



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

**ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS
EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Alcira Elizabeth Stephanie Garrido Pérez

Asesorada por el Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS
EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ
ASESORADA POR EL ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2022

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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel López Juárez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de abril de 2018.

Alcira Elizabeth Stephanie Garrido Pérez



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



Guatemala, 01 de febrero de 2022

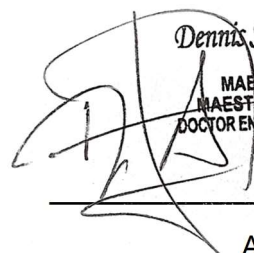
Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar:

Cumpliendo con lo resuelto con la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación: **ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante Alcira Elizabeth Stephanie Garrido Pérez, quien se identifica con numero de CUI 2446 90138 0101 y registro académico 201313674.

Considero 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

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Dennis Salvador Argueta Mayorga
INGENIERO CIVIL
MAESTRO EN INGENIERIA VIAL
MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA
DOCTOR EN CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD
COLEGIADO 8297

Asesor
Dennis Salvador Argueta Mayorga
Doctor en Cambio Climático y Sostenibilidad
Maestro en Ingeniería Sanitaria
Maestro en Ingeniería Vial
Maestro en Administración de Negocios (MBA)
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8297



Guatemala, 05 de febrero 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Directo de la Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala

Ingeniero Fuentes.

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de Graduación, **ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, de la estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil **Alcira Elizabeth Stephanie Garrido Pérez**, Registro Académico: **201313674**, como Asesor al **DR. ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica
Cc: Estudiante sucesores
Archiv

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado





LNG.DIRECTOR.055.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Alcira Elizabeth Stephanie Garrido Pérez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENS

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, marzo de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.137.2022

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: **ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DEL PARQUEO UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Alicia Elizabeth Stephanie Garrido Pérez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su infinito amor hacia mí, por guiarme cada día y por permitir culminar mi carrera. “Entonces entenderás el temor a Jehová, y hallarás el conocimiento de Dios. Porque Jehová da la sabiduría, Y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia” (Pr. 2, 5-6).

Mi mami

Estela Aurora Pérez Hernández. Por ser mi apoyo incondicional durante toda la vida, por tu maravilloso amor hacia mí, por enseñarme y guiarme por el camino del bien. Todo el esfuerzo que realizaste por mí, hoy se ve reflejado, te amo mami.

Mi hermano

Gustavo Adolfo Garrido Pérez. Por tu amor, tus palabras de ánimo y reflexión; el apoyo que me brindas y por estar presente en todo momento. Es un privilegio ser tu hermana.

Mi novio

Jorge Luis Casasola Lemus, por ser mi gran apoyo y respaldo durante toda la carrera universitaria; por el amor que me has demostrado cada día, este triunfo lo comparto contigo, confiando en Dios que será por el resto de vida, te amo.

Mi abuelito

Lisandro Pérez Santos, por estar presente durante toda mi vida, por quererme tanto, alentarme a estudiar y aprender todo lo posible para que me vaya bien en la vida como profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por guardarme y guiarme a lo largo de mi vida, y su eterno amor hacia mí.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por abrir sus puertas y permitirme ser parte de tan prestigiosa casa de estudios, por adquirir los conocimientos que me permiten ser una distinguida profesional sancarlista.
- Facultad de Ingeniería** Por permitir que fuera su estudiante, y pasar mis años de juventud formándome como una excelente profesional.
- Mi familia** Estela Pérez, Gustavo Garrido Pérez, Lisandro Pérez, Lucas Garrido y Gustavo Garrido Valdez por estar conmigo, por su apoyo, amor y cariño.
- Mi papá** Gustavo Garrido Valdez, por apoyarme, quererme y por darme la vida.
- Mis amigos** Pablo Valiente, Jamieth Mónzon, Tiffany Barrera, Nancy Lemus y Jorge Casasola, por estar conmigo y alentarme a seguir adelante.

Mi asesor

Dennis Salvador Argueta Mayorga, por haber sido mi catedrático, por ser un gran apoyo para la elaboración de este trabajo de graduación, gracias por su paciencia y por su cariño.

Mi colega

Jeffrey Argueta, por ser el primero en creer en mi capacidad laboral, el apoyo brindado y por enseñarme a desenvolverme en el ámbito profesional.

Mis catedráticos

Gabriel Ordoñez, Guillermo Melini y Dennis Argueta, por haber sido parte de mi formación académica universitaria y haberme enseñado a ser una profesional con principios y valores, gracias por transmitir sus conocimientos.

Mis compañeros de estudio

Josabeth González, Ester Rivas y Kevin Werner por motivarme y ayudarme a culminar mi carrera profesional.

Mis compañeros de trabajo

Pablo Noriega, Daniel González y Julio Obiols, por insistirme a culminar mi carrera universitaria de pregrado y por enseñarme a desenvolverme como una profesional en el trabajo de campo.

	1.2.2.1.	Pluviómetro.....	10
	1.2.2.2.	Pluviógrafo.....	10
1.2.3.		Intensidad de lluvia y duración.....	11
1.2.4.		Período de retorno.....	11
	1.2.4.1.	Inundaciones	12
1.2.5.		Escorrentía	13
	1.2.5.1.	Escorrentía superficial o directa	14
	1.2.5.2.	Escorrentía hipodérmica o subsuperficial.....	14
	1.2.5.3.	Escorrentía subterránea	14
1.2.6.		Curvas IDF	14
1.2.7.		Método racional	18
	1.2.7.1.	Coeficiente de escorrentía	19
		1.2.7.1.1. Tiempo de concentración	22
	1.2.7.2.	Intensidad de lluvia	25
	1.2.7.3.	Área por drenar.....	27
1.2.8.		Método de Burkli Ziegler	28
1.2.9.		Método de Mac Match	29
1.3.		Normas de diseño drenaje pluvial	29
	1.3.1.	Período de diseño	30
	1.3.2.	Desfogue	30
	1.3.3.	Caudal de diseño.....	31
	1.3.4.	Diseño de secciones y pendientes	31
		1.3.4.1. Ecuación de Manning	31
		1.3.4.1.1. Radio hidráulico	32
	1.3.4.2.	Pendientes.....	33
		1.3.4.2.1. Cotas <i>Invert</i>	33
	1.3.5.	Diámetros mínimos.....	36

1.3.6.	Velocidad máxima y mínima	36
1.3.7.	Profundidad de las tuberías	36
1.3.8.	Relaciones hidráulicas	37
1.3.8.1.	Ecuación de continuidad	37
1.4.	Cambio climático en Guatemala	40
2.	ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE.....	43
2.1.	Sistema de drenaje pluvial existente.....	43
2.2.	Descripción del sistema del drenaje pluvial existente	44
2.3.	Topografía	45
2.3.1.	Planimetría.....	46
2.3.2.	Altimetría.....	46
2.3.3.	Agrimensura	46
2.4.	Replanteo topográfico del drenaje pluvial existente y equipo topográfico utilizado.....	46
2.5.	Componentes del drenaje pluvial existente.....	47
2.5.1.	Pozos de visita drenaje pluvial PVP	47
2.5.2.	Tragantes tipo rejillas existentes	48
2.5.2.1.	Otras conexiones	50
2.5.3.	Diámetros de tubería existente	50
2.5.4.	Pendientes de tubería	51
2.5.5.	Velocidad de flujo en tuberías	52
3.	REDISEÑO DRENAJE PLUVIAL	53
3.1.	Descripción del proyecto.....	53
3.2.	Delimitación de la zona.....	53
3.3.	Áreas de influencia	54
3.4.	Puntos de desfogue.....	54
3.5.	Tiempo de concentración.....	56

3.6.	Intensidad de lluvia para el cálculo.....	56
3.7.	Área tributaria.....	57
3.8.	Coeficiente de escorrentía.....	59
3.9.	Determinación del caudal pluvial.....	60
3.9.1.	Memoria de cálculo para propuesta drenaje pluvial.....	60
3.9.2.	Memoria de cálculo para propuesta tragante tipo rejilla.....	70
3.10.	Presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente.....	82
3.11.	Integración de precios unitarios para el presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente.....	84
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		105
APÉNDICES		109
ANEXOS		145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Alcantarillado sistema combinado	2
2.	Sistema de alcantarillado pluvial	5
3.	Tipos de tragantes	7
4.	Ciclo hidrológico	8
5.	Registro de un pluviógrafo	10
6.	Familia de curvas intensidad, duración y frecuencia	16
7.	Mapa de isoyetas para la precipitación media anual de la República de Guatemala	17
8.	Tiempo de concentración de una cuenca	23
9.	Tiempos de entrada y de traslado en tubería	24
10.	Curvas IDF, estación INSIVUMEH	26
11.	Cuenca de drenaje y sistema drenaje pluvial	28
12.	Esquema cotas <i>invert</i> de entrada y salida	34
13.	Tubería circular, sección llena y sección parcial.....	39
14.	Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares.....	40
15.	Cambio climático natural	42
16.	Cambio climático antropogénico	42
17.	Parqueo vehicular inundado entre los edificios T1, T2 y T3, Campus Central USAC	43
18.	Ubicación drenaje pluvial Facultad de Ingeniería, USAC.....	44
19.	Parqueo vehicular de la Facultad de ingeniería.....	45
20.	Red general drenaje pluvial USAC, desfogue Facultad de Ingeniería, Descarga 1.....	55

21.	Ejemplo trazo de áreas tributarias para diseño del drenaje pluvial - Facultad de Ingeniería	59
22.	Obtención de datos del tramo inicial de los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014	61
23.	Áreas tributarias de los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014.....	62
24.	Cotas <i>invert</i> de entrada y de salida en los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014	68
25.	Área A1 para obtención de tragantes tipo rejilla que va del PVP-1015 al PVP-1014	71
26.	Espejo de agua en tragantes de A1	73
27.	Depresión de la entrada del tragante	76

TABLAS

I.	Algunas formas de precipitación	9
II.	Coeficiente de escorrentía según el período de retorno.....	21
III.	Coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie	21
IV.	Tiempos iniciales de concentración en tramos iniciales	25
V.	Parámetros de ajuste curvas IDF.....	27
VI.	Casos por considerar de cotas <i>invert</i>	35
VII.	Especificaciones para las relaciones hidráulicas	37
VIII.	Parámetros relaciones hidráulicas	38
IX.	Pozos de visita drenaje pluvial PVP, edificio T3, Facultad de Ingeniería USAC.....	48
X.	Tragantes tipo rejilla drenaje pluvial PVP, edificio T3, Facultad de Ingeniería USAC.....	48
XI.	Diámetros de tuberías drenaje pluvial, edificio T3, Facultad de Ingeniería USAC.....	50

XII.	Pendientes de tuberías drenaje pluvial, Facultad de Ingeniería USAC	51
XIII.	Áreas de influencia del drenaje pluvial Facultad de Ingeniería	54
XIV.	Datos de la cuenca María Linda.....	60
XV.	Datos de la estación de la cuenca María Linda 2	70
XVI.	Presupuesto drenaje pluvial Facultad de Ingeniería – USAC	83
XVII.	Presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qd	Caudal de diseño
Q	Caudal sección llena
c	Coefficiente de escorrentía
Cose	Coseno del ángulo
Φ	Diámetro
Ha	Hectárea
=	Igual
I	Intensidad de lluvia
L	Litros
L/s	Litros por segundo
m	Longitud en metros
>	Mayor que
≤	Menor igual que
<	Menor que
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetro
mm/h	Milímetro por hora
mín	Mínimo
min	Minutos
≠	No es igual
n.º	Número

π	Número Pi
S%	Pendiente de terreno en porcentaje
SL	Pendiente de terreno longitudinal
Sx	Pendiente de terreno transversal
m/m	Pendiente del gradiente hidráulico
%	Porcentaje
PVP	Pozo de visita
“	Pulgada
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
Senθ	Seno del ángulo
Tc	Tiempo de concentración
PVPT	Tragante tipo rejilla
v	Velocidad del flujo
V	Velocidad a sección llena

GLOSARIO

Antropogénico	Efecto ambiental provocado por la acción del hombre, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.
Cause	Lugar físico donde fluye el agua en su curso.
Condensación	Cambio del estado físico de una sustancia del estado gaseoso al líquido.
Cuenca	Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia el mar por una única desembocadura.
Desfogue	Encausa las aguas pluviales de una propiedad hacia un cuerpo receptor.
Erosión	Desgaste y modelación de la corteza terrestre causados por la acción del viento, la lluvia, los procesos fluviales, marítimos y glaciales, y por la acción de los seres vivos.
Evaporación	Proceso físico en el cual una sustancia líquida pasa lenta y gradualmente al estado de vapor, pasando del estado de la materia líquido al gaseoso.

Evapotranspiración	Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.
Geofísica	Rama de la geología se encarga de analizar la Tierra a partir de la perspectiva de la física, teniendo en cuenta la historia del planeta, su estructura y otros factores.
Gradiente hidráulico	Pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua.
Hidrología	Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua continental y marítima, su distribución y circulación en la superficie de la Tierra, en el suelo y en la atmósfera.
Infiltración	Es la capacidad del suelo de absorber la precipitación o la irrigación. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Isoyeta	Es una isolínea que, en un mapa meteorológico, une los puntos en los que se registra una misma cantidad de precipitación durante un tiempo determinado.

Microsurcos	Se forman inmediatamente de iniciado el flujo laminar, apareciendo en suelos con mayor pendiente ubicados por lo general a partir de la media loma.
Nivel freático	Distancia concreta que hay entre el nivel del agua subterránea y la superficie, en este lugar la presión del agua es equivalente a la presión atmosférica
Nubosidad	Estado de la atmósfera en el que el cielo aparece cubierto de nubes, en mayor o menor grado. Se mide mediante la observación de la porción de cielo cubierto y el tipo de nubes.
Porosidad	Propiedad de un material vinculada a los espacios vacíos de los que dispone en su superficie, el suelo cuenta con poros microscópicos y poros macroscópicos donde se aloja el agua y el aire.
Rugosidad	Parámetro que determina el grado de resistencia de las paredes de la tubería y fondo del canal al flujo del fluido.

RESUMEN

En el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala existe una red general de drenaje pluvial, que se encuentra subdivida en sectores dependiendo del punto de descarga (desfogue). En los últimos años para la época de invierno el drenaje pluvial existente que se encuentra ubicado en el parqueo vehicular entre los Edificios T1, T2, y T3 no ha sido capaz de recibir adecuadamente las intensidades de la precipitación lluvia.

Las modificaciones de obra gris que se han realizado en el parqueo, y en áreas de los edificios aledaños en los últimos años, se considera que han afectado el diseño original del drenaje pluvial y la falta de mantenimiento hace que en época de invierno sature el drenaje pluvial existente.

En el presente trabajo se evaluará el diseño del drenaje pluvial existente utilizando el método racional para el cálculo del caudal de lluvia y se realizará un análisis para evaluar si es necesario realizar mejoras en el diseño actual tomando en consideración los parámetros y normas para el diseño hidráulico.

La propuesta de mejoramiento para el diseño de drenaje pluvial existente debe cumplir con las condiciones del área en estudio con el tipo de material a utilizar, los diámetros y pendientes de las tuberías para el diseño hidráulico, también se debe evaluar la capacidad de los tragantes tipos rejilla existentes del drenaje pluvial para la presentación de la propuesta del diseño, juego de planos y un presupuesto para el proyecto.

OBJETIVOS

General

Analizar y rediseñar el drenaje pluvial del parqueo ubicado entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Aplicar los métodos hidrológicos para la estimación de caudal de lluvia.
2. Evaluar la capacidad que posee el drenaje pluvial existen en el sector del parqueo de automóviles entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Realizar un nuevo diseño de drenaje pluvial para el parqueo de automóviles entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Se presenta un análisis para el drenaje pluvial existente ubicado en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado entre los edificios llamados T1, T2 y T3, para presentar un diseño hidráulico mejorado para las condiciones actuales.

En el primer capítulo se presentan los conceptos generales que ayudaran a conocer las partes en las que está conformado un sistema de drenaje pluvial, el método racional como método para estimar el caudal de lluvia y las normas y parámetros de diseño que el INFOM y EMPAGUA solicitan para el cumplimiento de diseños en los proyectos de drenajes o también llamados alcantarillados.

En el segundo capítulo se describe la situación actual del drenaje pluvial de estudio, como; los pozos de visita, los tragantes tipo rejillas, el material de las tuberías, la longitud, los diámetros, las pendientes, áreas de influencia y topografía que conforma el sistema de drenaje en estudio.

En el tercer capítulo se evalúa la capacidad del diseño del drenaje pluvial existente mediante los conceptos aprendidos en el capítulo 1, y se propone una mejora en el diseño actual para que el sistema pueda funcionar apropiadamente, mediante correcciones realizadas con una hoja de cálculo hidráulico, juego de planos y un presupuesto estimado del costo con los trabajos de construcción posibles a ejecutar.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1. Alcantarillado

Se le llama alcantarillado o drenaje al sistema de tuberías y estructuras utilizadas para el transporte de aguas residuales (drenaje sanitario), o las aguas de lluvia (drenaje pluvial), desde el lugar en que se generan hacia donde el cauce es vertido a una instalación para su debido tratamiento.¹

Los sistemas de alcantarillado o drenaje “son obras de infraestructura urbana y son sistemas productivos que minimizan los riesgos en la salubridad, la seguridad y la movilidad pública causados en las alteraciones en el medio natural por el proceso de urbanizaciones”.²

1.1.1. Tipos de sistemas de alcantarillados

Los sistemas de alcantarillado o drenaje pueden ser de dos tipos: separados o combinados.

1.1.1.1. Sistema separado

Este sistema se utiliza para transportar independientemente las aguas residuales que conforman el drenaje sanitario, de las aguas provenientes de la

¹ RODRÍGUEZ, Héctor. *Rehabilitación de sistemas de alcantarillado*. p 21.

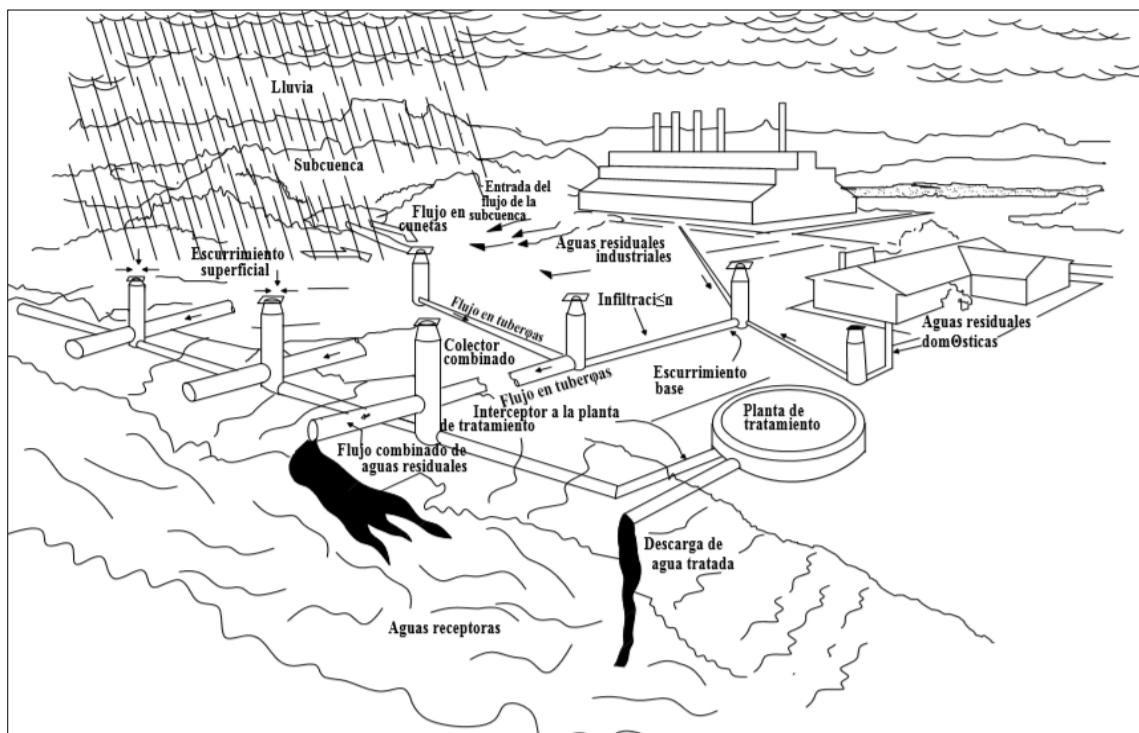
² *Ibíd.* p. 22.

precipitación atmosférica que conforma el drenaje pluvial. Para posteriormente ser tratadas de diferente manera.³

1.1.1.2. Sistema combinado

En este sistema las aguas residuales y las aguas pluviales se reúnen y transportan en la misma tubería hacia el lugar donde serán tratadas.

Figura 1. Alcantarillado sistema combinado



Fuente: Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. p. 7.

³ RODRÍGUEZ, Héctor. *Rehabilitación de sistemas de alcantarillado*. p. 21.

1.1.2. Componentes de un sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado o drenaje son conductos o tuberías que están enterradas por lo general a la mitad de las calles de una comunidad urbana. Un sistema de drenaje convencional está conformado generalmente por los siguientes componentes:

1.1.2.1. Ramales principales o tuberías centrales

Son los conductos que, colectan las aguas sanitarias, pluviales o ambas, y se encuentran situadas al centro de las calles.⁴

1.1.2.2. Ramales secundarios

Son los conductos que reciben las aguas sanitarias, pluviales o ambas, provenientes de las residencias, instituciones, fábricas, etc., y que son conectados directamente a los ramales principales.⁵

1.1.2.3. Ramales colectores o interceptores

Son los conductos que colectan las aguas sanitarias, pluviales o ambas, provenientes de los ramales principales, los cuales generalmente están situados a mayores profundidades que estos.⁶

⁴ Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. p. 189.

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.*

1.1.2.4. Colectores madres o principales

Son los conductos que colectan las aguas sanitarias, pluviales o ambas, provenientes de los ramales colectores, y que los conducen a plantas de tratamiento o a su disposición final en las cañadas de desfogue.⁷

1.1.2.5. Pozos de visita

Son estructuras construidas con el objetivo de proporcionar acceso a los ramales principales y a los colectores, con el propósito de inspeccionar y limpiarlos.⁸

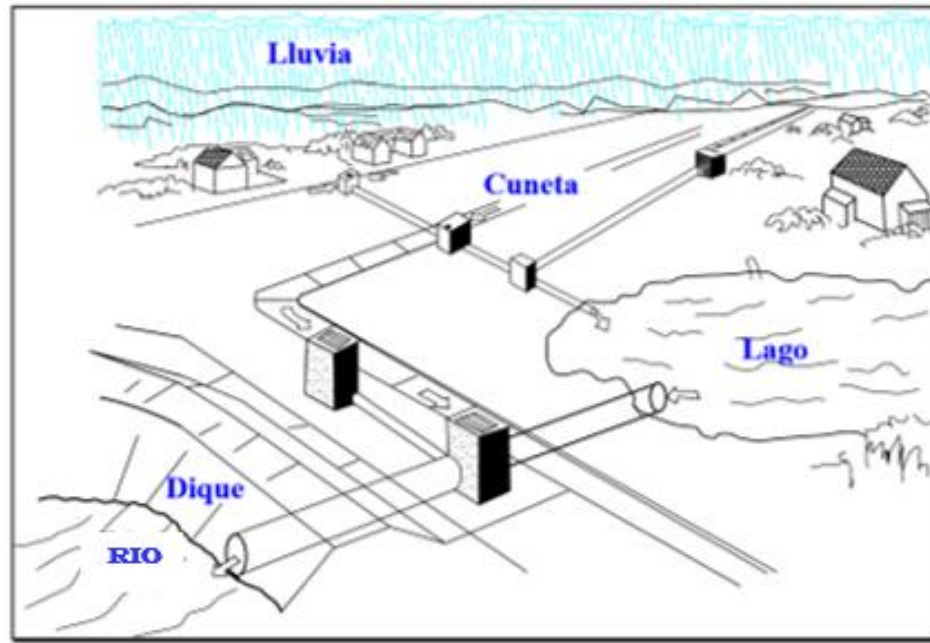
Los pozos de visita se diseñan para drenajes pluviales en los casos siguientes:

- Al inicio de un tramo de tubería
- En las intersecciones de dos o más tuberías
- En tramos rectos a distancias no mayores de cien metros
- En tramos curvos a distancias no mayores de treinta metros
- En cambios de pendientes, dirección del flujo y en cambios de diámetros de tubería.

⁷ Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. p. 189.

⁸ Ibid.

Figura 2. **Sistema de alcantarillado pluvial**



Fuente: Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. p. 7.

1.1.2.6. **Pozos de caída o registro**

Son estructuras construidas con el objeto de conectar los ramales principales con los ramales colectores, o estos con los colectores madres, los cuales tienen acceso desde la superficie.⁹

1.1.2.7. **Cajas de unión**

Son transiciones hidráulicas construidas con el objeto de unir dos o más ramales colectores con los colectores madres.¹⁰

⁹ Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. p. 189.

¹⁰ *Ibíd.*

1.1.2.8. Tragantes

Son las aberturas que se encuentran en las superficies de las calles o en los bordillos, y dan acceso a las aguas pluviales a los tubos de drenaje.¹¹

Estas obras son de uso exclusivo de los alcantarillados pluviales y pueden ser:

- Tragantes de acera (ventana)
- Tragantes de rejilla transversal
- Tragantes de rejilla longitudinal

Su función específica es captar el escurrimiento superficial las aguas de lluvia para conducir las hacia las alcantarillas. Los tragantes colocados en las calles se usan para evacuar el agua de lluvia y prevenir posibles inundaciones en las vías de tráfico y donde circulen peatones.

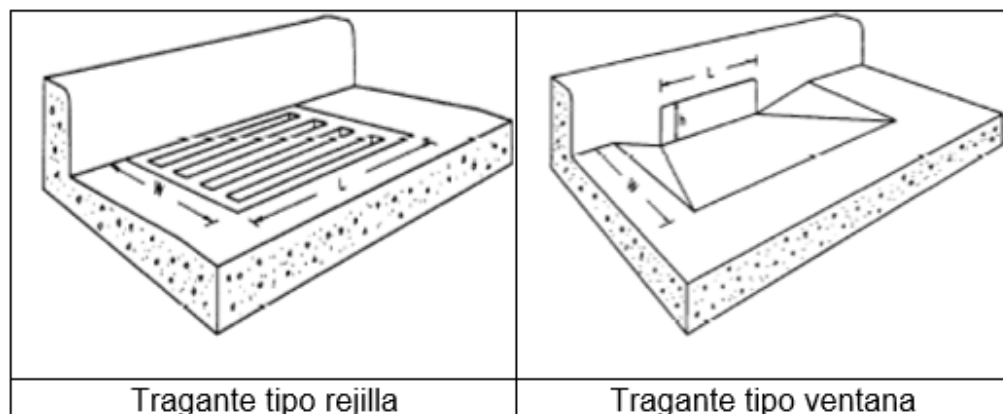
Es preferible descargar los tragantes directamente a los pozos de visita, ya que, esto permite una mejor limpieza e inspección. Existen recomendaciones o condiciones que se deben cumplir para la localización de tragantes:

- Se deben colocar de tres a cinco metros al final de cada cuadra en dirección de la pendiente.
- Cuando el tirante de agua es de diez centímetros.

¹¹ Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. p. 190.

- Se pueden poner en puntos intermedios de las cuadras cuando se compruebe que el tirante de agua alcanza y supera los diez centímetros.
- Se deben colocar únicamente en calles pavimentadas con bordillo, en las calles que se pavimentarán y cuando se tenga información de la rasante.
- Por lo menos cien metros aguas abajo de una calle pavimentada.

Figura 3. **Tipos de tragantes**



Fuente: National Highway Institute. *Urban drainage design manual*. p. 4-30.

1.2. **Métodos hidrológicos para la estimación de caudal de lluvia**

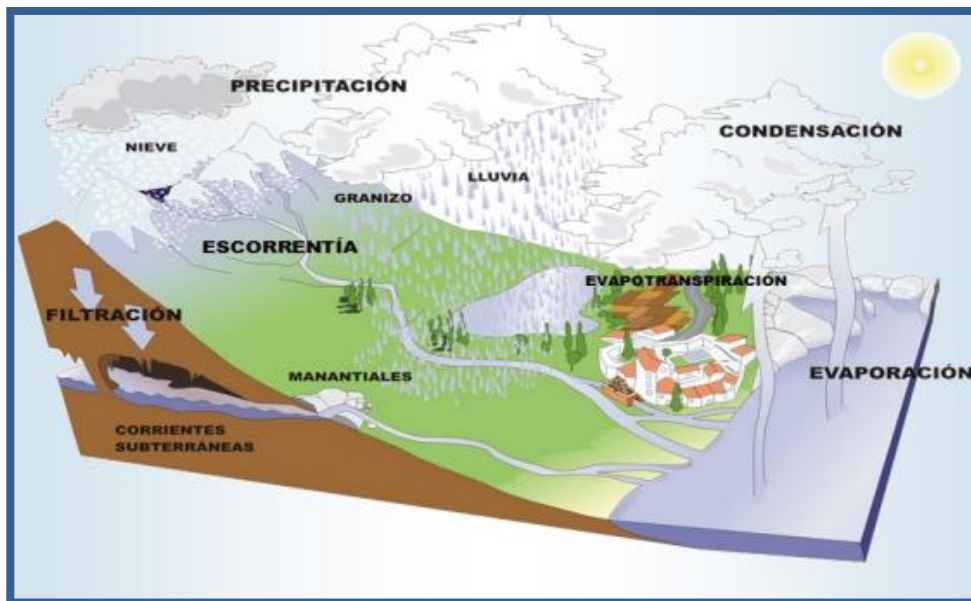
Para una mejor comprensión del desarrollo de los métodos hidrológicos se necesita conocer algunos conceptos previos para un mejor entendimiento.

1.2.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es conocido como el comienzo del estudio de la hidrología, donde se visualiza iniciándose por la evaporación del agua en los océanos. “El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación”.¹²

Las fases del ciclo hidrológico en la Tierra son: la evaporación, evapotranspiración, condensación, precipitación, la infiltración y la escorrentía.

Figura 4. **Ciclo hidrológico**



Fuente: Global Water Partnership. *Ciclo hidrológico*.

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrológico.pdf. Consulta: 13 de mayo de 2018.

¹² KOHLER PAULUS, Linsley. *Hidrología para ingenieros*. p. 1.

1.2.2. Precipitación

La precipitación es uno de los componentes del ciclo hidrológico, definido como el producto de la condensación del vapor de agua que cae de la atmósfera (nubes) y se deposita en la superficie terrestre.¹³

La precipitación se clasifica según la fase en la que se encuentra el agua:

Tabla I. **Algunas formas de precipitación**

Fase	Descripción y dimensión
Lluvia	<ul style="list-style-type: none">• Gota de agua diámetro > 0,5mm.• Gotas de agua más pequeñas, pero más espaciadas.
Granizo	Son fragmentos de hielo, con un diámetro de 5mm a 50mm o incluso superior.
Nieve	Son cristales de hielo, la mayoría son ramificados o a veces estrellados.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La medición de la precipitación se expresa en términos de la altura o espesor de una capa de agua precipitada, donde se supone que no se infiltra ni se evapora y se distribuye uniformemente en un área determinada de la superficie terrestre en unidades lineales, generalmente en milímetros.

Los instrumentos más utilizados para la medición de la precipitación de lluvia son:

¹³ INSIVUMEH. *Lluvia*. <http://www.insivumeh.gob.gt/lluvia/>. Consulta: 14 de mayo de 2018.

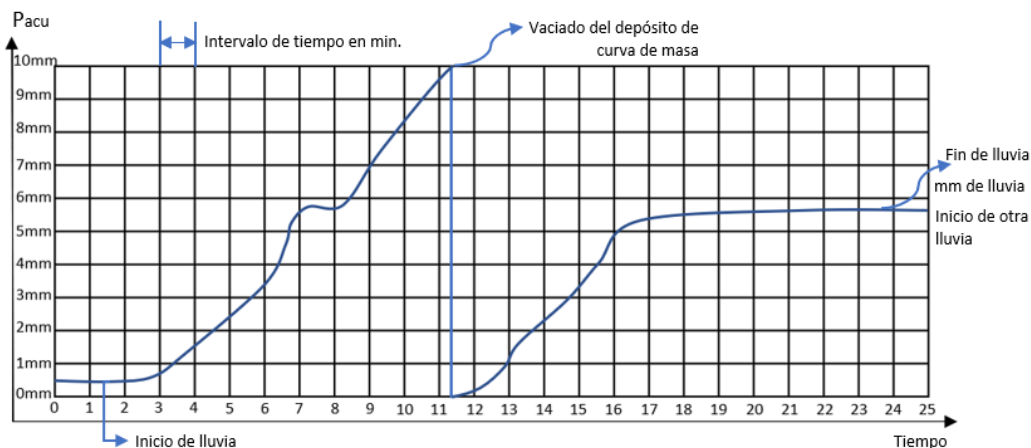
1.2.2.1. Pluviómetro

Es un indicador simple de la lluvia precipitada. Consiste en un recipiente especial cilíndrico, con una escala graduada en donde todas las marcas están a igual distancia entre sí. La altura del agua que llena el recipiente es equivalente a la precipitación y se mide en mm.¹⁴

1.2.2.2. Pluviógrafo

Este instrumento consta de un tambor giratorio que gira a una velocidad constante, donde arrastra un papel graduado. En la abscisa se tiene el tiempo y en la ordenada la altura de precipitación pluvial. Se registra por medio de una pluma que es accionada por un flotador, moviéndose verticalmente, marcando en el papel la altura de la lluvia.

Figura 5. Registro de un pluviógrafo



Fuente: Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. p. 74.

¹⁴ LOBIOS, Meteo. *Lluvia*. <http://www.meteolobios.es/lluvia.htm>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

1.2.3. Intensidad de lluvia y duración

Es la precipitación de lluvia acumulada por unidad de tiempo, usualmente se expresa en milímetros por hora (mm/h) y la duración es el intervalo de tiempo que tarda la precipitación y es expresado en minutos. Los dos conceptos están asociados entre sí.

La relación que existe entre la precipitación y la duración se mide por medio de las bandas del pluviógrafo, donde se representa en una gráfica las precipitaciones e intensidades máximas y medias, por día y por año.

1.2.4. Período de retorno

Las lluvias violentas pueden ocasionar importantes daños en la urbanización como: degradación de la estructura del suelo, erosión o inundaciones, por lo anterior mencionado es importante conocer la intensidad máxima de la tormenta que ha ocurrido para estimar la probabilidad de a cada cuánto tiempo puede volver a ocurrir dicha tormenta.

El período de retorno o de recurrencia (T) es el intervalo medio expresado en años en el que un valor extremo alcanza o supera al valor X, al menos una sola vez. El estudio de la precipitación máxima es más interesante en períodos de tiempo más cortos como los de 24 horas donde se debe recurrir a un sistema de estimación.

Las precipitaciones máximas en 24 horas se indicarán lo siguiente:

- El número de años de la serie analizada y la serie de años, para cada mes la precipitación máxima en 24 horas producida en todos los años de la serie en dicho mes.
- El número de veces que la precipitación máxima se ha producido en dicho mes en los años de la serie, para poder determinar en qué meses se suelen producir las precipitaciones máximas.

El estudio se complementará con el análisis de las precipitaciones máximas probables y sus períodos de retorno. Es importante mencionar que el período de retorno será mayor cuanto mayor sea la importancia y la repercusión social, ecológica y económica de la obra.¹⁵

1.2.4.1. Inundaciones

Una inundación se provoca cuando el suelo pierde la capacidad de absorber el agua de lluvia, produciendo grandes acumulaciones de agua en la superficie. Si hay una corriente fuerte de un río o una quebrada, y el volumen de agua sobrepasa el cauce natural, también está ocurriendo una inundación.¹⁶

Pueden ser provocadas por diferentes fenómenos atmosféricos como:

- Ondas tropicales: son un tipo de vaguada, es decir, un área alargada de relativa baja presión orientada de norte a sur.

¹⁵ OCW. *Precipitación*. <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/PRECIPITACIONES-MAX-24-h-Y-PER-DE-RETORNO.pdf>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

¹⁶ EcoExploratorio. *Inundaciones*. <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/>. Consulta: 21 de mayo de 2019.

- Frentes fríos o estacionarios: es una franja de inestabilidad que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente.
- Ciclón tropical: es un sistema tormentoso caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión que produce fuertes vientos y abundante lluvia.

Estos fenómenos meteorológicos pueden producir lluvias intensas o prolongadas, poniendo en riesgo las urbanizaciones por lo que debe de existir un control para las inundaciones.

Se le llama control de inundaciones a toda aquella obra que tiene por objeto evitar las inundaciones en zonas urbanas. Para prevenir las inundaciones causadas por fuertes lluvias se necesita contar redes de alcantarillado pluvial para evacuar el agua precipitada y no dañar las urbanizaciones.

1.2.5. Escorrentía

La escorrentía también conocida como escurrimiento o aliviadero es una corriente de agua proveniente de la precipitación, que fluye sobre la superficie terrestre cuando es superada la capacidad de infiltración y evaporación. La escorrentía alimenta las corrientes superficiales, continuas o intermitentes, de una cuenca.

Existen diferentes tipos de escorrentías dependiendo su origen:

1.2.5.1. Escorrentía superficial o directa

Es la precipitación que no se infiltra en ningún momento provocando principalmente el proceso de erosión de los suelos. Esta se mueve por la acción de la gravedad según la pendiente del terreno y es frenada por las irregularidades del suelo y por la presencia de vegetación hasta incorporarse a la red de drenaje.

1.2.5.2. Escorrentía hipodérmica o subsuperficial

Es el agua de precipitación que, se infiltra en el suelo y se mueve subhorizontalmente y luego tiene la capacidad de volver a fluir hacia el exterior en forma de manantial. También puede incorporarse a microsurcos superficiales que la conducirán a la red de drenaje.

1.2.5.3. Escorrentía subterránea

Es la precipitación que se infiltra hasta el nivel freático, desde donde circula hasta alcanzar la red de drenaje. La escorrentía subterránea es la más lenta.¹⁷

1.2.6. Curvas IDF

La intensidad de lluvia depende de la precipitación y la duración de la tormenta, que a su vez ambas dependen del periodo de retorno de esta misma, por lo que para su obtención se pueden consultar las curvas IDF o curvas también conocidas como; “Intensidad, Duración, Frecuencia”.

¹⁷ Caminos. *Escorrentía*. http://caminos.udc.es/info/assignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf. Consulta 28 de mayo de 2019.

Las curvas IDF son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad de una tormenta en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno según Témez.¹⁸

En Guatemala, este tipo de curvas se encuentran deducidas para un número reducido de estaciones, para diferentes épocas y en documentos dispersos. Para el estudio de intensidades de precipitación en Guatemala se deducen las curvas para veintitrés estaciones ubicadas en distintas regiones del país, representadas por isolíneas de lluvia intensa asociada a diferentes períodos de retorno.

La intensidad y duración de una tormenta varía según la posición geográfica donde se encuentre la región a analizar, así mismo dependerá de la humedad, temperatura, entre otros.¹⁹

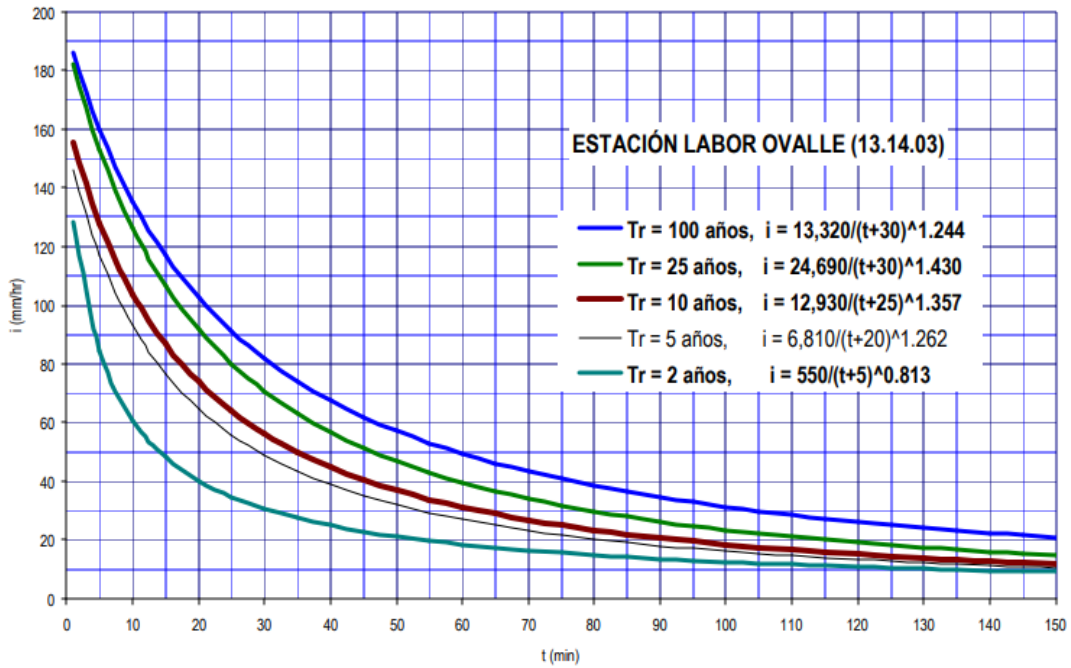
Las variables que intervienen son:

- I: intensidad de la lluvia en mm/h.
- D: duración de la tormenta expresada en horas.
- T: período de retorno.
- f: frecuencia

¹⁸ CUEVA CASTILLO, Fredy Jipson. *Manual de simulación continua mediante el modelo de Témez*. p. 3.

¹⁹ NÚÑEZ, Martín. *Intensidad de una tormenta*. <http://eimaformacion.com/calculo-de-la-curva-de-intensidad-de-la-tormenta-curvas-idf/>. Consulta 28 de mayo de 2019.

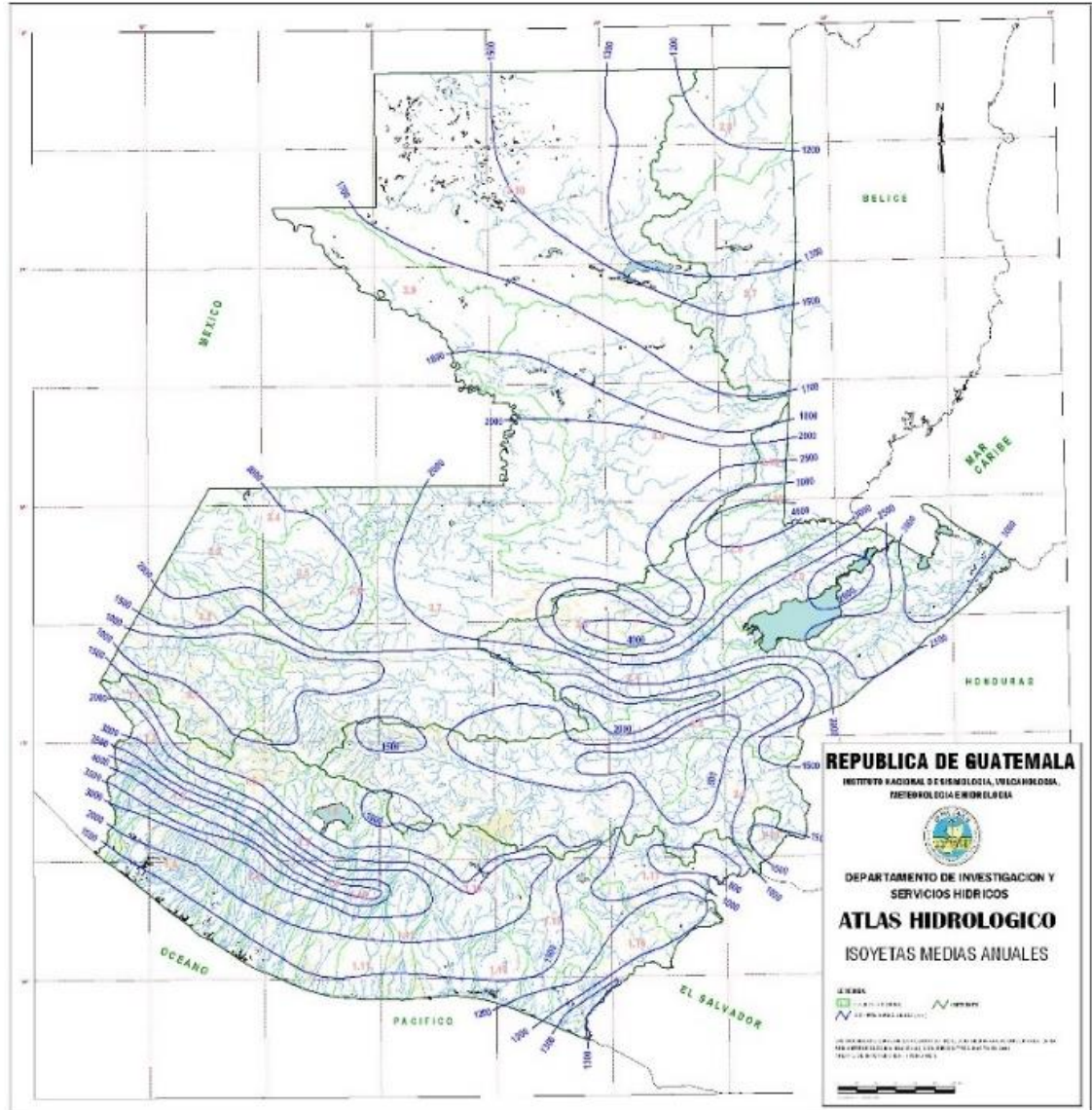
Figura 6. Familia de curvas intensidad, duración y frecuencia



Fuente: INSIVUMEH. *Familia de curvas estación Labor Ovalle*. p. 23.

La información básica utilizada para los análisis respectivos es obtenida de las cartas pluviográficas respectivas proporcionadas por INSIVUMEH.

Figura 7. Mapa de isoyetas para la precipitación media anual de la República de Guatemala



Fuente: INSIVUMEH. *Atlas hidrológico de la República de Guatemala*. p. 42.

1.2.7. Método racional

El método racional es un modelo empírico utilizado para la estimación del caudal de diseño en los sistemas de drenaje pluvial en zonas urbanizadas relativamente pequeñas.

Este método calcula el caudal pico de las aguas de lluvia utilizando la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área a drenar de la cuenca, con un coeficiente de impermeabilidad o llamado también coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional esta expresada como:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal pico $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

C = Coeficiente de escorrentía [Adimensional]

i = Intensidad de lluvia $\left[\frac{mm}{h}\right]$, con duración igual al tiempo de concentración t_c

A = Área a drenar [Ha]

Este método se basa en ciertas suposiciones que son:

- La escorrentía pico que se calcula en el punto de salida de la cuenca es en función de la lluvia promedio durante el tiempo de concentración.
- El tiempo de concentración es el tiempo para que la escorrentía fluya desde la parte más lejana de la cuenca hacia el punto de entrada del alcantarillado que se está diseñando.

- La intensidad de lluvia es constante en la duración de la tormenta.

El área por drenar de un área urbana usualmente está compuesta por subáreas o subcuencas de diferentes características superficiales²⁰.

Es por esto es que se determina el coeficiente de escorrentía del área de interés.

1.2.7.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía en la ecuación del método racional se utiliza para crear una relación fija entre el volumen de escorrentía superficial y el volumen de agua de precipitación que ocurre en un periodo de lluvia igual al tiempo de concentración.

Depende de los siguientes factores:

- Las características, condiciones y el grado de compactación del suelo
- La porosidad del subsuelo
- La vegetación
- La intensidad de lluvia
- La proximidad del nivel freático
- La tasa de infiltración y evaporación

²⁰ CHOW, Ven Te. *Hidrología Aplicada*. p. 510.

Para obtener el porcentaje de impermeabilidad del área a drenar se determina sumando todas las áreas parciales que tributan al ramal de estudio, como: el área de las calles, áreas pavimentadas, jardines, los techos de las edificaciones, entre otras.

La ecuación utilizada para calcular el coeficiente de escorrentía es la siguiente:

$$C = \frac{\sum C_i \times A_i}{A}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía [Adimensional]

$\sum C_i \times A_i$ = sumatoria de áreas parciales multiplicado por su impermeabilidad

A = sumatoria de áreas parciales

En las siguientes tablas se muestran algunos valores del coeficiente de escorrentía.

Tabla II. **Coefficiente de escorrentía según el período de retorno**

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (EN AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
TECHOS							
Techo concreto	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
CALLES							
Asfálticas	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
De concreto	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
ZONAS VERDES							
Jardines, parques, etc.	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Áreas de cultivos	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: elaboración propia, empleando datos de CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 511.

Tabla III. **Coefficiente de escorrentía según el tipo de superficie**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Superficies impermeables de techos	0,75 a 0,95
Pavimentos de asfaltos en buen estado	0,85 a 0,90
Pavimentos de concreto en buen estado	0,70 a 0,90
Pavimentos de piedra o ladrillo con buenas juntas	0,75 a 0,85
Pavimentos de piedra o ladrillo con juntas permeables	0,40 a 0,70
Calles macadamizadas (empedrada)	0,25 a 0,60
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0,05 a 0,25
Suelos impermeables con pendientes 1 % al 2 %	0,40 a 0,65
Suelos impermeables con césped y pendientes 1 % al 2 %	0,30 a 0,55
Suelos ligeramente permeables y pendientes 1 % al 2 %	0,15 a 0,40

Continuación de tabla III.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Suelos ligeramente permeables con césped y pendientes 1 % al 2 %	0,10 a 0,30
Suelos moderadamente permeables con pendientes 1 % al 2 %	0,05 a 0,20
Suelos moderadamente permeables con césped y pendientes 1 % al 2 %	0,01 a 0,10
Bosques y tierra cultivada	0,01 a 0,20

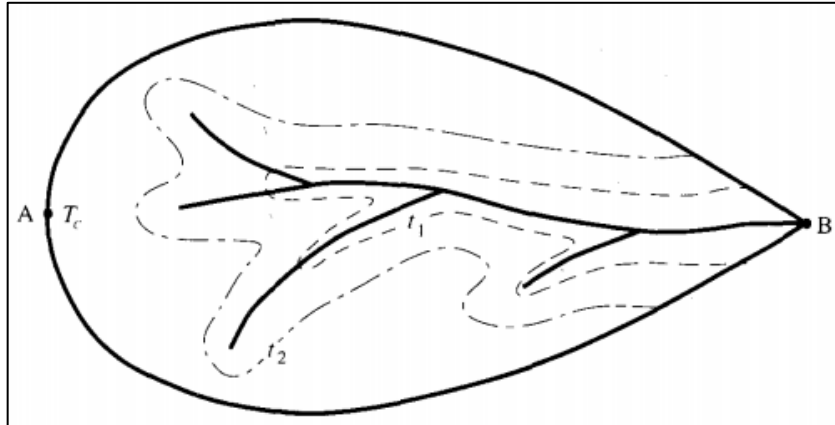
Fuente: elaboración propia, empleando información de DE LA RIVA, Julio Mario. *Normas y reglamento para diseño y construcción de drenajes, Municipalidad de Guatemala*, p. 195.

Al observar los valores de los coeficientes de escorrentía C ($0 \leq C \leq 1$), indica que en áreas urbanas el caudal incrementa por la impermeabilidad del suelo y en áreas no urbanizadas el coeficiente de escorrentía tiende a ser bajo.

1.2.7.1.1. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca es el mayor tiempo que le tomará en llegar a la gota de lluvia más lejana (en el punto A) hasta el punto de descarga o de análisis (punto B). Las fronteras las áreas contribuyentes de los ramales son líneas de tiempo igual de flujo hacia la salida y se denominan isócronas.

Figura 8. **Tiempo de concentración de una cuenca**



Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 170.

Se determina por el tiempo de entrada que es la concentración superficial de esorrentía y el tiempo de traslado dentro de la tubería del sistema de drenaje hacia el siguiente punto de análisis, también llamado tiempo de corrimiento.

El tiempo de traslado depende de la pendiente, rugosidad y longitud de la tubería además del diseño del tragante.

El tiempo de concentración esta dado por la siguiente ecuación:

$$t_c = t_e + t_t$$

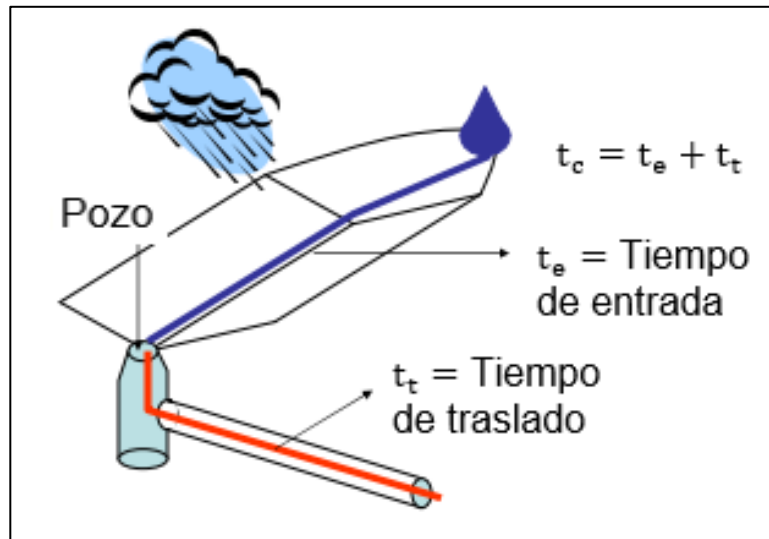
Donde:

t_c = tiempo de concentración [min]

t_e = tiempo de entrada [min]

t_t = tiempo de traslado en tubería [min]

Figura 9. **Tiempos de entrada y de traslado en tubería**



Fuente: Universidad de Granada. *Diseño de Alcantarillas*.

https://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_SA4.pdf. p. 13. Consulta: agosto 2020.

Cuando en el diseño de drenaje pluvial la obra complementaria es un tragante, el tiempo de entrada es igual al tiempo de concentración puede considerarse de doce minutos, dependiendo además de la impermeabilidad y pendiente del terreno. El cálculo de tramos consecutivos está dado por la siguiente ecuación:

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{60 \times V}$$

Donde:

T_2 = tiempo de concentración del tramo a analizar [min]

T_1 = tiempo de concentración en el tramo anterior [min]

L = longitud del tramo anterior [m]

V = velocidad a sección llena en el tramo anterior [m/s]

En tramos concurrentes (dos o más tuberías) T_1 se tomará igual al del tramo de mayor tiempo de concentración.

Tabla IV. **Tiempos iniciales de concentración en tramos iniciales**

TIEMPO DE ENTRADA (EN MINUTOS)										
PENDIENTES	< 1 %	20	19	18	17	16	15	14	13	12
	1 %	19	18	17	16	15	14	13	12	11
	2 %	18	17	16	15	14	13	12	11	10
	3 %	17	16	15	14	13	12	11	10	9
	4 %	16	15	14	13	12	11	10	9	8
	5 %	15	14	13	12	11	10	9	8	7
	6 %	14,5	13,5	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5
	7 %	14	13	12	11	10	9	8	7	6
	8 %	13,5	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5
	9 %	13	12	11	10	9	8	7	6	5
	10 %	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5
	> 10 %	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Impermeabilidad	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	

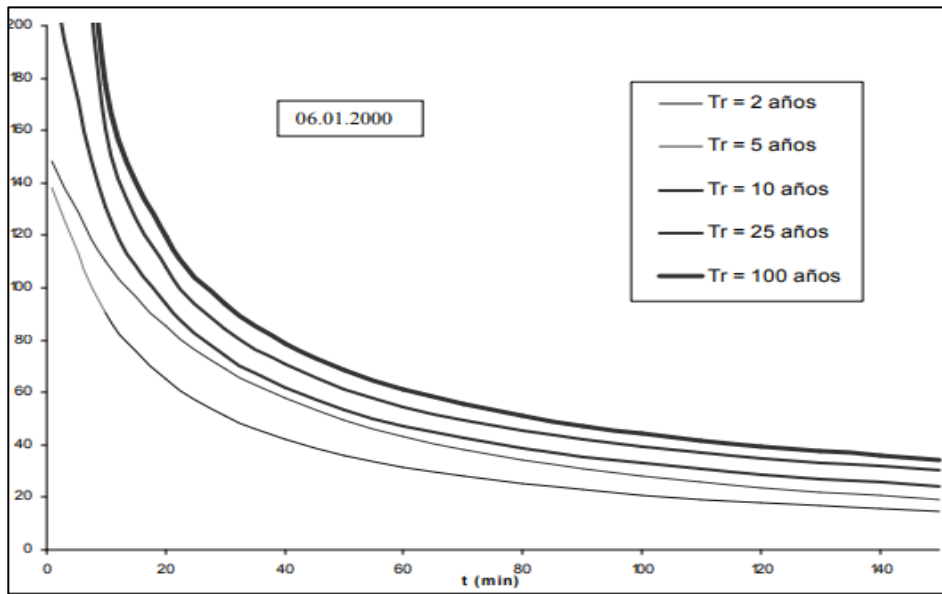
Fuente: elaboración propia, empleando información de DE LA RIVA, Julio Mario. *Normas y reglamento para diseño y construcción de drenajes, Municipalidad de Guatemala*. p. 195.

1.2.7.2. **Intensidad de lluvia**

La intensidad de lluvia es la precipitación por unidad (mm/h), y es obtenida a partir de las curvas intensidad, duración y frecuencia. Se determina en función

del periodo de retorno, partiendo del tiempo de concentración. A continuación, se muestra la curva IDF de la estación meteorológica INSIVUMEH.

Figura 10. **Curvas IDF, estación INSIVUMEH**



Fuente: BRIZUELA, Víctor. *Criterios para el diseño de descargas de sistemas de drenaje pluvial, en el área metropolitana de Guatemala.* p 32.

La ecuación empleada para el cálculo de intensidad es la siguiente:

$$i = \frac{A}{[B + t_c]^n}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia $\left[\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right]$

t_c = tiempo de concentración [min]

A, B y n = parámetros de ajuste [Adimensional]

Tabla V. **Parámetros de ajuste curvas IDF**

Características estacione INSIVUMEH. A = años de registro y T = n.º Tormentas									
Estación	Cuenca	Depto.	Municipio	Elevación	Latitud	Long	Registro	A	T
INSIVUMEH	María Linda	Guatemala	Guatemala	1502	143511	903158	1 940 - 2 002	44	98

ESTACIÓN METEREOLÓGICA INSIVUMEH. Tr = periodo de retorno en años								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1 970	7 997	1 345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
N	0,958	1,161	0,791	0,791	0,656	0,65	0,66	0,649
R2	0,989	0,991	0,982	0,982	0,973	0,973	0,981	0,981

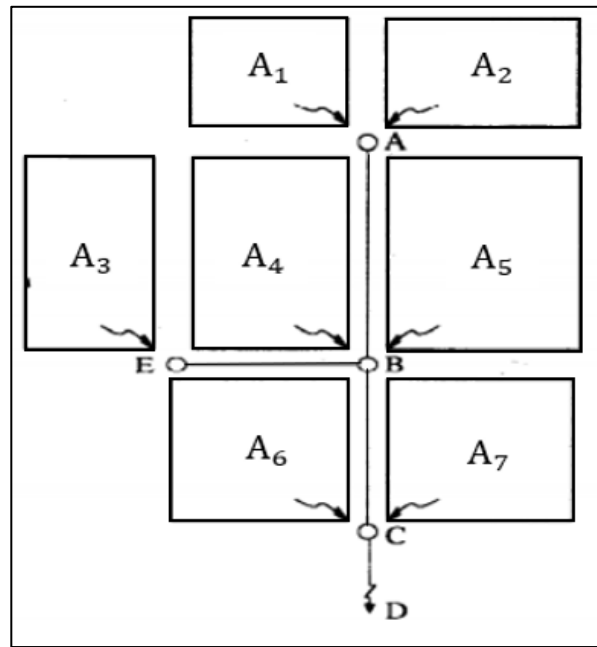
Fuente: elaboración propia, empleando información de INSIVUMEH, documento 5007, p. 5.

1.2.7.3. Área por drenar

El área urbana por drenar considerada como una cuenca, está compuesta por varias subcuencas de diferentes características superficiales.

Se toman en cuenta las áreas totales de influencia (áreas adyacentes y áreas tributarias), para el diseño del caudal de lluvia comenzando desde la parte más alta, hasta aguas abajo conducidas hacia el desfogue, mediante la topografía y la disposición de la urbanización.

Figura 11. Cuenca de drenaje y sistema drenaje pluvial



Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 517.

1.2.8. Método de Burkli Ziegler

Es un método que se basa en las observaciones de lluvias extraordinarias en Zürich. Relacionando el caudal, área de la ciudad y la intensidad de lluvia.

La ecuación está dada relacionando las siguientes variables:

$$Q = 3.9.A \times P_1 \times C \times \left[\frac{J}{A} \right]^{0.25}$$

Donde:

Q = caudal [m³/s]

C = coeficiente de escorrentía [Adimensional]

J = pendiente media de la cuenca [%]

P_1 = precipitación máxima en una hora [mm]

A = superficie de la cuenca [Ha]

1.2.9. Método de Mac Match

El principal factor que considera este método es el coeficiente de escorrentía, ya que depende de tres componentes, siendo estos; la cobertura vegetal, topografía y tipo de suelo.

La ecuación dado por el método de Mac March es la siguiente;

$$Q = 0.0091 \times C \times i \times A^{4/5} \times S^{1/5}$$

Donde:

Q = caudal [m^3/s]

C = coeficiente de escorrentía [Adimensional]

i = intensidad [mm/h]

A = área [Ha]

S = pendiente [%]

1.3. Normas de diseño drenaje pluvial

Se describen a continuación, las normas que se utilizan para el diseño de drenaje pluvial según las *Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados* del INFOM.

1.3.1. Período de diseño

El periodo de diseño de los sistemas de drenaje pluvial, están proyectados a un periodo de treinta a cuarenta años a partir de la fecha en que se realice el diseño, este es el tiempo que se estima será eficiente el sistema.

1.3.2. Desfogue

Para ubicar los puntos de desfogue o también llamados puntos de descarga, se eligen las partes más bajas del sistema de drenaje, encausando la corriente de agua hacia un cuerpo receptor. Debe indicarse el desfogue con los siguientes aspectos:

- Identificar con nombre y descripción la corriente que recibirá el punto de descarga o desfogue
- Descripción de las condiciones en que se encuentra el desfogue, uso actual y uso futuro
- Caudales, niveles mínimos y crecidas máximas
- Sí existen otras opciones de descarga, debe justificarse la solución que se implementara en el sistema de drenaje.²¹

²¹ INFOM. *Normas generales para diseño de Alcantarillados*. p. 13.

1.3.3. Caudal de diseño

Se utiliza el caudal calculado mediante el método racional según la normativa de EMPAGUA.

1.3.4. Diseño de secciones y pendientes

Para el diseño hidráulico se calcula la sección circular de la tubería, utilizando la fórmula de Manning de canales abiertos, aplicado a la tubería que trabaja a sección parcialmente llena.

1.3.4.1. Ecuación de Manning

La fórmula de Manning es aplicada para flujos uniformes en canales abiertos a la atmósfera. Determina la velocidad de los canales abiertos y de tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, el diámetro y la pendiente de la tubería.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad del fluido a sección llena [m/s]

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente del gradiente hidráulico [m/m]

R = radio hidráulico [m]

1.3.4.1.1. Radio hidráulico

Es un parámetro que relaciona el área mojada de la sección transversal del canal o de la tubería y del perímetro mojado, es decir, las superficies que toca el fluido.

Está dado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

R = radio hidráulico

A = área sección transversa [m²]; sección rectangular, trapezoidal, triangular, circular, o parabólica.

P_m = perímetro mojado [m]

La ecuación según el INFOM está dada por las siguientes variables:

$$V = 0,03429 \times \frac{D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad del fluido a sección llena [m/s]

D = diámetro de la sección circular de la tubería [Pulgadas]

S = pendiente del gradiente hidráulico [m/m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning. Nota: 0,014 para tubos de concreto y 0,010 para tubos de PVC.

1.3.4.2. Pendientes

Una pendiente es un declive por la diferencia de elevaciones en la superficie por unidad de longitud respecto a la horizontal. La pendiente se calcula de la siguiente manera:

- Pendiente de terreno:

$$S\%_{\text{terreno}} = \frac{[CT_i - CT_f] \times 100}{DH}$$

- Pendiente de tubería:

$$S\%_{\text{tubería}} = \frac{[CT_i - CT_f] \times 100}{L_{\text{pozo}}}$$

Donde:

$S\%_{\text{terreno}}$ = pendiente de terreno en porcentaje [%]

$S\%_{\text{tubería}}$ = pendiente de tubería en porcentaje [%]

CT_i = cota de terreno inicial

CT_f = cota de terreno final

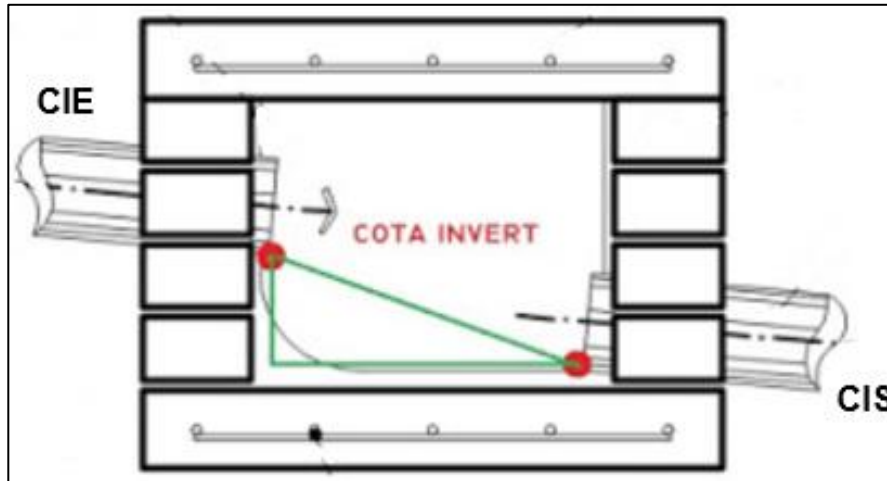
DH = distancia horizontal entre cotas

L_{pozo} = longitud de pozo (promedio diámetros de pozos)

1.3.4.2.1. Cotas *Invert*

Es la cota medida desde la parte superficial del pozo de visita hasta la parte inferior del diámetro de la tubería de entrada o de salida.

Figura 12. Esquema cotas *invert* de entrada y salida



Fuente: FARUSAC REMOTO. *Cotas Invert*. <http://farusacremoto.blogspot.com/2017/07/calculo-de-cotas-invert-para-ramales-de.html>. Consulta: 22 de agosto de 2020.

La cotas *invert* se calculan de la siguiente manera:

- Cota *invert* de entrada

$$CIE = CIS - \frac{[L_{pozo} \times S\%_{tubería}]}{100}$$

Donde:

CIE = Cota *invert* de entrada

CIS = Cota *invert* de salida

L_{pozo} = Longitud de pozo (promedio diámetros de pozos)

$S\%_{tubería}$ = Pendiente de tubería en porcentaje

- Cota *invert* de salida

$$CIS = CT_i - [H_{\min}]$$

Donde:

CIS = Cota *invert* de salida

CT_i = Cota de terreno inicial

H_{\min} = Altura mínima de pozo, de acuerdo a las especificaciones

Los casos que se consideran para el calculo de cotas *invert* se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Casos por considerar de cotas *invert***

n.º	Caso	Ecuación	Descripción
I	$\Phi A = \Phi B$	$CIS = CIE + 0,03M$	Si a un pozo de visita la tubería de entrada y de salida tienen el mismo diámetro, la cota <i>invert</i> de salida deberá estar 3 centímetros debajo de como mínimo que la cota <i>invert</i> de salida.
II	$\Phi A \neq \Phi B$	$CIE = CIS + [(\Phi A - \Phi B) \times 0,025]$	Cuando los diámetros de tubería de entrada y de salida llegan a pozo de visita son de diferente dimensión, la cota <i>invert</i> de entrada estará como mínimo, debajo de la cota <i>invert</i> de salida, igual a la resta de los diámetros de la cota <i>invert</i> de entrada y salida.
III	$\Phi A = \Phi B = \Phi C$	$CIE = CIS_{\text{tub más baja}} + 0,03M$	Cuando a un pozo de visita ingresan tuberías del mismo diámetro, la cota <i>invert</i> de entrada estará a 3 centímetros debajo de la cota <i>invert</i> más baja que entre al pozo.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

1.3.5. Diámetros mínimos

Para tramos iniciales de tuberías en un sistema de drenaje pluvial convencional será como mínimo de 25,40 cm (10”), o de 40,00 cm (16”), para tubería de concreto. En tuberías de PVC será de 30,00 cm (12”) y solo en casos especiales el tramo inicial será con un diámetro de 38,10 cm (15”).

Estos parámetros se toman en cuenta al inicio de los tramos, no significa que será el mismo diámetro en todo el sistema de drenaje, y por lo general, se considera el menor de los diámetros por temas de economía en el proyecto.

1.3.6. Velocidad máxima y mínima

La velocidad convencional para un sistema de drenaje pluvial, varia en un rango de $(0,60 \leq v \leq 3,00) \text{ m/s}$, es decir, velocidad mínima de $0,60 \text{ m/s}$ y velocidad máxima de $3,00 \text{ m/s}$, hasta tuberías de un metro de diámetro.

Para tuberías de PVC de diámetro mayor a un metro la velocidad máxima podrá ser de $5,00 \text{ m/s}$

1.3.7. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima será de un metro del nivel de calle hacia la tubería, para tráfico liviano y 1,20 metros de profundidad para tráfico pesado, para el drenaje sanitario y para el drenaje pluvial será igual más el diámetro de drenaje sanitario más una separación entre las tuberías, ya que se utiliza por lo general la misma zanja para ambos sistemas.

1.3.8. Relaciones hidráulicas

Cuando en una tubería o conducto cerrado el flujo se mueve como en una superficie libre, este funciona a sección parcialmente llena. En los sistemas de drenajes se debe evitar que las tuberías trabajen a presión porque el agua podría brotar del sistema hacia las calles.

Tabla VII. **Especificaciones para las relaciones hidráulicas**

Para sistemas de drenaje pluvial	
Caudal	$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$
Velocidad convencional	$(0,60 \leq v \leq 3,00) \text{ m/s}^*$ * Φ hasta 1m después se acepta 5,00 m/s
Pendiente	La que permita velocidades adecuadas
Tirante	$\frac{d}{D} \leq 0,90$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

1.3.8.1. Ecuación de continuidad

Es necesario conocer el caudal a sección llena utilizando la ecuación de continuidad, donde el caudal es evaluado en la sección transversal conociendo la velocidad media del flujo y el área hidráulica. La ecuación de continuidad está dada por:

$$Q = V \times A$$

Donde:

$Q =$ caudal en $[\text{m}^3/\text{s}]$

$V =$ velocidad $[\text{m}/\text{s}]$

$A =$ área sección transversal $[\text{m}^2]$

Tabla VIII. **Parámetros relaciones hidráulicas**

Parámetro	Sección llena	Sección parcial
Tirante	D	d
Caudal	Q	q
Velocidad	V	v
Radio hidráulico	R	r
Área	A	a

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Para el cálculo de los parámetros hidráulicos para secciones circulares con sección parcialmente llena se pueden calcular con las siguientes expresiones obtenidas del esquema de la figura 13:

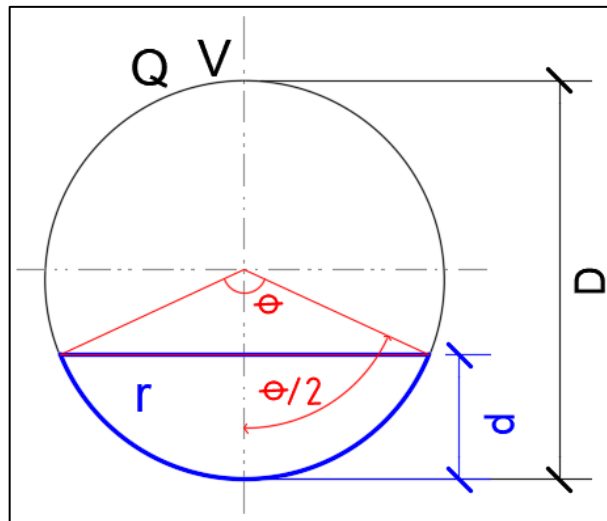
$$\frac{d}{D} = \frac{1 - \cos \theta/2}{2}$$

$$\frac{r}{R} = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)$$

$$\frac{a}{A} = \frac{1}{2\pi} (\theta - \sin \theta)$$

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{r}{R}\right)^{2/3}$$

Figura 13. **Tubería circular, sección llena y sección parcial**

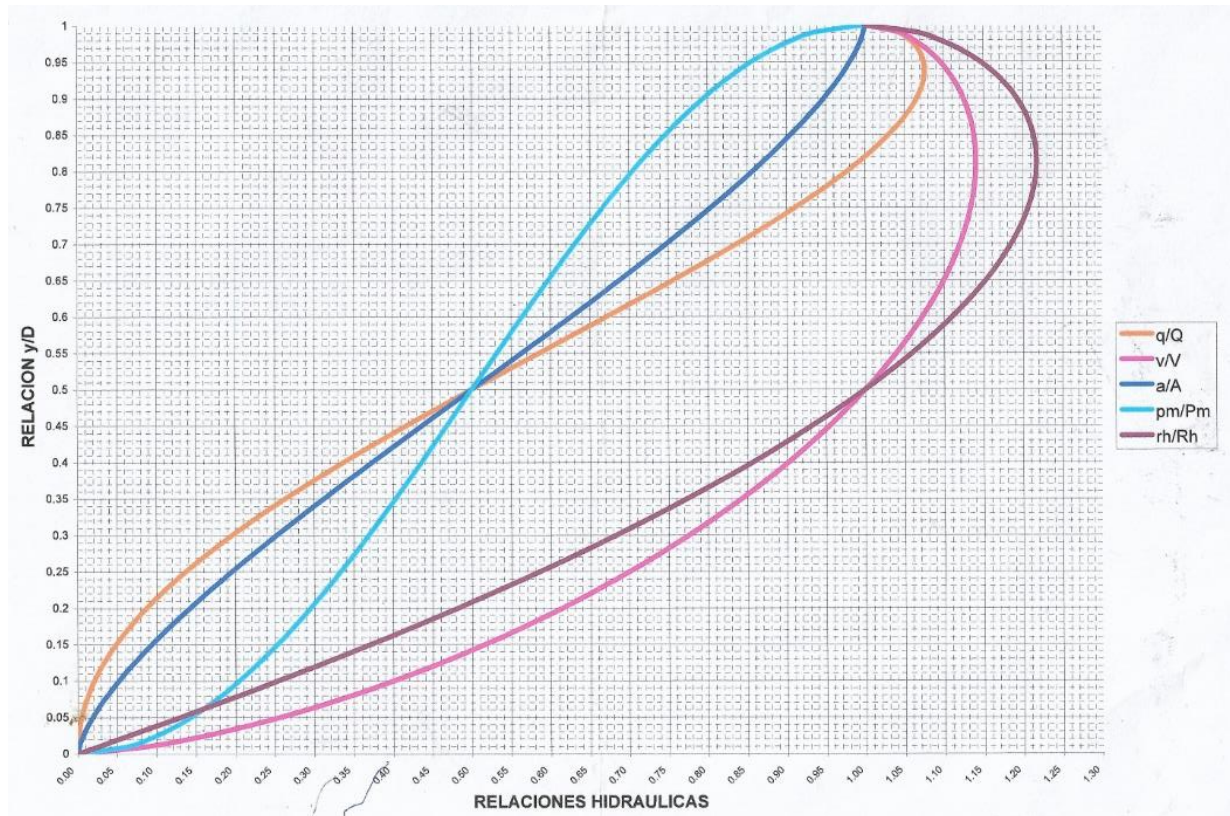


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Para hacer más simple obtener los cálculos de las relaciones hidráulicas de secciones circulares, teniendo como base las calculadas a sección llena con la fórmula de Manning que corresponden a un tirante determinado, se utiliza la gráfica de relaciones hidráulicas o también conocida como la curva del banano.

Con estas curvas se verifican los factores hidráulicos definiendo el diámetro adecuado para que el sistema de drenaje trabaje en condiciones normales.

Figura 14. Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares



Fuente: FRENCH, Richard. *Hidráulica de canales abiertos*. p. 332.

1.4. Cambio climático en Guatemala

El cambio climático es la variación que tiene el clima de la tierra a nivel global, es un fenómeno que se origina por la naturaleza, donde se involucra la geofísica del planeta tierra y la actividad del sol, las variaciones en el clima son eventos totalmente normales.

También se ha originado otro tipo de cambio climático llamado antropogénico, esto se origina debido a la acción del hombre en su medio

ambiente y el mal uso de los recursos naturales, ya que, aumentan las proporciones de gases de efecto invernadero alterando los parámetros climáticos como la temperatura, nubosidad, precipitación, entre otros.

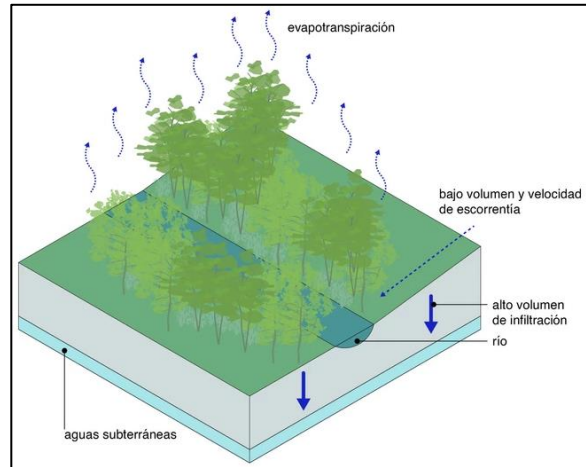
- El efecto invernadero es un fenómeno que ocurre cuando la energía solar recibida por la Tierra no puede retornar al espacio, esto quiere decir que, la energía que rebota en la sobre la superficie terrestre queda atrapada en la Tierra por una capa de gases que no permiten que desaparezca el calor.

Es muy importante estudiar el cambio climático en Guatemala para obtener información necesaria para poder accionar con medidas de mitigación o adaptación para la prevención de desastres y el desarrollo del país. Las repercusiones que ya se han iniciado tardarán años en erradicarse, por tal motivo las medidas de adaptación se presentan como el camino más viable para Guatemala.

Se debe planificar con base en posibles escenarios que el clima puede llegar a tomar para adaptar el país a las nuevas condiciones climáticas.²²

²² Insivumeh. *Cambio climático*: <https://insivumeh.gob.gt/departamento-de-meteorologia/cambio-climatico/>. Consulta: 15 de agosto de 2020.

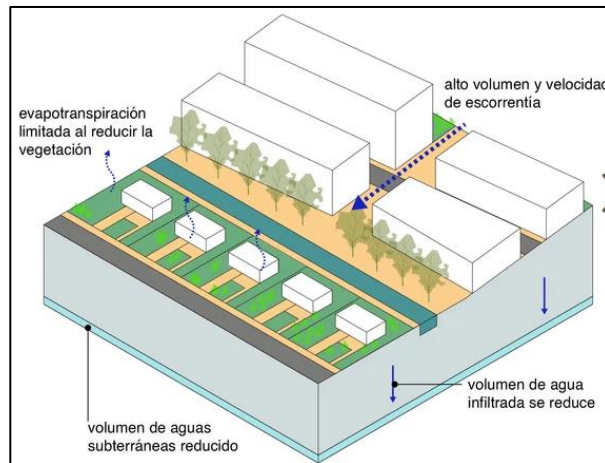
Figura 15. **Cambio climático natural**



Fuente: VEGA, Zeltia. *Sistema urbano de drenaje sostenible.*

<https://www.horizonteszvs.com/post/sistema-urbano-de-drenaje-sostenible-iii>. Consulta: 15 de agosto 2020.

Figura 16. **Cambio climático antropogénico**



Fuente: VEGA, Zeltia. *Sistema urbano de drenaje sostenible.*

<https://www.horizonteszvs.com/post/sistema-urbano-de-drenaje-sostenible-iii>. Consulta: 15 de agosto 2020.

2. ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE

2.1. Sistema de drenaje pluvial existente

En poblaciones o sitios que ya cuentan con un sistema de drenaje, se debe determinar qué tipo de sistema existente posee; separado (sanitario, pluvial) o combinado, la localización de las tuberías, los pozos de visita, los tragantes y obras complementarias que existan.

Es necesario conocer el estado general del sistema existente; longitud, diámetro, cotas *invert* de entrada y de salida de las tuberías, los puntos de descarga para verificar el funcionamiento correcto de cada componente del sistema existente e investigar si ha presentado problemas en el pasado²³.

Figura 17. **Parqueo vehicular inundado entre los edificios T1, T2 y T3, Campus Central USAC**



Fuente: Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

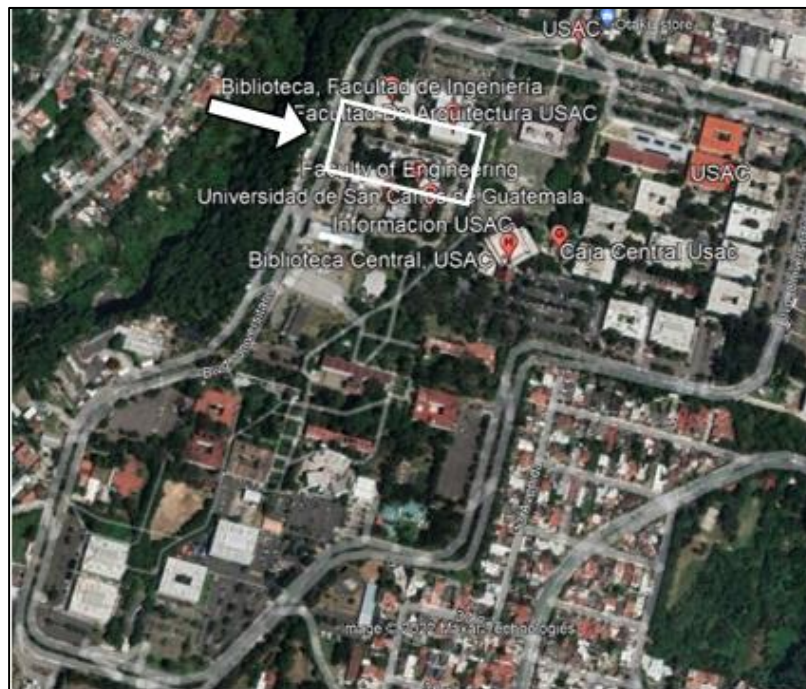
²³ INFOM. *Normas Generales para diseño de Alcantarillados*. p. 9.

2.2. Descripción del sistema del drenaje pluvial existente

El drenaje pluvial de la Facultad de Ingeniería se encuentra ubicado en la Ciudad Universitaria, zona 12, de la ciudad de Guatemala, este drenaje es parte del sistema de drenaje pluvial general de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La red de drenaje pluvial de interés se encuentra ubicada en el parqueo vehicular entre los edificios; edificio T1 (Escuela de Diseño Gráfico), edificio T2 (Facultad de Arquitectura) y edificio T3 (Facultad de Ingeniería).

Figura 18. **Ubicación drenaje pluvial Facultad de Ingeniería, USAC**



Fuente: Google Earth. *Ubicación.* <https://www.google.com/maps/@14.5857572,-90.5527242,902m/data=!3m1!1e3>. Consulta: 19 de noviembre 2020.

2.3. Topografía

La topografía es un aspecto muy importante que se debe de tomar en cuenta en los proyectos de alcantarillado pluvial, ya que, se parte con los datos obtenidos de planimetría y altimetría para los trazos de la red del sistema y la ubicación de los componentes del sistema de alcantarillado.

El ancho promedio de la calle del área en estudio es de 13 metros y una longitud de 350 metros lineales; alrededor del área de análisis se encuentran aproximadamente 200 plazas de parqueos, cuatro edificios, dos cacetatas de venta de alimentos, áreas de mesas al aire libre y un caminamiento techado que interconecta los edificios.

Figura 19. **Parqueo vehicular de la Facultad de Ingeniería**



Fuente: parqueo vehicular, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.3.1. Planimetría

Esta medición tomada en campo permite proyectar puntos, líneas o curvas sobre un plano horizontal que tiene la forma del polígono, forma del terreno o el perímetro del área de interés.

2.3.2. Altimetría

Determina los datos necesarios para representar la altura de los distintos puntos del terreno en relieve, buscando la diferencia de alturas o cotas del área de interés con respecto a un plano de referencia.

2.3.3. Agrimensura

Esta medición permite fijar la posición y altura los puntos del terreno o el área de análisis a la vez, hace simultáneos los levantamientos planimétricos y altimétricos.²⁴

2.4. Replanteo topográfico del drenaje pluvial existente y equipo topográfico utilizado

El levantamiento del replanteo topográfico se realizó con un instrumento llamado Estación Total, utilizando el método de conservación del azimut inicial, el cual, consiste en tomar la lectura de un punto inicial referido a un norte llamado Estación 1.

²⁴ MEDINA, Manuel. *Apuntes de Topografía*. p.7.

Posteriormente se toman las lecturas de las radiaciones de los puntos de interés; línea central de la calle, banquetas, cunetas, tragantes tipo rejilla, etc. Esta estación se fija con vuelta de campana vista hacia atrás y se procede a la siguiente estación.

En el replanteo topográfico del área de estudio se utilizó el siguiente equipo:

- Estación Total Sokkia IM-55, con capacidad de 50 000 puntos con un rango de alcance de 3 kilómetros
- Bastón con prisma
- Cinta métrica
- Pintura blanca para identificar puntos

La libreta topográfica del área de estudio se encuentra en la sección de “Apéndice”, Apéndice 1; Topografía del parqueo Facultad de Ingeniería.

2.5. Componentes del drenaje pluvial existente

La red de drenaje pluvial de la Facultad de Ingeniería está compuesta por los siguientes elementos;

2.5.1. Pozos de visita drenaje pluvial PVP

Los pozos de visita del drenaje pluvial, abreviado PVP, del área de estudio son los siguientes:

Tabla IX. **Pozos de visita drenaje pluvial PVP, edificio T3, Facultad de Ingeniería USAC**

POZO DE VISITA	DESCRIPCIÓN
PVP-1015	Hacia PVP-1014
PVP-1014	Hacia PVP-1013
PVP-1013	Hacia PVP-1009
PVP-1009	Hacia PVP-1010
PVP-1010	Hacia PVP-1011
PVP-1011	Hacia PVP-1012
PVP-1012	Hacia PVP-816
PVP-816	Hacia PVP-817
PVP-817	Hacia DESCARGA 1, Bosque de las Ardillas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.2. Tragantes tipo rejillas existentes

Los tragantes tipo rejilla del drenaje pluvial, abreviado PVPT, del área de estudio son los siguientes:

Tabla X. **Tragantes tipo rejilla drenaje pluvial PVP, edificio T3, Facultad de Ingeniería, USAC**

TRAGANTE REJILLA	DESCRIPCIÓN
PVPT-1015A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1015
PVPT-1014A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1014
PVPT-1013A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1013

Continuación de tabla X.

TRAGANTE REJILLA	DESCRIPCIÓN
PVPT-1013B	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1013
PVPT-1013C	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1013
PVPT-1013D	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1013
PVPT-1009A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1009
PVPT-1009B	Tragante de rejilla cerrado con tapadera de metal por ampliación cafetería Edificio T3, desde el año 2016 al año en curso 2021. La cafetería conecto el drenaje sanitario al drenaje pluvial. Actualmente el comercio fue cerrado y demolidas las instalaciones, hacia pozo de visita PVP-1009.
PVPT-1009C	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1009
PVPT-1009D	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1009
PVPT-1010A	Rejilla recibe aguas pluviales que vienen del caminito del Edificio T1 y jardines del T2
PVPT-1010B	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1010
PVPT-1010C	Rejilla recibe aguas pluviales que vienen del techo del Edificio T1
PVPT-1010D	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1010
PVPT-1011A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1011
PVPT-1011B	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1011
PVPT-1011C	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1011
PVPT-1011D	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1011
PVPT-1012A	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1012
PVPT-1012B	Tragante rejilla hacia pozo de visita PVP-1012

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.2.1. Otras conexiones

En mención a la Tabla X, la Unidad de Planificación de Ingeniería detectó una conexión ilícita por la ampliación de la Cafetería de la Facultad de Ingeniería, donde, conectaron el drenaje sanitario de un inodoro hacia el tragante de drenaje pluvial PVPT-1009B, cerrando este tragante con el fin de no generar malos olores en el ambiente, este acto hizo reducir la cantidad de tragantes tipo rejilla para el ramal de estudio.

2.5.3. Diámetros de tubería existente

Los diámetros de la tubería del drenaje pluvial, del área de estudio son los siguientes:

Tabla XI. **Diámetros de tuberías drenaje pluvial, edificio T3, Facultad de Ingeniería USAC**

DE POZO	A POZO	DISTANCIA ENTRE POZOS	MATERIAL	DIÁMETRO
PVP-1015	Hacia PVP-1014	25,05	Tubería de cemento	12"
PVP-1014	Hacia PVP-1013	43,04	Tubería de cemento	12"
PVP-1013	Hacia PVP-1009	22,69	Tubería de cemento	12"
PVP-1009	Hacia PVP-1010	52,02	Tubería de cemento	12"
PVP-1010	Hacia PVP-1011	35,53	Tubería de cemento	12"
PVP-1011	Hacia PVP-1012	35,19	Tubería de cemento	12"

Continuación de tabla XI.

DE POZO	A POZO	DISTANCIA ENTRE POZOS	MATERIAL	DIÁMETRO
PVP-1012	Hacia PVP-816	52,01	Tubería de cemento	18"
PVP-816	Hacia PVP-817	67,35	Tubería de cemento	24"
PVP-817	Hacia DESCARGA 1, Bosque de las Ardillas	17,12	Tubería de cemento	30"

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.4. Pendientes de tubería

La pendiente de las tuberías del drenaje pluvial, en %, del área de estudio son las siguientes:

Tabla XII. **Pendientes de tuberías drenaje pluvial, Facultad de Ingeniería USAC**

DE POZO	A POZO	PENDIENTE DE TUBERÍA (%)
PVP-1015	Hacia PVP-1014	1,39
PVP-1014	Hacia PVP-1013	1,92
PVP-1013	Hacia PVP-1009	1,41
PVP-1009	Hacia PVP-1010	1,44
PVP-1010	Hacia PVP-1011	1,40
PVP-1011	Hacia PVP-1012	0,94
PVP-1012	Hacia PVP-816	0,96
PVP-816	Hacia PVP-817	1,10
PVP-817	Hacia DESCARGA 1, Bosque de las Ardillas	1,25

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.5. Velocidad de flujo en tuberías

La velocidad convencional dentro de las tuberías se encuentra en el intervalo de $(0,60 \leq v \leq 3,00) \text{ m/s}$ hasta un diámetro de un metro, para diámetros mayores se acepta la una velocidad de $5,00 \text{ m/s}$, según la normativa de EMPAGUA.

3. REDISEÑO DRENAJE PLUVIAL

3.1. Descripción del proyecto

En los últimos años para la época de invierno el drenaje pluvial existente que se encuentra ubicado en el parqueo vehicular entre los Edificios T1, T2, y T3 del campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, no ha sido capaz de recibir adecuadamente las intensidades de las precipitaciones de lluvia, haciendo que se saturen las calles del parqueo vehicular y los caminamientos de acceso hacia los edificios anteriormente mencionados.

Debido a esta problemática en época de lluvias, es necesario evaluar la capacidad del diseño actual del drenaje pluvial existente mediante los conceptos aprendidos en el Capítulo 1, para proponer una mejora en el diseño actual y pueda funcionar apropiadamente para que los estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería puedan movilizarse problemas en épocas de lluvia.

3.2. Delimitación de la zona

Para delimitar la zona de estudio se eligió el ramal que comprende los pozos de visita del pozo de visita PVP-1015 hacia el pozo de visita PVP-816, hacia el desfogue llamado Descarga 1, ubicado en El Bosque de las Ardillas.

En apéndice 4, se encuentra el plano de delimitación de zona de estudio. Plano 001.

3.3. Áreas de influencia

Las áreas que influyen en el drenaje pluvial de estudio son los techos de los edificios, pasillos de caminamientos, la calle que circunvala la Facultad de Ingeniería, patios, jardines de los alrededores y los parqueos vehiculares de los estudiantes y catedráticos. Los datos de las áreas mencionadas son las siguientes;

Tabla XIII. **Áreas de influencia del drenaje pluvial Facultad de Ingeniería**

ÁREAS DE INFLUENCIA	CANTIDAD EN M2
Techo Edificio T-3 Facultad de Ingeniería	1 867,72
Techo Edificio T-4 Facultad de Ingeniería – Administración	1 437,75
Techo Edificio T-5 Facultad de Ingeniería - Escuela Química	1 758,93
Techo Edificio T-6 Facultad de Ingeniería – Auditórium	662,62
Techo Edificio T-7 Facultad de Ingeniería - Escuela Mecánica	1 287,25
Calle circunvalación Facultad de Ingeniería	7 637,40
Patios y jardines	9 842,96

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

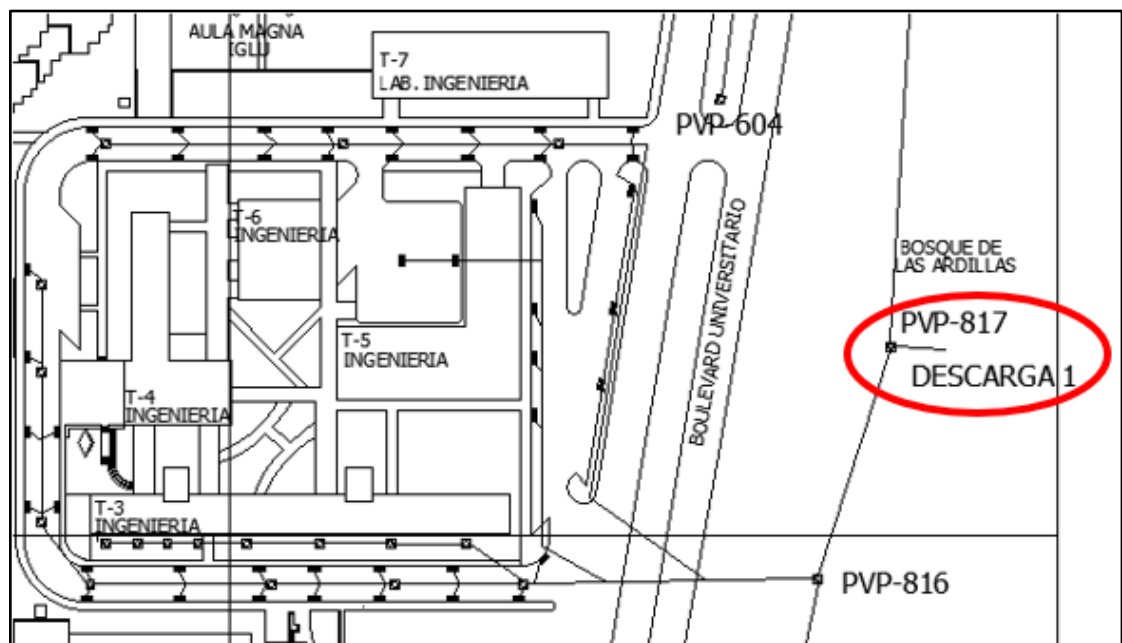
3.4. Puntos de desfogue

Un desfogue pluvial o también llamado punto de descarga, se utiliza para encausar las aguas de lluvia hacia un cuerpo receptor. El drenaje pluvial de la

Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene su desfogue llamado Descarga 1, que va del pozo de visita PVP-817, encausando las aguas pluviales al cuerpo receptor ubicado en el Bosque de las Ardillas.

La descarga 1, recolecta el agua de lluvia de del Edificios T1, T2, T3, T4, T6 Y T7.

Figura 20. **Red general drenaje pluvial USAC, desfogue Facultad de Ingeniería, descarga 1**



Fuente: Departamento de Diseño, Urbanización y Construcción (DUC), Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.5. Tiempo de concentración

Se utilizará un tiempo de concentración actual de 2 años de la tormenta mayor y un periodo de retorno futuro de 25 años de la tormenta mayor, estos datos servirán para el cálculo de las intensidades de lluvia.

3.6. Intensidad de lluvia para el cálculo

Para el cálculo de las intensidades de lluvia se elegirán los datos meteorológicos de la Estación INSIVUMEH de la cuenca María Linda, ya que es la estación meteorológica más cercana al área de estudio, utilizando los parámetros de ajuste de las curvas IDF de 2 y 25 años para los periodos de retorno.

Ejemplo de cálculo de intensidades de lluvia utilizando el tiempo de concentración de entrada para un tramo inicial de 12min.

t_c = Tiempo de concentración

- Para un periodo de retorno de 2 años:

$$i = \frac{A}{[B + t_c]^n}$$

Donde:

A, B y n = 1970, 15 y 0.958, respectivamente,

$$i = \frac{1970}{[15 + 12]^{0,958}}$$

$$i = 83,80 \text{ (mm/h)}$$

- Para un periodo de retorno de 25 años:

Donde:

A, B y n = 820, 2 y 0.656, respectivamente,

$$i = \frac{820}{[2 + 11]^{0,656}}$$

$$i = 151,37(mm/h)$$

3.7. Área tributaria

Se define como el área de influencia que drena hacia la calle a un punto en específico (tragantes), y se determina mediante las siguientes condiciones:

- se trazan líneas de 45 ° en las intersecciones de calles y avenidas para generar áreas tributarias en forma de triángulos o trapecios.
- se trazan líneas a 90 ° en tramos rectos continuos para generar áreas en forma de cuadrado o rectángulos.
- el área tributaria se conforma de; áreas techos, áreas permeables, calles y avenidas de concreto o de asfalto.

Para ejemplo de cálculo de las áreas tributarias que influyen en el diseño del drenaje pluvial de la Facultad de Ingeniería, se tomarán los lados derecho e izquierdo partiendo de la línea central del ancho de calle que va del pozo de visita del PVP 1015 al PVP 1014, ya que se conoce el área de estudio se considera un 80 % área de techos y un 20 % de patios y jardines del área.

- Área tributaria lado izquierdo, ancho de calle 13,00 m dada en hectáreas.

A_T = Área total, del lado derecho obtenido con base en el plano de la figura 21.

$$A_T = \frac{598,06}{10,000} = 0,06(Ha)$$

A_{Calle} = Área de calle

$$A_{Calle} = \frac{DH * Ancho\ calle}{2}; \text{ Donde } DH = \text{Distancia horizontal entre pozos.}$$

$$A_{Calle} = \frac{25,05 * 13,00}{2} = \frac{162,82}{10,000} = 0,02(Ha)$$

A_t = Área tributaria

$$A_t = A_T - A_{Calle}$$

$$A_t = 0,06 - 0,02 = 0,04 (Ha)$$

$$\text{Área techos} = 0,040 * 0,80 = 0,035 (Ha)$$

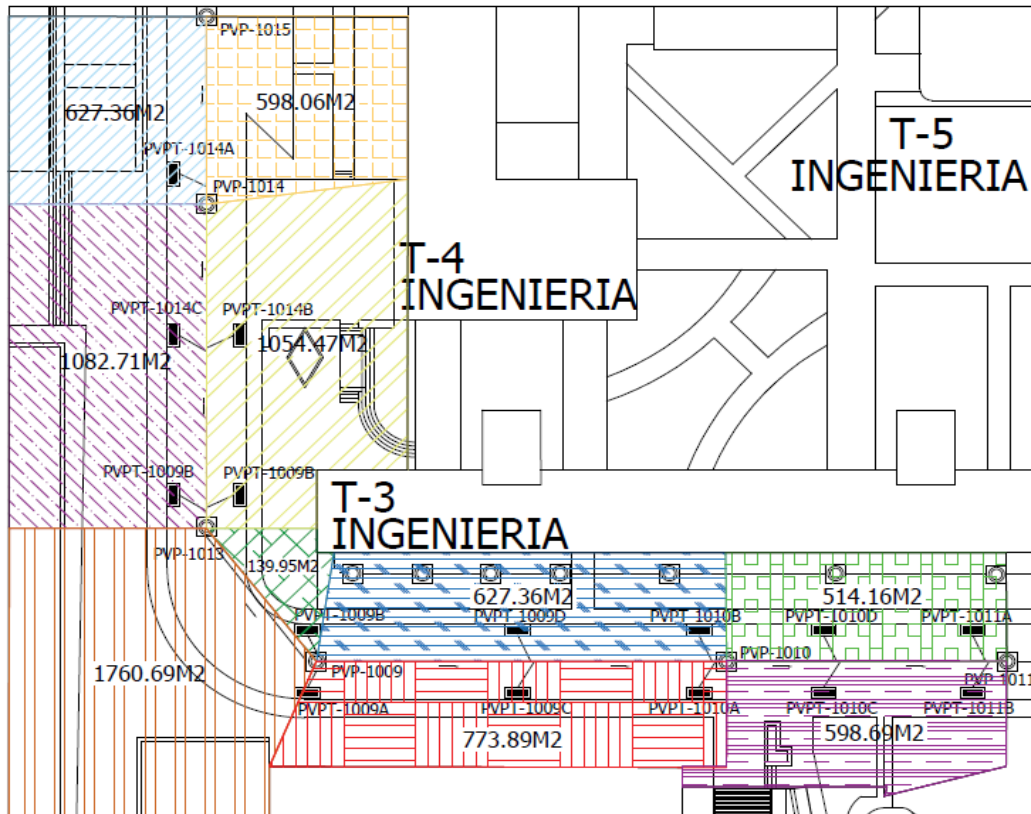
$$\text{Área patios} = 0,040 * 0,20 = 0,009 (Ha)$$

$$\Sigma.A_T = A_t + \text{Área techos} + \text{Área patios}$$

$$\Sigma.A_T = 0,02 + 0,035 + 0,009 = 0,060 (Ha)$$

$$\Sigma.A_T = 0,060 (Ha)$$

Figura 21. **Ejemplo trazo de áreas tributarias para diseño del drenaje pluvial - Facultad de Ingeniería**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

3.8. Coeficiente de escorrentía

Los parámetros utilizados con base en la Tabla III, para el cálculo del diseño de drenaje pluvial son los siguientes;

- El coeficiente de escorrentía para el área de calles de concreto 0,77.
- El coeficiente de escorrentía para el área de techos es de 0,75.

- El coeficiente de escorrentía para el área de área verde (patios) es de 0,40.

3.9. Determinación del caudal pluvial

Para la determinación del caudal pluvial se utilizará la formula descrita en el capítulo uno en donde intervienen, la intensidad de lluvia, el área que esta afecta y el coeficiente de la escorrentía.

3.9.1. Memoria de cálculo para propuesta drenaje pluvial

Para el cálculo del tramo inicial se tiene la siguiente información obtenida del INSIVUMEH.

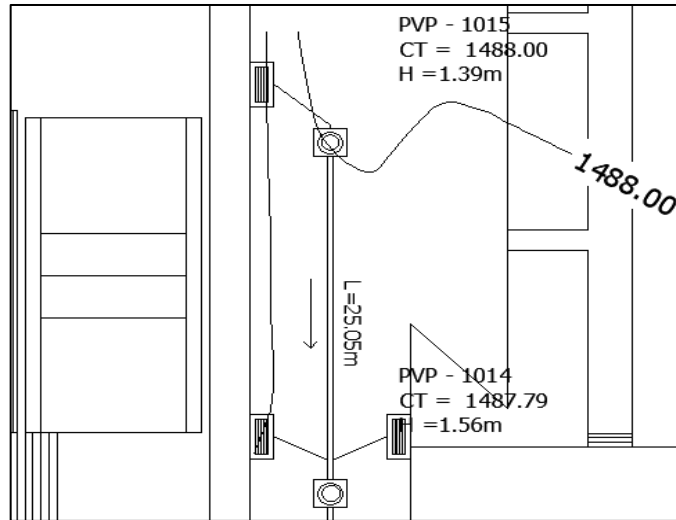
Tabla XIV. Datos de la cuenca María Linda

ESTACION METEREOLÓGICA INSIVUMEH Cuenca María Linda		
Parámetros	Tormenta mayor	Tormenta mayor
Tr:	2 años	25 años
A	1 970	820
B	15	2
N	0,958	0,656
R2	0,989	0,973

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Los datos por utilizar para el cálculo del diseño del drenaje pluvial que va del pozo de visita PVP-1015 al pozo de visita PVP-1014, son los siguientes:

Figura 22. **Obtención de datos del tramo inicial de los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

CT_i = Cota de terreno inicial: 1 488,00

CT_F = Cota de terreno final: 1 487,79

L = Distancia horizontal entre pozos: 25,05m

D_{pozo} = Promedio de diámetros de pozos de visita = 1,50m

$$L - D_{pozo} = 25,05 - \frac{1,50m + 1,50m}{2} = 23,55m$$

- Pendiente del terreno

$$S\%_{\text{terreno}} = \frac{[CT_i - CT_F] \times 100}{DH} = \frac{[1,488.00 - 1,487.79] \times 100}{25.05}$$

$$S\%_{\text{terreno}} = 0,84\%$$

- Área tributaria para el lado derecho, ancho de calle es de 13,00-m

$$\text{Área calle} = 0,02(\text{Ha})$$

Área techos = 0,035 (Ha)

Área patios = 0,009(Ha)

$\Sigma.A_T=0,06$ (Ha)

- Área tributaria para el lado izquierdo, ancho de calle es de 13.00-m

Área calle = 0,02(Ha)

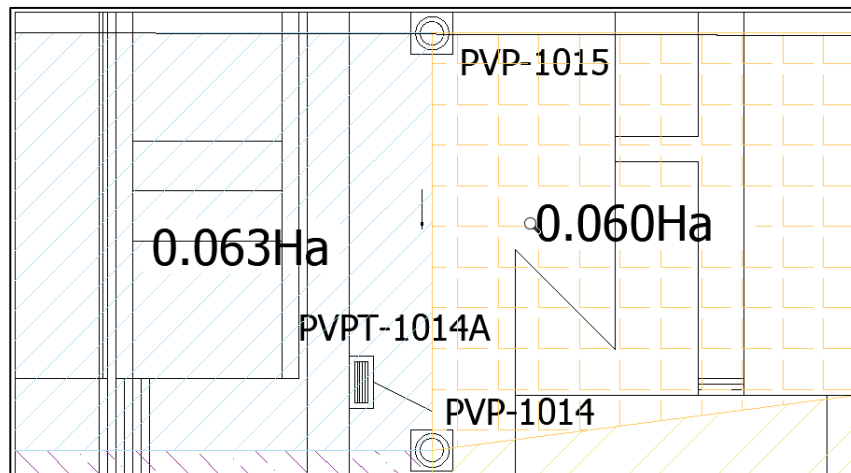
Área techos = 0,037 (Ha)

Área patios = 0,009(Ha)

$\Sigma.A_T=0,063$ (Ha)

Σ acumulada $A_{acumulada}= 0,06+0,063=0,123 + 0,194 =0,317$ (Ha)

Figura 23. **Áreas tributarias de los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Coeficiente de escorrentía

Para los coeficientes de escorrentía parciales (C_i), se utilizarán los siguientes parámetros:

Calle de concreto=0,77

Techo concreto=0,75

Áreas verdes (patios)=0,40

- Para $T_r = 2$ años (Actual)

Partiendo de la ecuación: $C = \frac{\sum C_i \times A_i}{A}$

$$C = \frac{(C_{calle} \times A_{calle}) + (C_{techos} \times A_{techos}) + (C_{patios} \times A_{patios})}{A_T}$$

Lado izquierdo:

$$\sum C_i \times A_i = 0,1109$$

Lado derecho:

$$\sum C_i \times A_i = 0,1121$$

Sumatoria del área total acumulada:

$$\sum C_{Ponderado} = \frac{0,1109+0,1121}{0,317}$$

$$\sum ,CP_{onderado} = 0,7033$$

- Para $T_r = 25$ años (Futuro)

Lado izquierdo:

$$\sum C_i \times A_i = 0,130$$

Lado derecho:

$$\sum C_i \times A_i = 0,131$$

Sumatoria del área total acumulada:

$$\sum C_{Ponderado} = \frac{0,130+0,131}{0,317}$$

$$\sum ,CP_{onderado} = 0,822$$

- Tiempo de concentración

$T_e = 12,00$ min (en tramos iniciales)

$T_r = 0,00$ min

Actual $t_c = 12,00$ min

Futuro $t_c = 11,00$ min

- Intensidad de lluvia

Para un periodo de retorno de 2 años; A, B y n = 1 970, 15 y 0,958

$$i = \frac{1\,970}{[15 + 12]^{0,958}}$$

$$i = 83,80 \text{ (mm/h)}$$

Para un periodo de retorno de 25 años; A, B y n = 820, 2 y 0,656

$$i = \frac{820}{[2 + 11]^{0,656}}$$

$$i = 151,37 \text{ (mm/h)}$$

- Caudal de diseño

Partiendo de la ecuación del Método Racional

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

- Para $T_r = 2$ años (Actual)

$$Q = \frac{(0,7033) \times (83,80 \text{ mm/h}) \times (0,317\text{Ha})}{360}$$

$$Q = 0,052 \text{ m}^3/\text{s} \times 1\,000$$

$$Q = 51,925 \text{ L/s}$$

- Para $T_r = 25$ años (Futuro)

$$Q = \frac{(0,822) \times (151,37 \text{ mm/h}) \times (0,317\text{Ha})}{360}$$

$$Q = 0,110 \text{ m}^3/\text{s} \times 1\,000$$

$$Q = 109,659 \text{ L/s}$$

El diámetro mínimo para tramos iniciales es de 15".

- Tubería de PVC $\phi = 15''$
- $S\%_{\text{tubería}} = 1,50 \%$
- Área a sección llena, (área de la sección transversal de tubería)

$$A = \frac{\pi}{4} (15 \times 0,0254)^2$$

$$A = 0,1140 \text{ m}^2$$

- Velocidad a sección llena

Utilizando la ecuación de Manning

Coeficiente de rugosidad (n) = 0,009, según características del material.

$$V = \frac{1}{0,009} \times \left(\frac{15 \times 0,0254}{4} \right)^{2/3} \times \left(\frac{1,50}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 2,8382 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

Utilizando la ecuación de Continuidad

$$Q = V \times A$$

$$Q = 2,8382 \text{ m/s} \times 0,1140 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,32358 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000$$

$$Q = 323,58 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas

Utilizando la gráfica de relaciones hidráulicas se determinan;

- Relaciones hidráulicas actuales

$$\frac{q}{Q} = 0,1605 ; \frac{v}{V} = 0,7321 ; \frac{d}{D} = 0,2700$$

- Relaciones hidráulicas futuras

$$\frac{q}{Q} = 0,3389 ; \frac{v}{V} = 0,9033; \frac{d}{D} = 0,4010$$

- Velocidades a sección parcial

Siguiendo los parámetros de la normativa de EMPAGUA, se hace el chequeo de velocidad dentro de las tuberías con $(0,60 \leq v \leq 3,00) \text{ m/s}$.

- Velocidad a sección parcial actual, despejando v:

$$\frac{v}{V} = 0,7321$$

$$v = 0,7321 \times V$$

$$v = 0,7321 \times 2,8382 \text{ m/s}$$

$$v = 2,0778 \text{ m/s}; \text{ Correcto}$$

- Velocidad a sección parcial futuro, despejando v:

$$\frac{v}{V} = 0,9033$$

$$v = 0,9033 \times V$$

$$v = 0,9033 \times 2,8382 \text{ m/s}$$

$$v = 2,5637 \text{ m/s}; \text{ Correcto}$$

- Cotas *Invert*:

Donde pasa la tubería es tráfico normal, la altura mínima del pozo será de 1,39 m y los diámetros del PVP-1015 y PVP-1014 serán de 1,50m.

- Cota *invert* de salida del PVP-1015

$$\text{CIS de PVP-1015} = 1\ 488.00 - 1,39\ \text{m} = 1\ 486,61\text{m}$$

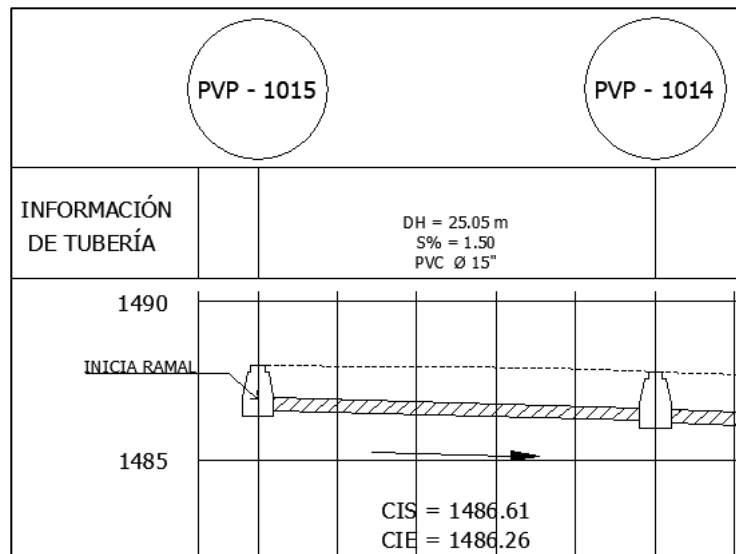
- Cota *invert* de entrada del PVP-1014

$$\text{CIE a PVP-1014} = 1\ 486,61 - (23,55\ \text{m} \times 0,0150) = 1\ 486,26\text{m}$$

- Cota *invert* de salida del PVP-1014

$$\text{CIS de PV-2} = 1\ 486,26 - 0,85\text{m} = 1\ 485,40$$

Figura 24. **Cotas *invert* de entrada y de salida en los pozos de visita PVP-1015 a PVP-1014**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Profundidades de pozos de visitas:

$$H_{PVP-1015} = 1\,488,00 - 1\,486,61 = 1,39 \text{ m}$$

$$H_{PV-11014} = 1\,487,79 - 1\,486,23 = 1,56 \text{ m}$$

- Volumen de excavación y relleno

El ancho de zanja para tuberías de diámetros de 15"

Ancho de zanja = 0,95 m

- Volumen de excavación

$$Vol_{excavacion} = \left(\frac{H_{PVP-1015} + H_{PVP-1014}}{2} \right) \times (L - D_{pozo}) \times Ancho\ zanja$$

$$Vol_{excavacion} = \left(\frac{1,39 + 1,56}{2} \right) \times 23,55 \times 0,95$$

$$Vol_{excavacion} = 33,03m^3$$

- Volumen de relleno

$$Vol_{relleno} = 33,03m^3 - \left(\frac{\pi}{4} (15 \times 0,0254)^2 \right) \times 23,55$$

$$Vol_{relleno} = 30,35m^3$$

Los demás cálculos se encuentran en el Apéndice 2. Hoja de cálculo hidráulico para el sistema de drenaje pluvial Facultad de Ingeniería – USAC.

3.9.2. Memoria de cálculo para propuesta tragante tipo rejilla

Cálculo del tramo inicial que va del pozo de visita PVP-1015 al pozo de visita PVP-1014, para determinar la cantidad de tragantes tipo rejilla necesita el sistema de drenaje pluvial de la Facultad de Ingeniería.

Tabla XV. Datos de la estación de la cuenca María Linda 2

ESTACIÓN METEREOLÓGICA INSIVUMEH Cuenca María Linda				
PARAMENTROS DE DISEÑO				
Constante	Ku	0,295	Tr:	25
			A	820
Constante	Ku	0,083	B	2
			n	0,656
Constante para flujo de cuneta	Ku	0,376	R2	0,973

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Para cálculo de tragantes para el área A1 (tramo inicial de los lados izquierdo y derecho).

Pendiente de terreno (longitudinal) $S_L\% = 13,00$

Pendiente transversal de la calle $S_x\% = 2,00$

Ancho de calle = 13,00 m

Distancia horizontal DH = 25,05 m

Coefficiente de rugosidad $n=0,016$ (concreto)

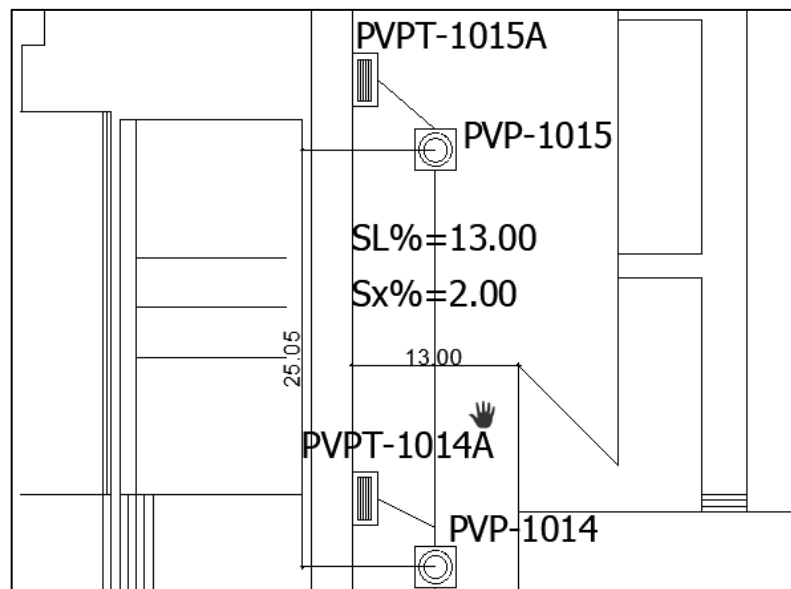
Área tributante para la captación del tragante 0,10 Ha aprox. (Izquierdo)

Área tributante para la captación del tragante 0,10 Ha aprox. (Derecho)

Coeficiente ponderado del tramo del pozo de visita PVP-1015 al pozo de visita PVP-1014 ($\Sigma CP = 0,822$)

Tiempo de concentración $T_c = 12,00$ minutos (para tramos iniciales)

Figura 25. **Área A1 para obtención de tragantes tipo rejilla que va del PVP-1015 al PVP-1014**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Intensidad de lluvia

$$i = \frac{820}{[2 + 12]^{0,656}}$$

$$i = 145,20 \text{ mm/h}$$

- Caudal de diseño

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

- Para el lado derecho

$$Q = \frac{(0,822) \times (145,20 \text{ mm/h}) \times (0,10\text{Ha})}{360}$$

$$Q = 0,0325 \text{ m}^3/\text{s} \times 1\ 000$$

$$Q = 32,5 \text{ L/s}$$

- Para el lado izquierdo

$$Q = \frac{(0,822) \times (145,20 \text{ mm/h}) \times (0,101\text{Ha})}{360}$$

$$Q = 0,0321 \text{ m}^3/\text{s} \times 1\ 000$$

$$Q = 32,10 \text{ L/s}$$

- Espejo de agua del tramo para lado izquierdo y lado derecho

$$T = \left(\frac{Q_{\text{diseño}} \times n}{K_u \times S_x^{1,67} \times S_L^{1,67}} \right)^{0,37}$$

Donde:

T = Espejo de agua (m)

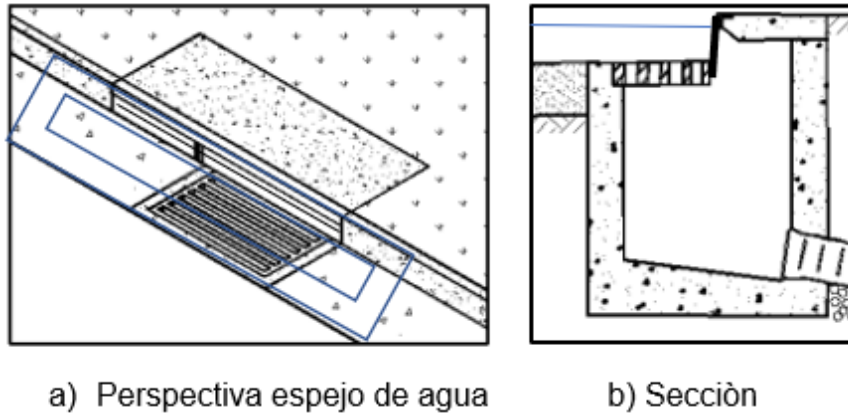
n = Coeficiente rugosidad concreto (0,016)

$K_u = 0,376$

S_L = Pendiente longitudinal de la calle

S_x = Pendiente transversal de la calle

Figura 26. Espejo de agua en tragantes de A1



Fuente: HEC-22. *Urban drainage design manual*. p. 4-88.

Para el lado derecho

$$T = \left(\frac{0,0325 \times 0,016}{0,376 \times 0,02^{1,67} \times 0,013^{1,67}} \right)^{0,37} = 2,21 \text{ m}$$

Para el lado izquierdo

$$T = \left(\frac{0,0321 \times 0,016}{0,376 \times 0,02^{1,67} \times 0,013^{1,67}} \right)^{0,37} = 2,20 \text{ m}$$

- Cantidad de tragantes propuestos, lado izquierdo y derecho caudal de tragante tipo rejilla.

$$Q = \frac{\text{Caudal diseño}}{\text{Cantidad de tragantes}} = \frac{0,0325}{1} = 0,0325 \text{ m}^3/\text{s (Izquierdo)}$$

$$Q = 32,46 \text{ L/s}$$

$$Q = \frac{\text{Caudal diseño}}{\text{Cantidad de tragantes}} = \frac{0,0321}{2} = 0,01605 \text{ m}^3/\text{s (Derecho)}$$

$$Q = 52,78 \text{ L/s}$$

- Caudal del tragante

$$Q_s = \left(\frac{K_u}{n} \right) \times S_L^{0,5} \times S_x^{1,67} \times T^{2,67}$$

Donde:

Q_s = Caudal del tragante (m^3/s)

T = Espejo de agua (m)

n = Coeficiente rugosidad concreto (0,016)

$K_u = 0,376$

S_L = Pendiente longitudinal de la calle

S_x = Pendiente transversal de la calle

- Para el lado derecho

$$Q_s = \left(\frac{0,376}{0,016} \right) \times 0,13^{0,5} \times 0,02^{1,67} \times 2,21^{2,67} = 0,014 \text{ m}^3/s \times 1\ 000$$

$$Q_s = 14,15 \text{ L/s}$$

- Para el lado izquierda

$$Q_s = \left(\frac{0,376}{0,016} \right) \times 0,13^{0,5} \times 0,02^{1,67} \times 2,20^{2,67} = 0,030 \text{ m}^3/s \times 1\ 000$$

$$Q_s = 30,30 \text{ L/s}$$

- Altura del canal de depresión y ancho de entrada del tragante

$$a=0,05 \text{ m}$$

$$W=0,60 \text{ m}$$

- Relación de flujo

$$Eo = \frac{1}{\frac{1 + \left(\frac{S_w}{S_x}\right)}{\frac{S_w}{\left(1 + \left(\frac{S_x}{T}\right)^g - 1\right)} \cdot \left(\frac{W}{W-1}\right)^3}}$$

Donde:

Eo = Relación de flujo (m)

W = Ancho de entrada (0,30m)

Varía en un rango de 0,30m a 0,60m.

S_x = Pendiente transversal de la calle

- Altura del canal de depresión y ancho de entrada del tragante

$$a=0,03 \text{ m}$$

$$W=0,30 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente de acceso al tragante} = S_x - \frac{a}{W}$$

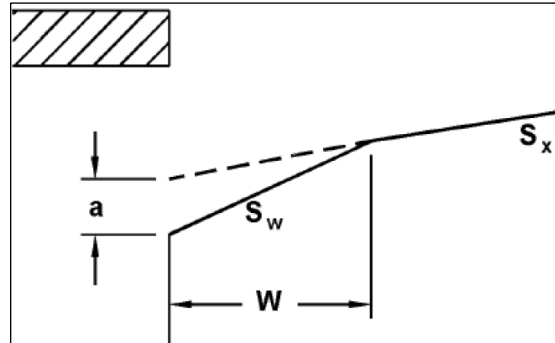
Donde:

a = Altura de presión, la altura del canal de depresión de la boca del tragante debe estar contemplado en 0,05 metros.

$$S_x = 0,02 + \left(\frac{0,05m}{0,60m}\right)$$

$$S_x = 0,10$$

Figura 27. Depresión de la entrada del tragante



Fuente: HEC-22. *Urban Drainage Design manual*. p 4-47.

- Para el lado derecho.

$$S_w = 0,10$$

$$Eo = \frac{1}{\frac{1 + \left(\frac{0,0}{S_x}\right) \frac{S_w}{(1 + \left(\frac{S_w}{S_x} \cdot 8 \cdot 1\right) \left(\frac{T}{W} \cdot 1\right)^3)}}{1 + \left(\frac{0,10}{0,02}\right) \frac{0,10}{\left(1 + \left(\frac{0,02}{8} \cdot 1\right) \left(\frac{2,21}{0,60} \cdot 1\right)^3\right)}}} = 0,53$$

- Para el lado izquierdo

$$S_w = 0,13$$

$$Eo = \frac{1}{\frac{1 + \left(\frac{S_w}{S_x}\right) \frac{S_w}{\left(1 + \left(\frac{S_w}{S_x} \cdot 8 \cdot 1\right) \left(\frac{T}{W} \cdot 1\right)^3\right)}}{1 + \left(\frac{0,13}{0,02}\right) \frac{0,13}{\left(1 + \left(\frac{0,02}{8} \cdot 1\right) \left(\frac{2,20}{0,60} \cdot 1\right)^3\right)}}} = 0,06$$

- Flujo en cuneta

$$T_s = T - W$$

Para el lado derecho e izquierdo

$$T_s = 2,21m - 0,60m = 1,61m$$

- Pendiente de cuneta (m/m)

$$(m/m) = \frac{S_w}{S_x}$$

- Para el lado derecho e izquierdo

$$(m/m) = \frac{0,10}{0,02} = 5,1 (m/m)$$

- Caudal de cuneta

$$Q_u = \frac{Q_s}{(1 - E_0)}$$

- Para el lado derecho

$$Q_u = \frac{0,014}{(1-0,53)} = 0,03 m^3/s$$

- Para el lado izquierdo

$$Q_u = \frac{0,030}{(1-0,06)} = 0,03 m^3/s$$

- Relación de flujo lateral

$$\frac{Q_s}{Q} = 1 - E_0$$

- Para el lado derecho

$$\frac{Q_s}{Q} = 1 - 0,57 = 0,43$$

- Para el lado izquierdo

$$\frac{Q_s}{Q} = 1 - 0,29 = 0,71$$

- Pendiente transversal equivalente (longitud de entrada canal deprimido)

$$S_e = S_x + \left(\frac{a}{W}\right) \times E_0$$

- Para el lado derecho

$$S_e = 0,02 + \left(\frac{0,05}{0,60}\right) \times 0,57 = 0,06 \text{ (m/m)}$$

- Para el lado izquierdo

$$S_e = 0,02 + \left(\frac{0,05}{0,60}\right) \times 0,29 = 0,07 \text{ (m/m)}$$

- Longitud propuesta de tragante
 - Lado derecho: $L = 0,40\text{m}$
 - Lado izquierdo: $L = 0,60\text{m}$

- Longitud de entrada requerida

$$L_T = \left(\frac{1}{n \times S_x} \right)^{0,60} \times S_L^{0,30} \times Q^{0,42} \times K_u$$

- Para el lado derecho

$$L_T = 0,32(m)$$

- Para el lado izquierdo

$$L_T = 0,31(m)$$

- Longitud efectiva

$$L_e = L \times \text{No. Tragantes}$$

- Para el lado derecho

$$L_e = 0,40m \times 1 = 0,40 (m)$$

- Para el lado izquierdo

$$L_e = 0,60m \times 2 = 1,20 (m)$$

- Eficiencia del tragante

El chequeo debe ser mayor al 75 %

$$E_f = 1 - \left(1 - \frac{L_e}{L_T}\right)$$

Para el lado derecho

$$E_f = 97\% \quad \text{Correcto}$$

Para el lado izquierdo

$$E_f = 100\% \quad \text{Correcto}$$

- Capacidad de caudal a interceptar

$$Q_i = E_f \times Q$$

- Para el lado derecho

$$Q_i = 97\% \times 0,0325m^3/s = 0,03m^3/s$$

- Para el lado izquierdo

$$Q_i = 0,02m^3/s$$

- Caudal remanente

$$Q_b = (1 - E_f) \times Q$$

- Para el lado derecho

$$Q_b = 0,0009m^3/s$$

- Para el lado izquierdo

$$Q_b = 0,00m^3/s$$

- Diámetro propuesto, deberá ser mayor a 12", no mayor a la tubería principal

$$\emptyset \text{ PVC} = 15''$$

- Pendiente de tubería en un rango del 2,00 % al 6,00 %

Para el lado derecho: 3,00%

Para el lado derecho: 6,00%

- Caudal a sección llena

Para el lado derecho

$$Q_{\text{llena}} = 0,46 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Correcto}$$

Para el lado izquierdo

$$Q_{\text{llena}} = 0,65 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Correcto}$$

- Relaciones hidráulicas

- Para el lado derecho

$$\frac{q}{Q} = 0,071 ; \frac{v}{V} = 0,180 ; \frac{d}{D} = 0,577$$

- Para el lado izquierdo

$$\frac{q}{Q} = 0,082 ; \frac{v}{V} = 0,193; \frac{d}{D} = 0,602$$

- Velocidad a sección parcial

- Para el lado derecho

$$V = 0,180 \times 4,01 = 0,72 \text{ m/s} \quad \text{Correcto}$$

- Para el lado izquierdo


$$V = 0,193 \times 5,68 = 0,34 \text{ m/s (Derecho) OK}$$

Los demás cálculos se encuentran en el “Apéndice 3”. “Hoja de cálculo diseño tragantes tipo rejilla, Facultad de Ingeniería, USAC.

3.10. Presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente


El presupuesto cuenta con los renglones de trabajo necesarios para ejecutar la propuesta de mejoramiento, las cantidades y los precios unitarios.

Tabla XVI. Presupuesto drenaje pluvial Facultad de Ingeniería – USAC

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA PRESUPUESTO MEJORAMIENTO DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE ELABORADO POR: ALCIRA GARRIDO						
No.	Renglon de trabajo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario. (Q)	Subtotal (Q)	Total (Q)
						874 433,81
1.00	PRELIMINARES					
1.01	Bodega resguardo materiales	gl	1,00	14 690,70	14 690,70	
1.02	Replanteo topográfico y trazo	gl	1,00	7 724,50	7 724,50	
1.03	Demolicion asfalto y retiro carpeta de rodadura en línea central	m2	280,00	43,12	12 073,48	
1.04	Zanjeo y retiro de tubería existente	m3	1 383,97	24,29	33 622,50	
1.05	Aplicación de carpeta de rodadura asfáltica de espesor 0.06m (incluye suministro, aplicación y mezcla asfáltica en caliente)	m2	280,00	200,06	56 016,00	
1.06	Flete retiro de ripio y material (suelo sobrante)	ud	15,00	851,07	12 766,00	
					Subtotal	136 893,18
2.00	DRENAJE PLUVIAL					
Tubería drenaje pluvial						
2.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)	ml	85,00	988,61	84 031,43	
2.02	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 18" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)	ml	50,00	1 410,62	70 531,03	
2.03	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 24" Norma AASTHO M-304 (selecto, relleno y compactación)	ml	68,00	2 017,51	137 190,83	
2.04	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 30" Norma AASTHO M-304 (selecto, relleno y compactación)	ml	83,00	3 159,92	262 273,13	
					Subtotal	554 026,41
Tragantes PVPT						
2.05	Modificación tragantes existentes tipo rejilla ampliación dimensiones según planos + modificación de rejilla existente	ud	20,00	1 093,56	21 871,25	
2.06	Tragantes nuevos tipo rejilla (incluye excavación, perfilado, fundición y rejilla metálica dimensiones según planos)	ud	5,00	3 341,43	16 707,13	
2.07	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)	ml	35,00	988,65	34 602,78	
2.08	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 18" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)	ml	72,00	1 410,65	101 567,07	
					Subtotal	174 748,23
Pozos de visita PVP						
2.09	Mantenimiento y resanes en pozos de visita existentes PVP	ud	7,00	1 252,29	8 766,00	
					Subtotal	8 766,00
Costo estimado mejoramiento drenaje pluvial (Q)						874 433,81
En letras		Ochocientos setenta y cuatro mil cuatrocientos treinta y tres con 81/00				

Notas: Dentro del presupuesto no se incluye:
 - Trámites de licencias y permisos.
 - Se requiere el 75% del área para trabajar

Vo. Bo.


 Dennis Salvador Argueta Mayorga
 INGENIERO CIVIL
 MAESTRO EN INGENIERIA VIAL
 MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA
 DOCTOR EN CIENCIAS CLIMATICAS Y SOSTENIBILIDAD
 COLEGIADO 8297

Firma del Responsable (Asesor)

Vo. Bo.



Firma del Supervisor (Estudiante)

Fuente: elaboración propia, empleado Microsoft Excel 365.

3.11. Integración de precios unitarios para el presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente

Los precios unitarios se integran con los costos directos como; combustibles, maquinaria y equipo, fletes, mano de obra, materiales, y los costos indirectos como un factor en porcentaje que incluyen; imprevistos, utilidad, gastos administrativos.

Tabla XVII. Presupuesto de propuesta mejoramiento drenaje pluvial existente

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,01	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	GLOBAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Bodega resguardo materiales				
DESCRIPCIÓN:	Bodega 2 niveles de lámina para guardar los materiales de construcción del drenaje pluvial				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Lámina de zinc cal. 28 longitud 12 pies	30	Unidad	66,5	Q1 781,25
	Lámina de zinc cal. 28 longitud 12 pies	12	Unidad	Q78,50	Q841,07
	Regla 2"X3"X10'	35	Unidad	Q38,50	Q1 203,13
	Plywood fenólico plancha 4x8 pies 18 mm	15	Unidad	Q380,00	Q5 089,29
	Clavo 2"	25	lb	Q6,50	Q145,09
	Clavo 3"	25	lb	Q7,00	Q156,25
				Total	Q9 216,07
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Albañil por día	4	Día	135	Q482,14
	-	-	-	-	-
				Total	Q482,14
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q24,11
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q9 698,21
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q3 394,38
	Costo Total				Q13 116,70
	IVA (12%)				Q1 574,00
TOTAL POR		1		Q14 690,70	

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,02	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	GLOBAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Replanteo topográfico y trazo				
DESCRIPCIÓN:	Topografía y trazo línea central drenaje pluvial				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Cal hidratada	10	saco	Q35,00	Q312,50
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
				Total	Q312,50
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato topografía	4	Día	Q1 050,00	Q3 750,00
	Ayudante por día	4	Día	Q110,00	Q392,86
	Albañil por día	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q4 625,00
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q231,25
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q4 937,50
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q1 728,13
	Costo Total				Q6 896,88
	IVA (12%)				Q827,63
TOTAL POR			1		Q7 724,50

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,03	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	M2
NOMBRE DEL REGLÓN:	Demolición asfalto y retiro carpeta de rodadura en línea central				
DESCRIPCIÓN:	Se retira el asfalto para realizar el cambio de tubería existente donde aplique el diseño pluvial				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Alquiler minicargador (bobcat)	7	Día	750	Q4 687,50
				Total	Q4 687,50
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Diesel	40	galón	27,5	Q1 048,00
				Total	Q1 048,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Flete traslado equipo	2	Unidad	650	Q1 160,71
				Total	Q1 160,71
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
					Q0,00
					Q0,00
				Total	Q0,00
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Operador minicargador	7	Día	150	Q1 050,00
		-	-	-	-
				Total	Q1 050,00
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q52,50
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q7 946,21
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q2 781,18
	Costo Total				Q10 779,89
	IVA (12%)				Q1 293,59
	TOTAL POR		1		Q43,12

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,04	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	M3
NOMBRE DEL REGLÓN:	Zanjeo y retiro de tubería existente				
DESCRIPCIÓN:	Zanja para el retiro de material (1,384m3) y tubería existente				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Sacos para embolsar material sobrante	6750	saco	Q1,80	Q10 848,21
					Q0,00
					Q0,00
				Total	Q10 848,21
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Ayudante por día (para 15 días se toman 5 ayudantes)	75	Día	Q110,00	Q7 366,07
	Albañil por día (para 15 días se toman 2 albañiles)	30	Día	Q135,00	Q3 616,07
				Total	Q10 982,14
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q549,11
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q21 830,36
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q7 640,63
	Costo Total				Q30 020,09
	IVA (12%)				Q3 602,41
TOTAL POR			1		Q24,29

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,05	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	M2
NOMBRE DEL REGLÓN:	Aplicación de carpeta de rodadura asfáltica de espesor 0.06m (incluye suministro, aplicación y mezcla asfáltica en caliente)				
DESCRIPCIÓN:	Reparación de asfalto por cambio de tuberías del sistema de drenaje pluvial existente				
I. Descripción de Maquinaria y Equipo					
	Alquiler rodo	4	Día	Q950,00	Q3 392,86
	Alquiler pavimentadora	4	Día	Q1 100,00	Q3 928,57
				Total	Q7 321,43
II. Descripción de Combustible y Lubricantes					
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III. Descripción de Transporte y Flete					
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV. Descripción de Materiales					
	Asfalto en caliente	440	M2	Q15,00	Q5 892,86
					Q0,00
				Total	Q5 892,86
V. Descripción de Mano de Obra					
	Operador mezcladora asfalto	4	Día	Q135,00	Q482,14
	Operador rodo	4	Día	Q135,00	Q482,14
	Subcontrato aplicación asfalto en caliente	280	M2	90	Q22 500,00
				Total	Q22 982,14
VI. Costos Adicionales					
	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q1 149,11
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q36 196,43
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q12 668,75
	Costo Total				Q50 014,29
	IVA (12%)				Q6 001,71
TOTAL POR			1	Q200,06	

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	1,06	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	UNIDAD
NOMBRE DEL REGLÓN:	Flete retiro de ripio y material (suelo sobrante)				
DESCRIPCIÓN:	Fletes para retiro de material sobrante y asfalto existente				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Flete retiro de ripio y suelo sobrante	15	Unidad	600	Q8 035,71
				Total	Q8 035,71
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Ayudante por día (para 2 días se toman 2 ayudantes)	4	Día	Q110,00	Q392,86
				Total	Q392,86
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q19,64
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q8 428,57
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q2 950,00
	Costo Total				Q11 398,21
	IVA (12%)				Q1 367,79
TOTAL POR		1			Q851,07

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,02	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	METRO LINEAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 18" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)				
DESCRIPCIÓN:	Base de selecto y colocación de tubería PVC Ø 18"				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Tubo PVC Ø 18" Norma ASTM F-949	50	M	Q921,25	Q41 127,38
	Empaques	9	Unidad	Q81,50	Q654,91
	Pegamento PVC	1	Galón	Q572,00	Q510,71
	Selecto	4	M3	Q50,00	Q178,57
					Q0,00
				Total	Q42 471,58
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato instalación tubería PVC Ø 18"	50	M	Q75,00	Q3 348,21
	Ayudante por día (para 2 días se toman 1 ayudantes)	2	Día	Q110,00	Q196,43
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q4 026,79
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q201,34
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q46 498,36
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q16 274,43
	Costo Total				Q62 974,13
	IVA (12%)				Q7 556,90
TOTAL POR			1		Q1 410,62

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,03	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	METRO LINEAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 24" Norma AASTHO M-304 (selecto, relleno y compactacion)				
DESCRIPCIÓN:	Base de selecto y colocación de tubería PVC Ø 24"				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Tubo PVC Ø 24" Norma AASTHO M-304	68	M	Q1 316,86	Q79 952,01
	Empaques	12	Unidad	Q173,95	Q1 863,75
	Pegamento PVC	2	Galón	Q572,00	Q1 021,43
	Selecto	6	M3	Q50,00	Q267,86
					Q0,00
				Total	Q83 105,05
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato instalación tubería PVC Ø 24"	68	M	Q110,00	Q6 678,57
	Ayudante por día (para 2 días se toman 1 ayudantes)	2	Día	Q110,00	Q196,43
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q7 357,14
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q367,86
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q90 462,19
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q31 661,77
	Costo Total				Q122 491,81
	IVA (12%)				Q14 699,02
TOTAL POR			1		Q2 017,51

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,04	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	METRO LINEAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 30" Norma AASTHO M-304 (selecto, relleno y compactacion)				
DESCRIPCIÓN:	Base de selecto y colocación de tubería PVC Ø 30"				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Tubo PVC Ø 30" Norma AASTHO M-304	83	M	Q2 152,61	Q159 523,78
	Adhesivo	5	Unidad	Q93,30	Q416,52
	Pegamento PVC	2	Galón	Q572,00	Q1 021,43
	Selecto	6	M3	Q50,00	Q267,86
					Q0,00
				Total	Q161 229,58
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato instalación tubería PVC Ø 30"	83	M	Q150,00	Q11 116,07
	Ayudante por día (para 2 días se toman 1 ayudantes)	2	Día	Q110,00	Q196,43
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q11 794,64
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q589,73
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q173 024,22
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q60 558,48
	Costo Total				Q234 172,43
	IVA (12%)				Q28 100,69
TOTAL POR			1		Q3 159,92

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,05	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	UNIDAD
NOMBRE DEL REGLÓN:	Modificacion tragantes existentes tipo rejilla ampliacion dimensiones según planos + modificacion de rejilla existente				
DESCRIPCIÓN:	Rejilla propuesta de 0.60m x 1.20m, rejilla existente 0.50m x 1.10m				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Concreto premezclado	50	Saco	Q35,00	Q1 562,50
	Clavo 2"	10	lb	Q6,50	Q58,04
	Plywood fenólico plancha 4x8 pies 18 mm	5	Unidad	Q380,00	Q1 696,43
				Total	Q3 316,96
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato herrería (modificación rejilla)	20	Unidad	Q450,00	Q8 035,71
	Ayudante por día (para 4 días se toman 2 ayudantes)	8	Día	Q110,00	Q785,71
	Albañil por día (para 4 días se toman 4 albañiles)	16	Día	Q135,00	Q1 928,57
				Total	Q10 750,00
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q537,50
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q14 066,96
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q4 923,44
	Costo Total				Q19 527,90
	IVA (12%)				Q2 343,35
	TOTAL POR		1		Q1 093,56

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,06	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	UNIDAD
NOMBRE DEL REGLÓN:	Tragantes nuevos tipo rejilla (incluye excavación, perfilado, fundición y rejilla metálica dimensiones según planos)				
DESCRIPCIÓN:					
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Concreto premezclado	60	Saco	Q35,00	Q1 875,00
	Clavo 2"	35	lb	Q6,50	Q203,13
	Plywood fenólico plancha 4x8 pies 18 mm	10	Unidad	Q380,00	Q3 392,86
				Total	Q5 470,98
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato herrería (rejilla nueva de 0.60m x 1.20m)	5	Unidad	Q850,00	Q3 794,64
	Ayudante por día (para 5 días se toman 2 ayudantes)	10	Día	Q110,00	Q982,14
	Albañil por día (para 5 días se toman 1 albañiles)	5	Día	Q135,00	Q602,68
				Total	Q5 379,46
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q268,97
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q10 850,45
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q3 797,66
	Costo Total				Q14 917,08
	IVA (12%)				Q1 790,05
	TOTAL POR		1		Q3 341,43

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,07	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	METRO LINEAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)				
DESCRIPCIÓN:	Base de selecto y colocación de tubería PVC Ø 15"				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Tubo PVC Ø 15" Norma ASTM F-949	35	M	Q587,37	Q18 355,16
	Empaques	5	Unidad	Q173,95	Q776,56
	Pegamento PVC	2,1	Galón	Q572,00	Q1 072,50
	Selecto	8	M3	Q50,00	Q357,14
					Q0,00
				Total	Q20 561,36
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato instalación tubería PVC Ø 15"	35	M	Q50,00	Q1 562,50
	Ayudante por día (para 2 días se toman 1 ayudantes)	2	Día	Q110,00	Q196,43
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q2 241,07
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q112,05
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q22 802,43
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q7 980,85
	Costo Total				Q30 895,34
	IVA (12%)				Q3 707,44
TOTAL POR		1		Q988,65	

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,08	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	METRO LINEAL
NOMBRE DEL REGLÓN:	Suministro y colocación de tubería PVC Ø 18" Norma ASTM F-949 (selecto, relleno y compactación)				
DESCRIPCIÓN:	Base de selecto y colocación de tubería PVC Ø 18"				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Tubo PVC Ø 18" Norma ASTM F-949	72	M	Q921,25	Q59 223,43
	Empaques	12	Unidad	Q81,50	Q873,21
	Pegamento PVC	2	Galón	Q572,00	Q1 195,07
	Selecto	4	M3	Q50,00	Q178,57
				Total	Q61 470,29
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato instalación tubería PVC Ø 18"	72	M	Q75,00	Q4 821,43
	Ayudante por día (para 2 días se toman 1 ayudantes)	2	Día	Q110,00	Q196,43
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
					Total
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q275,00
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q66 970,29
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q23 439,60
	Costo Total				Q90 684,89
	IVA (12%)				Q10 882,19
TOTAL POR			1	Q1 410,65	

Continuación de la tabla XVII.

HOJA DE INTEGRACION DE PRECIO UNITARIO					
REGLÓN No:	2,09	CANTIDAD:	1,00	UNIDAD:	UNIDAD
NOMBRE DEL REGLÓN:	Mantenimiento y resanes en pozos de visita existentes PVP				
DESCRIPCIÓN:	Mantenimiento preventivo y resane en pozos de visita existentes PVP				
I.	Descripción de Maquinaria y Equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
II.	Descripción de Combustible y Lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
III.	Descripción de Transporte y Flete	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	-	-	-	-	-
				Total	Q0,00
IV.	Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Cemento UGC	25	Saco	Q68,00	Q1 517,86
	Arena de río	4	M3	Q115,00	Q410,71
	Speed plug	25	lb	Q80,00	Q1 785,71
					Q0,00
				Total	Q3 714,29
V.	Descripción de Mano de Obra	Cantidad	Unidad	Costo	Sub Total
	Subcontrato limpieza pozos de visita PVP	7	Unidad	Q150,00	Q937,50
	Ayudante por día (para 2 días se toman 3 ayudantes)	6	Día	Q110,00	Q589,29
	Albañil por día (para 2 días se toman 2 albañiles)	4	Día	Q135,00	Q482,14
				Total	Q2 008,93
VI.	Herramientas (5% Mano de Obra (-)IVA)				Q100,45
	Costo Directo (Materiales + Mano de Obra + Herramientas)				Q5 723,21
	Costo Indirecto (35% Costo Directo)				Q2 003,13
	Costo Total				Q7 826,79
	IVA (12%)				Q939,21
TOTAL POR			1		Q1 252,29

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

CONCLUSIONES

1. Se utilizó el método racional para la obtención del caudal de lluvia que influye en el área de estudio del parqueo vehicular ubicado entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde las variables que influyen son; el coeficiente de escorrentía, la intensidad de lluvia que han sido muy intensas en los últimos inviernos, además, el área de influencia ha tenido modificaciones en obras de infraestructura para mejoramiento a la Facultad de Ingeniería.
2. Se evaluó la capacidad que posee el drenaje pluvial existente del área de estudio y al hacer los chequeos en cumplimiento a las normativas y criterios de diseño hidráulico del país, en el parqueo de automóviles entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha dado como resultado realizar cambios en los diámetros de las tuberías en los tramos que conectan de los pozos visita del PVP-1015 al PVP-816 y la construcción de nuevos tragantes tipo rejilla.
3. Se realizó un mejoramiento en el diseño de drenaje pluvial existente para cumplir con los diámetros de tubería que requiere el diseño, además, se hizo un cambio en el tipo de material de tubería de cemento a tubería PVC de 15", 18", 24" y 30" de diámetros, también se propone la construcción de cinco nuevos tragantes tipo rejilla ubicados en los lugares estratégicos donde el diseño mejorado lo requiera. Se estima que el drenaje pluvial del parqueo ubicado entre los edificios T1, T2 y T3 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, funcione adecuadamente con las mejoras del diseño propuesto.

RECOMENDACIONES

1. Conocer los elementos que conforman un sistema de drenaje pluvial, la función específica de cada elemento y las normativas vigentes que el INFOM y EMPAGUA proponen para el diseño de un sistema de drenaje pluvial nuevo, y el análisis que se debe de realizar para un sistema de drenaje ya existente para evaluar posibles deficiencias y solventarlo utilizando los conceptos aprendidos.
2. Ejecutar la propuesta del mejoramiento del drenaje pluvial existente de la Facultad de Ingeniería – USAC, se recomienda que el supervisor tenga experiencia en campo para poder ejecutar correctamente los planos propuestos y presupuesto dado.
3. Actualizar los precios de mano de obra y materiales a utilizar para no tener problemas en la fase de ejecución del proyecto de mejoramiento del drenaje pluvial, ya que, se manejaron con datos de precios en el año 2021.
4. Realizar el mantenimiento al drenaje pluvial dándole limpieza a los tragantes tipo rejilla como el retiro de hojarasca y basura que puedan obstaculizar la entrada de los tragantes e inspeccionar los pozos de visita, por lo menos, una vez por semana en época de invierno y quincenalmente en época de verano.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRIZUELA, Víctor. *Criterios para el diseño de descargas de sistemas de drenaje pluvial, en el área metropolitana de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala: Facultad de Ingeniería. 2012. 83. p.
2. CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. 1^{ra} ed. Colombia: McGraw-Hill. 1994. 583. p.
3. Climatología Aplicada a Ingeniería y Medio Ambiente. *Precipitaciones*. [en línea] <<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/PRECIPITACIONES-MAX-24-h-Y-PER-DE-RETORNO.pdf>> [Consulta: 15 de mayo de 2019].
4. Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Coyoacán, México: CONAGUA, 2007. 7 p.
5. DE LA RIVA, Julio Mario. *Normas y reglamento para diseño y construcción de drenajes*. Guatemala: Colegio de Ingenieros. 2010. 195 p.
6. Ecoexploratorio, *Inundaciones*. [en línea] <<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/>> [Consulta: 21 de mayo de 2019].

7. Instituto de Fomento Municipal. *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 9. 22. p.
8. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Atlas hidrológico de la República de Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH. 2019. 1. p
9. _____. *Documento 5007*. Guatemala: INSIVUMEH. 5 p.
10. _____. *Atlas hidrológico de la República de Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH. 2019. 1 p.
11. KOHLER PAULUS, Linsley. *Hidrología para ingenieros*. 2.^a ed. Colombia: McGraw-Hill Inc. 1977. 1 p.
12. LOBIOS, Meteo. *Lluvia*. [en línea] <<http://www.meteolobios.es/lluvia.htm>> [Consulta: 14 de mayo de 2019].
13. MEDINA, Manuel. *Apuntes de Topografía*. 1.^a ed. México: Facultad de Estudios Superiores Acatlán, 2010. 186 p.
14. Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. Guatemala: Anuario del Colegio de Ingenieros. 1988. 195 p.
15. National Highway Institute. *Urban drainage design manual*. 3.^a ed. Estados Unidos de América: NHI. 4-30 p.

16. NÚÑEZ, Martín. *Cálculo de la curva de intensidad de la tormenta curvas IDF*. España: EIMA. 2019. 1 p.
17. RODRÍGUEZ DÍAZ, Héctor Alfonso. *Rehabilitación de sistemas de alcantarillado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Colombia, Facultad de Ingeniería, 2017. 22 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Topografía del parqueo Facultad de Ingeniería**

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
1	0,00	0,00	0,00	EST1	Estación 1
2	1 487,1	-129,51	449,6	-	Orilla banqueta derecha
3	1 487,09	-138,21	447,74	-	Orilla banqueta izquierda
4	1 487,11	-127,13	458,48	-	Banqueta derecha
5	1 487,02	-130,05	459,08	-	Orilla banqueta derecha
6	1 487,08	-134,03	459,65	-	Línea central
7	1 487,01	-138,05	459,92	-	Orilla banqueta izquierda
8	1 487,12	-140,9	459,89	-	Banqueta izquierda
9	1 487,02	-127,32	469,6	-	Banqueta derecha
10	1 486,92	-129,69	470,42	-	Orilla banqueta derecha
11	1 486,97	-134,11	470,44	-	Línea central
12	1 486,92	-138,6	470,44	-	Orilla banqueta izquierda
13	1 487,04	-140,94	469,59	-	Banqueta izquierda
14	1 486,95	-127,35	478,4	-	Banqueta derecha
15	1 486,89	-130,24	478,99	-	Orilla banqueta derecha
16	1 486,95	-134,22	479,28	-	Línea central
17	1 486,88	-138,19	478,99	-	Orilla banqueta izquierda
18	1 487	-141,02	478,54	-	Banqueta izquierda
19	1486.94	-127,42	486,54	-	Banqueta derecha
20	1486.85	-130,3	487,03	-	Orilla banqueta derecha

Continuación del apéndice 1.

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
21	1 486,9	-134,27	486,91	-	Línea central
22	1 486,83	-138,27	486,82	-	Orilla banquetta izquierda
23	1 486,98	-141,22	487,26	-	Banqueta izquierda
24	1 486,98	-127,59	495,37	-	Banqueta derecha
25	1 486,84	-129,95	496,05	-	Orilla banquetta derecha
26	1 486,91	-134,34	496,06	-	Línea central
27	1 486,85	-138,35	496,01	-	Orilla banquetta izquierda
28	1 487,00	-141,26	495,92	-	Banqueta izquierda
29	1 487,25	-121,14	500,87	-	Caminito izquierda
30	1 487,26	-121,14	503,09	-	Caminito derecha
31	1 487,09	-132,19	500,64	-	Caminito izquierda
32	1 487,11	-132,21	502,91	-	Caminito derecha
33	1 487,08	-136,8	500,56	-	Caminito izquierda
34	1 487,06	-136,99	502,77	-	Caminito derecha
35	1 487,00	-141,33	500,39	-	Caminito izquierda
36	1 487,02	-141,39	502,70	-	Caminito derecha
37	1 486,98	-127,64	506,27	-	Banqueta derecha
38	1 486,88	-130,05	506,85	-	Orilla banquetta derecha
39	1 486,93	-134,58	507,20	-	Línea central
40	1 486,86	-138,95	507,02	-	Orilla banquetta izquierda
41	1 487,14	-141,44	506,89	-	Banqueta izquierda
42	1 487,49	-147,42	510,05	-	Hacia edificio T1 derecha
43	1 487,66	-150,36	508,08	-	Hacia edificio T1 izquierda
44	1 487,63	-150,10	510,18	-	Hacia edificio T1 derecha
45	1 487,79	-155,49	509,03	-	Hacia edificio T1 izquierda
46	1 487,82	-157,42	511,43	-	Hacia edificio T1 derecha

Continuación del apéndice 1.

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
47	1 488,00	-160,65	510,21	-	Hacia edificio T1 izquierda
48	1487,96	-159,97	512,20	-	Hacia edificio T1 derecha
49	1488,13	-167,97	512,40	-	Hacia edificio T1 izquierda
50	1488,14	-167,42	514,25	-	Hacia edificio T1 derecha
51	1488,2	-175,33	514,93	-	Hacia edificio T1 izquierda
52	1488,2	-174,67	516,75	-	Hacia edificio T1 derecha
53	1488,23	-177,08	517,59	-	Hacia edificio T1 izquierda
54	1 488,24	-177,51	516,33	-	Hacia edificio T1 derecha
55	1 489,91	-154,71	504,62	-	Arriba gradas hacia T2 der
56	1 490,00	-154,45	500,93	-	Arriba gradas hacia T2 izq
57	1 489,96	-162,52	502,02	-	Arriba gradas hacia T2 izq
58	1 489,93	-162,49	503,89	-	Arriba gradas hacia T2 der
59	1 487,12	-134,57	501,81	-	Caminito línea central
60	1 486,98	-127,72	514,08	-	Banqueta derecha
61	1 486,94	-130,58	514,85	-	Orilla banqueta derecha
62	1 486,98	-134,68	515,26	-	Línea central
63	1 486,90	-138,55	515,10	-	Orilla banqueta izquierda
64	1 487,05	-141,45	515,63	-	Banqueta izquierda
65	1 487,07	-127,83	522,45	-	Banqueta derecha
66	1 486,97	-130,62	523,08	-	Orilla banqueta derecha
67	1 487,02	-134,73	523,19	-	Línea central
68	1 486,95	-139,93	523,06	-	Orilla banqueta izquierda
69	1 486,97	-141,43	523,97	-	Banqueta izquierda
70	1 487,11	-127,90	530,58	-	Banqueta derecha
71	1 487,03	-130,66	531,52	-	Orilla banqueta derecha

Continuación del apéndice 1.

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
72	1 487,07	-134,77	531,55	-	Línea central pozo
73	1 487,03	-139,23	531,4	-	Orilla banqueta izquierda
74	1 487,17	-141,61	531,31	-	Banqueta izquierda
75	1 487,25	-127,95	542,59	-	Banqueta derecha
76	1 487,18	-130,73	542,81	-	Orilla banqueta derecha
77	1 487,23	-134,90	542,85	-	Línea central
78	1 487,16	-138,73	542,77	-	Orilla banqueta izquierda
79	1 487,25	-141,35	542,43	-	Banqueta izquierda
80	1 487,38	-128,04	550,78	-	Banqueta derecha
81	1 487,25	-130,49	551,04	-	Orilla banqueta derecha
82	1 487,35	-134,89	550,98	-	Línea central
83	1 487,28	-138,88	550,82	-	Orilla banqueta izquierda
84	1 487,38	-140,88	548,85	-	Banqueta izquierda
85	1 487,50	-128,09	558,57	-	Banqueta derecha
86	1 487,41	-131,64	559,16	-	Orilla banqueta derecha
87	1 487,40	-138,96	558,81	-	Orilla banqueta izquierda
88	1 487,53	-141,06	558,61	-	Banqueta izquierda
89	1 487,77	-128,25	570,56	-	Banqueta derecha
90	1 487,59	-130,84	570,93	-	Orilla banqueta derecha
91	1 487,68	-135,11	571,53	-	Línea central pozo
92	1 487,62	-139,46	570,94	-	Orilla banqueta izquierda
93	1 487,78	-141,05	570,93	-	Banqueta izquierda
94	1 487,87	-134,05	583,34	-	Banqueta derecha garita
95	1 487,88	-135,32	583,25	-	Línea central
96	1 487,90	-139,63	582,79	-	Banqueta izquierda alto
97	1 488,05	-135,62	601,49	-	Orilla banqueta der muelle

Continuación de apéndice 1.

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
98	1 488,04	-138,68	601,60	-	Línea central
99	1 488,06	-140,79	601,77	-	Orilla banquetta izq muelle
100	1 487,60	-140,37	606,20	-	Abajo lomo izquierdo
101	1 487,61	-137,88	606,71	-	Línea central abajo lomo
107	1 487,26	-126,35	426,14	EST2	ESTACIÓN 2
122	1 487,73	-79,96	435,15	-	Línea central
123	1 487,71	-79,37	439,32	-	Orilla banquetta derecha
124	1 487,60	-91,19	428,96	-	Banqueta izquierda
125	1 487,47	-91,53	431,54	-	Orilla banquetta izquierda
126	1 487,57	-90,62	435,64	-	Línea central
127	1 487,50	-90,13	439,83	-	Orilla banquetta derecha
128	1 487,70	-89,30	441,54	-	Banqueta derecha
129	1 487,35	-109,55	429,47	-	Banqueta izquierda
130	1 487,19	-109,94	432,26	-	Orilla banquetta izquierda
131	1 487,26	-110,01	436,19	-	Línea central
132	1 487,19	-109,39	440,29	-	Orilla banquetta derecha
133	1 487,40	-108,01	442,88	-	Banqueta derecha
134	1 487,24	-120,07	429,82	-	Banqueta izquierda
135	1 487,09	-120,64	432,64	-	Orilla banquetta izquierda
136	1 487,16	-120,82	436,61	-	Línea central
137	1 487,11	-120,52	440,73	-	Orilla banquetta derecha
138	1 487,26	-118,48	443,71	-	Banqueta derecha
139	1 487,25	-120,50	445,08	-	Banqueta derecha
140	1 487,10	-123,02	441,30	-	Orilla banquetta derecha
141	1 487,17	-125,11	437,74	-	Línea central

Continuación de apéndice 1.

LIBRETA TOPOGRÁFICA					
Punto	Elevación	Norte	Este	Estación	Descripción
142	1 487,11	-126,87	434,30	-	Orilla banqueta izquierda
143	1 487,25	-127,51	431,40	-	Banqueta izquierda
144	1 487,28	-125,02	448,73	-	Banqueta derecha
145	1 487,07	-127,71	445,82	-	Orilla banqueta derecha
146	1 487,16	-131,43	443,62	-	Línea central

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Apéndice 2. **Hoja de cálculo hidráulico para el sistema de drenaje
pluvial Facultad de Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Apéndice 3. **Hoja de cálculo diseño tragantes tipo rejilla, Facultad de Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

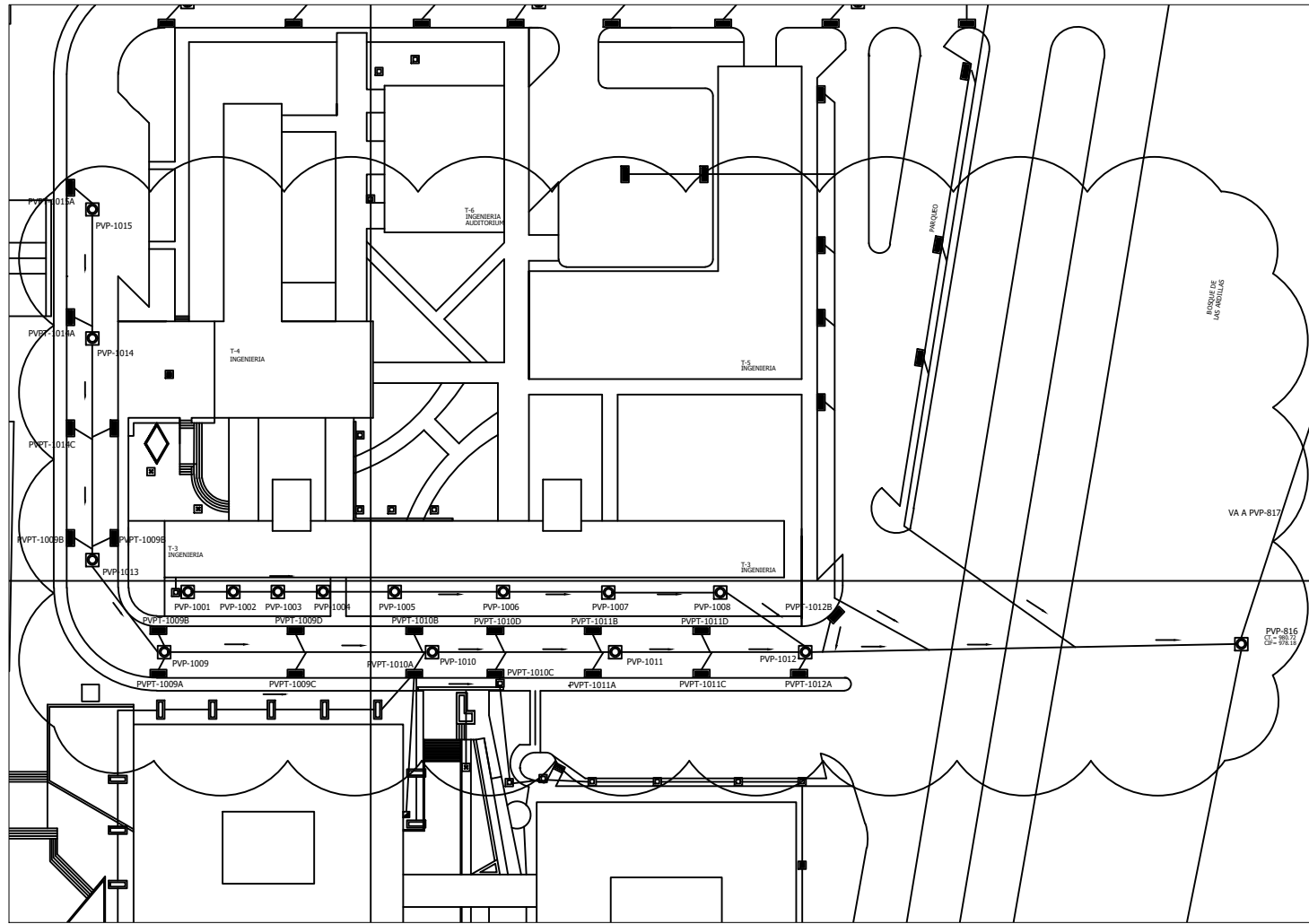
DISEÑO DE TRAGANTE TIPO REJILLA

PARAMETROS DE DISEÑO			ESTACION METEOROLÓGICA:		CARACTERÍSTICAS TUBERÍA	
CONSTANTE	Ku	0,296	Tr.	25.00	TIPO DE TUBERÍA	PVC
			A	820.00	NORMA DE TUBERÍA	ASTM-F949
CONSTANTE	Kuv	0,083	B	2.00	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n)	0.0090
CONSTANTE PARA FLUJO DE CUNETA	Ku	0,376	n	0.66		
			R2	0.97		

DE	A	TRAGANTE	LADO	SUPERFICIE	PENDIENTE		ANCHO CALLE	DH	ÁREA	Cp	Tc	I	Q DISEÑO	T	# TRAGANTES	CAUDAL DEL TRAGANTE		Qs	RELACION DE FLUJO	ALTURA DEL CANAL DE DREPRESION	ANCHO DE REJILLA	PENDIENTE TRANSVERSAL	FLUJO EN LA CUNETA		Se	RELACION DE FLUJO	RELACION DE FLUJO LATERAL	RELACION DE FLUJO FRONTAL INTERCEPTADO	FLUJO		LONGITUD PROPUESTA POR UNIDAD DE TRAGANTE	LONGITUD EFECTIVA	LONGITUD DE LA ENTRADA O REQUERIDA	FLUJO INTERCEPTADO/EFICIENCIA DE FLUJO LATERAL CAPTADO		CAUDAL INTERCEPTADO	CAUDAL REMANTE	Ø PVC	PENDIENTE DE TUBERÍA	ÁREA DE LA TUBERÍA	Vol. A SECCIÓN LLENA	Q. A SECCIÓN LLENA		CHEQUEO	RELACIONES HIDRAULICAS				Vel. A SECCIÓN PARCIAL					
					‰	‰										(m³/s)	(L/s)						Eo	a (m)					W (m)	Sw				Ts	(m/m)							Qu (m³/s)	(m/m)		Eo	Eo	Qs/Q	Rf		V (m/s)	Vo (m/s)	L (m)	Le (m)	Lt (m)
1015	1014	A 1	DERECHO	CONCRETO	0.015	0.02	13.00	25.05	0.016	979.02	0.10	0.822	12	145.20	0.0235	2.21	1	0.0235	32.4836	0.0255	0.014	14.15	0.53	0.05	0.60	0.10	1.81	5.17	0.03	0.07	0.57	0.03	0.43	1.84	0.51	2.67	0.40	0.40	0.32	0.59	97%	0.03	0.0008	15	0.03	0.11	4.01	0.48	457.62	CORRECTO	0.071	0.180	0.577	0.72
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.013	0.02	13.00	41.55	0.016	967.06	0.10	0.822	12	145.20	0.0321	2.20	2	0.0528	52.7889	0.1059	0.030	75.53	0.06	0.05	0.60	0.13	2.15	4.33	0.03	0.06	0.20	0.03	0.71	2.03	0.51	3.99	0.60	1.20	4.84	0.18	100%	0.02	0.0000	15	0.06	0.11	5.68	0.85	647.17	CORRECTO	0.082	0.193	0.602	1.10
1014	1013	A 2	DERECHO	CONCRETO	0.015	0.02	13.00	41.54	0.016	1577.18	0.16	0.730	12	145.20	0.0473	2.47	2	0.0237	23.9678	0.0373	0.023	22.90	0.43	0.05	0.60	0.10	1.87	5.17	0.04	0.06	0.52	0.05	0.48	1.99	0.62	3.99	0.60	1.20	0.31	0.14	100%	0.04	0.0000	15	0.06	0.11	5.68	0.85	647.17	CORRECTO	0.037	0.130	0.473	0.74
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.015	0.02	13.00	41.54	0.016	1594.89	0.16	0.730	12	145.20	0.0470	2.47	2	0.0235	23.4928	0.0370	0.023	22.88	0.43	0.05	0.60	0.10	1.87	5.17	0.04	0.06	0.52	0.05	0.48	1.99	0.62	3.99	0.60	1.20	0.31	0.14	100%	0.04	0.0000	15	0.02	0.11	3.28	0.37	373.84	CORRECTO	0.063	0.169	0.556	0.55
1013	1009	A 3	DERECHO	CONCRETO	0.001	0.02	13.00	21.19	0.016	2619.20	0.26	0.863	12	145.20	0.0869	5.31	1	0.0869	86.9095	0.0896	0.094	84.27	0.06	0.05	0.60	0.10	4.71	5.17	0.07	0.04	0.27	0.07	0.73	2.09	0.29	3.99	0.60	0.60	0.28	0.35	83%	0.06	0.0152	15	0.06	0.11	5.68	0.85	647.17	CORRECTO	0.134	0.247	0.696	1.40
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.001	0.02	13.00	21.19	0.016	2677.60	0.27	0.863	12	145.20	0.0888	5.35	1	0.0888	88.8473	0.0701	0.096	95.69	0.06	0.05	0.60	0.10	4.75	5.17	0.07	0.04	0.27	0.07	0.73	2.09	0.29	3.99	0.60	0.60	0.28	0.34	82%	0.06	0.0180	15	0.06	0.11	5.68	0.85	647.17	CORRECTO	0.137	0.260	0.701	1.42
1009	1010	A 4	DERECHO	CONCRETO	0.002	0.02	13.00	50.40	0.016	2799.20	0.28	0.817	12	145.20	0.1075	5.12	2	0.0537	53.7299	0.0848	0.078	78.46	0.07	0.05	0.60	0.10	4.52	5.17	0.08	0.04	0.28	0.11	0.72	2.06	0.39	3.99	0.60	1.20	0.28	0.25	100%	0.06	0.0000	18	0.03	0.16	4.53	0.74	744.13	CORRECTO	0.072	0.161	0.584	0.82
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.002	0.02	13.00	50.40	0.016	4438.29	0.44	0.817	12	145.20	0.1623	5.97	2	0.0811	81.1491	0.1281	0.125	124.89	0.04	0.05	0.60	0.10	5.37	5.17	0.13	0.04	0.25	0.16	0.75	2.05	0.44	3.99	0.60	1.20	0.34	0.22	100%	0.09	0.0000	18	0.03	0.16	4.53	0.74	744.13	CORRECTO	0.109	0.222	0.654	1.01
1010	1011	A 5	DERECHO	CONCRETO	0.002	0.02	13.00	33.78	0.016	3536.84	0.35	0.815	12	145.20	0.1163	4.91	2	0.0581	58.1331	0.0917	0.094	83.60	0.07	0.05	0.60	0.10	4.31	5.17	0.09	0.04	0.29	0.12	0.71	2.04	0.45	3.99	0.60	1.20	0.32	0.21	100%	0.07	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.055	0.159	0.536	1.02
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.002	0.02	13.00	33.78	0.016	9796.68	0.98	0.815	12	145.20	0.3220	7.19	2	0.1610	161.0226	0.2543	0.260	260.26	0.03	0.05	0.60	0.10	6.59	5.17	0.27	0.04	0.21	0.32	0.79	2.00	0.61	3.99	0.60	1.20	0.54	0.14	100%	0.14	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.153	0.264	0.723	1.69
1011	1012	A 6	DERECHO	CONCRETO	0.015	0.02	13.00	35.19	0.016	4052.25	0.41	0.813	12	145.20	0.1329	3.84	2	0.0684	66.4276	0.1047	0.084	83.54	0.17	0.05	0.60	0.10	3.04	5.17	0.10	0.05	0.38	0.13	0.82	1.91	0.60	3.99	0.60	1.20	0.54	0.08	100%	0.08	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.063	0.170	0.558	1.09
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.015	0.02	13.00	35.19	0.016	14645.20	1.46	0.813	12	145.20	0.4802	5.89	2	0.2401	240.0755	0.3789	0.367	367.28	0.04	0.05	0.60	0.10	5.29	5.17	0.38	0.04	0.25	0.48	0.75	1.79	1.33	3.99	0.60	1.20	1.06	0.05	100%	0.18	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.228	0.324	0.809	2.08
1012	816	A 7	DERECHO	CONCRETO	0.085	0.02	13.00	52.01	0.016	7894.25	0.79	0.811	12	145.20	0.2571	3.39	2	0.1285	128.5472	0.2025	0.195	195.35	0.20	0.05	0.60	0.10	2.79	5.17	0.20	0.05	0.41	0.26	0.59	1.59	1.98	3.99	0.60	1.20	1.15	0.02	100%	0.13	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.122	0.298	0.678	1.51
			IZQUIERDO	CONCRETO	0.085	0.02	13.00	52.01	0.016	17983.37	1.80	0.811	12	145.20	0.5879	4.62	2	0.2940	293.9521	0.4636	0.413	412.81	0.09	0.05	0.60	0.10	4.02	5.17	0.45	0.05	0.31	0.59	0.89	1.42	2.58	3.99	0.60	1.20	1.79	0.02	100%	0.20	0.0000	18	0.06	0.16	6.41	1.05	1052.36	CORRECTO	0.279	0.361	0.857	2.31

Apéndice 4. **Plano 001, plano delimitación de zona, Facultad de
Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

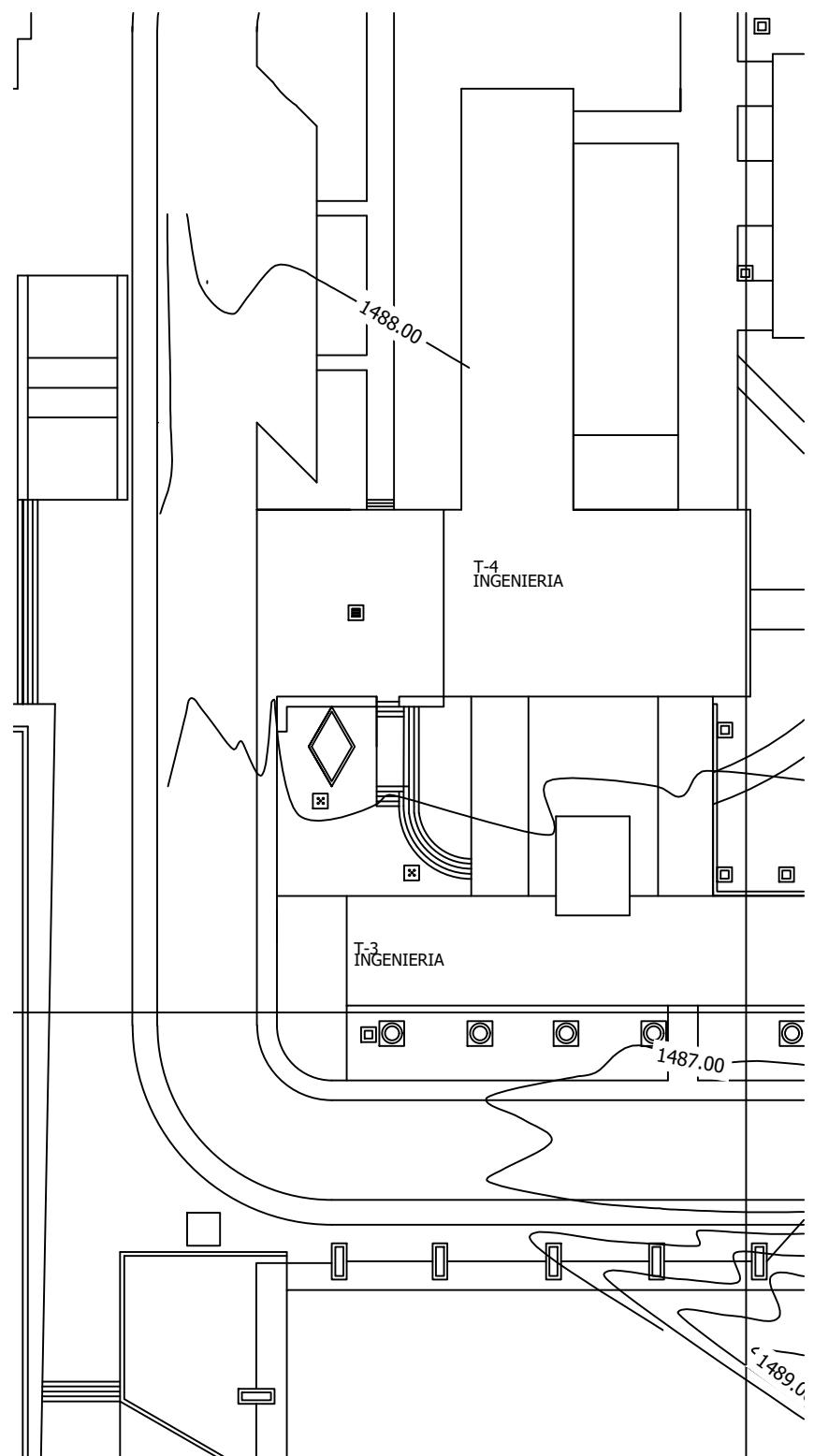


NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CASA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
	INDICA TUBERIA DE COLECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	COTA INVERT DE FONDO
	COTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NUMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON REJILLA METALICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

POZO	POZO	DISTANCIA	MATERIAL	DIAMETRO	COTA	COTASUB	COTA INVT	PERCENTE
POZOS	POZOS	METROS	TUBERIA	CM	ENMET	ENMET	ENMET	ENMET
1001	1002	10.00	150	15	100.00	98.50	1.50	1.50%
1002	1003	10.00	150	15	98.50	97.00	1.50	1.50%
1003	1004	10.00	150	15	97.00	95.50	1.50	1.50%
1004	1005	10.00	150	15	95.50	94.00	1.50	1.50%
1005	1006	10.00	150	15	94.00	92.50	1.50	1.50%
1006	1007	10.00	150	15	92.50	91.00	1.50	1.50%
1007	1008	10.00	150	15	91.00	89.50	1.50	1.50%
1008	1009	10.00	150	15	89.50	88.00	1.50	1.50%
1009	1010	10.00	150	15	88.00	86.50	1.50	1.50%
1010	1011	10.00	150	15	86.50	85.00	1.50	1.50%
1011	1012	10.00	150	15	85.00	83.50	1.50	1.50%
1012	1013	10.00	150	15	83.50	82.00	1.50	1.50%
1013	1014	10.00	150	15	82.00	80.50	1.50	1.50%
1014	1015	10.00	150	15	80.50	79.00	1.50	1.50%
1015	1016	10.00	150	15	79.00	77.50	1.50	1.50%
1016	1017	10.00	150	15	77.50	76.00	1.50	1.50%
1017	1018	10.00	150	15	76.00	74.50	1.50	1.50%
1018	1019	10.00	150	15	74.50	73.00	1.50	1.50%
1019	1020	10.00	150	15	73.00	71.50	1.50	1.50%
1020	1021	10.00	150	15	71.50	70.00	1.50	1.50%
1021	1022	10.00	150	15	70.00	68.50	1.50	1.50%
1022	1023	10.00	150	15	68.50	67.00	1.50	1.50%
1023	1024	10.00	150	15	67.00	65.50	1.50	1.50%
1024	1025	10.00	150	15	65.50	64.00	1.50	1.50%
1025	1026	10.00	150	15	64.00	62.50	1.50	1.50%
1026	1027	10.00	150	15	62.50	61.00	1.50	1.50%
1027	1028	10.00	150	15	61.00	59.50	1.50	1.50%
1028	1029	10.00	150	15	59.50	58.00	1.50	1.50%
1029	1030	10.00	150	15	58.00	56.50	1.50	1.50%
1030	1031	10.00	150	15	56.50	55.00	1.5	

Apéndice 5. **Plano 01, plano topografía 1, Facultad de Ingeniería,
USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



PLANO DE TOPOGRAFÍA

ESCALA 1:7000

PUNTOS TOPOGRÁFICOS				
No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
66	ORILLA BANQUETA DER	1486.97	-130.62	523.08
2	ORILLA BANQUETA DER	1487.10	-129.51	449.60
10	ORILLA BANQUETA DER	1486.92	-129.69	470.42
3	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.09	-138.21	447.74
4	BANQUETA DER	1487.11	-127.13	458.48
5	ORILLA BANQUETA DER	1487.02	-130.05	459.08
6	LINEA CENTRAL	1487.08	-134.03	459.65
7	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.01	-138.05	459.92
8	BANQUETA IZQ	1487.12	-140.90	459.89
9	BANQUETA DER	1487.02	-127.32	469.60
11	LINEA CENTRAL	1486.97	-134.11	470.44
12	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.92	-138.60	470.44
13	BANQUETA IZQ	1487.04	-140.94	469.59
14	BANQUETA DER	1486.95	-127.35	478.40
15	ORILLA BANQUETA DER	1486.89	-130.24	478.99
16	LINEA CENTRAL	1486.95	-134.22	479.28
17	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.88	-138.19	478.99
18	BANQUETA IZQ	1487.00	-141.02	478.54
19	BANQUETA DER	1486.94	-127.42	486.54
20	ORILLA BANQUETA DER	1486.85	-130.30	487.03

No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
21	LINEA CENTRAL	1486.90	-134.27	486.91
22	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.83	-138.27	486.82
23	BANQUETA IZQ	1486.98	-141.22	487.26
24	BANQUETA DER	1486.98	-127.59	495.37
25	ORILLA BANQUETA DER	1486.84	-129.95	496.05
26	LINEA CENTRAL	1486.91	-134.34	496.06
27	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.85	-138.35	496.01
28	BANQUETA IZQ	1487.00	-141.26	495.92
29	CAMINITO IZQ	1487.25	-121.14	500.87
30	CAMINITO DER	1487.26	-121.14	503.09
31	CAMINITO IZQ	1487.09	-132.19	500.64
32	CAMINITO DER	1487.11	-132.21	502.91
33	CAMINITO IZQ	1487.08	-136.80	500.56
34	CAMINITO DER	1487.06	-136.99	502.77
35	CAMINITO IZQ	1487.00	-141.33	500.39
36	CAMINITO DER	1487.02	-141.39	502.70
37	BANQUETA DER	1486.98	-127.64	506.27
38	ORILLA BANQUETA DER	1486.88	-130.05	506.85
39	LINEA CENTRAL	1486.93	-134.58	507.20
40	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.86	-138.95	507.02

No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
41	BANQUETA IZQ	1487.14	-141.44	506.89
42	HACIA T1 DER	1487.49	-147.42	510.05
43	HACIA T1 IZQ	1487.66	-150.36	508.08
44	HACIA T1 DER	1487.63	-150.10	510.18
45	HACIA T1 IZQ	1487.79	-155.49	509.03
46	HACIA T1 DER	1487.82	-157.42	511.43
47	HACIA T1 IZQ	1488.00	-160.65	510.21
48	HACIA T1 DER	1487.96	-159.97	512.20
49	HACIA T1 IZQ	1488.13	-167.97	512.40
50	HACIA T1 DER	1488.14	-167.42	514.25
51	HACIA T1 IZQ	1488.20	-175.33	514.93
52	HACIA T1 DER	1488.20	-174.67	516.75
53	HACIA T1 IZQ	1488.23	-177.08	517.59
54	HACIA T1 DER	1488.24	-177.51	516.33
55	ARRIBA HACIA T2 DER	1489.91	-154.71	504.62
56	ARRIBA HACIA T2 IZQ	1490.00	-154.45	500.93
57	ARRIBA HACIA T2 IZQ	1489.96	-162.52	502.02
58	ARRIBA HACIA T2 DER	1489.93	-162.49	503.89
59	CAMINITO LINEA CENTRAL	1487.12	-134.57	501.81
60	BANQUETA DER	1486.98	-127.72	514.08

No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
61	ORILLA BANQUETA DER	1486.91	-130.58	514.85
62	LINEA CENTRAL	1486.98	-134.68	515.26
63	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.90	-138.55	515.10
64	BANQUETA IZQ	1487.05	-141.45	515.05
65	BANQUETA DER	1487.07	-127.83	522.45
67	LINEA CENTRAL	1487.02	-134.73	523.19
68	ORILLA BANQUETA IZQ	1486.95	-139.93	523.06
69	BANQUETA IZQ	1486.97	-141.43	523.97
70	BANQUETA DER	1487.11	-127.90	530.58
71	ORILLA BANQUETA DER	1487.03	-130.66	531.52
72	LINEA CENTRAL POZO	1487.07	-134.77	531.55
73	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.03	-139.23	531.40
74	BANQUETA IZQ	1487.17	-141.61	531.31
75	BANQUETA DER	1487.25	-127.95	542.59
76	ORILLA BANQUETA DER	1487.18	-130.73	542.81
77	LINEA CENTRAL	1487.23	-134.90	542.85
78	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.16	-138.73	542.77
79	BANQUETA IZQ	1487.25	-141.35	542.43
80	BANQUETA DER	1487.38	-128.04	550.78
81	ORILLA BANQUETA DER	1487.25	-130.49	551.04

No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
82	LINEA CENTRAL	1487.35	-134.89	550.98
83	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.28	-138.88	550.82
84	BANQUETA IZQ	1487.38	-140.88	548.85
85	BANQUETA DER	1487.50	-128.09	558.57
86	ORILLA BANQUETA DER	1487.41	-131.64	559.16
87	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.40	-138.96	558.81
88	BANQUETA IZQ	1487.53	-141.06	558.61
89	BANQUETA DER	1487.77	-128.25	570.56
90	ORILLA BANQUETA DER	1487.59	-130.84	570.93
91	LINEA CENTRAL POZO	1487.68	-135.11	571.53
92	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.62	-139.46	570.94
93	BANQUETA IZQ	1487.78	-141.05	570.93
94	BANQUETA DER GARITA	1487.87	-134.05	583.34
95	LINEA CENTRAL	1487.88	-135.32	583.25
96	BANQUETA IZQ ALTO	1487.90	-139.63	582.79
97	ORILLA BANQUETA DER MUELLE	1488.05	-135.62	601.49
98	LINEA CENTRAL	1488.04	-138.68	601.60
99	ORILLA BANQUETA IZQ MUELLE	1488.06	-140.79	601.77
100	ABAJO LOMO IZQ	1487.60	-140.37	606.20
101	LINEA CENTRAL ABAJO LOMO	1487.61	-137.88	606.71

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
⊠	ESTACIÓN
123	NÚMERO DE PUNTO
1487.71	COTA DE TERRENO
□	EDIFICIO / VIVIENDA
T-X	IDENTIFICACIÓN DE NÚMERO DE EDIFICIO



PROYECTO: ANÁLISIS Y RESEÑO DEL ORDENAMIENTO URBANO ENTRE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-4 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

IDENTIFICACIÓN: 2013 1304 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ

ORDENADOR: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA REVISOR: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA LEVANTADOR: ALCIRA GARRIDO

UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DIBUJANTE: ALCIRA GARRIDO

CONTENIDO: ESCALA: INDICADA

FECHA: ABRIL DE 2020

PLANO DE TOPOGRAFÍA 1

TRAZO No. 1/11

(C) ING. DENNIS ARGÜETA

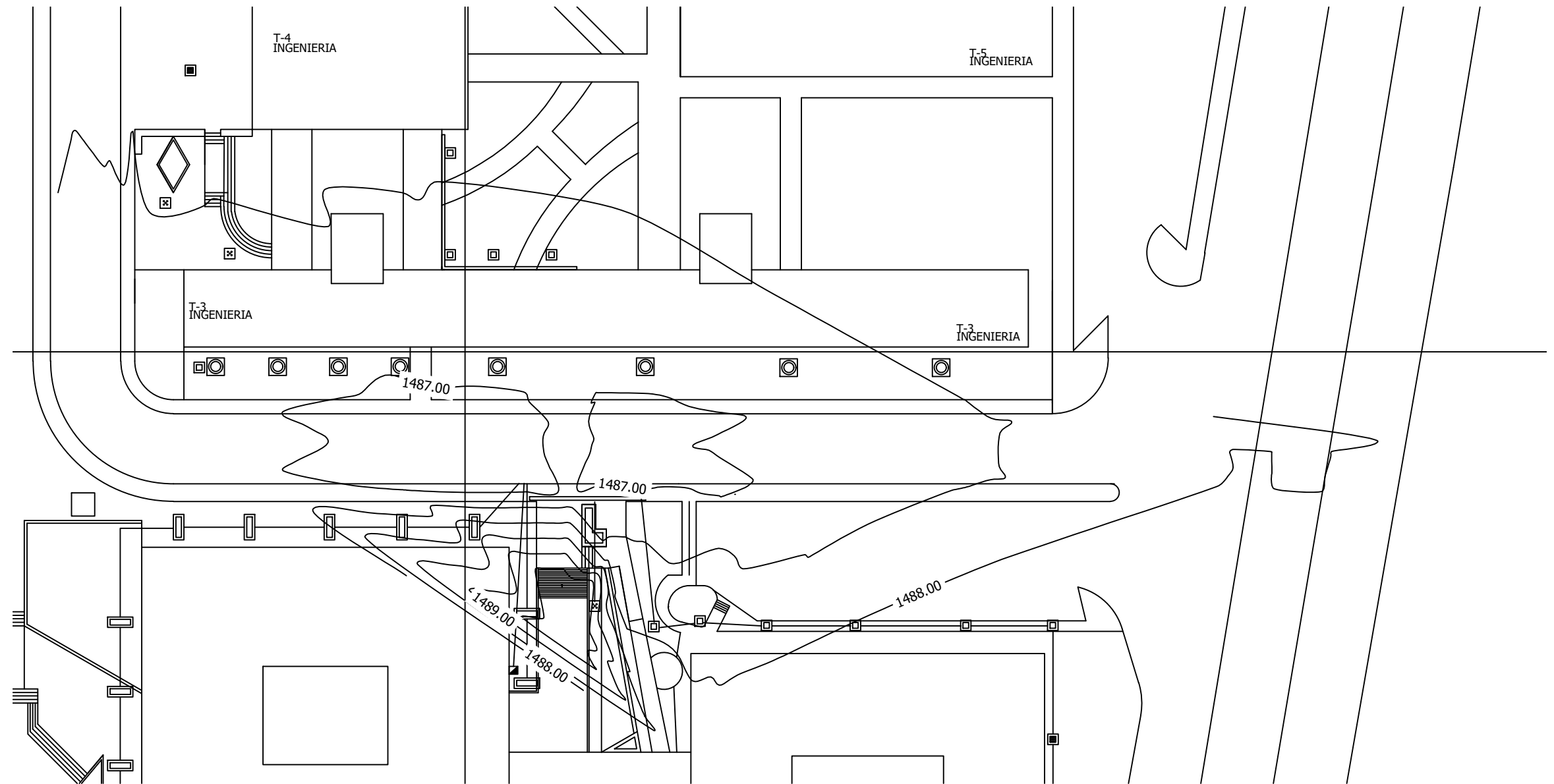
Apéndice 6. **Plano 02, plano topografía 2, Facultad de Ingeniería,
USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
122	LINEA CENTRAL	1487.73	-79.96	435.15
123	ORILLA BANQUETA DER	1487.71	-79.37	439.32
124	BANQUETA IZQ	1487.60	-91.19	428.96
125	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.47	-91.53	431.54
126	LINEA CENTRAL	1487.57	-90.62	435.64
127	ORILLA BANQUETA DER	1487.50	-90.13	439.83
128	BANQUETA DER	1487.70	-89.30	441.54
129	BANQUETA IZQ	1487.35	-109.55	429.47
130	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.19	-109.94	432.26
131	LINEA CENTRAL	1487.26	-110.01	436.19
132	ORILLA BANQUETA DER	1487.19	-109.39	440.29
133	BANQUETA DER	1487.40	-108.01	442.88
134	BANQUETA IZQ	1487.24	-120.07	429.82
135	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.09	-120.64	432.64
136	LINEA CENTRAL	1487.16	-120.82	436.61
137	ORILLA BANQUETA DER	1487.11	-120.52	440.73
138	BANQUETA DER	1487.26	-118.48	443.71
139	BANQUETA DER	1487.25	-120.50	445.08
140	ORILLA BANQUETA DER	1487.10	-123.02	441.30
141	LINEA CENTRAL	1487.17	-125.11	437.74

No.	DESCRIPCIÓN	COTA	NORTE	ESTE
142	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.11	-126.87	434.30
143	BANQUETA IZQ	1487.25	-127.51	431.40
144	BANQUETA DER	1487.28	-125.02	448.73
145	ORILLA BANQUETA DER	1487.07	-127.71	445.82
146	LINEA CENTRAL	1487.16	-131.43	443.62
147	ORILLA BANQUETA IZQ	1487.12	-134.42	440.88
148	BANQUETA IZQ	1487.27	-136.51	438.73



PLANO DE TOPOGRAFÍA
ESCALA 1:7000

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
⊠	ESTACIÓN
123	NÚMERO DE PUNTO
1487.71	COTA DE TERRENO
□	EDIFICIO / VIVIENDA
T-X	IDENTIFICACIÓN DE NÚMERO DE EDIFICIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-5 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

IDENTIFICACIÓN: 2013 13074 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO #5612

ARRIBO: ING. DENNIS ARGÜETA MAYUCA REVISÓ: ING. DENNIS ARGÜETA MAYUCA LEVANTO: ALCIRA GARRIDO

ELABORACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DIBUJÓ: ALCIRA GARRIDO ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANO DE TOPOGRAFÍA 2 FECHA: ABRIL DE 2,020

(7) ING. DENNIS ARGÜETA

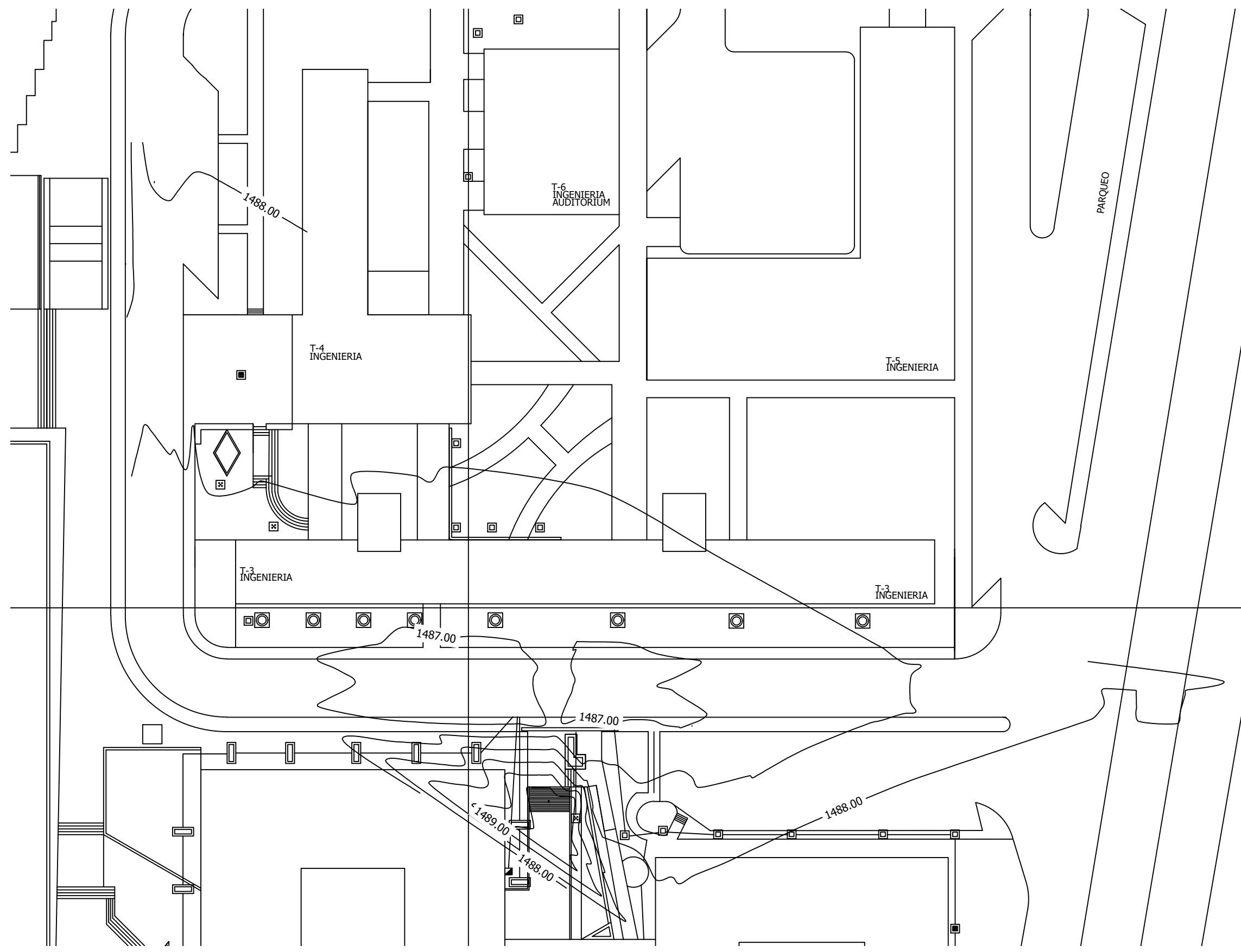
2/11

Apéndice 7. **Plano 03, plano curvas de nivel, Facultad de Ingeniería,
USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	ESTACIÓN
	CURVAS DE NIVEL MENORES
	CURVAS DE NIVEL MAYORES
	EDIFICIO / VIVIENDA
T-X	IDENTIFICACIÓN DE NÚMERO DE EDIFICIO



PLANTA CURVAS DE NIVEL
 ESCALA 1:7000

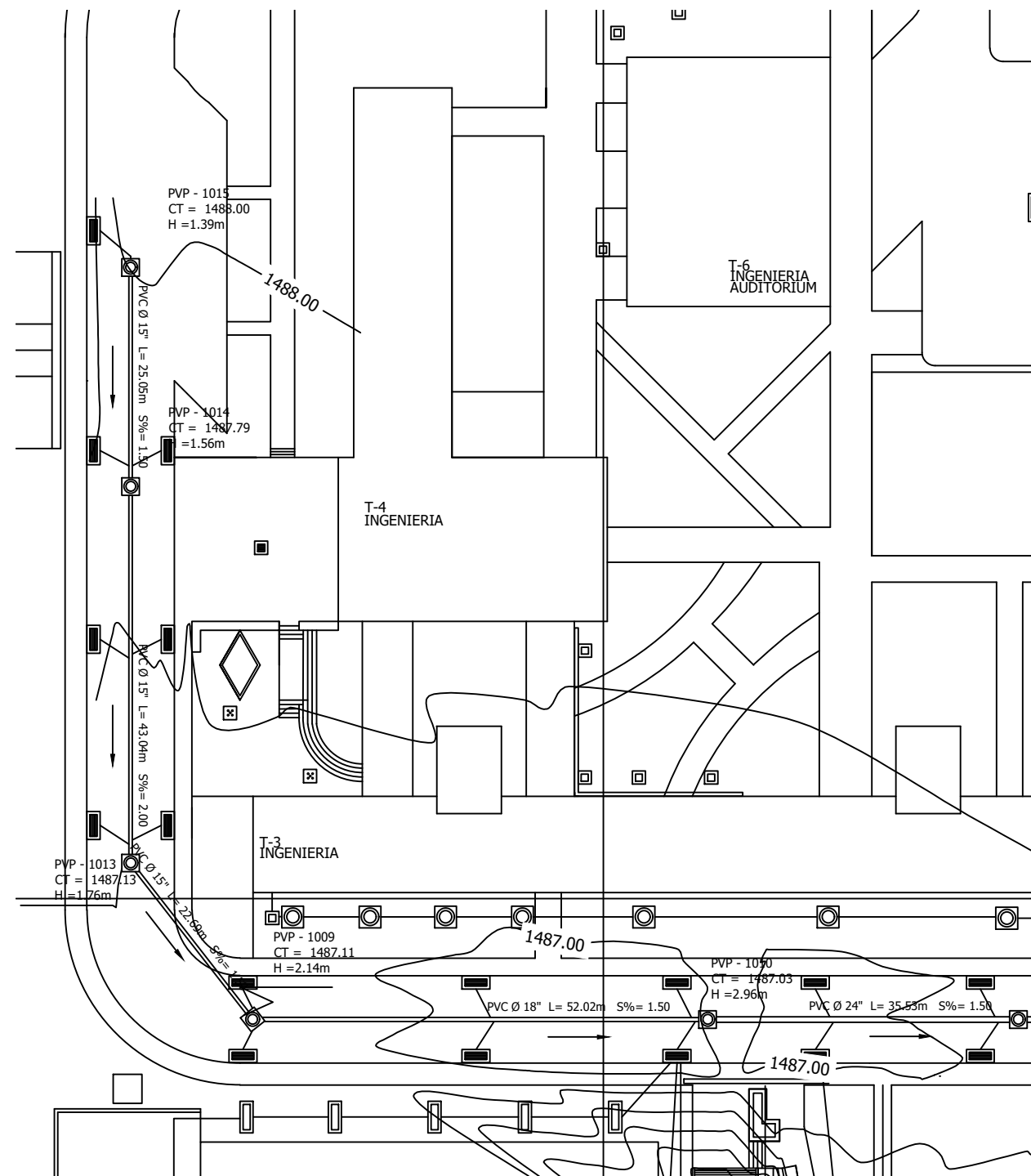


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T-3, T-4 Y T-5 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
IDENTIFICACIÓN: 2013 13674 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ		
APROBADO: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA	REVISADO: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA	LEVANTADO: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESTRUCO: ALCIRA GARRIDO
CONTENIDO: INDICADA		ESCALA: INDICADA
PLANO DE CURVAS DE NIVEL		FECHA: ABRIL DE 2020
(F) ING. DENNIS ARGÜETA		3/11

Apéndice 8. **Plano 04, plano planta diseño hidráulico 1, Facultad de Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



INFORMACIÓN POZOS DE VISITA				
POZO	COTA TERRENO	ALTURA DE POZO	CIE	CIS
PVP - 1015	1488.00	1.39 m		1486.61m A PVP-1014
PVP - 1014	1487.79	1.56 m	1486.26m DE PVP-1014	1486.23m A PVP-2013

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CAJA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
	INDICA TUBERÍA DE COLECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	CT= COTA DE TERRENO
	CF= COTA INVERT DE FONDO
	CIE= COTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL, NÚMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON REJILLA METÁLICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-949	TUBERÍA DE 4" A 48" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
ASTM F-477	CAMPAÑAS Y ANILLOS DE HULE ACCESORIOS MANUALES
AASHTO M-304	TUBERÍA DE 24" A 42" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
NORMAS DE DISEÑO	
REGlamento PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA, 1998.	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INFORM, 2001.	

PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO ALCANTARILLADO PLUVIAL
 ESCALA 1:7000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T-3, T-4 Y T-6 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

IDENTIFICACIÓN: 2013 13074 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ

APROBÓ: ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA	REVISÓ: ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA	LEVANTÓ: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO: ALCIRA GARRIDO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO		FECHA: ABRIL DE 2020

4 / 11

Apéndice 9. **Plano 05, plano planta diseño hidráulico 2, Facultad de
Ingeniería, USAC**

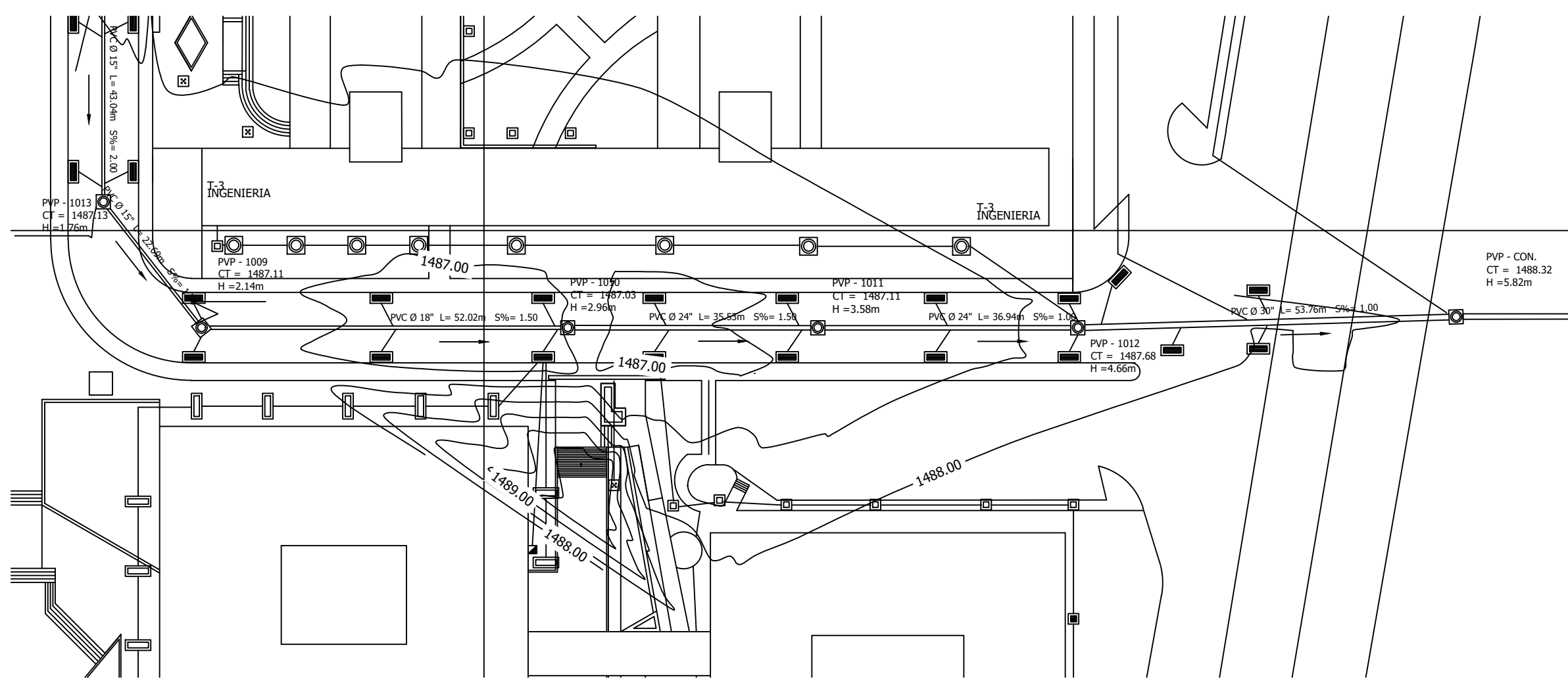
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



INFORMACIÓN POZOS DE VISITA				
POZO	COTA TERRENO	ALTURA DE POZO	CIE	CIS
PVP - 1012	1487.68	4.50 m	1483.18m DE PVP - 1011	1483.53m A PVP - 1012
PVP - 1013	1487.13	1.76 m	1485.40m DE PVO - 1014	1485.37m A PVP - 1009
PVP - 1009	1487.11	2.14 m	1485.05m DE PVP - 1013	1484.97m A PVP - 1010
PVP - 1011	1487.11	3.58 m	1483.56m DE PVP - 1010	1483.53m A PVP - 1012
PVP - 1010	1484.03	2.96 m	1484.22m DE PVP - 1009	1483.56m A PVP - 1011
PVP - DE CONEXIÓN	1488.32	5.82 m	1483.18m DE PVP - 1012	1483.02m A PVP - CONE.

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CAJA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
	INDICA TUBERÍA DE COLECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	CT= COTA DE TERRENO
	CF= COTA INVERT DE FONDO
	CIE= COTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL, NUMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON RESILLA METALICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-949	TUBERÍA DE 4" A 66" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
ASTM F-477	CAMPANAS Y ANILLOS DE HULE ACCESORIOS MANUALES
ASHTO H-304	TUBERÍA DE 4" A 66" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAQUÍA, 1998.	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INFOH, 2001.	



PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO ALCANTARILLADO PLUVIAL
 ESCALA 1:7000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

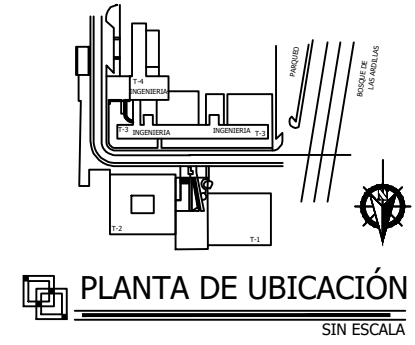
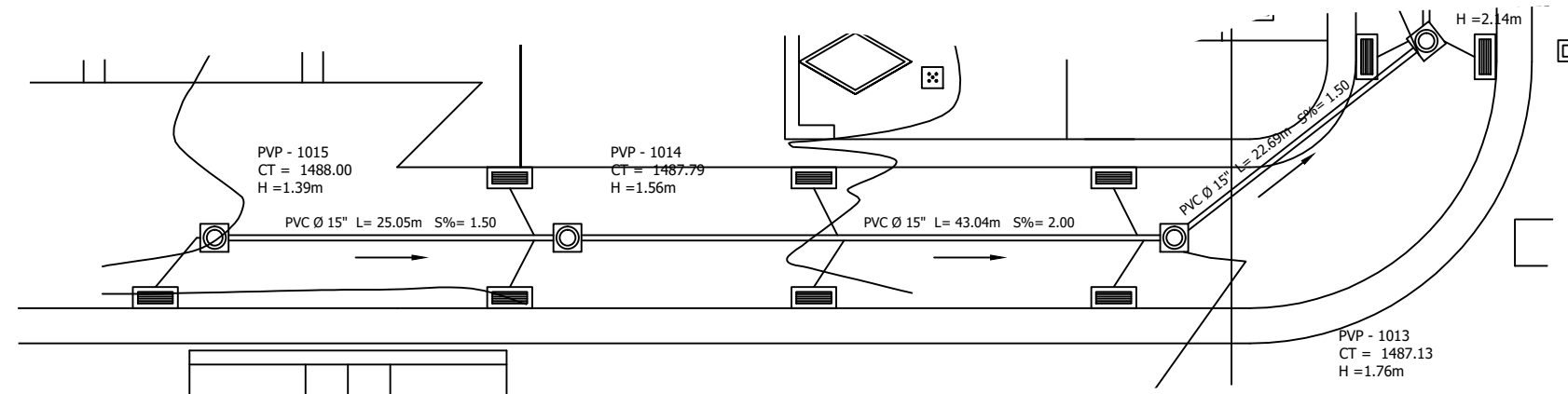
PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T3, T7 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ELABORADO: ALCIRA GARRIDO
IDENTIFICACIÓN: 2003 13074 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ	REVISADO: ALCIRA GARRIDO
APROBADO: ING. DENNIS ARGUETA MAYAGUA	DIBUJADO: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO	FECHA: ABRIL DE 2020

(5) ING. DENNIS ARGUETA

5/11

Apéndice 10. **Plano 06, plano perfil diseño hidráulico PVP-1015 al PVP-1009, Facultad de Ingeniería, USAC**

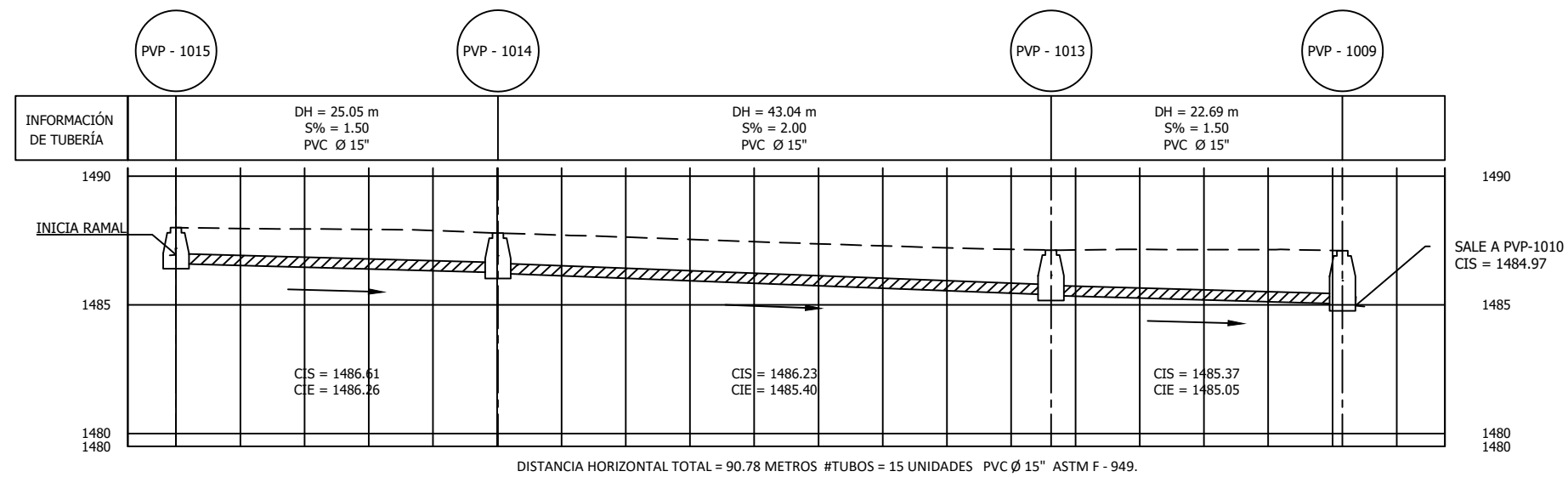
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-949	TUBERÍA DE 4" A 48" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
ASTM F-477	CAMPAÑAS Y ANILLOS DE HULE ACCESORIOS MANUALES
AASHTO M-304	TUBERÍA DE 424" A 442" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA, 1996	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INIFOM, 2001.	

NOMENCLATURA	
SIEMBOLO	SIGNIFICADO
[Symbol]	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE (PLANTA)
[Symbol]	INDICA CAJA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
[Symbol]	INDICA TUBERÍA DE COLECTOR DE DRENAJE
S%	PENDIENTE DE TUBERÍA
---	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT=	COTA DE TERRENO
CI=	COTA INVERT DE FONDO
CIE=	COTA INVERT DE ENTRADA
PVP-N	INDICA POZO DE VISITA DRENAJE PLUVIAL NUMERO
[Symbol]	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
[Symbol]	CAJA CON REJILLA METALICA
[Symbol]	TRAMITE DE REJILLA
[Symbol]	INICIO DE RAMAL
PVC	MATERIAL DE TUBERÍA POLICLORURO DE VINILO
PTB-N	NUMERACIÓN DE TRAGANTE
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA

PLANTA PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1015 AL PVP-1009
ESCALA 1:5000



PERFIL DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1015 AL PVP-1009
ESCALA H. 1:5000 V. 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ANÁLISIS Y REDESIGNO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 IDENTIFICACIÓN: 2013 13674 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ
 PROFESOR: INGENIEROS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA REVISOR: INGENIEROS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA LEVANTO: ALCIRA GARRIDO
 UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DIBUJO: ALCIRA GARRIDO
 CONTENIDO: PLANO DE PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1015 AL PVP-1009 ESCALA: INDICADA
 FECHA: ABRIL DE 2020

(P) ING. DENNIS ARGÜETA

6/11

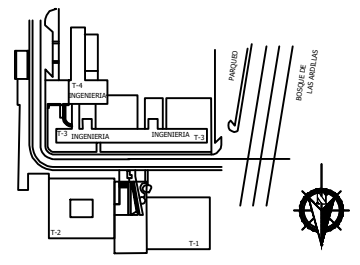
Apéndice 11. **Plano 07, plano perfil diseño hidráulico PVP-1009 al PVP-1011, Facultad de Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

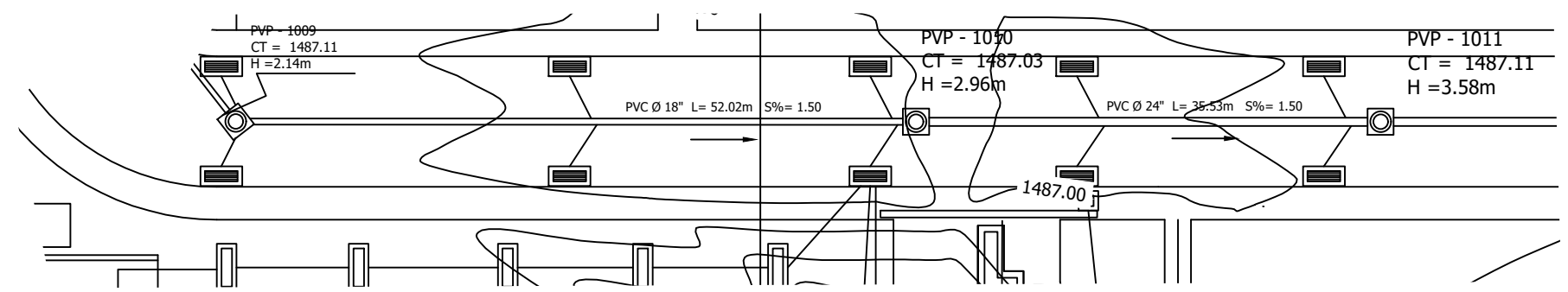


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-949	TUBERÍA DE 4" A 66" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
ASTM F-477	CAMPANAS Y ANILLOS DE HULE ACCESORIOS MANUALES
AASHTO M-304	TUBERÍA DE 42" A 642" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA, 1998.	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INCOM, 2001.	

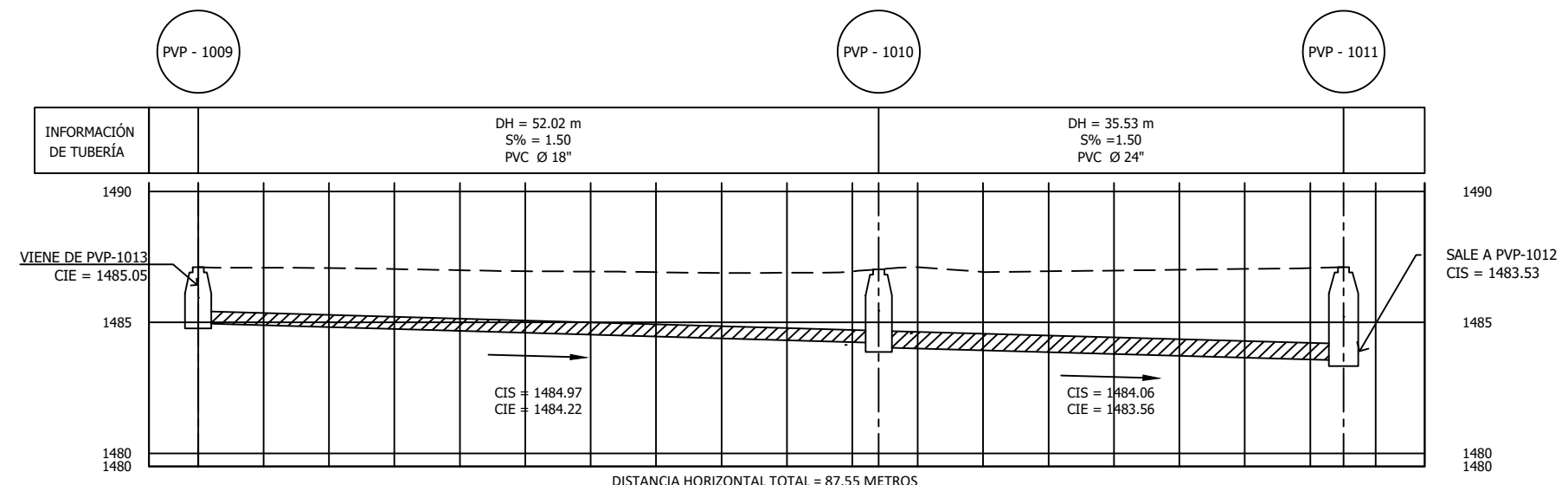
NOMENCLATURA	
◻	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE (PLANTA)
◻	INDICA CAJA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
◻	INDICA TUBERÍA DE COLECTOR DE DRENAJE
S%	PENDIENTE DE TUBERÍA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT=	COTA DE TERRENO
CIP=	COTA INVERT DE FONDO
CIE=	COTA INVERT DE ENTRADA
PVP-X	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NÚMERO
◻	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
◻	CAJA CON REJILLA METÁLICA
◻	FRANJE DE REJILLA
◻	INICIO DE RAMAL
PVC	MATERIAL DE TUBERÍA POLICLORURO DE VINILO
PTB-X	NÚMERO DE TRAGANTE
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA



PLANTA DE UBICACIÓN
SIN ESCALA



PLANTA PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1009 AL PVP-1011
ESCALA 1:5000



DISTANCIA HORIZONTAL TOTAL = 87.55 METROS
#TUBOS = 9 UNIDADES PVC Ø 18" AASHTO M - 304
#TUBOS = 6 UNIDADES PVC Ø 24" AASHTO M - 304.

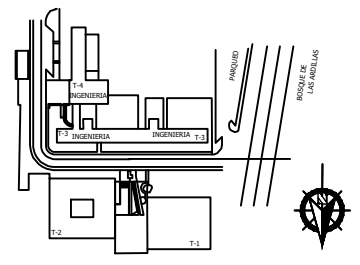
PERFIL DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1009 AL PVP-1011
ESCALA H. 1:5000 V. 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T3, T2 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
IDENTIFICACIÓN: 2013 13074 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ		
INGENIERO: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORCA	REVISOR: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORCA	LEVANTADO: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DIBUJO: ALCIRA GARRIDO	
CONTENIDO: PLANO DE PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1009 AL PVP-1011	ESCALA: INDICADA	FECHA: ABRIL DE 2020
(F) ING. DENNIS ARGÜETA		7/11

Apéndice 12. **Plano 08, plano perfil diseño hidráulico PVP-1011 a
conexión**

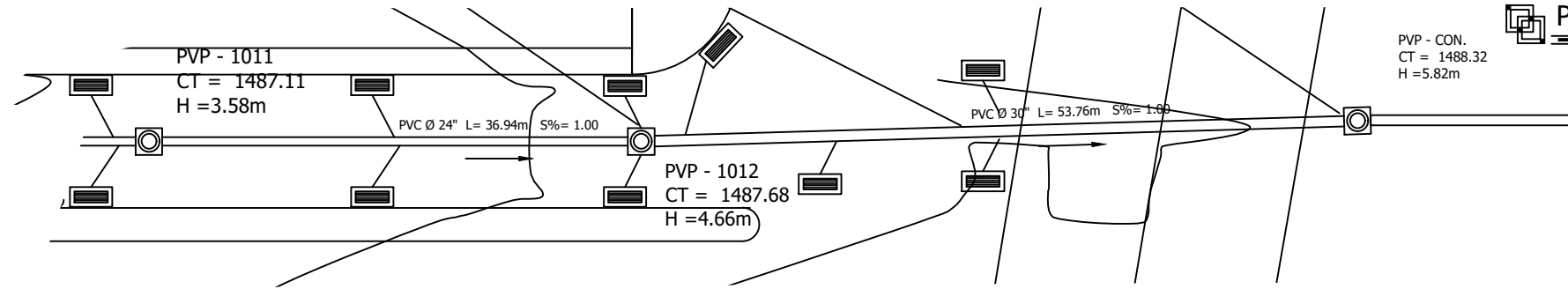
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



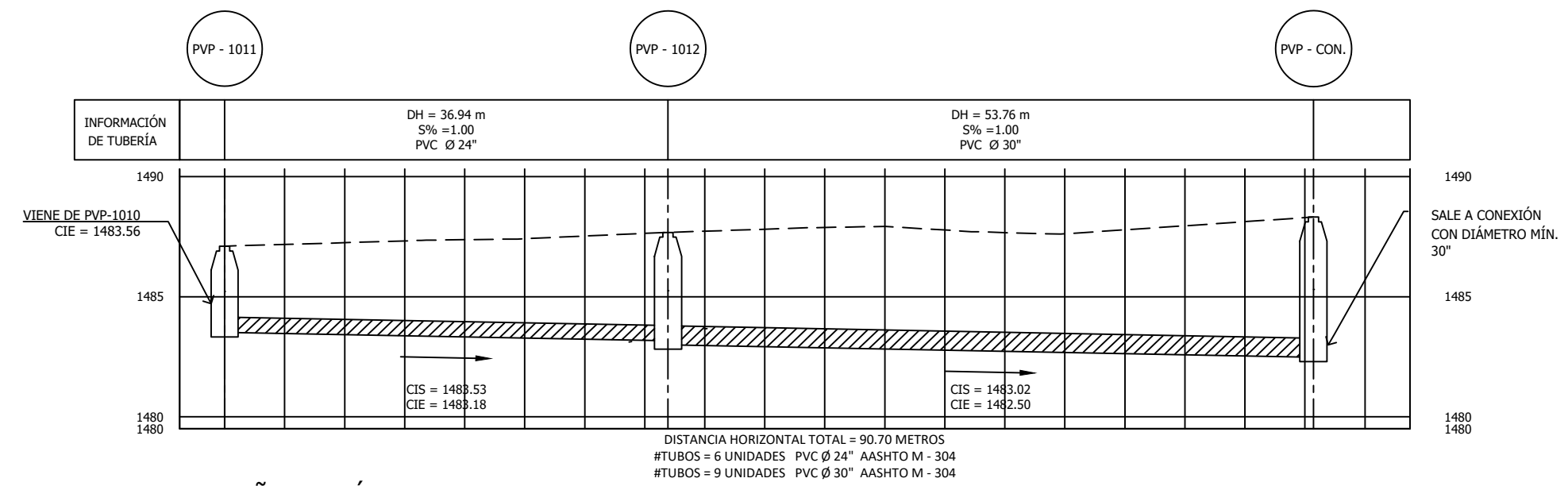
PLANTA DE UBICACIÓN
SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-549	TUBERÍA DE 4" A 60" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
ASTM F-477	CAMPAÑAS Y ANILLOS DE HULE ACCESORIOS MANUALES
AASHTO M-304	TUBERÍA DE 42" A 64" PARA RESISTENCIA Y DIMENSIONES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAQUÍA, 1998.	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INFORM, 2001.	

NOMENCLATURA	
☐	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE (PLANTA)
☐	INDICA CAMA TRAGANTE DE UNA Y DOS ENTRADAS
☐	INDICA TUBERÍA DE COLECTOR DE DRENAJE
S%	PENDIENTE DE TUBERÍA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT=	COTA DE TERRENO
CIP=	COTA INVERT DE FONDO
CIE=	COTA INVERT DE ENTRADA
PVP-X	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NÚMERO
☐	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
☐	CAJA CON REJILLA METÁLICA
☐	TRAGANTE DE REJILLA
☐	INICIO DE RAMAL
PVC	MATERIAL DE TUBERÍA POLICLORURO DE VINILO
PTB-X	NUMERACIÓN DE TRAGANTE
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA



PLANTA PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1011 AL PVP-CON.
ESCALA 1:5000



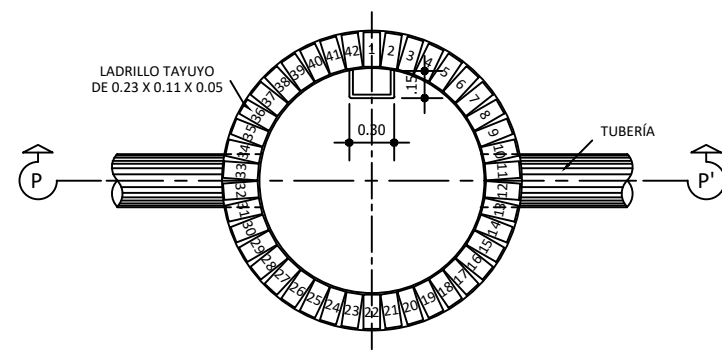
PERFIL DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1011 AL PVP-CON.
ESCALA H. 1:5000 V. 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

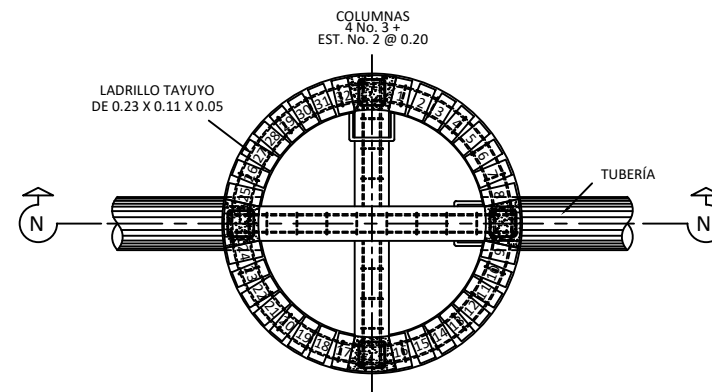
PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T3, T2 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
IDENTIFICACIÓN: 2013 13674 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ		
PROFESOR: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA	REVISTA: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGA	LEVANTO: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	COMUNICACIÓN: ALCIRA GARRIDO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO DE PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO PVP-1011 AL PVP-CONEXIÓN		FECHA: ABRIL DE 2020
AUTOR: (V) ING. DENNIS ARGÜETA		8/11

Apéndice 13. **Plano 09, detalle típico de pozo de visita de 1.50m,
Facultad de Ingeniería, USAC**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



PLANTA
ESCALA 1:500



PLANTA
ESCALA 1:500

NOTA:
EN CASO DE QUE LA DIFERENCIA ENTRE LA COTA INVERT DE ENTRADA Y DE LA SALIDA SEA MAYOR DE 0.20 Mts. DEBE DEJARSE EN EL FONDO DEL POZO UN COLCHON DE AGUA DE 0.20 Mts. DE ALTURA.

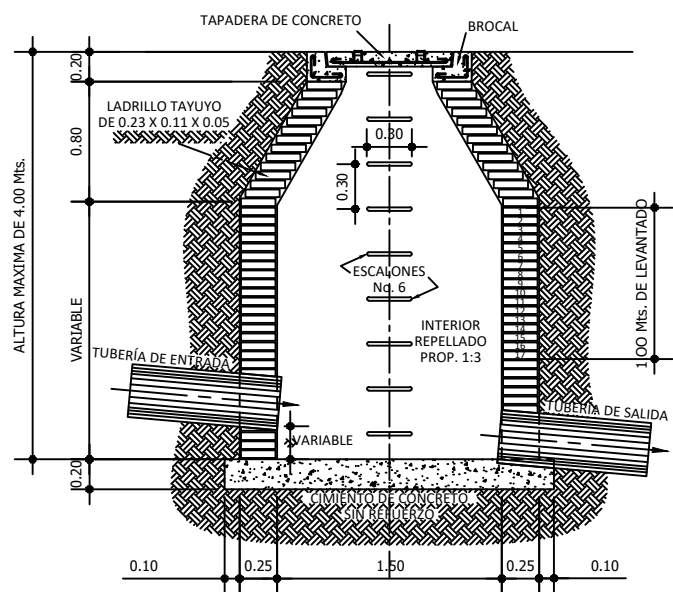
EL DIÁMETRO DEL POZO A CONSTRUIR DEBERÁ ESTAR DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO MÁXIMO DE ENTRADA INDICADO EN ESTA HOJA, PERO LOS POZOS MAYORES DE 4.00 Mts. DEBERÁN TENER POR LO MENOS 1.50 Mts. DE DIÁMETRO Y LOS MAYORES DE 6.00 Mts. POR LO MENOS 1.75 Mts. DE DIÁMETRO.

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

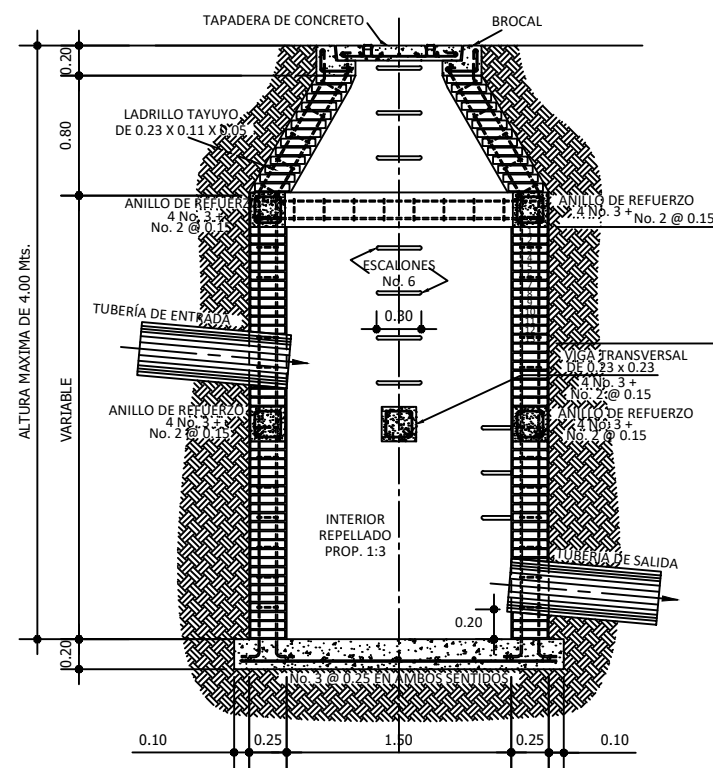
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.

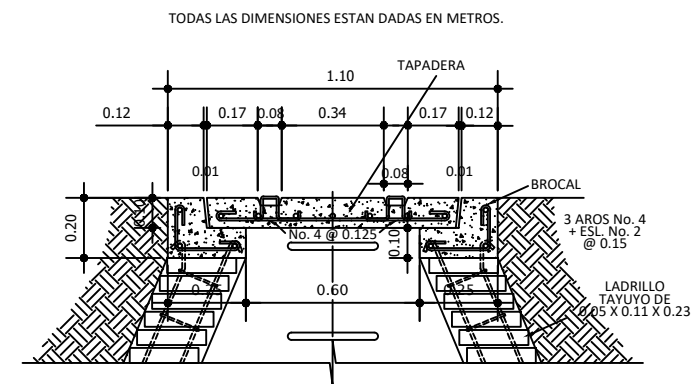
EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
(VARILLAS DE GRADO 40)



SECCIÓN P - P'
POZO DE VISITA ϕ 1.50
ALTURAS ENTRE 0 Y 4 Mts.
ESCALA 1:500



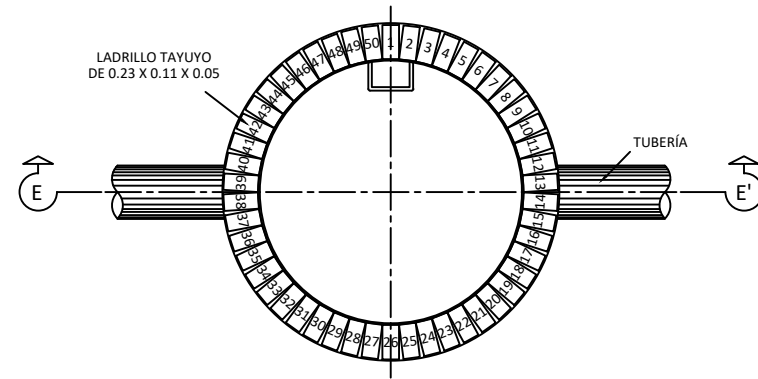
SECCIÓN N - N'
POZO DE VISITA ϕ 1.50
ALTURAS ENTRE 4 Y 6 Mts.
ESCALA 1:500



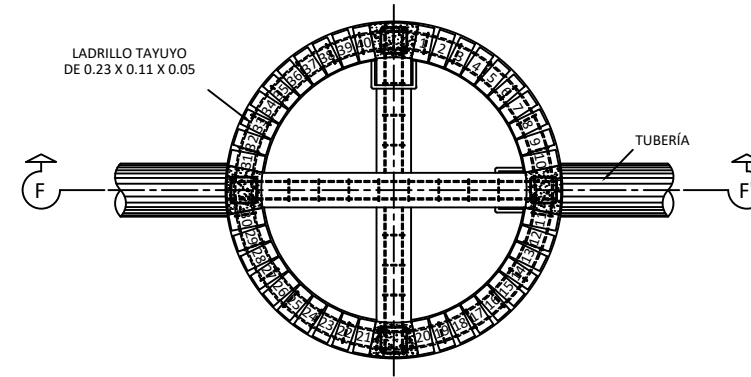
BROCAL Y TAPADERA
TÍPICO POZOS DE VISITA
ESCALA 1:500

Apéndice 14. **Plano 10, detalle típico de pozo de visita de 1,75 m,
Facultad de Ingeniería, USAC**

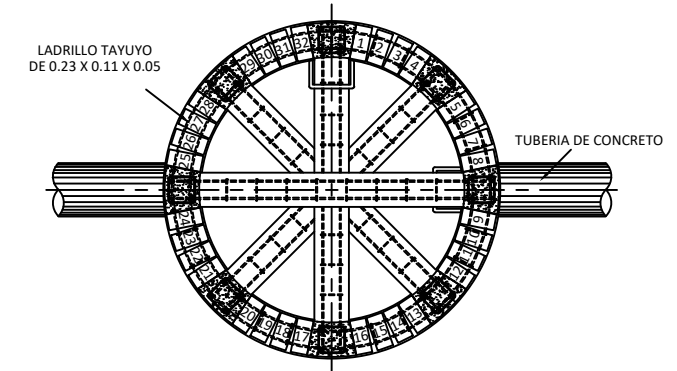
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



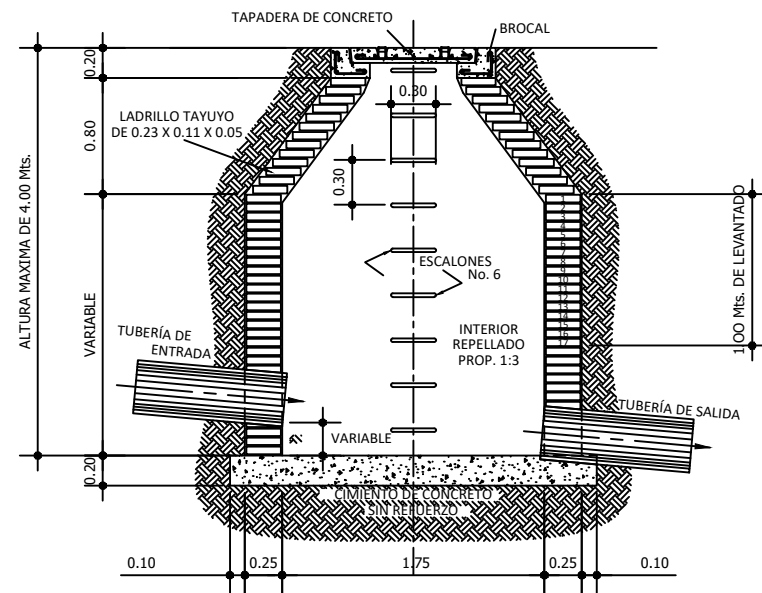
PLANTA POZO DE VISITA
ESCALA 1: 500



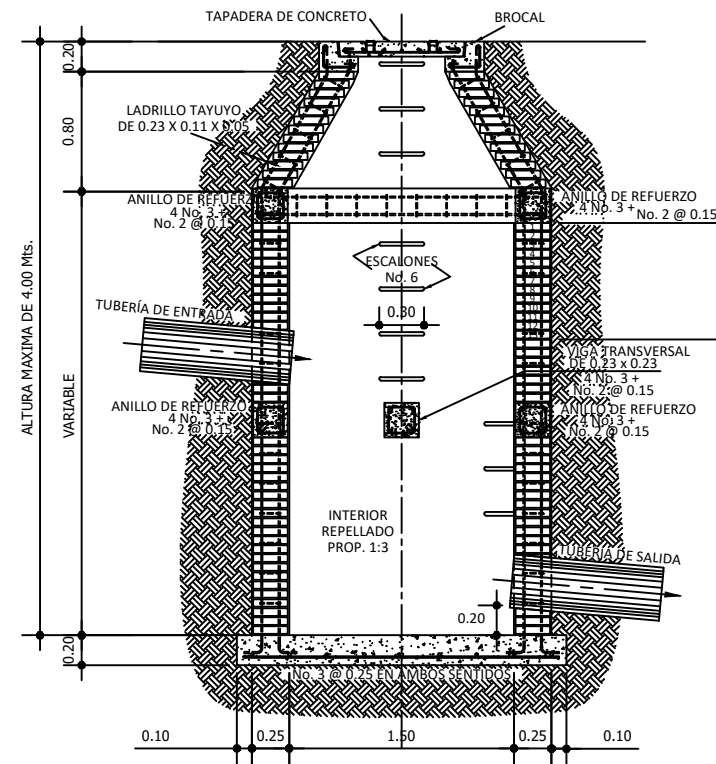
PLANTA POZO DE VISITA
ESCALA 1: 500



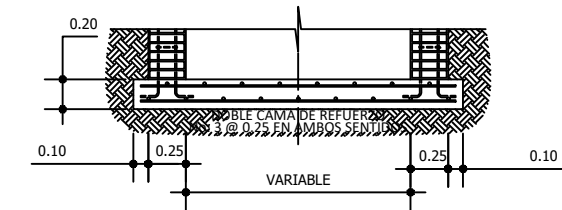
PLANTA PARA POZOS DE VISITA
PARA ALTURAS MAYORES DE 6 Mts.
ESCALA 1: 500



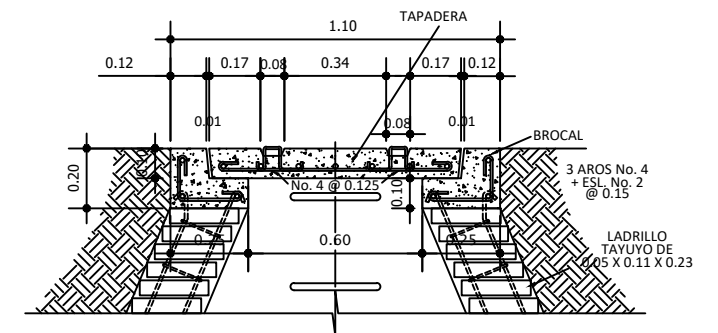
SECCIÓN E - E'
POZO DE VISITA ϕ 1.75
PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 METROS
ESCALA 1: 500



SECCIÓN F - F'
POZO DE VISITA ϕ 1.75
PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 METROS
ESCALA 1: 500



CIMIENTO PARA POZOS DE VISITA
PARA ALTURAS MAYORES DE 6 Mts.
ESCALA 1: 500



BROCAL Y TAPADERA
TÍPICO PARA POZOS DE VISITA
ESCALA 1: 500

NOTA:

EN CASO DE QUE LA DIFERENCIA ENTRE LA COTA INVERT DE ENTRADA Y DE LA SALIDA SEA MAYOR DE 0.20 Mts. DEBE DEJARSE EN EL FONDO DEL POZO UN COLCHON DE AGUA DE 0.20 Mts. DE ALTURA.

EL DIÁMETRO DEL POZO A CONSTRUIR DEBERÁ ESTAR DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO MÁXIMO DE ENTRADA INDICADO EN ESTA HOJA, PERO LOS POZOS MAYORES DE 4.00 Mts. DEBERÁN TENER POR LO MENOS 1.50 Mts. DE DIÁMETRO Y LOS MAYORES DE 6.00 Mts. POR LO MENOS 1.75 Mts. DE DIÁMETRO.

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.

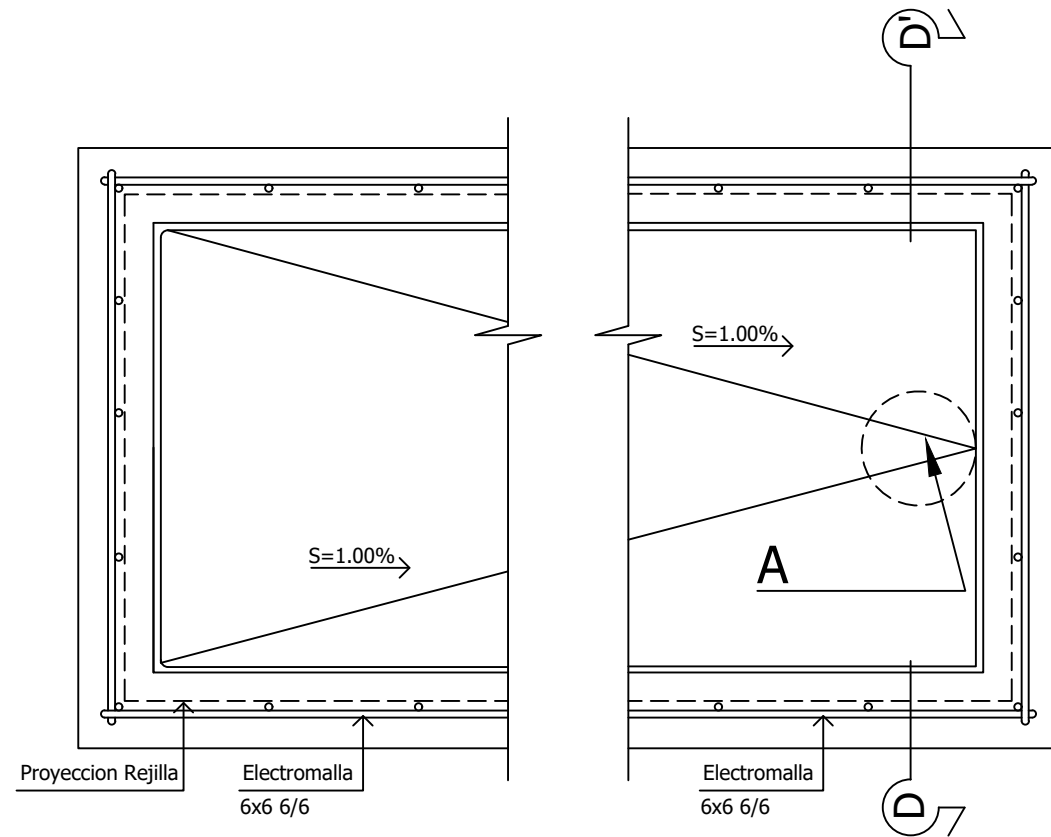
EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
(VARILLAS DE GRADO #0)



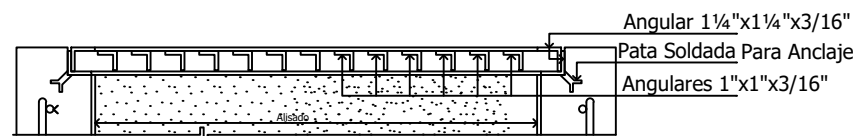
PROYECTO: ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	IDENTIFICACIÓN: 2013 13674 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ	LEVANTADO: ALCIRA GARRIDO
APROBADO: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGIA	REVISADO: ING. DENNIS SALVADOR ARGÜETA MAYORGIA	DISEÑO: ALCIRA GARRIDO
UBICACIÓN: CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA: INDICADA	FECHA: ABRIL DE 2020
CONTENIDO: DETALLE DE POZO DE VISITA DIÁMETRO DE 1.75 M		
(F) ING. DENNIS ARGÜETA		

Apéndice 15. **Plano 11, detalle tragante tipo rejilla, Facultad de
Ingeniería, USAC**

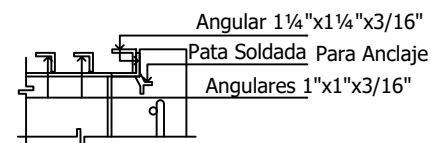
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



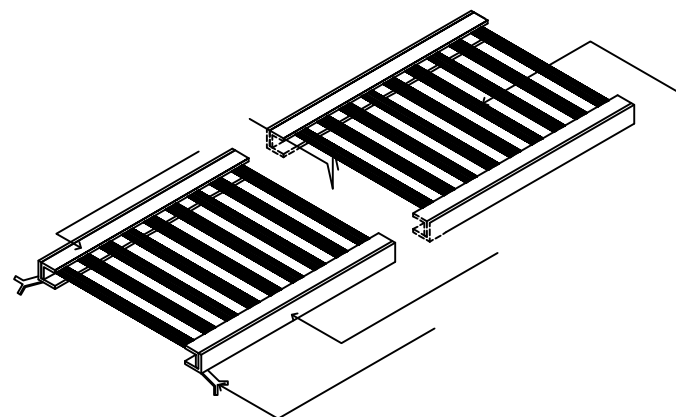
PLANTA DE TRAGANTE TIPO REJILLA
ESCALA 1:100



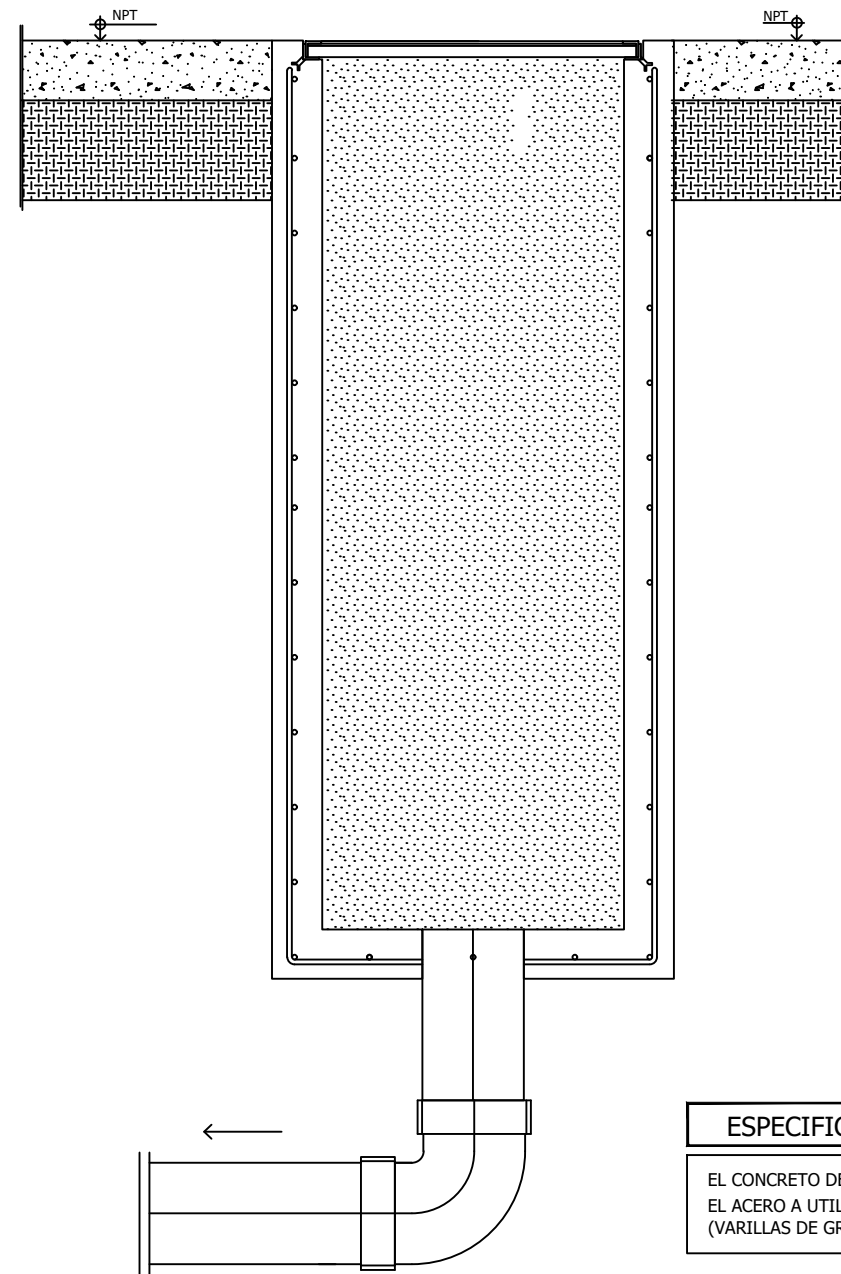
DETALLE DE TRAGANTE TIPO REJILLA
ESCALA 1:100



DETALLE A
ESCALA 1:100



DETALLE DE ISOMÉTRICO
ESCALA 1:150



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$
EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $f_y = 2810 \text{ kg / cm}^2$
(VARILLAS DE GRADO 40)

DETALLE CORTE D - D'
ESCALA 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS Y REDISEÑO DEL ORDENAMIENTO PLUMAL UBICADO ENTRE LOS EDIFICIOS T1, T2 Y T3 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

IDENTIFICACIÓN: 2013 13674 ALCIRA ELIZABETH STEPHANIE GARRIDO PÉREZ

ING. DISEÑO: SALVADOR ARGÜETA MAYORGUA	REVISÓ: ING. DISEÑO: SALVADOR ARGÜETA MAYORGUA	LEVANTÓ: ALCIRA GARRIDO
CAMPUS CENTRAL, EDIFICIO T-3, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		DIBUJÓ: ALCIRA GARRIDO
ESCALA: INDICADA		FECHA: ABRIL DE 2020

DETALLE TRAGANTE TIPO REJILLA

(1) ING. DISEÑO ARGÜETA

11/11

Apéndice 16. Levantamiento topográfico área de estudio, Facultad de Ingeniería, USAC

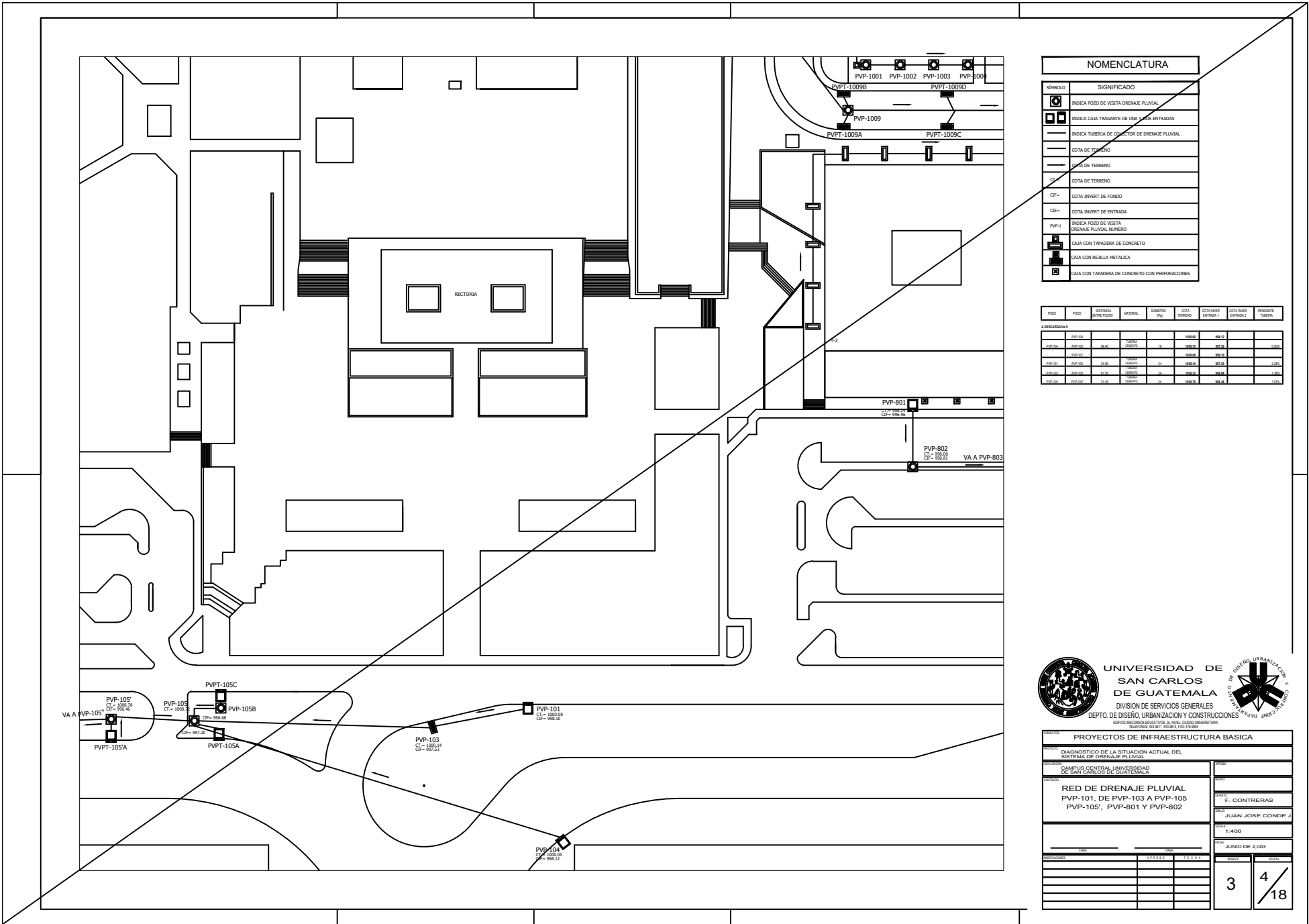


Fuente: parqueo vehicular, T-3, Facultad de Ingeniería.

ANEXOS

- Anexo 1. **Plano 4/18, Mosaico n.º 3. Red de drenaje pluvial de PVP-101, de PVP-103 a PVP-105, PVP-105', PVP-801 y PVP-802**

Fuente: Departamento de Diseño y Construcción, Universidad de San Carlos de Guatemala.



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CASA TRAGANTE DE UNA VISTA ENTRADAS
	INDICA TUBERIA DE CONECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	GOTA DE TERRENO
	GOTA DE TERRENO
	GOTA INVERT DE FONDO
	GOTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NUMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON REJILLA METALICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

POZO	POZO	DISTANCIA ENTRE POZOS	MATERIAL	DIBUJO (P)	COTA SUPERFICIE	COTA BASE ENTRADA 1	COTA BASE ENTRADA 2	PROFUNDIDAD TUBERIA
DESCRIPCION								
PVP-101	PVP-102	30.00	CONCRETO	10	1000.00	999.50		0.500
PVP-102	PVP-103	25.00	CONCRETO	10	999.50	999.00		0.500
PVP-103	PVP-104	15.00	CONCRETO	10	999.00	998.50		0.500
PVP-104	PVP-105	15.00	CONCRETO	10	998.50	998.00		0.500
PVP-105	PVP-106	25.00	CONCRETO	10	998.00	997.50		0.500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
 DEPTO. DE DISEÑO, URBANIZACION Y CONSTRUCCIONES
ESPION TORRES GUATEMALA, 8. AV. 14-00, 14-00, GUATEMALA
 TELEFONO: 2332 4000 FAX: 2332 4000

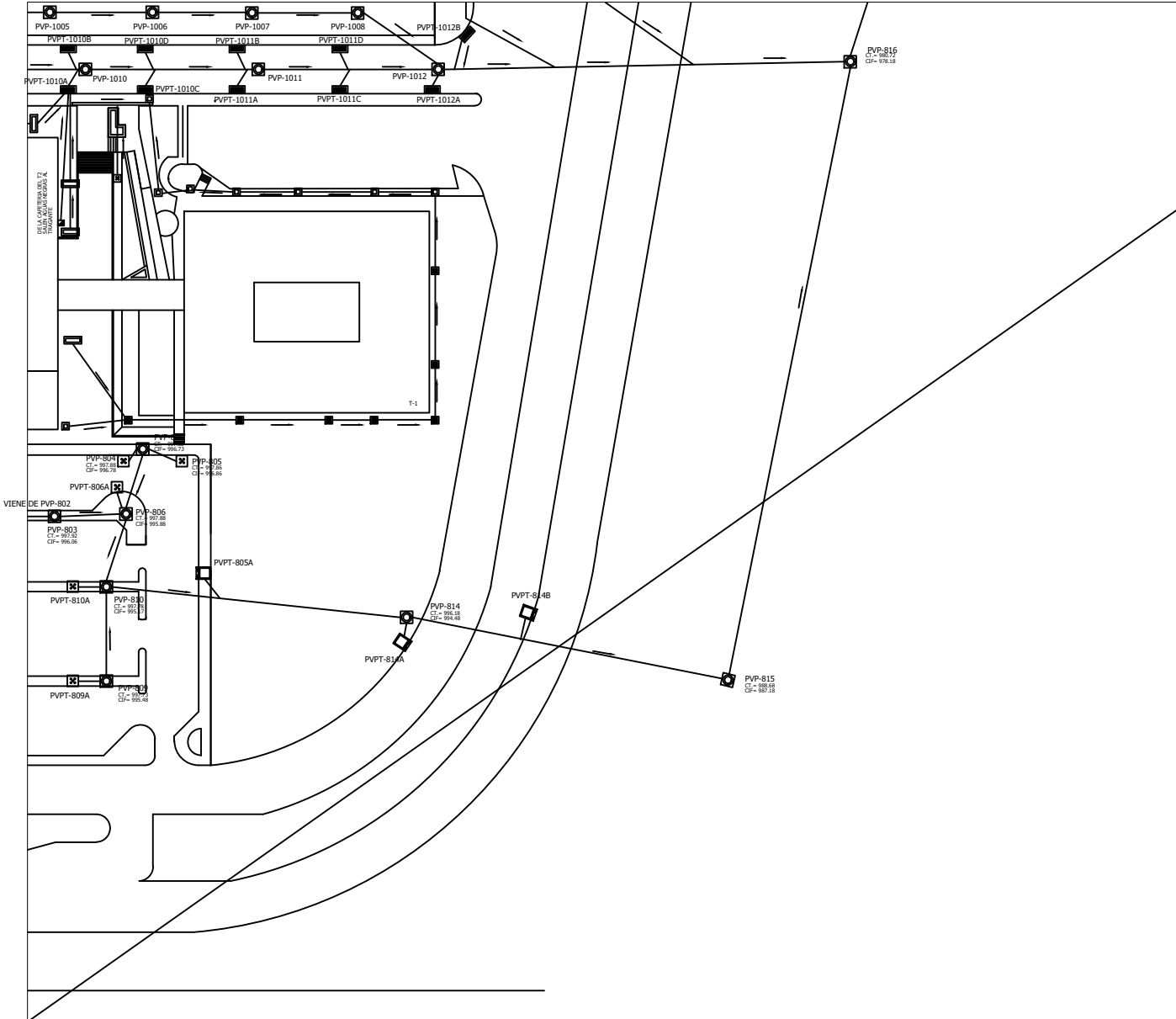


PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA BASICA	
DESCRIPCION: DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	
LOCALIDAD: CAMPUS CENTRAL UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
TITULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL PVP-101, DE PVP-103 A PVP-105 PVP-105, PVP-801 Y PVP-802	
AUTOR: F. CONTRERAS	
REVISOR: JUAN JOSE CONDE J.	
ESCALA: 1:400	
FECHA: JUNIO DE 2003	
HOJA:	3 / 4
TOTAL: 4 / 18	

Anexo 2. **Plano 5/18, Mosaico n.º 4. Red de drenaje pluvial de PVP-803 a PVP-806, PVP-806', PVP-809, PVP-810, de PVP-814, PVP-816**

Fuente: Departamento de Diseño y Construcción, Universidad de San Carlos de Guatemala.

VA A PVP-817



NOMENCLATURA

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CASA TRAGANTE DE UNA LINDA ENTRADAS
	INDICA TUBERIA DE CONECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	COTA DE TERRENO
	COT= COTA INVERT DE FONDO
	CIE= COTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NUMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON REJILLA METALICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

POZO	POZO	DEFINICION	MATERIAL	DIAMETRO (CM)	COTA INVERT (M)	COTA INVERT (M)	COTA INVERT (M)	PERCENTE
PVP-801	PVP-801	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-802	PVP-802	20.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		2.00%
PVP-803	PVP-803	18.00	CONCRETO	12	999.74	999.74		1.00%
PVP-804	PVP-804	18.00	CONCRETO	12	999.74	999.74		1.00%
PVP-805	PVP-805	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-806	PVP-806	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-807	PVP-807	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-808	PVP-808	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-809	PVP-809	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-810	PVP-810	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-811	PVP-811	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-812	PVP-812	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-813	PVP-813	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-814	PVP-814	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%
PVP-815	PVP-815	18.00	CONCRETO	12	999.88	999.88		1.00%



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
 DEPTO. DE DISEÑO URBANIZACION Y CONSTRUCCIONES
ESPION TORRES CALZADILLA, 8, ATEL. CUARTEL UNIVERSITARIO
 TELEFONO 44001 AGENCIA 44000



TITULO: PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA BASICA	
OBJETIVO: DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	
INSTITUCION: CAMPUS CENTRAL UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	AUTOR: F. CONTRERAS
TITULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL DE PVP-803 A PVP-806, PVP-806, PVP-806, PVP-809, PVP-810, DE PVP-814, PVP-816	
AUTOR: JUAN JOSE CONDE J.	
ESCALA: 1:400	
FECHA: JUNIO DE 2003	
REVISIONES:	APROBADO:
4	5/18

Anexo 3.

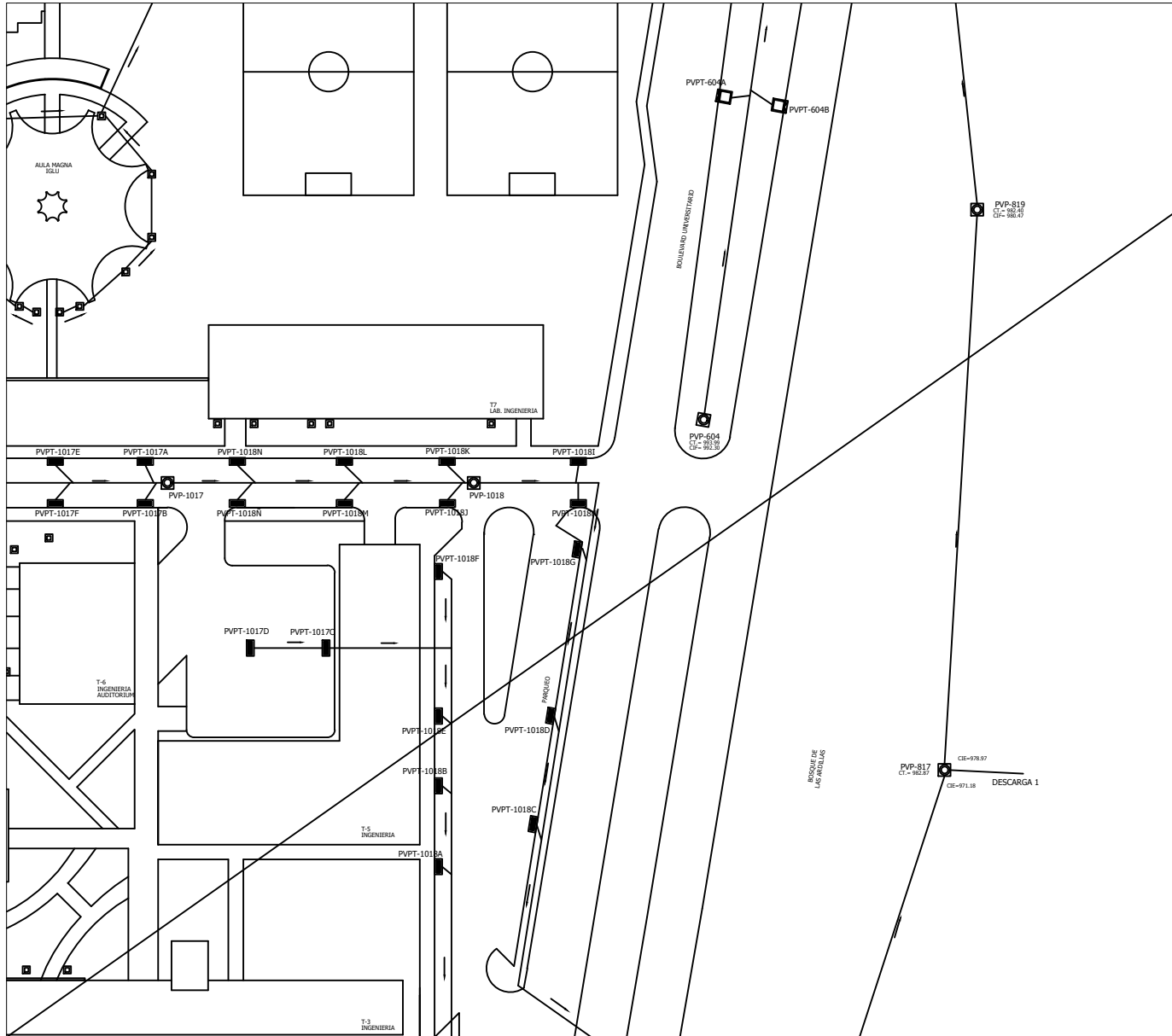
Plano 8/18, Mosaico n.º 7. Red de drenaje pluvial de PVP-215 a PVP-217, de PVP-414 a PVP-416

Fuente: Departamento de Diseño y Construcción, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 4. **Plano 9/18, Mosaico n.º 7. 8. Red de drenaje pluvial de PVP-817 a PVP-819, a Descarga 1**

Fuente: Departamento de Diseño y Construcción, Universidad de San Carlos de Guatemala.

VIENE DE PVP-818



VIENE DE PVP-816

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL
	INDICA CASA TRAGANTE DE LIMA Y VENTILADORAS
	INDICA TUBERIA DE CONECTOR DE DRENAJE PLUVIAL
	DOTA DE TERRENO
	DOTA DE TERRENO
	DOTA DE TERRENO
	DOTA INVERT DE FONDO
	DOTA INVERT DE ENTRADA
	INDICA POZO DE VISTA DRENAJE PLUVIAL NUMERO
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO
	CAJA CON REJILLA METALICA
	CAJA CON TAPADERA DE CONCRETO CON PERFORACIONES

POZO	POZO	ENTRADA ENTRE POZOS	MATERIAL	DIAMETRO (P.P.)	DOTA SUPERFICIE	DOTA NIVEL ENTRADA 1	DOTA NIVEL ENTRADA 2	PROFUNDIDAD TUBERIA
PVP-604	1017A	3.00	CONCRETO	30	882.38	882.38		1.80
PVP-604	1017B	3.00	CONCRETO	30	882.38	882.38		1.80

POZO	POZO	ENTRADA ENTRE POZOS	MATERIAL	DIAMETRO (P.P.)	DOTA SUPERFICIE	DOTA NIVEL ENTRADA 1	DOTA NIVEL ENTRADA 2	PROFUNDIDAD TUBERIA
PVP-817	1018I	3.00	CONCRETO	30	882.47	882.47		1.80
PVP-819	1018J	3.00	CONCRETO	30	882.47	882.47		1.80

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
 DEPTO. DE DISEÑO URBANIZACION Y CONSTRUCCIONES
ESPION TORRES GUATEMALA, 8. AV. DEL COMERCIO UNIVERSITARIO
 TELEFONO: 445811 AGUINALU, GUATEMALA

PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA BASICA	
DESCRIPCION: DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	
LUGAR: CAMPUS CENTRAL UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
RED DE DRENAJE PLUVIAL	
PVP-614 PVP-817, PVP-819 DESCARGA 1	
PROYECTADO POR: F. CONTRERAS	FECHA: JUNIO DE 2003
ESCALA: 1:400	BOQUETE: 8
FECHA: JUNIO DE 2003	BOQUETE: 9
8 / 9	