio sanitario.....	42
4.1.4.	Diagnóstico de los filtros de agua.....	46
4.1.5.	Diagnóstico al tanque de almacenamiento.....	47
4.1.6.	Diagnóstico de los pozos mecánicos	50
4.2.	Propuestas de mantenimiento a realizar	54
4.2.1.	Mantenimiento preventivo	62
4.2.2.	Mantenimiento correctivo	62
4.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	62
4.3.	Calidad del agua	63
5.	PROGRAMA DE EDUCACIÓN Y CULTURA DEL AGUA	69

CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA.....	83
APÉNDICES	85
ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Electrobomba sumergible	20
2.	Bomba vertical de turbina	21
3.	Bomba de émbolo.....	22
4.	Bomba de pistón	23
5.	Válvula de compuerta	26
6.	Válvula de globo	27
7.	Válvula de flotador	28
8.	Válvula unidireccional	28
9.	Válvula de aire	29
10.	Válvula de limpieza.....	30
11.	Tubería de suministro de agua de los baños del T3	33
12.	Tubería y accesorios de suministro de agua edificio T3	34
13.	Tubería, accesorios y válvulas conectadas directamente a pozo uno.....	34
14.	Llave y accesorios conectados directamente a pozo uno.....	35
15.	Llave de paso, tubería y accesorios de conexión a pozo dos.....	35
16.	Distribución de suministro de agua en baños del edificio T3	36
17.	Tablero de control, distribución y alimentación de las bombas....	39
18.	Monitor de funcionamiento de bombas	39
19.	Control de arranque manual/automático de bombas	40
20.	Cableado de alimentación eléctrica de bomba uno	40
21.	Bomba 2 antes de su instalación en pozo 2	41
22.	Interior de bodega de bomba uno	41

23.	Antiguos mingitorios de los baños de hombres del edificio T3, con llave de descarga de agua.....	42
24.	Nuevos mingitorios de los baños de hombres del edificio T3, sin llave de descarga de agua.....	43
25.	Grafica de caudal vs nivel, lavamanos baño de hombres	44
26.	Grafica de caudal vs nivel, lavamanos baño de mujeres.....	45
27.	Grafica de caudal vs nivel, de chorros del edificio.....	45
28.	Grafica de caudal vs nivel, filtros de agua	46
29.	Nuevo sistema de filtrado de agua	47
30.	Tanque de almacenamiento y distribución de agua	49
31.	Interior del tanque de almacenamiento y distribución.....	49
32.	Acceso a tanque de almacenamiento y distribución.....	50
33.	Bodega de control de mantenimiento, detrás del edificio T7	52
34.	Cubierta y tubería pozo 1	52
35.	Cubierta pozo 2	53
36.	Protección de cubierta y tubería de pozo 2	53
37.	Mantenimiento correctivo pozo y bomba 1	54

TABLAS

I.	Diámetros más utilizados en tubería PVC	6
II.	Dimensiones, pesos nominales y presiones de prueba para tubería de acero galvanizado peso estándar (cédula 40).....	7
III.	Características de la tubería de suministro de agua del edificio T3.....	32
IV.	Características de bomba No. 1	37
V.	Características de bomba No. 2	38
VI.	Caudales promedio aforados al edificio T3.....	44

VII.	Características del tanque de almacenamiento y distribución de agua del edificio T3.....	48
VIII.	Características del pozo 1	51
IX.	Características del pozo 2	51
X.	Características físicas y organolépticas del agua ideales para el consumo humano.....	65
XI.	Características químicas del agua ideales del agua para el consumo humano.....	66
XII.	Guía para verificación de la calidad microbiológica del agua	67

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Amp	Amperios
HP	Caballos de fuerza
DUC	Departamento de Diseño Urbano y Construcción
DSG	División de Servicios Generales
DIGA	División General de Administración
°	Grados
gr	Gramo
Hg	Hierro galvanizado
kg	Kilogramo
lb	Libra
psi	Libra por pulgada cuadrada
L	Litros
L/s	Litros por segundo (caudal)
MPa	Mega Pascales
m	Metros
m.c.a.	Metros columna de agua
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
mg	Miligramos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
NA	No Aplica
T3	Nombre del edificio de la Facultad de Ingeniería

NTG	Norma Técnica Guatemalteca
p	Paginas
Pulg	Pulgadas
2:1	Relación de 2 a 1
Seg	Segundos
V	Voltios
2"	2 pulgadas

GLOSARIO

Cédulas	Se refiere a la medida del grosor o espesor de tubos que forman parte de una tubería.
Desalinización	Es un proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar o salobre.
Dotación	Se le llama así al acto y resultado de otorgar, aportar, equipar o asignar algo.
Perdida de carga	En una tubería o canal es la pérdida de presión que produce un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.
Polivinilo	Es un material sintético obtenido por polimerización del vinilo que se emplea en la fabricación de tejidos y como revestimiento en cables, tubos o mangueras.
Rebose	Dejar Salir un líquido por los bordes de su recipiente.
Rodete	Es un tipo de rotor situado dentro de una tubería o un conducto y encargado de impulsar un fluido.
Vástago	Varilla o barra que transmite el movimiento a algún mecanismo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado con el propósito de realizar un aporte hacia la casa de estudios, específicamente a la Facultad de Ingeniería, la cual brinda oportunidades de crecer intelectualmente a personas interesadas en involucrarse en las diferentes áreas de la industria de la ingeniería.

Dicho aporte consiste en la realización de un estudio a todo el sistema de abastecimiento de agua de la facultad enfocado en el edificio T3. Con esto determinar si las condiciones en las que se encuentra este sistema son las adecuadas para el consumo humano, ya que más de tres mil personas hacen uso de este recurso. Además, este trabajo de graduación servirá para que la facultad de ingeniería y el departamento de mantenimiento tenga un documento físico en donde se puede observar cómo está distribuido el sistema de abastecimiento de agua y todos sus componentes dentro del edificio T3.

Apoyado por el área de mantenimiento y servicios de la Facultad de Ingeniería, se lleva a cabo una serie de diagnósticos de funcionamiento y determinación del estado en que se encuentran los componentes de este sistema. Para ello se implementaron tablas de diagnósticos de inspección visual, aforos, características de los componentes, estados, última fecha mantenimiento, y se replanteó la forma de mejorar los protocolos de mantenimientos actuales.

Además, para concientizar a los lectores se realizó un programa del uso correcto del agua dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería enfocado en cada uno de los grupos que conviven o son usuarios del agua dentro

del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como estudiantes, docentes, personal administrativo, personal de mantenimiento y personas en general.

OBJETIVOS

General

Realizar un diagnóstico del funcionamiento hidráulico y de las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua del edificio T-3 de ingeniería USAC.

Específicos

1. Evaluar el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua del edificio T-3.
2. Verificar las condiciones del sistema, y que mantenimientos se le puede aplicar.
3. Analizar la calidad del agua que transporta un sistema de abastecimiento.
4. Analizar el funcionamiento de las bombas del sistema.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida humana, por lo que tener un sistema de abastecimiento de agua entubada hoy en día es una de las principales necesidades en las comunidades urbanas y rurales. Pero el acceso al agua se está volviendo un recurso cada vez más escaso, la crisis de agua que actualmente se vive es muy preocupante y es necesario que como consumidores se haga conciencia de que es un recurso que se debe de cuidar.

Un sistema de abastecimiento de agua, consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales comenta Daniel Leónidas Cárdenas Jaramillo, estas deben de llevar la dotación necesaria con la presión adecuada a los consumidores. El sistema se diseña para cierto periodo, por lo que muchas veces los sistemas cumplen con este periodo y a estos no se les aplica un mantenimiento adecuado, la población crece exponencialmente y la dotación ya no es suficiente para suministrar las necesidades de los consumidores.

El presente trabajo detalla un diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, analizando así su funcionamiento hidráulico y las condiciones en las que se encuentra actualmente, brindando propuestas de mejoras en el sistema para tener un mejor funcionamiento con una dotación adecuada para que cubra las necesidades de los estudiantes de la facultad y los usuarios que utilizan los servicios.

1. FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

1.1. Antecedentes históricos

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala; por decreto del Gobierno del Presidente Justo Rufino Barrios, pero en 1882, se tituló como Facultad dentro de esa institución y se separó de la Escuela Politécnica. El ingeniero Cayetano Batres del Castillo fue el primer decano de la Facultad de Ingeniería; dos años más tarde fue el ingeniero José E. Irungaray. Durante su gestión se reformó el programa de estudios; como consecuencia, la duración de la carrera de ingeniería se redujo en dos años; de ocho, pasó a durar seis años.

En 1894, por razones de economía, la Facultad de Ingeniería fue adscrita nuevamente a la Escuela Politécnica; entonces se inició un período de inestabilidad para esta Facultad, que pasó varias veces de la Politécnica a la Universidad y viceversa; ocupó diversos locales, entre ellos, el edificio de la Escuela de Derecho y Notariado.

La inestabilidad terminó con la supresión de la Escuela Politécnica en 1908, a raíz de los acontecimientos políticos acaecidos en ese año. El archivo de la Facultad permaneció en el mismo lugar hasta 1912, año en que fue depositado temporalmente en la Facultad de Derecho.

En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose la Carrera de Ingeniería Civil. De este hecho arranca la época moderna de esta Facultad.

El año 1944 sobresale por el reconocimiento de la Autonomía Universitaria y la asignación a la Universidad de sus recursos financieros por medio del presupuesto nacional, fijados por la Constitución de la República. A partir de entonces, la Facultad de Ingeniería se independiza de las instituciones gubernamentales y se integra al régimen autónomo estrictamente universitario.

Este desarrollo de la Facultad también provocó un incremento progresivo de la población estudiantil, por lo que fue necesario su traslado a un local más amplio. En 1947, se trasladó a la 8a. Avenida y 11 calle de la zona 1. Este edificio, ya desaparecido, fue ocupado hasta 1959, año en que la Facultad se trasladó a sus instalaciones definitivas en la Ciudad Universitaria, zona 12.

En 1999, se remodeló un área del Edificio de Aulas, T-3, para instalar el Laboratorio de Computación de la Facultad de Ingeniería, para uso de los estudiantes que cursan las etapas de Ciencias de Ingeniería y de Cursos Profesionales. También se completaron las instalaciones de la Red de Ingeniería,

que comunica internamente (intranet) a las diferentes escuelas, centros, coordinaciones y unidades ejecutoras, y externamente se comunica con Internet.

En 1998, se abrió la opción de Ingeniería Civil con Diplomado en Administración, que incluye un grupo de clases adicionales en la carrera de Ingeniería Civil, para formar especialistas en Administración.

A partir de 1999, se aplica un examen de ubicación a todos los alumnos de primer ingreso, y se abrió un área fuera de las carreras, que administra cursos de nivelación para los estudiantes que lo requieren. ¹

1.2. Misión y visión

Misión

Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global.

Visión

Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional; formamos profesionales en las distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional. ²

1.3. Estructura organizacional de la Facultad

La Facultad de Ingeniería está organizada en:

- Escuelas facultativas
- Centros
- Departamentos
- Unidades académico-administrativas

¹ Fiusac. *Historia*. <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/antedecentes>.

² Fiusac. *Misión y visión*. <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/antedecentes>.

La estructura organizacional de la Facultad de Ingeniería consta de:

- Junta directiva (Decanatura y Secretaria Académica)
- Secretaria Académica (Unidad de Planificación, Difusión y Divulgación, funciones de docencia e investigación, función administrativa).
- Funciones a la Docencia e Investigación (Escuelas).
- Función de extensión y servicio (Escuela Técnica y la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado).
- Función administrativa (Secretaría Adjunta, Centro de Cálculo e Investigación, Control Académico).
- Secretaria Adjunta (Tesorería, Mantenimiento, Reproducción, Archivo, Biblioteca, Oficina de nombramientos, información al estudiante).
- Oficina de junta directiva (asuntos específicos y académicos, asuntos estudiantiles).

Las Escuelas que tiene la Facultad de Ingeniería son las siguientes:

- Ingeniería Civil.
- Ingeniería Industrial.
- Ingeniería Mecánica.
- Ingeniería Electrónica.
- Ingeniería Eléctrica.
- Ingeniería Química.
- Ingeniería Ambiental.
- Ingeniería Mecánica Industrial.
- Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- Ingeniería en Ciencias y sistemas.

1.4. Mantenimiento y servicios

- División de Servicios Generales

La División de Servicios Generales (DSG) es una dependencia técnico-administrativa de la División General de Administración (DIGA). Encargada de administrar los recursos para el óptimo funcionamiento de la institución a través de los departamentos, los cuales son:

- Departamento de Diseño Urbanización y Construcción (DUC)
- Departamento de Servicio
- Departamento de Mantenimiento
- Coordinación de Parqueos

La DSG es la encargada de fortalecer el desarrollo de la infraestructura física de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y de administrar las funciones de ejecución, supervisión, mantenimiento y el control de la obra física.

Uno de los principales objetivos de La División de Servicios Generales (DSG) es: Prestar servicios a través de sus departamentos, para satisfacer las necesidades en diseño, construcción, supervisión, mantenimiento, servicios, telecomunicaciones y administración de parqueos en todas las dependencias de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Tuberías

“Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. También sirven para transportar materiales que, si bien no son propiamente un fluido, se adecuan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera.”³

Las características principales de las tuberías son el diámetro, la clase y el tipo de tubería. Todo depende del diámetro asignado, su fabricación y la capacidad para el uso que se le dará.

- Tuberías de PVC

El material de fabricación es de cloruro de polivinilo de allí las siglas “PVC” es el material más utilizado en la actualidad, es económico, duradero, liviano, de fácil instalación, adherencia simple y es anticorrosivo, aunque además tiene algunas desventajas, suele ser algo frágil por lo que no se puede dejar a la intemperie.

La tubería PVC se fabrica según la Norma ASTM D-1785, bajo la clasificación de cédulas 40, 80 y 120. De ellas, la que más se emplea para pequeños y medianos sistemas de abastecimiento de agua es la de cédula 40.

³ METCALF, Leonard; HARRISON, Eddy. *American sewerage practice*, vol I. p. 19.

Para circuitos de agua caliente existe la tubería llamada CPVC (policloruro de vinilo clorado), este material está diseñado para soportar altas temperaturas por lo cual es ideal para circuitos instalados a un calentador, además existen no solo tuberías, sino accesorios de CPVC para que el circuito completo sea más resistente.

Tabla I. **Diámetros más utilizados en tubería PVC**

PRESION	DIAMETRO COMERCIAL (PULG)
125 psi	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18
160 psi	1, 1 ¼, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15
250 psi	¾, 1, 1 ¼, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12

Fuente: elaboración propia.

- Tuberías de acero galvanizado

El acero galvanizado se puede utilizar cuando la tubería está a la intemperie ya sea sobre la superficie del terreno o bajo alguna losa de entepiso es un material corrosivo por lo que se debe evitar la humedad en el exterior. Este tipo de tubería se puede utilizar para circuitos de agua fría y caliente.

La tubería de acero galvanizado, debe cumplir con la norma ANSI-ASTM A 120-79. Las siglas ANSI se refieren a American National Standard Institute y 79 al año en que se puso en vigor la norma.

La tubería se fabrica bajo las denominaciones cédula 30, 40 y 80. Por ejemplo, la fabricada bajo la denominación cédula 40 se conoce como “tubería estándar”. La tubería de acero galvanizado existe en tres presentaciones.

- Tubería “peso estándar”, para diámetros nominales de 1/8” a 6”
- “Extra fuerte”, para diámetros entre 1/8” y 12”
- “Doble extra fuerte”, para diámetros entre 1/2” y 8”.

Tabla II. **Dimensiones, pesos nominales y presiones de prueba para tubería de acero galvanizado peso estándar (cédula 40)**

TAMAÑO PULGADAS	DIÁMETRO EXTRERIOR		ESPESOR DE LA PARED		PESO				PRESIÓN DE TRABAJO			
					Extremos lisos		Extremos roscados y coplas		Soldadura a tope		sin costura	
	pulg.	Mm	pulg.	Mm	Lb/pie	kg/m	Lb/pie	kg/m	Psi	MPa	psi	MPa
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.24	0.4	0.24	0.4	700	4.83	700	4.83
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.42	0.6	0.42	0.6	700	4.83	700	4.83
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.57	0.8	0.57	0.8	700	4.83	700	4.83
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.85	1.3	0.85	1.3	700	4.83	700	4.83
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	1.13	1.7	1.13	1.7	700	4.83	700	4.83
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.68	2.5	1.68	2.5	700	4.83	700	4.83
1 1/4	1.660	42.1	0.140	3.56	2.27	3.4	2.28	3.4	1000	6.89	1000	6.89
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	2.72	4	2.73	4.1	1000	6.89	1000	6.89
2	2.375	60.3	0.154	3.91	3.65	5.4	3.68	5.5	1000	6.89	1000	6.89
2 1/2	2.875	73	0.203	5.16	5.79	8.6	5.82	8.7	1000	6.89	1000	6.89
3	3.500	88.9	0.216	5.49	7.58	11.3	7.62	11.4	1000	6.89	1000	6.89
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	9.11	13.6	9.20	13.7	1200	8.27	1200	8.27
4	4.500	114.3	0.237	6.02	10.79	16.1	10.89	16.2	1200	8.27	1200	8.27
5	5.563	141.3	0.258	6.55	14.62	21.8	14.81	22.1	1200	8.27
6	6.625	168.3	0.280	7.11	18.97	28.3	19.18	28.6	1200	8.27

Fuente: Vemacero. *Tubería de acero al carbono*. <https://www.vemacero.com/Tablas/A53MP.pdf>.
Consulta: diciembre de 2019.

2.2. Almacenamiento para distribución

El agua es captada desde algún medio de la naturaleza, pero debido a la contaminación que el mismo ser humano ha desarrollado durante el paso del tiempo, el agua para el consumo humano debe permanecer segura y aislada para que no se contamine.

El almacenamiento de agua es el punto inicial para la distribución dentro de una red de agua entubada. Por lo que es importante el estudio y diseño del método usado para almacenarse.

Uno de los principales métodos de protección y almacenamiento del agua son los tanques de almacenamiento.

2.3. Tanques

Los tanques surgen de la necesidad de proteger el agua de la contaminación y obtener un mismo caudal 24 horas los 7 días de la semana, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. Estos elementos son fundamentales para un sistema de distribución de agua.

Su principal función es el almacenamiento de agua durante los horarios de bajo consumo para posteriormente suministrar la red de distribución cuando no se tenga el caudal suficiente.

Todos los tanques de almacenamiento de concreto o de mampostería, deberán cubrirse con losa de concreto reforzada, provista de boca de inspección con tapa sanitaria, para efectos de inspección y reparación. Dicha tapa debe ser de preferencia metálica, hermética y tener cierre de seguridad. El acceso deberá estar cerca de la entrada de la tubería de alimentación para poder realizar aforos cuando sea necesario.

Para todos los tanques de almacenamiento deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La tubería de rebalse debe descargar libremente y su cota debe ser menor que la cota de la tubería de entrada.
- El nivel mínimo del agua en el tanque debe ser suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- La tubería de salida hacia el servicio debe ser reentrante como mínimo 20 cm.
- El tubo de desagüe debe contar con su correspondiente válvula de compuerta, que permita vaciar el tanque.
- Debe tener dispositivos de ventilación convenientemente protegidos, instalándolos uno por cada 30 m² de superficie, como mínimo. Éstos consisten en dos codos de 90 grados, con malla en el extremo para impedir el paso de insectos.
- Debe tener escaleras interiores y exteriores en caso que las dimensiones excedan 1,20 metros de alto.
- Los extremos de las tuberías de rebose y desagüe deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros similares.
- La relación de largo-ancho es de 1.5:1 a 2:1.
- La entrada debe encontrarse diametralmente opuesta a la salida, para permitir un buen flujo del agua. ⁴

2.3.1. Tanques elevados

Los tanques elevados constan de una base la cual es una estructura tipo torre, tubería de alimentación y tubería de descarga o de distribución. En algunos casos los tanques pueden ubicarse en el techo de las edificaciones sobre alguna estructura de acero o concreto. Generalmente se instalan tanques elevados para viviendas y edificaciones o para suministrar comunidades completas.

Un tanque elevado se puede aprovechar para tener un funcionamiento de distribución por gravedad puesto que la altura del tanque permite la caída libre del fluido, contrario al llenado del tanque, este debe de ser suministrado por medio de bombas. Este tipo de tanques se construyen de esta forma debido a que la topografía del terreno no tiene elevaciones naturales. Regularmente los tanques se deben de ubicar de 10 a 20 metros de altura sobre el suelo para tener un mejor aprovechamiento.

⁴ AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. p. 101 – 103.

En el caso de los tanques para distribuir comunidades, ciudades o pueblos enteros se recomienda ubicar el tanque principal lo más al centro del área para que no existan pérdidas de presiones en los lugares más alejados y mantenga un mismo caudal para todos los extremos del área.

2.3.2. Tanques enterrados

La manera como se construye este tipo de tanques es por debajo del nivel del suelo, requiere de grandes excavaciones y es una buena manera para proteger el agua de irregularidades y de la temperatura. Una de las desventajas es que es bastante difícil tener un control adecuado de filtraciones o fugas del líquido dentro del tanque. Existen algunas características que deben cumplir tales como: el fondo del tanque debe estar sobre el nivel freático, el tanque debe estar enterrado al menos la mitad de la altura del tanque bajo el nivel del terreno y se debe de señalizar y cercar el área en donde se encuentre el tanque para evitar la entrada de personas o animales.

2.3.3. Tanques superficiales

Estos se ubican directamente sobre la superficie del terreno, cuando el suelo es el adecuado para soportar el peso de la estructura del tanque y el peso del agua que almacena, es decir que se necesita de un suelo duro.

2.3.4. Tanques semienterrados

Este tipo de tanques tienen una parte de su volumen enterrado y la otra sobre el nivel del terreno esto para evitar gastos grandes de excavación y para tener un acceso fácil a el tanque. Además, este método de construcción de tanques permite que la estructura sea liviana.

2.4. Distribución de agua

Para que se logre la distribución de agua potable es necesario contar con un sistema de abastecimiento de agua, este es una red que involucra diferentes sistemas de ingeniería, con la finalidad de captar agua proveniente de manantiales naturales, pozos de agua subterránea o agua superficial tratada, para almacenarla y luego conducirla mediante tuberías hacia tanques de almacenamiento, para luego distribuir el agua en la red y llevarla hasta comunidades, ciudades, pueblos, viviendas y así abastecer de agua a las personas que lo habitan.

En algunos casos el agua debe de ser tratada previamente a su distribución porque dependiendo de la fuente de captación el agua suele estar contaminada, por lo que puede someterse a una desinfección, filtración y desalinización.

2.5. Fuentes de abastecimiento

Existen dos diferentes orígenes para obtener y captar agua para el consumo humano estas pueden ser aguas subterráneas o superficiales.

- Aguas subterráneas

Este tipo de aguas regularmente no están contaminadas por lo que tienen una buena calidad, estas se originan por acuíferos subterráneos y manantiales los cuales se obtienen cuando el agua brota del suelo o hay un tipo de fuga del acuífero.

- Aguas superficiales

Generalmente estas fuentes de origen superficial están formadas por ríos, lagos, aguas de lluvia la desventaja del uso de estos es que el agua obtenida es de muy mala calidad debido a la contaminación a la que está expuesta el agua.

2.6. Pozos

Un pozo es una obra de captación con el fin de recolectar agua subterránea de un acuífero para satisfacer la necesidad del suministro de agua, estos se obtienen mediante la excavación o perforación. Una de las desventajas de utilizar pozos es que el costo es más elevado pues es necesario instalar equipo de bombeo hidráulico para poder extraer el agua y llevarla hacia la red.

- Pozos perforados o mecánicos

Estos son los más utilizados en la actualidad consisten en agujeros perforados en el suelo por medio de máquinas perforadoras buscando el nivel freático entre los estratos, pueden llegar hasta profundidades de más de 300 metros y son de diámetro reducido de 6 a 12 pulgadas.

Los pozos mecánicos cuentan con un tapón y un sello sanitario de concreto en la parte superior entre los primeros 5 metros del pozo. Además, a lo largo de la profundidad del pozo se debe encamisar o entubar con material de acero o dependiendo del tipo de suelo, dentro del pozo se coloca una rejilla justo en los acuíferos, la rejilla puede ser de diferentes materiales y el tamaño de las ranuras depende de la granulometría del suelo, esto es para evitar el paso a partículas de tierra o arena, a esta también se le coloca un empaque de grava a lo largo de toda la rejilla que actúa como un filtro natural y así evitar que las partículas puedan dañar la bomba u obstaculizar el paso del líquido.

A este tipo de pozos se le debe de realizar mantenimiento y limpieza al menos una vez al año, la limpieza se puede realizar con distintas técnicas como con cubeta y pistón, con aire o con químicos dispersores de arcillas, todo depende de las condiciones en las que se encuentre el pozo.

Es importante que antes de realizar una perforación de pozos vertical se realicen diferentes tipos de estudios geológicos e hidrológicos para conocer las características del suelo, su estratificación y el nivel de aguas subterráneas. Y así con estos datos diseñar profundidad y diámetros de perforación adecuados

- Métodos de perforación:

Existen diferentes métodos de perforación de pozos entre ellos cabe mencionar el método de percusión con cable, rotación y rotopercusión. La elección del método de perforación a utilizar depende directamente de las características del suelo que previamente se obtuvieron en los estudios geológicos.

- Pozos excavados

La característica de este tipo de pozos es que son construidos de forma manual, desde la excavación del mismo que puede ser con picos palas entre otros. hasta la obtención del agua que puede ser por medio de una bomba manual o sistemas simples de tipo poleas, cuerdas y cubetas. Este tipo de pozos es uno de los primeros que utilizo el hombre para captar el agua subterránea.

Los pozos excavados suelen ser poco profundos están entre 8 y 20 metros de profundidad, regularmente se construyen en áreas rurales donde los niveles freáticos también encuentran poco profundos. En la ciudad de Guatemala a

consecuencia de que los niveles freáticos cada vez están más profundos, este método se ha quedado atrás debido a la dificultad de alcanzar grandes profundidades.

2.7. Dotación

Una dotación es una cantidad de volumen por unidad de tiempo asignada al consumidor expresada en litros por habitante por día (lts/habitante/día). La dotación para el diseño de redes de abastecimiento se obtiene mediante estudios de la demanda de consumo de cierto sector. Para ello se debe de determinar el tipo de área para obtener el consumo, por ejemplo, existen sectores domésticos, comerciales e industriales los cuales tendrán diferente consumo de agua debido a sus diferentes actividades.

3. EQUIPO E INSTRUMENTACIÓN

3.1. Equipos de medición

Un equipo de medición es un instrumento que se utiliza para medir una magnitud física. Comparando las cantidades con diferentes unidades de medidas. Este caso se enfoca en las mediciones más comunes a una red de distribución de agua ya instalada.

3.1.1. Medición de caudal

Un aforo es la forma como se mide el caudal de un líquido. El caudal es la cantidad de volumen que circula un líquido dentro de un tiempo determinado este se mide en litros / segundo o en metros cúbicos / segundo.

- Aforo volumétrico

Este método es uno de los más utilizados por su precisión y su facilidad, el método consiste en tomar el tiempo en el que un líquido llena un recipiente con determinado volumen. Luego se calcula el caudal con la ecuación:

$$Q = \frac{VOLUMEN}{TIEMPO DE LLENADO} [Lts/seg]$$

- Aforo gravimétrico

El procedimiento es similar al aforo volumétrico la diferencia es que el volumen del líquido recolectado se pesa y el peso de agua se transforma a volumen y se calcula con las siguiente formula:

$$Q = \frac{(PESO\ DEL\ AGUA + PESO\ DEL\ RECIPIENTE) - (PESO\ DEL\ RECIPIENTE)}{(PESO\ ESPECIFICO\ H2O \times TIEMPO\ DE\ LLENADO)}$$

- Aforo con flotadores

Este método de aforo es utilizado cuando se aforan ríos o canales abiertos, consiste en ubicar un tramo del recorrido del fluido y se mide el tiempo y distancia en el que un flotador recorre el tramo determinado. Luego se calcula la velocidad con la siguiente formula:

$$velocidad = \frac{distancia}{tiempo} [m/seg}$$

Y luego se calcula el caudal mediante la fórmula:

$$Q = \frac{velocidad}{Área\ de\ la\ sección\ del\ rio} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

3.1.2. Medición de presiones

La unidad de medida de la presión de agua entubada es gr/cm². 1 metro de altura equivale a 100 gramos sobre centímetro cuadrado.

Otra forma de medir la presión del agua es con metro de columna de agua esta equivale a la presión ejercida por una columna de agua de un metro de altura sobre la gravedad terrestre su símbolo es m.c.a.

Algunos de los equipos más utilizados para medir presiones en la red de abastecimiento de agua son los manómetros y los transmisores de presión.

- Los manómetros están basados en el desplazamiento de un elemento primario elástico, el cual resulta proporcional a la presión que se desea medir. Deberán tener las siguientes características:
 - Rango de medida 0 / 10 kg/cm²
 - Precisión de la clase 1

- Los transmisores de presión se basan en que el desplazamiento del elemento primario elástico se convierte en una señal electrónica. Deberán tener las siguientes características:
 - Transmisor con tecnología digital programable
 - Precisión mejor del 0,1 %
 - Estabilidad mínima 0,1 % a 24 meses
 - Las partes mojadas en su contacto con el fluido serán de acero inoxidable
 - Su conexión se efectuará mediante rosca gas
 - Rango programable con ajuste local mediante pulsadores
 - Indicador local digital
 - Presión estática mayor de 40 bar
 - Con certificado de calibración

3.2. Bombas hidroneumáticas

Una bomba hidráulica, también llamada máquina de fluido es un sistema mecánico cuya función es intercambiar energía del sistema mecánico de la bomba con el fluido que circula a través de ella. Una bomba genera una transformación de energía mecánica a energía hidráulica.

Por lo general estas suelen clasificarse por la manera o el sentido de transmisión de energía. Cuando se necesita que el fluido se desplace por una tubería, pero no se tiene la presión o la pendiente necesaria para que este realice su recorrido de forma natural y llegue a sus estaciones de servicio con un caudal y una presión adecuada se instala una bomba hidráulica en el circuito para cubrir con las necesidades de distribución.

Las instalaciones de bombeo hidráulico son esenciales dentro de un sistema de suministro de agua, por lo que es necesario contar con mantenimientos técnicos adecuados y especializados a las máquinas, de no ser así pueden representar riesgos sanitarios graves en el servicio desde variaciones de caudal y presiones hasta la pérdida completa del suministro de agua.

Las bombas más utilizadas son las bombas rotodinámicas o también llamadas turbomáquinas y las de desplazamiento positivo o también llamadas volumétricas.

- La bomba rotodinámica es la que transfiere la energía al fluido por medio de rodetes o impulsores, incrementando su cantidad de movimiento, por ello se dice que es este tipo son máquinas generadoras. La potencia hidráulica es el resultado de la variación

de momento que sufre el fluido al atravesar por el rodete de la bomba.

- El funcionamiento de las bombas volumétricas consiste en transferir la energía al fluido por medio de su desplazamiento a través de la bomba en forma de paquetes discretos separados uno del otro por medio de un proceso de compresión.
- Electrobombas sumergibles

Las electrobombas sumergibles son de funcionamiento rotodinámico. Este tipo de bombas funcionan únicamente trabajando siempre dentro del fluido a bombear, el hecho de estar sumergidas dentro del fluido ayuda a evacuar el calor de trabajo de la misma, proporcionando una fuerza de elevación de bombeo muy significativa. Principalmente se instalan para la extracción de agua de pozos verticales y también se colocan en los depósitos de combustible, para extracción de aguas residuales, entre otros usos.

Estas bombas constan de dos partes, el motor eléctrico y el impulsor formando así una unidad cerrada y con diferentes tipos de sellos mecánicos para evitar que el fluido entre en el motor de la bomba y cause algún daño o algún corto circuito.

Algunos de los tipos de impulsores de estas bombas suelen ser por medio de rodets giratorios, cuando pasa el fluido por los rodets genera un momento cinético en el fluido y lo impulsa con mayor velocidad. El diseño de el impulsor es dependiendo del uso pues existen impulsores para bombas de aguas residuales, para bombas trituradoras o el caso de rodets para bombas axiales.

Los motores de las bombas sumergibles son motores eléctricos para corriente alterna trifásica o monofásica.

Figura 1. **Electrobomba sumergible**



Fuente: Electromecánica MM. *Bomba RotorPump ST 3507 Motor R Pump 1HP*.
<https://www.electromecanicamm.com.ar/producto/bomba-rotor-pump-st-3507-motor-r-pump-1-hp-4/4541/>. Consulta: diciembre de 2019.

- **Bombas de turbina**

Las bombas verticales de turbina están diseñadas para bombear de la misma manera que las electrobombas sumergibles a diferencia que el motor de estas se encuentra seco en la parte superior del pozo y únicamente se sumerge en el agua la turbina.

Figura 2. **Bomba vertical de turbina**



Fuente: Sulzer. *Bomba JVCR de alta presión enlatada para carga de gas natural licuado (GNL)*. <https://www.sulzer.com/es-es/spain/shared/products/2017/03/28/13/14/jvcr-high-pressure-canned-lng-loading-pump>. Consulta: diciembre de 2019.

- **Bombas de émbolo**

Estas bombas son de desplazamiento positivo o volumétricas, su característica es que puede transportar altos contenidos de sólidos los cuales se concentran en los fluidos principalmente se utilizan en industrias, para descargas industriales.

Este tipo de bombas es utilizado desde hace muchos años por su eficiencia para producir vacío debido a un alto desplazamiento volumétrico.

Figura 3. **Bomba de émbolo**



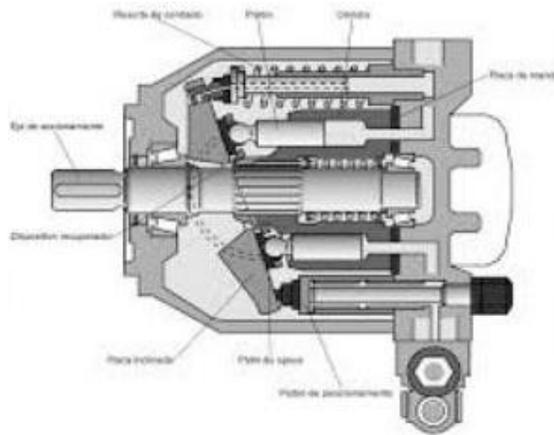
Fuente: EcuRed. *Bomba de émbolo*. [https://www.ecured.cu/Bomba_de_%C3%A9mbolo#/media/File :Bombaemboloportada.JPG](https://www.ecured.cu/Bomba_de_%C3%A9mbolo#/media/File:_Bombaemboloportada.JPG). Consulta: diciembre de 2019.

- **Bombas de pistón**

El uso de las bombas de pistón es orientado a la industria dado que presentan rendimientos altos y presiones altas. Estas son bombas que transportan energía mediante el movimiento de pistones, son del tipo volumétricas y se caracterizan además por la facilidad del manejo de fluidos de grandes viscosidades y densidades.

Las bombas hidroneumáticas de pistón están compuestas por un motor neumático de aire, el pistón y las válvulas, la combinación de este sistema permite el movimiento alternativo del pistón mientras este suministrado de aire.

Figura 4. **Bomba de pistón**



Fuente: EcuRed. *Bomba de pistón*. https://www.ecured.cu/Bomba_de_pist%C3%B3n#/media/File:Bomba-de-pistonportada.JPG. Consulta: diciembre de 2019.

3.2.1. **Presiones**

Cada bomba posee un valor determinado de presión máxima y presión mínima de trabajo, este valor se lo define el fabricante según la capacidad de la bomba.

- La presión mínima de trabajo es la más baja presión que el sistema hidroneumático presenta cuando la bomba está encendida. Esta puede calcularse mediante la fórmula:

$$P_{min} = h + \Sigma hf + \frac{V^2}{2 * g} + H_r$$

Donde:

h = Altura entre el nivel inferior y el nivel superior del líquido

Σhf = Sumatoria de perdidas en tubería y accesorios

$V^2/2 \cdot g$ = Energía cinética o presión dinámica

h_r = Presión residual

- La presión máxima es la presión a la que se desconecta la bomba, todo depende de los tipos de artefactos en donde se tienen los consumos y se puede calcular con la siguiente formula:

$$P_{max} = P_{min} + 20 \text{ psi}$$

Donde:

P_{min} = Presión mínima

20 psi = 20 libras por pulgada cuadrada

3.2.2. Manómetros

El manómetro es un instrumento clasificado también entre los equipos de medición y se emplea para las mediciones directas de presión dentro de tuberías generalmente determina la diferencia que existe entre la presión del fluido entubado y la presión local, con esto se puede determinar la presión a la que está trabajando una bomba hidroneumática.

3.2.3. Caudales

Para determinar qué tipo de bomba es la adecuada para instalar en un sistema de abastecimiento de agua primero se debe de determinar la demanda o el caudal de consumo diario y máximo, este se estima mediante algún método de estimación de demanda de agua en una red de distribución. Todo depende de la magnitud del área a distribuir y también depende de diferentes factores como:

uso del edificio, hábitos de los usuarios, necesidades, si es un área doméstica, industrial o comercial.

3.3. Instrumentación de la red de agua potable

- **Accesorios**

Los accesorios en un sistema de abastecimiento de agua son una parte muy importante, estas piezas tienen diferentes usos dependiendo que tipo de accesorio sea, estos pueden servir para unir tuberías, para cambiar de dirección el circuito, para cambiar de diámetro, para acoplar a artefactos, para cambiar tipo de tubería entre otros.

Entre los accesorios más comunes se encuentran:

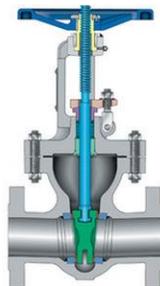
- Codos de 45°: se utilizan para cambiar la dirección de la tubería a 45°.
 - Codos de 90°: se utilizan para cambiar la dirección de la tubería a 90°.
 - Tees: se utilizan para conectar tres tuberías.
 - Reducidores bushing: se utilizan para cambiar el diámetro de la tubería.
 - Adaptadores machos: se utilizan para cambiar tubería de PVC a Hg y éstos entran en la tubería.
 - Adaptadores hembra: se utilizan para cambiar tubería de PVC a Hg y la tubería entra en el adaptador.
- **Válvulas hidráulicas**

Las válvulas hidráulicas son aparatos mecánicos los cuales cumplen con diferentes funciones dentro de los circuitos hidráulicos como, por ejemplo: abrir o cerrar el flujo del fluido, regular la presión de los líquidos, sirven como registros y medidores entre otros. Estas pueden ser de acero forjado, de bronce o de plástico, dependiendo de su funcionalidad se les clasifica y se les denomina como los siguientes ejemplos.

- Válvula de compuerta

La principal función de la válvula de compuerta es de abrir y cerrar el flujo del líquido dentro de un sistema de abastecimiento. El aparato mecánico es accionado por un vástago que baja y sube un disco que obstruye el paso del fluido.

Figura 5. **Válvula de compuerta**



Fuente: Promansa. *Válvula de compuerta*. <http://promansa.com/valvulas/valv-de-compuerta>.
Consulta: diciembre de 2019.

El sistema se utiliza únicamente para cerrar o abrir completamente el paso del fluido, no para regular el caudal y la presión del mismo considerando que el disco que funciona como compuerta sufre desgaste y puede fracturarse rápidamente.

- Válvula de globo

A diferencia de la válvula de compuerta, la válvula de globo si es específicamente para regular el caudal del fluido dentro del circuito, está compuesta por dos partes a través de las cuales el fluido pasa y se provoca una pérdida de carga la cual se puede graduar.

Figura 6. **Válvula de globo**



Fuente: Promansa. *Válvula de globo*. <http://promansa.com/valvulas/valv-de-globo>. Consulta: diciembre de 2019.

- Válvula de flotador

Estas válvulas sirven para suspender el flujo de agua cuando este alcanza cierto nivel máximo dentro de una caja rompe-presión, una cisterna o un tanque. Posee un flotador de bola que es el encargado de controlar los niveles máximos y mininos.

Figura 7. **Válvula de flotador**

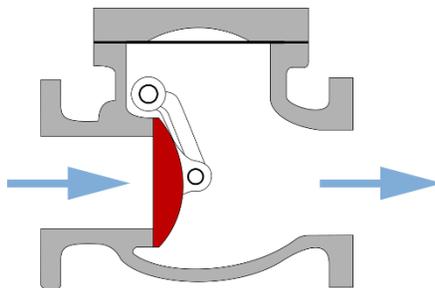


Fuente: Promart Home Center. *Válvula y flotador 3/4"*.
<https://www.promart.pe/valvula-y-flotador-3-4-23058/p>. Consulta: diciembre de 2019.

- Válvula unidireccional

También llamada válvula antirretorno o válvula de cheque, su función es bloquear el paso del fluido en un sentido y dejarlo libre en el sentido opuesto, todo depende de la dirección que se le quiere dar al fluido para que este no regrese al circuito o tubería de donde viene.

Figura 8. **Válvula unidireccional**

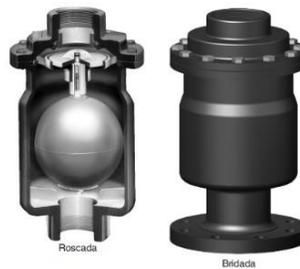


Fuente: Promart Home Center. *Válvula check*.
<https://www.promart.pe/valvula-check-23058/p>. Consulta: diciembre de 2019.

- Válvula de aire

Este tipo de válvulas permiten controlar la cantidad de aire que queda atrapado dentro de la tubería, estas suelen ser además válvulas de emergencia para proteger tuberías y bombas en caso de rupturas en la tubería, a consecuencia de no evacuar el aire pueden ocasionarse presiones negativas y llevar a la ruptura total en diferentes puntos de la tubería.

Figura 9. **Válvula de aire**



Fuente: Tubrivalco. *Válvulas*. <http://www.valvulasclaval.com/productos-valvulasdeexpulsiondeaireyrompedorasdevacio.html>. Consulta: diciembre de 2019.

- Válvula de limpieza

Una válvula de limpieza sirve como filtro para cualquier partícula que muchas veces transporta el agua y que ingresa a la tubería, este tipo de válvulas permite a los usuarios extraer cualquier partícula sólida del fluido.

Figura 10. **Válvula de limpieza**



Fuente: Reportero Industrial. *Válvula de limpieza*.
<http://www.reporteroindustrial.com/Valvulas-limpieza>. Consulta: diciembre de 2019.

3.4. Mantenimiento de equipo hidráulico

Como bien se ha definido un sistema hidráulico este compuesto por diferentes elementos mencionados como tuberías, válvulas de control, filtros, tanques, bombas, válvulas de alivio accionadores entre otros.

Es importante mantener el sistema hidráulico de un equipo en condiciones óptimas para que el funcionamiento de todo el sistema sea eficiente. Para ello se deba de realizar mantenimiento apropiado periódicamente a cada uno de los equipos y elementos que componen el sistema hidráulico. Si no se le aplica un mantenimiento adecuado el sistema podría brindar una baja productividad, ofrecería inseguridad y problemas serios que pueden convertirse en un mayor gasto.

En el siguiente capítulo se detallan mantenimientos específicos para cada uno de los equipos hidráulicos del sistema de abastecimiento del edificio T3 de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

4. MANTENIMIENTO TECNICO

Para determinar el estado actual de un sistema de abastecimiento de agua se debe realizar una serie de estudios con el fin de generar un diagnóstico a todos los componentes o a los componentes más importantes que lo conforman. Por lo que para ser preciso es necesario tener en cuenta el funcionamiento correcto y conocer acerca de cada uno de ellos.

El sistema de abastecimiento de agua entubada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala no es un sistema independiente para cada edificio, es una sola red la cual alimenta los edificios T3, T4, T5, T6, T7 y T1 en los niveles 2 y 3.

Por objetivos de estudio, el presente trabajo de graduación se enfoca en los componentes más importantes que ayudan al suministro de agua del edificio más grande de la Facultad de Ingeniería, que cuenta con 5 niveles, servicios sanitarios en cada nivel, chorros, filtros de agua, además abastece a la mayor parte de la población que conforma la Facultad de Ingeniería. Este edificio es llamado T3.

4.1. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento de la Facultad de Ingeniería es la encargada de velar por la infraestructura de la facultad, el jefe del departamento de mantenimiento es Jorge Mario López y el presente trabajo de graduación en la parte práctica fue apoyada en su totalidad por el área de mantenimiento de la Facultad de Ingeniería.

4.1.1. Diagnósticos de las tuberías accesorios y válvulas

La conducción de agua sería imposible sin estos componentes, el paso de las tuberías, las vueltas, empalmes, conexiones, la configuración física y mecánica con los accesorios y valvas permiten determinar la trayectoria y el flujo del agua entre otras características.

Realizado el diagnostico de estos componentes con el método de inspección visual se logra determinar la configuración utilizada para el suministro de agua, tiene un recorrido desde el tanque elevado ubicado en la azotea del edificio T3 y abastece por medio de gravedad todos los baños del edificio. Para toda la red se utiliza Tubería de hierro galvanizado, y la tubería se encuentra expuesta a la vista por la parte del techo.

Tabla III. **Características de la tubería de suministro de agua del edificio T3**

Tuberías	
Diámetros utilizados	2,5"
Material	Hierro galvanizado (Hg)
Estado físico	Bueno
Mantenimiento	Correctivo
Observaciones	Tubería protegida con pintura anticorrosiva

Fuente: elaboración propia.

La tubería en el edificio T3 se encuentra en un estado físico "Regular" visto que está protegida con pintura anticorrosiva identificada con el color amarillo y

celeste. Esto ayuda a que con el pasar de los años la tubería, los accesorios y válvulas no se encuentren en mal estado.

La tubería que conectada directamente de los pozos que abastecen el T3, T4, T5, T6, T7 y T1 ubicada atrás del edificio T7, está en un estado físico “malo”. porque no se le aplica ningún tipo de mantenimiento ni protección, a pesar de que es la tubería que suministra el tanque de almacenamiento de agua del T3.

Las imágenes que se presentan a continuación muestran el estado en que se encuentran las tuberías accesorios y válvulas del sistema de que abastece de agua potable el edificio T3.

Figura 11. Tubería de suministro de agua de los baños del T3



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Tubería y accesorios de suministro de agua edificio T3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Tubería, accesorios y válvulas conectadas directamente a pozo uno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Llave y accesorios conectados directamente a pozo uno**



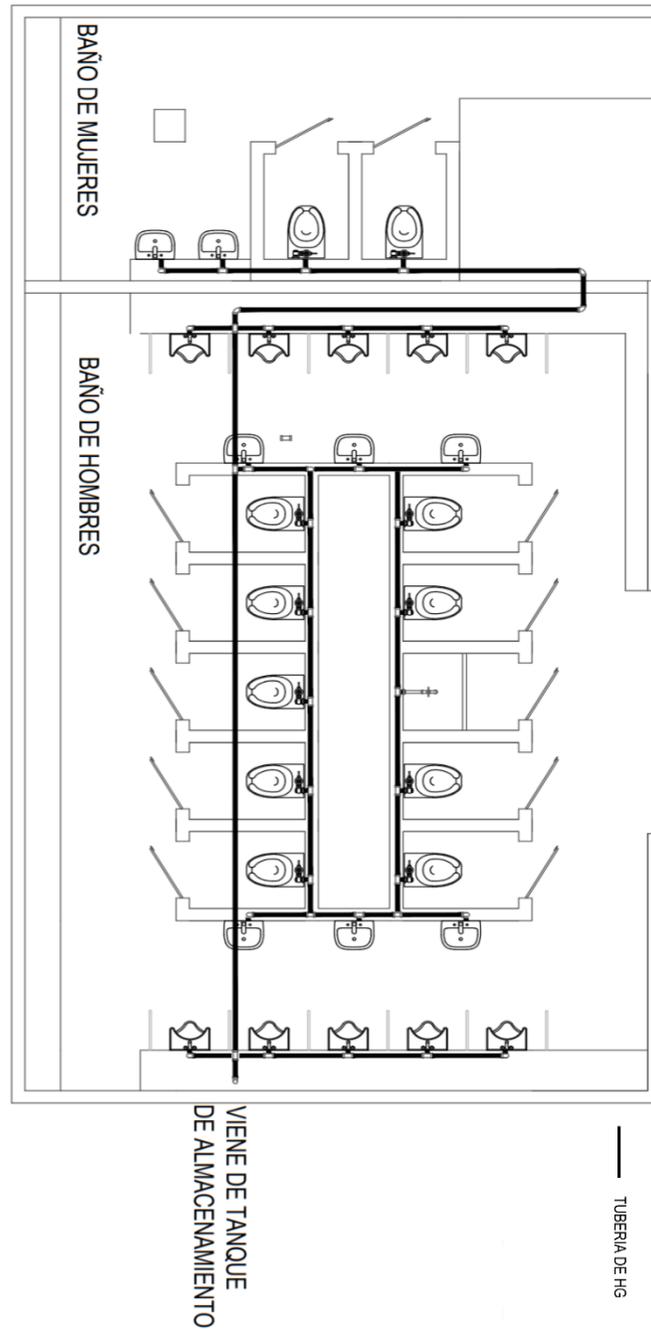
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Llave de paso, tubería y accesorios de conexión a pozo dos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Distribución de suministro de agua en baños del edificio T3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

4.1.2. Diagnóstico del equipo de bombeo

El agua que recorre la red de distribución de la Facultad de Ingeniería es proveniente de un acuífero subterráneo, la cual es captada por 2 pozos mecánicos, por lo que es necesario bombear el agua desde el fondo del pozo.

Actualmente el sistema hidráulico de la Facultad de Ingeniería cuenta con 2 electrobombas sumergibles una en cada uno de los pozos de la facultad, las cuales tienen las siguientes características:

Tabla IV. **Características de bomba No. 1**

Bomba 1	
Tipo	Electrobomba sumergible
Mantenimiento	Correctivo
Estado físico	regular
Ubicación	Bodega atrás del T7
Potencia	30 HP
Voltaje	220 V
Amperaje	90 amperios
Profundidad	70 m
Periodo de trabajo	Por periodos de 10 a 15 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Características de bomba No. 2**

Bomba 2	
Tipo	Electrobomba sumergible
Ultimo mantenimiento	Correctivo
Estado físico	regular
Ubicación	Atrás del T7
Potencia	25 HP
Voltaje	220 V
Amperaje	84 amperios
Profundidad	70 m
Periodos de trabajo	Por periodos de 10 a 15 min

Fuente: elaboración propia.

- Estado físico

Al realizar el diagnostico a las bombas fue imposible verlas físicamente. La Facultad de Ingeniería no permite que se realice ningún tipo de corte de agua, y mucho menos que se extraigan las bombas, únicamente para hacerles mantenimiento correctivo o reparación. Mas sin embargo se encontraron imágenes de una de las bombas antes de ser instalada dentro del pozo 2 el cual no contaba con sistema de bombeo hasta a partir del año 2018. Además, se tomaron fotografías del estado en el que se encuentran varias unidades que componen el mecanismo de cada una de las bombas, y son los siguientes:

Figura 17. **Tablero de control, distribución y alimentación de las bombas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Monitor de funcionamiento de bombas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Control de arranque manual/automático de bombas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Cableado de alimentación eléctrica de bomba uno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Bomba 2 antes de su instalación en pozo 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Interior de bodega de bomba uno**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Diagnóstico de artefactos el servicio sanitario

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha impulsado el cuidado del agua con respecto al servicio sanitario de hombres del edificio T3, en vista de que los mingitorios de los baños del edificio son utilizados masivamente durante todo el ciclo escolar, y muchas veces los usuarios dejan las llaves abiertas de los mingitorios hace aproximadamente 2 años durante el periodo de decanatura del Ingeniero Pedro Aguilar Polanco que se cambiaron los antiguos mingitorios con llaves de descarga por otros con la tecnología suficiente y sencilla para evitar realizar descargas de agua después de su uso.

Esta iniciativa ha sido muy útil para moderar el uso del agua de las instalaciones de los baños del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería. Este cambio se dio lugar en el primero, segundo y tercer nivel del edificio, esperando que se siga con la iniciativa y se el cambio se extienda con los baños que faltan.

Figura 23. Antiguos mingitorios de los baños de hombres del edificio T3, con llave de descarga de agua



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Nuevos mingitorios de los baños de hombres del edificio T3, sin llave de descarga de agua



Fuente: elaboración propia.

- Aforo a los servicios sanitarios del edificio T3

Para saber si los componentes del sistema de abastecimiento de agua están trabajando con un correcto funcionamiento es necesario calcular los caudales de servicio y la presión con la que el sistema está proporcionando el agua. Para lograr medir los caudales de un sistema este se debe aforar, el método de aforo utilizado para el edificio T3 de la Facultad de Ingeniería es el método de aforo volumétrico.

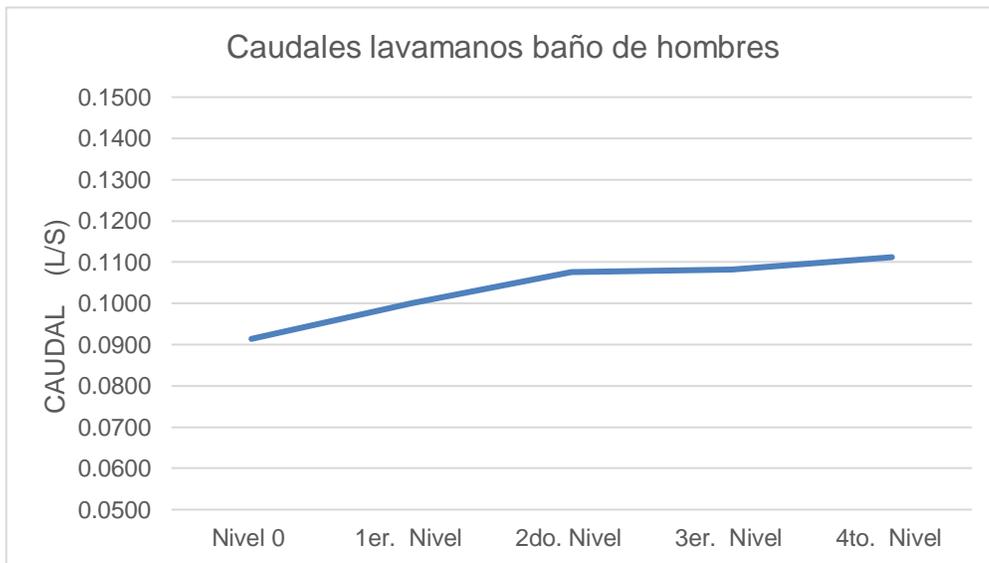
Se aforaron los lavamanos de los baños tanto de hombres como de mujeres de todos los niveles del edificio T3, también los chorros del nivel cero y el primer nivel del edificio T3, y se aforaron los filtros de agua del nivel cero y el primer nivel del edificio T3. Con una toma de 10 datos para cada artefacto se calcularon los caudales promedio de cada uno de estos componentes.

Tabla VI. **Caudales promedio aforados al edificio T3**

Caudales del edificio T3 (L/s)				
	Lavamanos baño de hombres	Lavamanos baño de mujeres	Chorros	Filtros de agua
Nivel 0	0,0914	0,0904	0,2994	0,0175
1er. Nivel	0,1001	0,0935	0,3003	0,0185
2do. Nivel	0,1075	0,1055	NA	NA
3er. Nivel	0,1082	0,1079	NA	NA
4to. Nivel	0,1112	0,1106	NA	NA

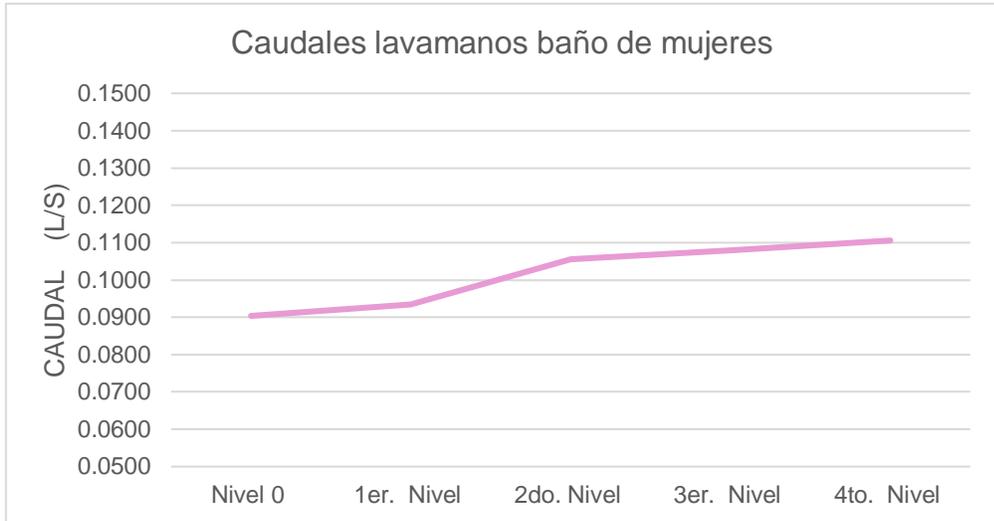
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Grafica de caudal vs nivel, lavamanos baño de hombres**



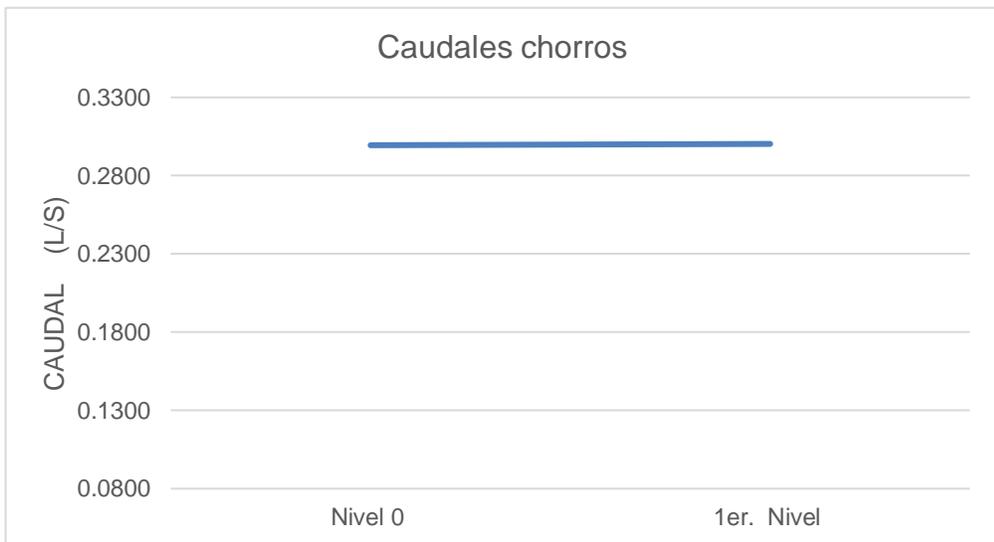
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Grafica de caudal vs nivel, lavamanos baño de mujeres**



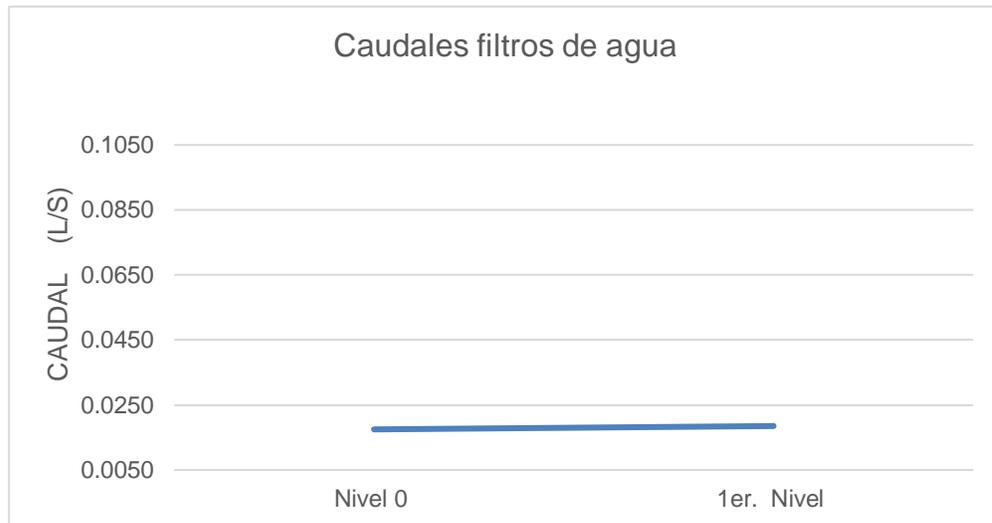
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Grafica de caudal vs nivel, de chorros del edificio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Grafica de caudal vs nivel, filtros de agua**



Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Diagnóstico de los filtros de agua

Los filtros de agua del edificio T3 y de varios edificios de la Universidad de San Carlos fueron reemplazados desde inicios del año 2019 por nuevos sistemas de oasis para purificar el agua, este sistema cuenta con filtrado y purificado de agua, un sistema automático de llenado de pachones y un bebedero directo en el caso de no tener recipiente para llenar, además, posee un sistema de enfriamiento que permite brindar agua fría las 24 horas del día. El sistema brinda un total de 12 onzas de agua por cada descarga y llenado de recipientes.

Este sistema tiene varios beneficios con respecto al medio ambiente, pues evita que las personas utilicen botellas plásticas las cuales son desechadas y contaminan al medio ambiente.

La desventaja de estos sistemas de filtrado de agua es que brindan un caudal muy bajo según los aforos realizados y los tiempos para el llenado de recipientes suelen ser bastante prolongados.

Figura 29. **Nuevo sistema de filtrado de agua**



Fuente: elaboración propia.

- Dentro del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería se pueden encontrar en el nivel cero y primer nivel.

4.1.5. Diagnóstico al tanque de almacenamiento

Actualmente la Facultad de Ingeniería cuenta con un tanque de almacenamiento y distribución de agua, se encuentra ubicado en la terraza del edificio T3 y tiene un funcionamiento de distribución por gravedad hacia los edificios T3, T4, T5, T6, T7 y T1.

Dicho tanque es suministrado por bombeo desde dos pozos mecánicos ubicados detrás del edificio T7, dicho tanque cumple con las siguientes características:

Tabla VII. **Características del tanque de almacenamiento y distribución de agua del edificio T3**

Tanque de almacenamiento de agua	
Tipo	Tanque elevado
Material	Concreto y mampostería
Mantenimiento	Correctivo
Estado físico	Malo
Altura interna	3,20 m
Ancho interno	2,00 m
Largo interno	2,00 m
Volumen del tanque	12,8 m ³
Nivel máximo de agua	2,40 m
Volumen máximo de agua	9,60 m ³
Medidas de la escotilla de acceso	0,80m x 0,80m

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Tanque de almacenamiento y distribución de agua**



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Interior del tanque de almacenamiento y distribución**



Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Acceso a tanque de almacenamiento y distribución**



Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Diagnóstico de los pozos mecánicos

Uno de los métodos de captación más utilizados es mediante pozos los cuales captan el agua subterránea, este es el caso de la Facultad de Ingeniería la cual cuenta con dos pozos mecánicos los cuales captan el agua del acuífero subterráneo y esta es bombeada para abastecer la red de distribución de la facultad. uno de los pozos se encuentra en una bodega de control de mantenimiento atrás del edificio T7 y la otra se encuentra entre la parte posterior del edificio T7 y el parqueo anexo de la facultad.

Tabla VIII. **Características del pozo 1**

Pozo 1	
Tipo	Pozo mecánico
Ubicación	Bodega atrás del T7
Estado físico	Malo
Mantenimiento	Correctivo
Diámetro	8 pulgadas
Profundidad	70 m
Nivel estático	62
Nivel dinámico	56

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Características del pozo 2**

Pozo 2	
Tipo	Pozo mecánico
Ubicación	Atrás del T7
Estado físico	Malo
Ultimo mantenimiento	Correctivo
Diámetro	8 pulgadas
Profundidad	70 m
Nivel estático	62
Nivel dinámico	56

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Bodega de control de mantenimiento, detrás del edificio T7**



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Cubierta y tubería pozo 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Cubierta pozo 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Protección de cubierta y tubería de pozo 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Mantenimiento correctivo pozo y bomba 1**



Fuente: elaboración propia.

- Todos los diagnósticos mencionados anteriormente fueron los resultados de lo que se logró observar y analizar basados en investigación al departamento de mantenimiento sobre la red de distribución de agua entubada de la Facultad de Ingeniería, especialmente del edificio T3.

4.2. Propuestas de mantenimiento a realizar

Es importante para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua en general, que se lleven a cabo actividades de mantenimiento preventivo y predictivo a cada uno de los componentes que lo conforman. Esto para evitar gastos mayores en reparaciones o que el sistema presente un mal funcionamiento hidráulico o que brinde agua contaminada que pueda ocasionar daños en la salud de los consumidores.

Para evitar este problema a continuación se presentan propuestas de mantenimientos aplicables a los componentes del sistema de distribución de agua.

- Mantenimiento de tuberías de conducción de agua

Es importante realizar mantenimientos en las tuberías de conducción en un sistema de abastecimiento de agua para ello se deben de realizar ciertas revisiones que dan la pauta si se debe de ejecutar un mantenimiento preventivo o correctivo.

- Revisión de válvulas. Se debe de revisar el buen funcionamiento de las válvulas del sistema abriéndola y cerrándola lentamente para evitar el daño a la tubería, con esto se determina si se debe de cambiar una de las válvulas o hay algún tipo de daño en algún tramo de tubería.
- Revisión de fugas. Observar que no exista ninguna fuga si la tubería se encuentra expuesta al aire libre es más fácil de determinar el punto exacto de la fuga.

Las principales causas que producen fugas en tuberías pueden ser la mala calidad de los materiales y accesorios, antigüedad de las tuberías, mala calidad de mano de obra, corrosión externa e interna, presión alta, efectos de tránsito de vehículos, sismos, hundimientos entre otros.

Las fugas pueden ser visibles y no visibles, las visibles son las que brotan hacia la superficie del terreno o cuando se puede ver

directamente a simple vista que existe una fuga. Caso contrario las fugas no visibles son aquellas que se infiltran en el terreno y no es posible tener visión de que existe la fuga.

- Revisión de presión. Revisar por medio de alguna válvula de manómetros la presión que contiene la tubería del sistema, si esta baja quiere decir que hay alguna fuga en algún tramo de la tubería para esta revisión se debe de cerrar todas las llaves de salidas de agua.
- Revisión de suciedad de tuberías. Siempre es recomendable realizar una limpieza de tuberías cada cierto tiempo teniendo en cuenta que muchas veces el agua transporta partículas que se quedan adheridas a las paredes de las tuberías. Este mantenimiento puede ser de tipo preventivo para evitar atascos en las tuberías.
- Protección contra corrosión. Cuando se utiliza tubería y accesorios de hierro galvanizado es importante protegerla con algún tipo de pintura anticorrosiva para que el material tenga más durabilidad.

Este tipo de revisiones se deben de realizar al menos cada 3 meses para estar sujetos a mantenimientos preventivos, en caso de alguna emergencia se debe ejecutar un mantenimiento correctivo.

- Mantenimiento de equipo de bombeo hidráulico

Las bombas con motores sumergibles en fluidos suelen tener una gran eficiencia y pueden llegar a tener un funcionamiento fiable durante décadas si se

realiza un mantenimiento adecuado periódicamente. Las dos bombas sumergibles con las que cuenta la Facultad de Ingeniería son bombas de alta capacidad más sin embargo no reciben ningún tipo de mantenimiento preventivo ni predictivo.

En primer lugar, se debe de tener un monitoreo constante del funcionamiento de estas bombas. Para ello se tiene un monitor eléctrico donde se puede monitorear su funcionamiento perfectamente. Muchas veces el monitoreo de las bombas sumergibles suele dejarse a un lado en razón de que físicamente no se puede ver la bomba.

Se pueden realizar inspecciones de mantenimiento al equipo de control y monitoreo eléctrico, así como las salidas de agua, los intervalos de operación. En este tipo de inspecciones de monitoreo.

Al momento de realizar las inspecciones de monitoreo se puede enfocar en detectar los siguientes síntomas para evitar problemas futuros.

- Sobrecalentamiento de la bomba. El calentamiento fuera de lo normal del motor de una bomba sumergible suele ocasionarse debido a la falta o poca cantidad del líquido en el que está sumergido y esto afecta directamente el funcionamiento del motor por lo que se debe revisar inmediatamente y así asegurar si necesita de un mantenimiento correctivo por algún daño en alguna pieza del motor.
- Consumos altos de energía. Las bombas electro sumergibles funcionan por lapsos de tiempo de operación, es decir no están en constante funcionamiento todo el tiempo, si presenta operación

constante todo el tiempo es señal de que el interruptor o la bomba está fallando y produce un uso mayor de electricidad en donde se generan mayores gastos de electricidad y la bomba se puede dañar.

- Ruido fuera de lo normal. Si se detecta que al momento en que la bomba está funcionando el ruido es excesivo fuera de lo normal este puede ser un problema grave y se debe de parar su operación inmediatamente y contactar un técnico especializado.
- Menor salida y flujo de agua irregular. Si se detecta una salida bastante baja de agua esto puede ser un problema del impulsor de la bomba por alguna obstrucción de arena o algún otro material o al bajo nivel del agua. Por lo que se debe de dar seguimiento a su revisión. También puede ser un problema de la tubería de agua por lo que se recomienda revisar si existe alguna fuga o bien puede ser problema de alguna válvula de retención dañada.
- Agua obstruida o turbia. Si el líquido del sistema se encuentra obstruido o turbio esto puede ser un problema de sedimentos en el sistema. En este caso se debe de enjuagar la bomba para eliminar los bloqueos o bien cavar un pozo más profundo para la bomba de agua, aunque, la opción más viable sería la revisión y limpieza de los impulsores y tubería de la bomba, así como los sellos y filtros de los pozos.

Es importante que en el caso de un problema fuerte como estos se deba de contactar a personal especializado en bombas hidráulicas debido a que el mantenimiento de estas es bastante complejo y de costo elevado, pero sumamente importante para que la bomba tenga un periodo largo de vida útil.

- Mantenimiento de tanque de almacenamiento

El mantenimiento al tanque de almacenamiento de agua es una de las actividades más importantes a realizarse pues este almacena el agua que se consume.

En el caso del tanque elevado de la Facultad de Ingeniería ubicado en el edificio T3, el mantenimiento preventivo puede ser una simple limpieza. Aunque debido a las dimensiones del tanque es una tarea compleja que requiere de equipo adecuado y una persona debidamente capacitada. El acceso al interior del tanque es una actividad de alto riesgo visto que únicamente cuenta con una escalera hecha a mano y no cuenta con barandillas de protección. Por lo que se recomienda que la persona cuente con equipo de seguridad industrial al momento de ingresar al tanque vacío a realizar la limpieza.

Además, es importante que el revestimiento y acabado interno del tanque este en óptimas condiciones para que no existan filtraciones o enmohecimiento de los muros y el fondo del tanque. Por tal motivo cabe mencionar que otra de las propuestas de mantenimiento preventivo para el tanque es aplicar una nueva pintura, de preferencia un tipo de impermeabilizante de alta calidad o pintura epóxica en los muros, fondo y tapa interna del tanque.

Debido a que un tanque de almacenamiento de agua elevado no presenta una gran complejidad técnica en sus elementos se pueden realizar una serie de revisiones para determinar qué actividades se deben de realizar con él.

- Revisión a la tapadera. Se debe de revisar que la tapadera de la escotilla de acceso cierre herméticamente, asegurándose de que no exista ningún espacio en donde pueda entrar algún insecto y que

tampoco se filtre el agua de la lluvia. Por tal motivo es importante que la tapa permanezca cerrada todo el tiempo.

- Revisión de válvulas. Revisar los flotadores del tanque, las válvulas y las juntas de tuberías para comprobar que todos estos componentes tienen un funcionamiento correcto.
 - Revisión de fisuras. Revisar si existen pérdidas de agua en el tanque debido a algún tipo de fisura o filtración de agua.
 - Revisión de muros y piso interno del tanque. Revisar que la superficie de los muros esta lisa con algún tipo de revestimiento adecuado.
- Mantenimiento de pozos mecánicos

El mantenimiento de pozos puede ser mecánico o químico dependiendo del estado en el que se encuentra el pozo, en este caso los métodos mecánicos son los recomendables para los pozos de la Facultad de Ingeniería a que no están en un estado crítico, la calidad del agua no está en condiciones críticas y es únicamente mantenimiento preventivo con fines de salubridad y limpieza. Es importante realizar alguno de estos métodos de limpieza y mantenimiento al menos tres veces al año en cada uno de los pozos puesto que es el inicio del sistema de abastecimiento de agua y en base al funcionamiento de los pozos se determina el funcionamiento de todos los elementos del sistema.

Los métodos de limpieza y mantenimientos mecánicos se realizan con la finalidad de tener un flujo libre constante y abundante del acuífero al interior del pozo. Esto se logra mejorando la zona de captación y el empaque de grava.

- Método de cepillado. Para este método de limpieza se utiliza un cepillo de alambre redondo el cual se introduce por toda la longitud del pozo con el objetivo de limpiar las paredes internas de la tubería retirando cualquier partícula adherida a las paredes internas. Además, se logra limpiar las rejillas de captación de agua y lograr que el agua del acuífero se filtre sin ningún problema.
- Método con pistón. Es uno de los métodos más simples, eficientes y de bajo costo. Este método consiste en subir y bajar un pistón simple que puede ser una pieza con cierto peso a la que se adaptan discos de goma con el diámetro de la tubería del pozo. Esto permite que el efecto que forma el pistón y su movimiento hace a que el líquido libere los sedimentos y partículas en la zona de filtro de graba, rejilla y en la longitud del pozo.
- Método por bombeo. Consiste en bombear el agua con una fuerza mayor al caudal de explotación, para provocar velocidades de flujo altas capaces de movilizar y eliminar las partículas finas, sedimentos entre otros. Este método se puede realizar con un sobre bombeo o un bombeo alternante, la diferencia es que el bombeo alternante provoca paros y arranques bruscos con cambios de presiones variadas. Y el sobre bombeo consiste en bombear constantemente.
- Método de aire comprimido. Este método logra un efecto combinado entre el método con pistón y por bombeo. La inclusión de aire comprimido puede ser un proceso rápido y eficaz basta con integrar al pozo un compresor de aire del tamaño adecuado, manguera flexible de alta presión manómetros, tubos de agua y aire, para

lograr alternar fases de bombeo con la inyección brusca de aire, logrando así una limpieza adecuada de la tubería interna y el área de captación de agua.

4.2.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que comprende todas las actividades que se realizan con el fin de prever un inconveniente que pueda causar la falta de mantenimiento previa a algún componente de un sistema de agua entubada.

4.2.2. Mantenimiento correctivo

Este se entiende como todas aquellas actividades que se realicen con el fin de reparar daños en equipos e instalaciones que fueron causados por algún tipo de accidente o deterioro de los componentes del sistema.

4.2.3. Mantenimiento predictivo

Este se entiende como las actividades que se ejecutan previamente planificadas, con el propósito de reducir riesgos de daños futuros y continuar con el funcionamiento correcto de los componentes del sistema.

En resumen, el mantenimiento preventivo y predictivo de un sistema de abastecimiento de agua entubada ayuda a reducir el mantenimiento correctivo. Reduciendo costos o evitando que se deba aplicar un mantenimiento correctivo al sistema.

4.3. Calidad del agua

El agua es la fuente de la vida, sin ella todos los seres vivos que habitan este planeta no podrían existir, pero hoy en día el agua que brinda la naturaleza no siempre es apta para el consumo humano, a causa de la contaminación que el ser humano le ha ocasionado a la tierra ha hecho a que baje la calidad. El agua se puede obtener de ríos, lagos, manantiales aguas subterráneas entre otros. y muchos de estos están contaminados por ello se debe de determinar la calidad del agua para su consumo.

El agua que se consume debe ser agradable al gusto y sanitariamente segura, esto quiere decir que el agua debe ser pura y ser incapaz de transmitir enfermedades debido a su consumo. Existen maneras para determinar la calidad del agua y con esto verificar si es agua completamente potable o debe ser tratada para que pueda ser potable.

En Guatemala es importante la calidad del agua que se consume, para ello existe una norma con valores determinados para que el agua catalogada como potable sea segura y agradable, para que esto se cumpla el agua debe cumplir con las indicaciones de la norma COGUANOR NTG 29001. Agua para el consumo humano (agua potable). Especificaciones, esta norma establece los valores de las características que definen el agua para el consumo humano.

Esta norma aplica a toda agua para consumo humano, preparación de alimentos y uso doméstico. Proveniente de pozos, nacimientos, ríos, entre otras y que suministre una red de distribución, reservorios o depósitos.

- Determinación de la calidad del agua

Uno de los principales métodos para determinar la calidad del agua es mediante pruebas en laboratorio químico, en donde determinan sus características actuales y las comparan con los valores de la norma.

Los valores de las características del agua deben estar dentro del rango que la norma indica para poder ser catalogada como potable o no potable. Para ello se determinan límites en los cuales se debe encontrar el valor tomado.

Lo primero que se debe de realizar para la determinación de la calidad del agua es la toma de muestras de agua para conocer las condiciones de las características físicas, químicas y bacteriológicas.

- Límite Máximo Aceptable (LMA)
Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial, pero sin causar daños en la salud.
- Límite Máximo Permisible (LMP)
Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para el consumo humano.
- Características físicas y organolépticas
Estas son aquellas que se pueden detectar sensorialmente por medio de alguno de los sentidos como por ejemplo su color, su sabor, su olor. Estas se pueden detectar con una simple inspección visual o por medios analíticos de laboratorio.

En un análisis químico también se puede determinar el potencial de hidrogeno, que determina la acidez o alcalinidad del agua, también las

interferencias de los rayos luminosos que pasan a través del agua para rectificar el contenido de pequeñas partículas en suspensión.

Tabla X. **Características físicas y organolépticas del agua ideales para el consumo humano**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1 500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5 - 8,5 ^{(c) (d)}
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1 000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino - cobalto.
 (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
 (c) En unidades de pH.
 (d) Límites establecidos a una temperatura de 25 °C.

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR 29001. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones.* p. 6.

○ **Características químicas**

Son aquellas que se presentan debidas a elementos, compuestos o sustancias químicas dentro del agua.

El análisis químico permite determinar las cantidades de materia mineral y orgánica que contiene el agua las cuales pueden afectar su calidad. Y proporciona datos acerca del nivel de contaminación que posee el agua.

Tabla XI. **Características químicas del agua ideales del agua para el consumo humano**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	-----

(a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.

(b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR 29001. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones.* p. 7.

- **Características microbiológicas**

Estas son las que se originan por presencia de microorganismos o bacterias que determinan su calidad.

El análisis microbiológico o bacteriológico permite determinar la presencia de grupos coliformes totales y E. coli, los cuales son bacterias que se encuentran en los intestinos de los seres vivos.

Tabla XII. **Guía para verificación de la calidad microbiológica del agua**

Microorganismos	Límite Máximo Permissible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 mL de agua

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR 29001. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones.* p. 10.

- Muestreo

Para la toma de muestras de agua que se someterán a análisis fisicoquímico, y microbiológico, las cuales pueden ser tomadas directamente de las fuentes naturales como pozos, nacimientos, ríos, entre otras o también pueden ser tomadas de un sistema de abastecimiento de agua por el cual circula el agua que se quiere analizar. Para estas existe una norma establecida la COGUANOR NTG 29006. Agua para consumo humano. Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades.

Esta norma regula como debe de ser la toma de muestras para someterse a un examen bacteriológico y fisicoquímico muchas veces las muestras son tomadas con la técnica que el laboratorio recomienda. Pero que siempre están sujetas a las normas guatemaltecas para este caso.

Para realizar la toma de muestras de agua se debe de tomar en envases esterilizados y con tapón hermético con una capacidad mínima de cien mililitros para ello también se deben de seguir los siguientes pasos:

- Llenar el frasco ya sea desde la fuente natural o desde un chorro en una red de distribución de agua.
- Se debe dejar un espacio de aire para facilitar la agitación del mismo.
- Sellar el frasco con el tapón y fijar una cubierta protectora de papel sobre el tapón fijada con un cordón o un hule.
- Etiquetar el frasco.
- El transporte de los frascos de muestreo debe realizarse dentro de recipientes refrigerados como hielera con hielo.

5. PROGRAMA DE EDUCACIÓN Y CULTURA DEL AGUA

El planeta tierra está constituido aproximadamente por el 29 % de masa continental o tierra y 71 % de agua, el porcentaje de agua se divide en 97,5 % de agua salada y 2,5 % de agua dulce o agua potable, y casi el 70 % del agua potable no está disponible ya que se encuentra en estado sólido dentro de glaciares o hielo. La cantidad de agua disponible para el consumo de los seres vivos es muy poca por naturaleza, y la tasa de crecimiento de la población humana es exponencialmente alta.

El agua es un recurso fundamental en todos los ecosistemas, sirve como fuente de vida para los seres vivos, además para diversas actividades productivas de los seres humanos. Sin el agua no existiría la vida. Pero hoy en día los números indican que el porcentaje de agua en el planeta es escaso y cada vez más necesario debido al crecimiento de la población. De este problema surge la necesidad e importancia de la educación y cultura del uso del agua.

Con una buena educación sobre el uso del agua se pueden lograr grandes cosas, algunas veces basta solo con hacer conciencia a las personas de su importancia en la vida diaria y sus escasas y hoy en día es de suma importancia impartir educación ambiental sobre el uso del agua a los niños que desde una temprana edad crezcan con esa cultura y tener conciencia de que el agua vale más que el oro, que conozcan sobre los problemas que causa el desorden hidrológico derivado de las actividades humanas que cambian completamente el comportamiento de la naturaleza. Aunque la educación y cultura del uso del agua no es solamente para niños y niñas esto es algo que todas las personas deben de tener muy en cuenta y educarse unos a otros no importando la edad.

Para una educación ambiental sobre el uso del agua sea efectiva, se requiere de presentar un plan debidamente fundamentado ilustrativo y de interés para hacer reflexionar a las personas y entrar realmente con la conciencia de cada uno. Esto puede realizarse mostrando casos en los que se muestre claramente cómo afecta el mal uso del agua en el entorno más cercano de donde se esté trabajando, debido a actividades urbanas, rurales, productivas, domesticas, entre otras.

Una buena manera de inculcar el uso responsable del agua en niños y niñas, jóvenes y adultos es hacerles ver que se debe de controlar su uso teniendo en cuenta que es de vital importancia y no se debe de desperdiciar dicho recurso. Y hacer saber que de esta forma se contribuye mejorando la educación y se beneficia al planeta con tan solo aportar un grano de arena.

Cuando se habla de que el agua es poco segura debido a la contaminación que esta presenta y a su baja calidad, está directamente vinculada con la salud de las personas que la consumen, por ello se debe estar seguro la fuente de donde proviene el agua que es utilizada para el consumo. Cuando se consume agua con baja calidad puede provocar diferentes enfermedades como diarrea, problemas estomacales, enfermedades infecciosas entre otras.

El tener una formación sobre el uso de los recursos hídricos resulta ser una base educativa importante para controlar y gestionar los recursos de una forma adecuada. Por ello el hablar también de temas sobre un desarrollo sostenible en la comunidad, pueblo o país en el que se habita. En cierto punto el aprendizaje de una buena formación fomenta reflexión y a su vez cambios de comportamiento desde que la persona se da cuenta que existe un problema y quiere solucionarlo.

Es importante promover la sostenibilidad hídrica, los problemas en los que se encuentra los escasos de agua, los cuidados y las consecuencias que trae el mal uso de este recurso para ello se plantea este programa sobre la educación y cultura del uso del agua para los usuarios que utilizan el servicio de agua que suministra el sistema de abastecimiento del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería.

- A los estudiantes

La mayor cantidad de población que habita el edificio T3 de la Facultad de Ingeniería son los estudiantes, la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería se incrementa año con año. Los servicios sanitarios en horas pico suelen ser insuficientes para dar el servicio a los estudiantes en especial los servicios sanitarios de damas que, si bien haciendo un estudio de observación la mayoría del tiempo hay una fila para ocupar un lugar en los sanitarios, esto genera que se realicen de 30 a 40 descargas por hora en los baños de todos los niveles sin tomar en cuenta los baños de los hombres los cuales son de mayores dimensiones y con mayor número de mingitorios y sanitarios.

La ventaja del servicio sanitario de los caballeros es que desde hace aproximadamente 3 años los baños del edificio T3 cuentan con mingitorios ecológicos, los cuales no necesitan realizar descarga de agua después de su uso. Esta iniciativa ayuda a reducir los gastos en el consumo de agua de la facultad.

Tomando en cuenta que la población en la Facultad de Ingeniería ha incrementado, pero a su vez ha incrementado de una manera muy rápida la población del género femenino, en los años que se diseñó el edificio la población de mujeres en la facultad no representaba ni el 12 % de la población total y por

ello se diseñaron baños con dimensiones pequeñas. Hoy en día eso suele ser un problema por lo que se necesita habilitar más servicios sanitarios para damas en el edificio T3 de la Facultad de Ingeniería.

Por otro lado, se debe de hacer conciencia a los estudiantes sobre la importancia del uso del recurso del agua, como por ejemplo realizando conferencias y hacerlas de forma obligatorias para que se tenga una educación a los estudiantes que de cierta forma sería mucho más fácil hacerlos entender en razón de que se encuentran en la fase de aprendizaje para su vida.

- A los catedráticos

Los catedráticos de la Facultad de Ingeniería tienen un rol muy importante dentro de este programa de educación y cultura del agua, además de ser responsables de concientizarse sobre los cuidados del agua, también tienen el poder de educar a los estudiantes de las diferentes unidades de la facultad por medio de su don de docencia.

Para que esto ocurra primero que nada los catedráticos de la Facultad de Ingeniería se deben de instruir sobre cómo opera el sistema de abastecimiento de agua de la facultad, para ello se pueden auto instruir por medio de este trabajo de graduación o bien realizar programas sobre educación a los catedráticos para que sean ellos quienes principalmente den el ejemplo de cuidar el agua de la facultad. Luego que estén debidamente instruidos sobre la importancia de los cuidados del agua, puedan compartir el mensaje y capacitar a los estudiantes dentro de las aulas del mismo edificio, tomándose por lo menos uno o medio periodo de clases para hacer conciencia a los estudiantes y que juntos cuiden las instalaciones de la Facultad de Ingeniería.

- Al personal administrativo

El personal administrativo de la Facultad de Ingeniería son los que menos utilizan los servicios sanitarios del T3 dado que gran parte de dicho personal se encuentra ubicado en el edificio T4, pero a su vez dichos edificios comparten la misma red de abastecimiento de agua, por lo que al hablar de cualquier edificio de la Facultad de Ingeniería dentro del radio del T3 hace parte al mismo suministro de agua. Y es importante además hacer que el personal administrativo tome las mismas medidas de las demás personas al momento de utilizar los servicios sanitarios de su sector, además de tener un control de que realmente se esté impartiendo el programa de educación y cultura del uso del agua dentro de las instalaciones.

- Al personal de mantenimiento

Cuando se habla del personal de mantenimiento no se refiere únicamente a las personas que realizan la limpieza, sino que también a las personas encargadas de la seguridad y mantenimiento de la infraestructura de los edificios de la Facultad de Ingeniería. Por lo que tienen un papel muy importante dentro de este cuadro.

Primero se puede mencionar que las personas de limpieza son los que más utilizan el suministro de agua debido a sus actividades, por lo que es de suma importancia hacerles ver que el agua se debe cuidar y no desperdiciar en sus actividades que muchas veces se hace. Por otro lado, las personas de mantenimiento deben estar en constante monitoreo de los equipos que conforman los sistemas de drenajes y suministro de agua para garantizar que los sistemas están trabajando de manera adecuada. Además de velar así también

un monitoreo de las personas que desperdician el agua de una manera masiva para actividades que no tienen mucha relevancia.

- Al personal del laboratorio de hidráulica

En este caso se habla de las actividades que se realizan dentro del laboratorio de hidráulica que es utilizado para los cursos de mecánica de fluidos, hidráulica, hidráulica de canales, maquinas hidráulicas entre otros. Esta parte de la facultad presenta una demanda alta de consumo de agua considerando que sus actividades lo ameritan si bien es importante también conocer sobre como reutilizan el agua en el laboratorio, pero recomendar no tener un consumo de agua tan elevado únicamente por fines de observación del comportamiento del fluido.

CONCLUSIONES

1. En la Facultad de Ingeniería no se realiza ningún tipo de mantenimiento preventivo a ninguno de los componentes del sistema de abastecimiento únicamente se han implementado mantenimientos correctivos cuando alguno de los componentes falla.
2. Según los diagnósticos realizados a las tuberías, accesorios llaves y válvulas del sistema de distribución de agua del edificio T3, las cuales dentro de la distribución del edificio se encontraron en condiciones buenas en vista de que toda la línea de distribución de hg está protegida con pintura anticorrosiva lo que ha ayudado a que estos componentes no se dañen, caso contrario con las tuberías, accesorios, llaves y válvulas que conectan directamente a los pozos de donde se capta el agua (línea de conducción), estos elementos se encuentran en malas condiciones a consecuencia de que con el pasar del tiempo han sido expuestos a la corrosión por falta de un mantenimiento preventivo.
3. El funcionamiento de las bombas que abastecen el tanque de almacenamiento y distribución del edificio T3, hoy en día tienen un buen funcionamiento a pesar de la antigüedad de las mismas y la falta de mantenimiento (característica de las bombas sumergibles), presentan una eficiencia capaz de suministrar el tanque de agua alternándose una con otra automáticamente. Las bombas trabajan por lapsos de tiempo de 10 a 15 minutos una con una potencia de 30 caballos de fuerza y la otra con 25 caballos de fuerza. Aunque según las investigaciones realizadas estas ni reciben ningún tipo de mantenimiento predictivo solo reparaciones en el

momento de encontrar una falla. El uso de las bombas se mejoró una vez que se implementó el sistema de 2 bombas una para cada pozo, anteriormente solo estaba en funcionamiento una de ellas y la otra solo para emergencias.

4. Se determinó por medio de aforos en los lavamanos y chorros que existe un bajo caudal en los lavamanos de todos los niveles porque el caudal ideal debe de ser de aproximadamente 0,30 L/s, y según los aforos realizados se tiene un promedio de caudales de 0,10 L/s. Por otro lado, los chorros si cumplen con los 0,30 L/s que es lo ideal. El mal funcionamiento hidráulico que presentan los lavamanos de todos los baños del edificio se debe a que las mezcladoras y grifos que ya cumplieron con su periodo de vida útil, y muchas veces se desperdicia el agua por su mal funcionamiento. Caso contrario a los chorros pues son de mejor calidad y brindan caudales adecuados con buena presión.
5. En la sección 4.1.3. se logra observar graficas de los caudales vs los niveles del edificio y claramente muestran comportamientos para los lavamanos con mayor caudal en los niveles más altos y menor caudal en los niveles más bajos esto debido a que el tanque de almacenamiento se encuentra en la parte más alta del edificio, en el caso de los chorros y los filtros de agua es poca la diferencia considerando que solo se tomaron en los primeros dos niveles debido a que solo en estos niveles se tienen chorros y filtros.
6. Los mingitorios de los baños del T3 están dentro de un proceso de cambio con la finalidad de reducir el consumo de agua se cambiaron los mingitorios del primero segundo y tercer nivel por un sistema de mingitorio autosostenible los cuales no tienen ningún gasto de agua. Esta iniciativa

es un gran paso al cuidado del medio ambiente y servirá de ejemplo para otras facultades.

7. Debido a las múltiples etapas por la que tiene que pasar el agua para que sea debidamente purificada y a el sistema de control electrónico de llenado automático de los nuevos filtros de agua, el sistema brinda un caudal de servicio bastante pobre, y los tiempos de llenado de los recipientes suelen ser bastante largos según las pruebas de los aforos realizados al sistema.
8. El tanque de almacenamiento de agua cumple con los requerimientos mínimos de diseño. sin embargo, el recubrimiento interno con pintura se ha deteriorado con el tiempo y la escotilla de acceso permanece abierta la mayoría del tiempo esto permite a que entre en el tanque cualquier partícula que pueda contaminar el agua que circula por el edificio.
9. El cuarto de control de bombas y actual ubicación del pozo uno ubicado en la parte posterior del edificio T7 está en muy malas condiciones, lleva varios años sin ser remodelada en dicha bodega se encuentran los tableros de distribución y control eléctrico de las bombas, y la tubería de succión del pozo expuesta, el cableado de alimentación eléctrica de la bomba se pasa por el suelo sin ser protegida por nada.
10. La cubierta del pozo dos ubicada atrás del edificio T7, está cubierta sirve también como protección de la tubería que conecta directamente el pozo y la bomba, pero esta tubería se encuentra expuesta por lo que dicha cubierta no está en buenas condiciones.

RECOMENDACIONES

1. Para las tuberías que están conectadas directamente en los dos pozos de captación (línea de conducción), se debe aplicar un recubrimiento de alguna pintura acrílica especial para Hg para resanar los daños y la corrosión que tiene la tubería los accesorios y llaves que componen esta parte del sistema. De esta manera alargar la vida útil de los materiales realizando esto como un mantenimiento preventivo y a la vez correctivo dado que el estado físico actual está en malas condiciones y esto puede ocasionar daños en el funcionamiento hidráulico.
2. Para el sistema de bombeo hidráulico, seguir las indicaciones de propuestas de mantenimiento a realizar la sección 4.2 y en el caso de un problema grave contactar a un técnico especializado en bombas hidráulicas. Las inspecciones de monitoreo y control de funcionamiento hidráulico y eléctrico de bombas planteadas en esa sección se recomienda realizarlas al menos una vez al día puesto que el agua presenta irregularidades en su suministro diario. Y también se recomienda utilizar el manual de la bomba electro *sumergible* Manual para bombas sumergibles Hidrostral, operación y mantenimiento: Mantenimiento hidráulico sumergible. Sección 2.6. Este detalla todo lo relacionado con el tipo de bombas, mantenimiento, funcionamiento y uso adecuado.
3. Se debe continuar con la iniciativa ecología que la Facultad de Ingeniería ha realizado con los mingitorios y filtros de agua que han beneficiado a la facultad y al medio ambiente. Para que en un futuro se puedan cambiar

todos los mingitorios de los baños del edificio T3 y además cambiar las mezcladoras o grifos de los lavamanos de todos los baños debido a que están en malas condiciones por su uso durante todos estos años no permiten la obtención de un caudal adecuado y además hacen a que su mal funcionamiento hidráulico ocasione desperdicios de agua.

4. El tanque de almacenamiento de agua también necesita de mantenimiento, primero, aplicar nuevamente pintura especial, como algún impermeabilizante para revestimientos dentro del tanque, visto que con el tiempo esta se ha deteriorado en el fondo del tanque, realizar limpieza interna del tanque periódicamente al menos una vez al mes y para mejorar el funcionamiento hidráulico es recomendable cambiar la válvula de flote del tanque esto podrá regular los tiempos de operación y de descanso de las bombas y mejorará el funcionamiento hidráulico del sistema en general. Además de contar con una persona encargada de que la tapadera de la escotilla de acceso esté cerrada la mayoría del tiempo para evitar que el agua dentro del tanque se contamine.

5. Se debe de mejorar la bodega en donde se encuentra el pozo uno la infraestructura y el aspecto físico exterior e interior está en malas condiciones por lo que se pide una remodelación de los acabados externos e internos en muros, piso y techo, además se debe de canalizar y proteger el cableado de alimentación eléctrica de la bomba con tubería eléctrica y rediseñar el recorrido del cable. Por último, se recomienda reubicar todos los materiales que se tienen almacenados ya que la mala manipulación de los mismos puede dañar la tubería o el cableado eléctrico.

6. Reparar la cubierta del pozo dos debido a que en uno de los lados está quebrada la estructura de concreto que lo cubre y la tapadera y esto hace a que la tubería y las llaves queden expuestas y cualquier persona puede manipular las llaves.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 170 p.
2. COLLAZO CARBALLO, María Paula. *Manual de agua subterránea*. 1a ed. Montevideo, Uruguay: Producción Responsable, 2012. 121 p.
3. Comisión Guatemalteca de Normas. *Norma técnica guatemalteca, agua para consumo humano (agua potable)*. Guatemala: COGUANOR NTG 29001, 2010. 12 p.
4. Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y Saneamiento. Mantenimiento y reparación de tuberías y piezas especiales*. 1a ed. México, Ciudad de México: CONAGUA, 2009. 134 p.
5. FERNÁNDEZ FIGUEROA, Francisco Javier. *Guía general para el cálculo, instalación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 132 p.
6. GONZÁLEZ MELGAR, Rodolfo Estuardo. *Propuesta del servicio de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, bombas hidráulicas, filtros de agua y extintores de la Facultad de Ingeniería*.

Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 285 p.

7. HIDROSTAL. *Manual para bombas sumergibles Hidrostral, operación y mantenimiento: Mantenimiento hidráulico sumergible*. Sección 2.6. USA: Hidrostral, 2005. 180 p.
8. PÉREZ DEL CID, Bryan Oseas. *Planificación y propuesta metodológica para la rehabilitación de pozo mecánico utilizado en el aprovechamiento del agua subterránea*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 78 p.
9. SALVADOR DE LAS HERAS. *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. 1a ed. Barcelona, España: La Factoría de Recursos Docentes, 2011. 417 p.
10. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. *Historia*. [en línea]. <<https://www.ingeniería-usac.edu.gt/historia.php>> [Consulta: mayo de 2019].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla utilizada en campo para aforos de lavamanos
baño de hombres**

AFORO LAVAMANOS 1ER. NIVEL			
	Volumen (L)	Tiempo de llenado (s)	Caudal(L/S)
1	1	11,80	0,0847
2	1	9,35	0,1070
3	1	9,73	0,1028
4	1	11,10	0,0901
5	1	11,30	0,0885
6	1	8,98	0,1114
7	1	10,05	0,0995
8	1	10,20	0,0980
9	1	8,25	0,1212
10	1	10,25	0,0976
PROMEDIO			0,1001

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Tabla utilizada en campo para aforos de lavamanos
baño de mujeres**

AFORO LAVAMANOS 1ER. NIVEL			
	Volumen (L)	Tiempo de llenado (s)	Caudal(L/S)
1	1	11,50	0,0870
2	1	10,57	0,0946
3	1	10,89	0,0918
4	1	11,12	0,0899
5	1	11,87	0,0842
6	1	10,21	0,0979
7	1	8,89	0,1125
8	1	11,00	0,0909
9	1	10,88	0,0919
10	1	10,64	0,0940
PROMEDIO			0,0935

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla utilizada en campo para aforos de chorros
edificio T3**

AFORO CHORRO 1ER. NIVEL			
	Volumen (L)	Tiempo de llenado (s)	Caudal(L/S)
1	1	3,07	0,3257
2	1	3,53	0,2833
3	1	4,54	0,2203
4	1	3,89	0,2571
5	1	2,89	0,3460
6	1	4,03	0,2481
7	1	4,55	0,2198
8	1	3,40	0,2941
9	1	3,01	0,3322
10	1	2,10	0,4762
PROMEDIO			0,3003

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Tabla utilizada en campo para aforos de filtros edificio**

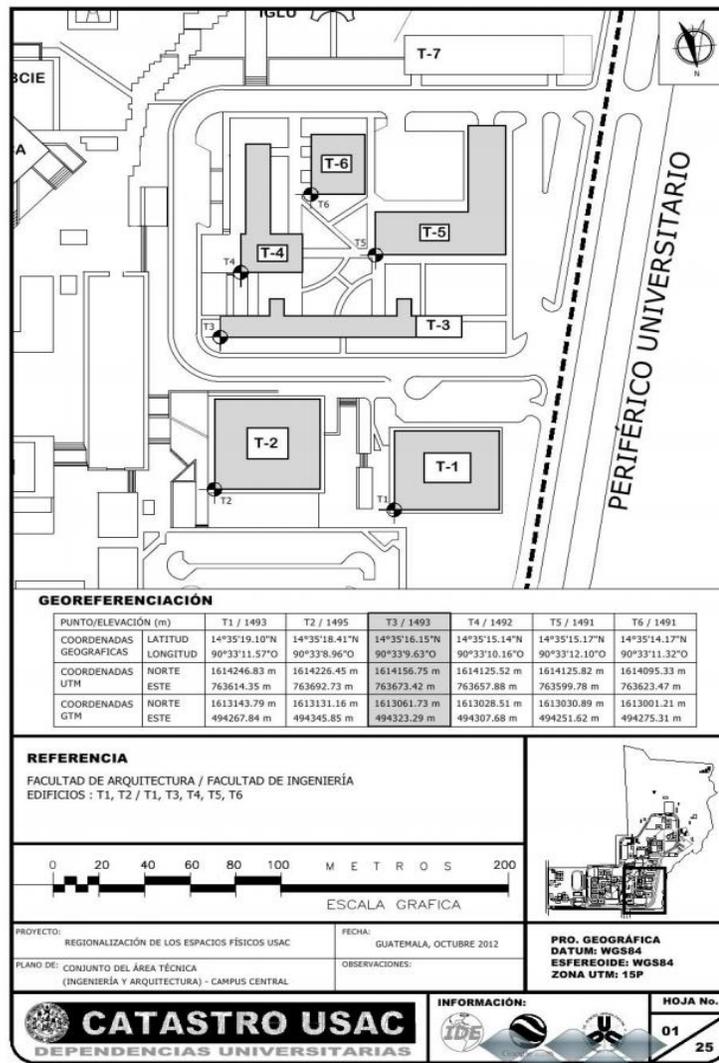
T3

AFORO FILTRO 1ER. NIVEL			
	Volumen (L)	Tiempo de llenado (s)	Caudal (L/S)
1	1	63,63	0,0157
2	1	50,21	0,0199
3	1	50,22	0,0199
4	1	48,66	0,0206
5	1	51,81	0,0193
6	1	54,34	0,0184
7	1	57,66	0,0173
8	1	46,80	0,0214
9	1	60,33	0,0166
10	1	62,15	0,0161
PROMEDIO			0,0185

Fuente: elaboración propia.

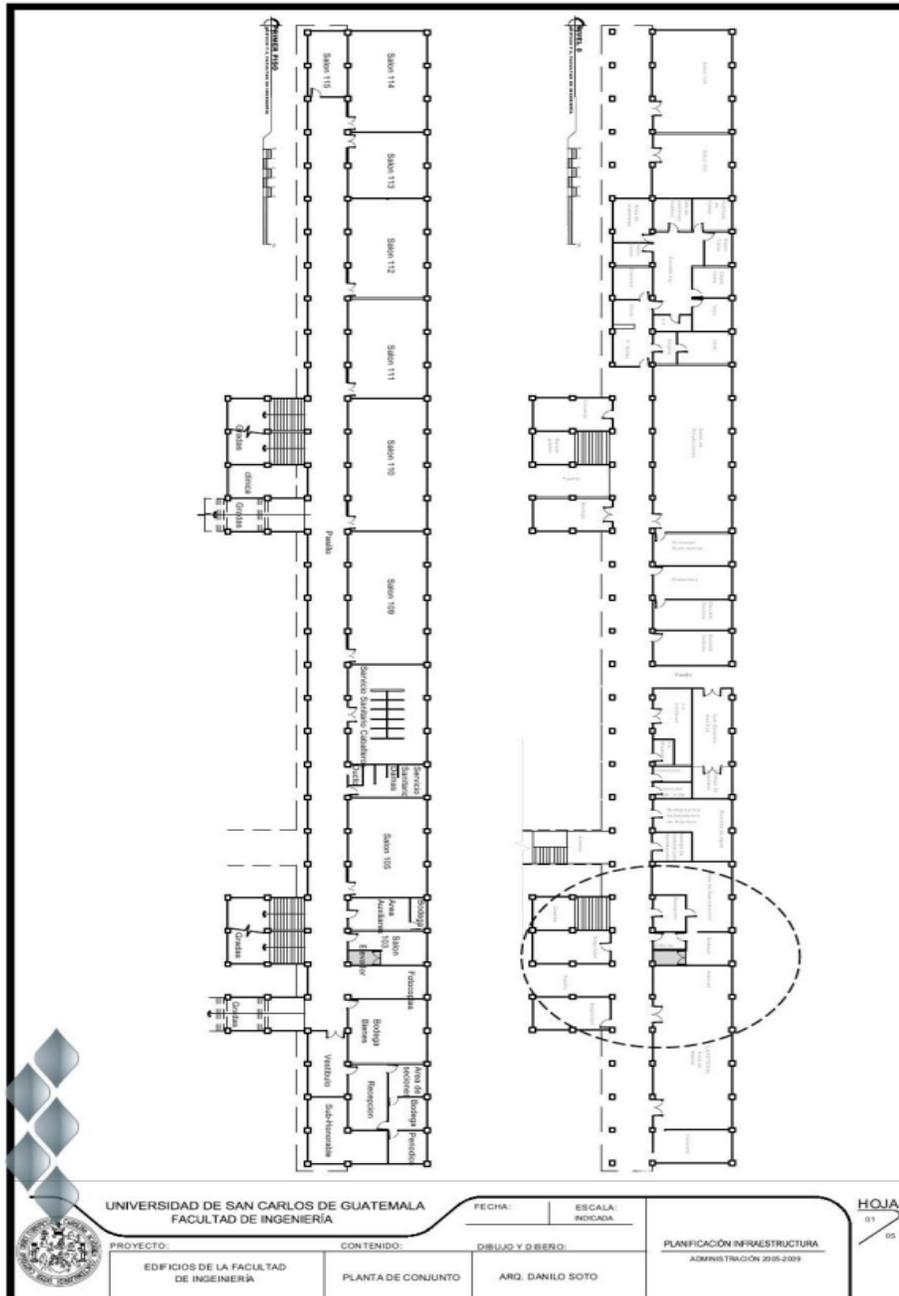
ANEXOS

Anexo 1. **Plano de conjunto del área técnica (ingeniería y arquitectura)**



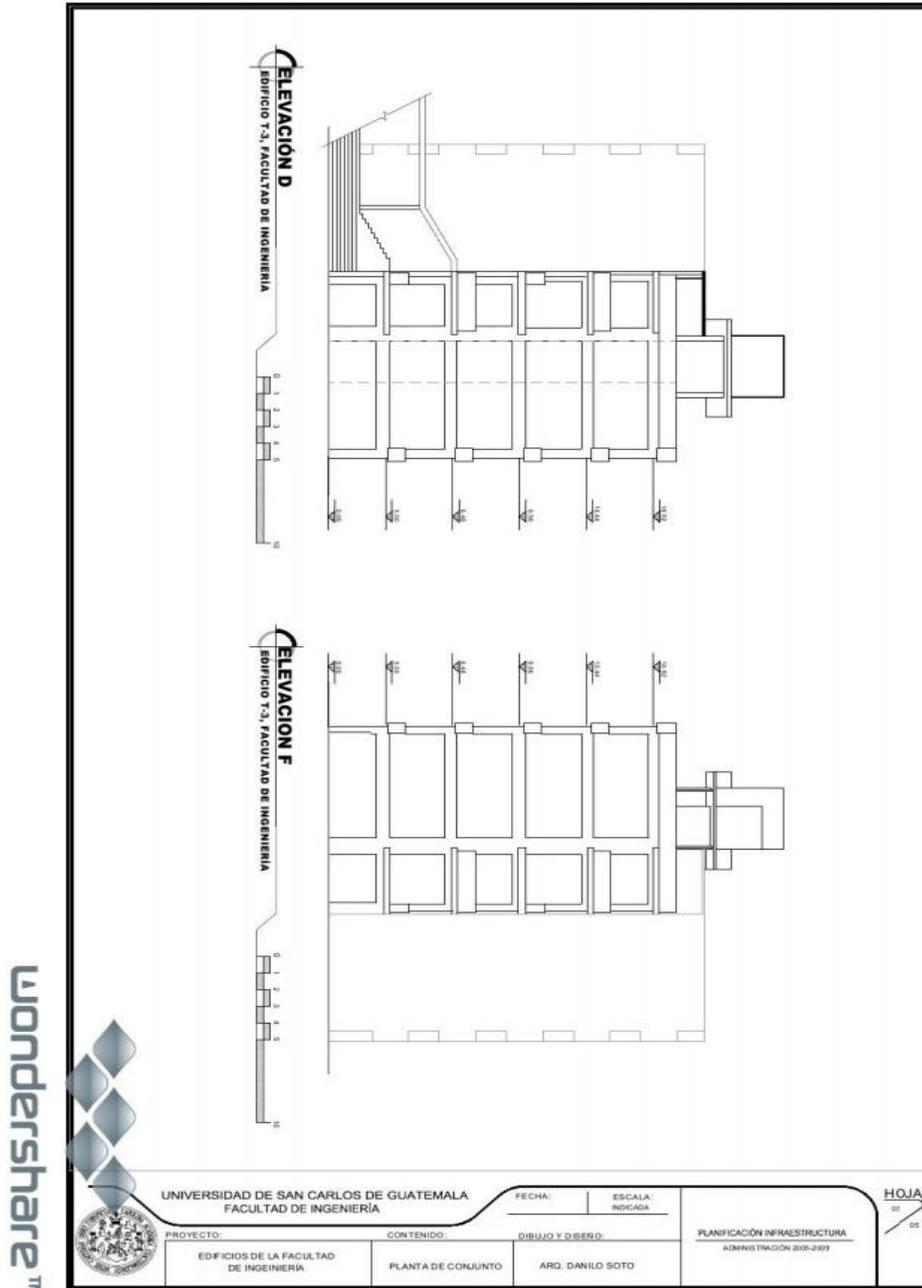
Fuente: SOTO CASTAÑEDA, Eduardo. *Diagnóstico y estudio de prefactibilidad de la rehabilitación del ascensor del edificio T-3, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.* p. 141.

Anexo 2. **Planta de facultad de ingeniería edificio T3**



Fuente: SOTO CASTAÑEDA, Eduardo. *Diagnóstico y estudio de prefactibilidad de la rehabilitación del ascensor del edificio T-3, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.* p. 142.

Anexo 3. **Plano de elevaciones facultad de ingeniería edificio T3**



Fuente: SOTO CASTAÑEDA, Eduardo. *Diagnóstico y estudio de prefactibilidad de la rehabilitación del ascensor del edificio T-3, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.* p. 146.

