



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

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO, Y DISEÑO DE  
PAVIMENTACIÓN DE CAMINAMIENTOS  
PEATONALES , PARA COLONIA LA UNIÓN, VILLA LOBOS I,  
MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

Miguel Angel Grijalba Morataya  
Asesorado por Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, septiembre de 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO, Y DISEÑO DE  
PAVIMENTACIÓN DE CAMINAMIENTOS  
PEATONALES , PARA COLONIA LA UNIÓN, VILLA LOBOS I,  
MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MIGUEL ANGEL GRIJALBA MORATAYA**

ASESORADO POR : ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Ing. Augusto David Elizardo del Valle Godoy
EXAMINADOR	Ing. Jorge Filiberto Cáceres Aragón
EXAMINADOR	Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO, Y DISEÑO  
DE PAVIMENTACIÓN DE CAMINAMIENTOS  
PEATONALES, PARA COLONIA LA UNIÓN, VILLA LOBOS I,  
MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 14 de febrero de 2005.

---

Miguel Angel Grijalba Morataya

**DEDICATORIA A:**

**MIS PADRES**            Amanda Liduvina Morataya (Q.E.P.D.)  
Jesus Grijalba Tzunún

**MIS HERMANOS**      Augusto de Jesus (Q.E.P.D.)  
Manuel Aparicio (Q.E.P.D.)  
Fredy de Jesús

**MI ESPOSA**            Hilda Magdioly Martínez

**MIS HIJOS**            Amanda  
Raúl

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por manifestar su voluntad divina en mi vida. clama a mí y yo te responderé y te enseñaré cosas grandes y ocultas que tú no conoces.
<b>Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz</b> <b>Ing. Angel Roberto Sic García</b>	Por su asesoría incondicional, en la elaboración del presente trabajo de graduación.
<b>Facultad de Ingeniería, USAC</b>	Lugar sagrado y bendecido por nuestro Padre Celestial.
<b>Los catedráticos</b>	Por compartir sus experiencias y conocimientos.
<b>Don Gregorio Alfaro</b>	Por su apoyo en el trabajo topográfico.
<b>Jesús Grijalba Tzunun</b> <b>Fredy Grijalba</b> <b>Hilda Magdioly Martínez</b> <b>Raúl Grijalba Martínez</b> <b>Amanda Grijalba Martínez</b> <b>Raúl Martínez, Padre.</b> <b>Raúl Martínez, Hijo.</b> <b>Elvia Gamarro de Martínez</b> <b>Olga Sandoval, Tía Chiqui.</b>	Por darme apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII

### 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica.....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	1
1.1.3. Topografía.....	1
1.1.4. Suelo.....	1
1.1.5. Situación socio económica.....	2
1.1.6. Clima.....	2
1.1.7. Población actual económicamente activa por género..	2
1.1.8. Servicios públicos.....	3
1.1.8.1. Educación.....	3
1.1.8.2. Comunicación.....	4
1.1.8.3. Salud.....	4
1.1.8.4. Agua potable.....	5
1.1.8.5. Drenajes.....	5
1.1.8.6. Transporte.....	6
1.1.8.7. Energía eléctrica.....	6

1.2.	Priorización de necesidades en la colonia La Unión.....	6
1.3.	Selección de los proyectos a realizar en la colonia La Unión.....	7
1.3.1.	Encuesta sanitaria.....	7
1.3.2.	Datos de la población.....	7
1.3.3.	Datos de vivienda.....	8
1.3.4.	Datos sobre el uso del agua.....	8
1.3.5.	Disposición de aguas servidas.....	8
.		
<b>2.</b>	<b>FASE TÉCNICO PROFESIONAL</b>	
2.1.	Descripción de los proyectos.....	9
2.1.1.	Alcantarillado sanitario.....	9
2.1.2.	Pavimentación de caminos peatonales.....	9
2.2.	Levantamiento topográfico.....	10
2.3.	Características del subsuelo.....	10
2.4.	Tipo de sistema de alcantarillado a utilizar.....	10
2.5.	Período de diseño.....	11
2.6.	Velocidad de diseño.....	11
2.7.	Estimación de la población de diseño.....	11
2.7.1	Método de incremento geométrico.....	12
2.8.	Determinación del caudal de aguas servidas.....	13
2.8.1.	Población tributaria.....	13
2.8.2.	Dotación.....	13
2.8.3.	Factor de retorno al sistema.....	13
2.8.4.	Factor de flujo instantáneo.....	14
2.8.5.	Relación de diámetros y caudales.....	14
2.8.6.	Caudal domiciliar.....	14
2.8.7.	Caudal de infiltración.....	15
2.8.8.	Caudal de conexiones ilícitas.....	16
2.8.9.	Caudal comercial.....	17

2.8.10.	Factor de caudal medio.....	17
2.8.11.	Caudal de diseño.....	18
2.8.12.	Diseño de secciones y pendientes.....	18
2.8.12.1.	Diseño de secciones.....	19
2.8.12.2.	Diseño de pendientes.....	20
2.8.13.	Obras accesorias.....	21
2.8.13.1.	Colectores.....	21
2.8.13.2.	Pozos de visita.....	21
2.8.14.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario.....	22
2.8.15.	Desfogue.....	26
2.8.15.1.	Ubicación.....	26
2.8.15.2.	Diseño.....	27
2.9.	Tratamiento de las aguas residuales.....	28
<b>3.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LA UNIÓN.</b>	
3.1.	Especificaciones de construcción para los pozos de visita adaptadas por la Municipalidad de Villa Nueva.....	33
3.2.	Criterios adoptados para la integración del presupuesto.....	34
3.3.	Presupuesto de materiales.....	34
3.4.	Presupuesto de mano de obra.....	36
3.5.	Resumen general del presupuesto.....	37
<b>4.</b>	<b>PAVIMENTACIÓN RÍGIDA PARA CAMINAMIENTOS PEATONALES DE LA COLONIA LA UNIÓN.</b>	
4.1.	Antecedentes.....	39
4.2.	Condiciones actuales de la superficie de los caminamientos.....	39
4.3.	Diseño geométrico y gabarito.....	39
4.3.1.	Estudios topográficos.....	40
4.4.	Evaluación de las características del suelo.....	40
4.4.1.	Toma de muestras.....	40
4.4.2.	Ensayos de laboratorio.....	40

4.4.2.1.	Granulometría.....	41
4.4.2.1.	Límites de consistencia.....	41
4.4.2.3.	Ensayo de compactación o proctor modificado.....	43
4.4.2.4.	Ensayo de valor soporte (C.B.R.).....	48
4.5.	Especificaciones de construcción para caminamientos peatonales.....	51
4.5.1.	Diseño de la mezcla del concreto.....	51
4.5.1.1.	Resistencia a la compresión.....	51
4.5.1.2.	Proporción volumétrica.....	51
4.5.2.	Pendiente mínima.....	54
4.5.3.	Dimensiones mínimas de fundición.....	54
4.5.3.1.	Ancho.....	54
4.5.3.2.	Espesor.....	54
4.5.4.	Tipo de junta a utilizar.....	54
4.6.	Presupuesto de pavimento rígido para caminamientos peatonales.....	55

**5. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CAMINAMIENTOS PEATONALES DE LA COLONIA LA UNIÓN.**

5.1.	Impacto Ambiental.....	57
5.1.1.	Definición.....	57
5.1.2.	Objetivo.....	57
5.2.	Identificación de impactos.....	57
5.2.1.	Descripción de los proyectos.....	58
5.2.2.	Descripción del área de influencia.....	59
5.3.	Clasificación de impactos.....	59
5.3.1.	Positivos.....	60
5.3.2.	Negativos.....	60
5.3.3.	Primarios.....	60
5.3.4.	Secundarios.....	60
5.3.5.	Terciarios.....	60

5.3.6. Temporal.....	61
5.3.6.1. Fugaz.....	61
5.3.6.1. Pertinaz.....	61
5.3.7. Permanente.....	61
5.4. Medidas de mitigación.....	62
5.5. Medidas de compensación.....	63
5.6. Plan de manejo ambiental.....	63
5.7. Seguimiento y control.....	64
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Localización de la colonia La Unión, Villa Lobos I, Villa Nueva.....	8
2. Ubicación del punto de desfogue del sistema de alcantarillado sanitario.....	26
3. Plano de planta topográfica.....	79
4. Plano de planta red de drenaje.....	80
5. Plano de planta densidad de vivienda.....	81
6. Plano de planta perfil de PV-1,3,6,10,13, PV-4,7,11,15,14.....	82
7. Plano de planta perfil de PV-8,12,27, PV-12,16,17,18,19,20.....	83
8. Plano de planta perfil de PV-2,3,4, PV-13,14,15.....	84
9. Plano de planta perfil de PV-5,6,7,8.....	85
10. Plano de planta perfil de PV-9,10,11,12.....	86
11. Plano de planta perfil de PV-21,22,23,24, PV-24,25,PV-25,26,27.....	87
12. Plano de planta perfil de PV-28,29,30,26, PV-31,32,33,34,35.....	88
13. Plano de planta perfil de PV-33A,33, PV-34A,34, PV-35,36,37,38.....	89
14. Plano de planta perfil de PV-38,39,40,41,19,20.....	90
15. Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 1,3,6,10,13, - 4,7,11,15,14, - 8,12,27, - 12,16,17,18,19,20.....	91
16. Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 2,3,4, - 13,14,15, - 5,6,7,8.....	92
17. Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 9,10,11,12, - 21,22,23,24, - 24,25, - 25,26,27.....	93
18. Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 44,43,42,28,29,30,26, - 22,31,32,33,34,35, - 33A,33, - 34A,34, 35,36,37,38, - 23,46,45,43,44,15,.....	94
19. Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 38,39,40,41,19,20, - 27,47,48,49,40.....	95
20. Detalle de pozo de visita para alturas de 1.20 a 3.00 metros.....	96

21. Detalle de pozo de visita para alturas de 3.55 metros en adelante.....	97
22. Detalle de caja de visita.....	98
23. Detalle de sección de conexión domiciliar.....	99
24. Resultados de ensayos de laboratorio de suelos.....	100

## TABLAS

I. Población actual económicamente activa por género.....	3
II. Tasa de alfabetismo por género, en porcentaje.....	3
III. Vías de comunicación.....	4
IV. Hogares con servicio de agua entubada, en porcentaje.....	5
V. Hogares con drenajes y letrinas, en porcentaje.....	6
VI. Hogares con servicio de energía eléctrica, en porcentaje.....	6
VII. Servicios públicos más necesarios en la colonia La Unión.....	7
VIII. Población actual en la colonia La Unión.....	7
IX. Anchos de zanja.....	20
X. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio.....	35
XI. Cantidad y costo de materiales para construir una conexión domiciliar.....	35
XII. Presupuesto de materiales del alcantarillado para la colonia La Unión.....	36
XIII. Presupuesto de mano de obra de un pozo de visita promedio.....	36
XIV. Presupuesto de mano de obra de un metro lineal de tubería.....	36
XV. Presupuesto de mano de obra de una conexión domiciliar.....	37
XVI. Presupuesto de mano de obra del alcantarillado para la colonia La Unión.....	37
XVII. Presupuesto total del alcantarillado sanitario para la colonia La Unión.....	37
XVIII. Relación agua –cemento.....	53
XIX. Asentamiento del concreto (litros de agua por metro cúbico).....	53
XX. Tamaño de agregados.....	53
XXI. Integración del presupuesto para caminamientos peatonales.....	56
XXII. Identificación de impactos ambientales en la colonia La Unión.....	62

XXIII. Cronograma de actividades físicas y financieras del alcantarillado sanitario de la colonia La Unión.....	73
XXIV. Cronograma de actividades físicas y financieras de pavimentación rígida de caminamientos peatonales para la colonia La Unión.....	74
XXV. Relaciones hidráulicas para secciones circulares.....	75
XXVI. Cálculo hidráulico para población actual y futura.....	76



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A.</b>	Área de tubería (en caso a/A) expresada en m <sup>2</sup>
<b>A.</b>	Área de terreno (en caso Q = CIA) expresada en hectáreas
<b>a.</b>	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en m <sup>2</sup>
<b>v.</b>	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
<b>V.</b>	Velocidad a sección parcial en la tubería expresada en m/s
<b>r.</b>	Tasa de crecimiento de la población, expresado en porcentaje
<b>D.</b>	Diámetro de la tubería expresada en m
<b>q.</b>	Caudal de diseño expresado en m <sup>3</sup> /s
<b>Q.</b>	Caudal a sección llena en tuberías expresado en m <sup>3</sup> /s
<b>v/V.</b>	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
<b>d/D.</b>	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
<b>a/A.</b>	Relación de área de flujo / área a sección llena
<b>q/Q.</b>	Relación de caudal / caudal a sección llena
<b>m/s.</b>	Metros por segundo
<b>m<sup>2</sup>.</b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup>.</b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s.</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>I.</b>	Intensidad de lluvia
<b>C.</b>	Coefficiente de escorrentía superficial
<b>mm/h.</b>	Milímetros por hora
<b>FH.</b>	Factor de Harmond
<b>P.</b>	Población
<b>n.</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>R</b>	Radio
<b>S</b>	Pendiente
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>Rh</b>	Radio hidráulico
<b>Min.</b>	Mínima
<b>Máx.</b>	Máxima

<b>P.V.C.</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivilino
<b>P.O.</b>	Punto observado
<b>Dist.</b>	Distancia
<b>DH.</b>	Distancia horizontal
<b>Lts/hab/día.</b>	Litros por habitante por día
<b>Hab.</b>	Habitantes
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>P.U.</b>	Precio unitario
<b>qdis.</b>	Caudal de diseño
<b>INFOM.</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>INSIVUMEH.</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>INE.</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>S.S.</b>	Sólidos en suspensión totales
<b>Ses.</b>	Sacos
<b>Cant.</b>	Cantidad
<b>U.</b>	Unidad
<b>AASHTO.</b>	Asociación de carreteras estatales y oficiales de transporte

## GLOSARIO

<b>Arcilla</b>	Tipo de suelo impermeable y plástico.
<b>Aeróbico</b>	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
<b>Aguas Negras</b>	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones de alturas.
<b>Anaeróbico</b>	Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
<b>Alcantarillado Sanitario</b>	Conjunto de tuberías que sirven para recolectar aguas residuales y transportarlas a una instalación de tratamiento o cuerpo receptor, sin que afecten poblaciones.
<b>Bases de diseño</b>	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño, como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.
<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería, en una unidad de tiempo determinado.
<b>Candela</b>	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conducen éstas al colector del sistema de drenaje.
<b>Caudal industrial</b>	Volumen de aguas servidas provenientes de industrias.
<b>Caudal comercial</b>	Volumen de aguas negras que se descarga de los comercios.
<b>Caudal de diseño</b>	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
<b>Caudal doméstico</b>	Caudal de aguas servidas que se descarga al sistema proveniente de las viviendas.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta la candela.

<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
<b>Colector principal</b>	Sucesión de tramos que, partiendo de la descarga, sigue la dirección de los gastos mayores.
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interna de la tubería ya instalada.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se descargan las aguas servidas o negras que provienen de un colector.
<b>Desfogue</b>	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
<b>Fórmula de Manning</b>	Fórmula para determinar la velocidad de un flujo en un canal abierto; se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
<b>Factor de caudal medio</b>	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua que después de ser utilizada retorna al al sistema de drenaje o alcantarillado.
<b>Irrigación</b>	Aplicación de las aguas residuales en el terreno.
<b>Laguna aeróbica</b>	Término que se utiliza para describir “laguna de alta productividad de biomasa”, cuyo proceso sirve para la oxidación aeróbica de la materia orgánica.
<b>Laguna anaeróbica</b>	Laguna con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento de las aguas residuales en ausencia de oxígeno.
<b>Limo</b>	Lodo.

<b>Lodo activado</b>	Lodo que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aireación en el proceso formativo de lodos activos.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
<b>Planta de tratamiento</b>	Conjunto de obras y procesos que se utilizan para tratar el agua residual.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
<b>Subrasante</b>	Es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento.
<b>Tramo inicial</b>	Primer tramo a diseñar o construir en un drenaje.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación fue elaborado como una contribución de la Universidad de San Carlos hacia los habitantes de la colonia La Unión, Villa Lobos I, Municipio de Villa Nueva, y consta de cinco partes:

La primera parte consta de una descripción del municipio con énfasis en su población y los servicios públicos con que cuenta.

La segunda parte, hace una descripción de los proyectos de alcantarillado sanitario y pavimentación de caminamientos peatonales, incluye los estudios de topografía y describe el procedimiento para diseñar un sistema de alcantarillado.

En la tercera parte se realizó el presupuesto de materiales y de mano de obra, que se necesitan para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

La cuarta parte incluye: los ensayos de laboratorio de suelos, las especificaciones de construcción para caminamientos peatonales y el presupuesto de materiales y de mano de obra.

En la quinta parte se desarrolla el estudio de impacto ambiental de los proyectos, el cual incluye: definición y objetivo del estudio, identificación de los proyectos a realizar, clasificación de impactos, medidas de mitigación y compensación, plan de manejo ambiental, seguimiento y control.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Proveer apoyo a las comunidades del país por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) para el desarrollo de proyectos de infraestructura, que mejoren sus condiciones de vida.

### **ESPECÍFICOS**

1. Desarrollar una investigación de la monografía del área, así como también un diagnóstico, sobre las necesidades de servicios básicos, en la colonia La Unión.
2. Aplicar en campo y gabinete los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, para aportar soluciones eficientes y, así, contribuir al bienestar de las áreas urbanas y rurales de nuestro país.
3. Realizar el diseño de una red de alcantarillado sanitario.
4. Realizar el diseño de pavimentación rígida para caminamientos peatonales.



## **JUSTIFICACIÓN**

La Asociación de Vecinos para el Desarrollo Integral de la colonia La Unión, necesita construir un sistema de alcantarillado sanitario que les permita manipular y evacuar, adecuadamente, las aguas residuales que originan la proliferación de enfermedades gastrointestinales e infecciosas que perjudican la salud de los habitantes.

Otra obra de infraestructura civil necesaria, es pavimentar los caminos peatonales, para facilitar el acceso a la colonia.

Por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) se propone dar solución a estas necesidades, diseñando una red de alcantarillado sanitario y pavimentación de caminos.

El diseño presenta en su contenido los aspectos técnicos que intervienen en el mismo, como lo son: los presupuestos y planos de construcción.



## INTRODUCCIÓN

En el área urbana y rural de nuestro país, existen poblaciones que carecen de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas servidas, lo que da como resultado el riesgo de contaminación de los afluentes hídricos que suministran el agua para uso doméstico y el aumento de enfermedades de tipo gastrointestinal.

El sistema de alcantarillado sanitario se define como el conjunto de tuberías que son utilizadas para recolectar aguas residuales y transportarlas por debajo de la superficie del suelo hacia una instalación de tratamiento o cuerpo receptor, sin que afecten el paso de carreteras, ferrocarriles, edificaciones y todo lo que tenga relación con una población o ciudad. Por lo tanto, su construcción se percibe como una necesidad de primer orden y provee el saneamiento básico para la prevención de contaminación y, por consiguiente, de enfermedades.

El presente trabajo contiene el desarrollo del diseño de: la red de alcantarillado sanitario y pavimentación de caminamientos peatonales para la colonia La Unión, Villa Lobos I, Municipio de Villa Nueva con su correspondiente estudio de impacto ambiental. El diseño incluye cálculos, presupuestos de mano de obra, materiales, y planos finales.



## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva**

#### **1.1.1. Ubicación geográfica**

Villa Nueva es un municipio que pertenece al departamento de Guatemala y se encuentra a una distancia de 17 Km. por la carretera CA-9, tiene una elevación de 1,330 metros sobre el nivel del mar y cuenta con 114 kilómetros cuadrados. La carretera Internacional del Pacífico atraviesa el municipio, convirtiéndolo en un lugar obligado de tránsito hacia la capital y a la región Sur de la República.

#### **1.1.2. Límites y colindancias**

Villa Nueva colinda al Norte con el municipio de Mixco y la ciudad de Guatemala, al Sur con el municipio de Amatitlán, al Este con el municipio de San Miguel Petapa y la ciudad de Guatemala, y al Oeste con los municipios de Santo Tomás Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.

#### **1.1.3. Topografía**

Su territorio es generalmente plano, alterado únicamente por pequeños cerros cultivables, hacia el Norte y el Oeste. En la parte Sur se encuentra las riveras del lago de Amatitlán. Su altura es de 1,330 metros sobre el nivel del mar.

#### **1.1.4. Suelo**

Se encuentran suelos arcillosos en algunos sectores, mantos de arena y mixtos. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable, de cenizas pómez recientes. Estos materiales piroplásticos fueron depositados ya sea por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, produciendo mantos superpuestos. Las aguas inéticas y fluviales ocasionaron y depositaron estas cenizas en las partes más bajas del valle.

Su composición, vidrio volcánico ácido, esencialmente son los mismos materiales que componen el subsuelo de la ciudad capital. En el área de Villa Nueva, así como en sus alrededores inmediatos, se reconocen varias capas de las cenizas pómez con un espesor acumulado de varias decenas de metros de cabecera.

#### **1.1.5. Situación socio económica**

En el municipio de Villa Nueva se concentra el 12% de la industria a nivel nacional. En el ramo de la construcción los proyectos habitacionales han tomado mucho auge debido al crecimiento migratorio por la cercanía a la ciudad capital, se efectúa la explotación de arena principalmente del río Villalobos y sus afluentes.

El municipio cuenta con un total de 91 industrias de diferente tipo de producción, entre las que figuran 22 alimentarias, 6 de plástico, 1 de yeso, 5 textiles, 38 de metalurgia, 11 de químicos y pesticidas, 8 de papel y madera, en menor escala se encuentra todo lo relacionado con la agricultura.

#### **1.1.6. Clima**

Su clima es templado, en tiempos comunes la temperatura es de 19 a 20 grados centígrados; en época de calor se incrementa, alcanzando los 24 y 25 grados; en época de frío desciende hasta llegar a los 9 y 10 grados, promediando una temperatura anual de 20 grados centígrados, y un porcentaje de humedad del 50 %, con una precipitación media anual de 1,200 mm.

#### **1.1.7. Población actual económicamente activa por género**

Como en la mayor parte de los lugares de nuestra sociedad los hombres poseen un porcentaje arriba de las mujeres en el sector económico activo. Como se muestra en la tabla I, se observa las cantidades sobre la población por género.

**Tabla I. Población actual económicamente activa por género.**

Genero	Cantidad
Hombres	43,862
Mujeres	21,391

Fuente: Instituto para el Desarrollo Urbano y Rural Sostenible

### **1.1.8. Servicios públicos**

#### **1.1.8.1. Educación**

El objetivo de la educación es impulsar en el educando el conocimiento de la ciencia como medio para desarrollarse en su entorno. En la actualidad, la mayoría de la población al menos cuenta con educación primaria.

La educación media presenta un número de 52,000 estudiantes aproximadamente, y un porcentaje mínimo posee educación superior o universitaria. En la tabla II se puede observar la tasa de alfabetismo.

**Tabla II. Alfabetismo por género, en porcentaje.**

Hombres	Mujeres
70.52	64.50

Fuente: Ministerio de Educación

### **1.1.8.2. Comunicación**

En la actualidad, la administración municipal de Villa Nueva ha ejecutado varias obras de infraestructura civil, entre las cuales se encuentra la pavimentación y asfalto de varias vías de comunicación, tal como: la carretera que conduce de la aldea Barcenás hacia la Antigua Guatemala; la carretera hacia el municipio de Amatitlán, dirigiéndose por el campo denominado Mayan Golf; la carretera hacia la ciudad capital, por la colonia Paraíso del Frutal; y por la carretera CA-9. En la tabla III se muestra la longitud de carreteras asfaltadas, caminos vecinales, y las que son de terracería.

**Tabla III. Vías de Comunicación.**

Vías Asfaltadas	Vías de Terracería	Vías Vecinales
482 kms.	270 kms.	42 kms.

Fuente: Dirección General de Caminos

### **1.1.8.3. Salud**

En salud, la situación es muy difícil, al no existir un hospital nacional, contando únicamente con tres centros de salud, uno de ellos data de 1960. También existen cuatro sanatorios privados. Debido a la insuficiente cobertura en materia de salud social, existe un mayor riesgo de mortalidad infantil.

#### **1.1.8.4. Agua potable**

En el año de 1948 se introdujo el agua potable a la cabecera del municipio de Villa Nueva, la cual tiene una gran deficiencia en el vital líquido, que obliga a los habitantes a proveerse en forma individual a través de pozos, ríos, o bien, pagando un alto costo por metro cúbico de agua a las personas particulares que la suministran, lo que afecta la economía de las familias del lugar.

La mayoría de personas se abastece de agua con los pozos que la municipalidad administra, la cual se utiliza para consumo y actividades productivas. El agua que se provee a la población por medio de estos pozos tiene muy poco tratamiento.

Las industrias que se abastecen de agua, contribuyen a la explotación de agua subterránea; La tabla IV muestra el porcentaje de viviendas que cuenta con el servicio.

**Tabla IV. Hogares con servicio de agua entubada, en porcentaje.**

Sin Sistema	Con Sistema	No Especificado
4.1	89.6	6.3

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

#### **1.1.8.5. Drenajes**

Gran parte de los pobladores del municipio de Villa Nueva carece del servicio de drenaje sanitario, poseen letrinas o los denominados pozos ciegos y fosas sépticas con su respectivo pozo de absorción. En algunas colonias cuentan con plantas de tratamiento, las cuales procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos para que posteriormente se pueda evacuar el agua con menor grado de contaminación. Las aguas negras que se recolectan en el municipio, desfogan en el río Villalobos. En la tabla V se muestra el porcentaje de los hogares que cuentan con el servicio.

**Tabla V. Hogares con drenajes y letrinas, en porcentaje.**

Sin Sistema	Con Sistema	No Especificado
27.27	54.55	18.18

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

#### **1.1.8.6. Transporte**

El servicio de transporte es bueno, ya que cuenta con varias líneas que recorren la mayor parte del municipio hacia sus colonias, comunidades, etc. Existen vías alternas que comunican con San Miguel Petapa y Amatitlán.

#### **1.1.8.7. Energía eléctrica**

En los siete municipios que conforman la cuenca del lago de Amatitlán, existen 431,977 hogares que cuentan con el servicio de energía eléctrica, siendo 80,100 de Villa Nueva. En la tabla VI se muestra el porcentaje de los hogares con este servicio.

**Tabla VI. Hogares con servicio de energía eléctrica, en porcentaje.**

Sin Conexión	Con Conexión	No Especificado
5	94	1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

### **1.2. Priorización de necesidades en la colonia La Unión**

El resultado del análisis de las necesidades más urgentes de la colonia La Unión, Villa Lobos I, municipio de Villa Nueva, se muestran en la tabla VII.

**Tabla VII. Servicios públicos más necesarios en la colonia La Unión.**

1. Mejorar sistema de agua potable
2. Sistema de alcantarillado sanitario
3. Pavimentación de caminos peatonales
4. Seguridad ciudadana

### **1.3. Selección de los proyectos a realizar en la colonia La Unión**

Los proyectos que se han seleccionado para su diseño y construcción son: el sistema de alcantarillado sanitario, y pavimentación de caminamientos peatonales, para satisfacer las necesidades más urgentes de los habitantes de la colonia.

#### **1.3.1. Encuesta sanitaria**

Se realizó un censo para obtener información de fuentes primarias, y para determinar el número actual de habitantes, para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

#### **1.3.2. Datos de la población**

La tabla VIII muestra los datos de la población, desglosados por edades y género.

**Tabla VIII. Población actual en la colonia La Unión.**

Habitantes	Hombres	Mujeres	Total
De 0 a 6 años	199	173	372
De 7 a 14 años	214	185	399
De 15 a 64 años	451	393	844
De 65 en adelante	19	16	35
Total	883	767	1650

### 1.3.3. Datos de vivienda

En la colonia La Unión, el tipo de vivienda es en su mayoría de block y techo de lámina, un porcentaje menor es de block y techo de losa, y un mínimo porcentaje es de madera y lámina.

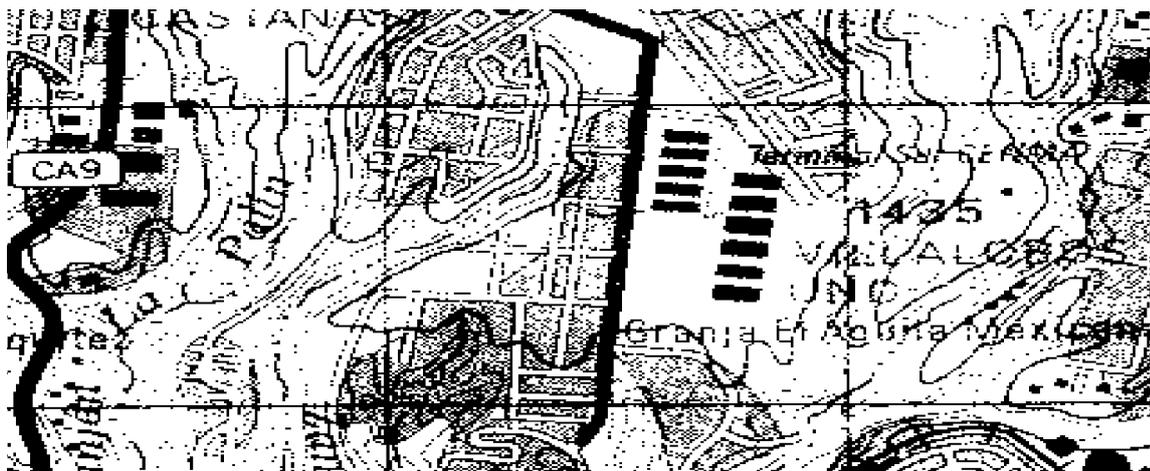
### 1.3.4. Datos sobre el uso del agua

El 100% de la población se abastece por medio de agua entubada, y se usa exclusivamente para el consumo humano. No hay cultivos de productos agrícolas u otros similares, en donde se requieren grandes cantidades de agua.

### 1.3.5. Disposición de aguas servidas

El problema principal de la colonia La Unión, es la evacuación de las aguas servidas, razón por la cual se le ha dado prioridad al diseño de un alcantarillado sanitario, ya que cuentan con los servicios básicos de: agua potable, energía eléctrica, carreteras y transporte.

El sistema actual de evacuación que utilizan los habitantes consiste en pozos ciegos, fosas sépticas y pozos de absorción.



**Figura 1.** Localización de la colonia La Unión, Villa Lobos I, Villa Nueva.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Descripción de los proyectos a realizar**

A continuación se describen los proyectos a diseñar en la colonia La Unión, con los cuales se dará solución a las necesidades más urgentes de los habitantes.

#### **2.1.1. Alcantarillado sanitario**

El proyecto consistirá en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario. Éste se efectuó mediante un estudio detallado de la población, para determinar todos los factores que influyen en él. La tubería que se utilizará será de P.V.C., siguiendo las especificaciones de instalación y diseño hidráulico proporcionadas por la empresa AMANCO S.A., y del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). En total son 1,433 metros lineales de alcantarillado.

Se inició el estudio mediante una investigación de tipo monográfica, luego se realizó el levantamiento topográfico por medio del cual se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de distancias, cotas y pendientes del terreno de la colonia La Unión.

#### **2.1.2. Pavimentación de caminos peatonales**

El proyecto consistirá en diseñar 1,467 metros de caminos peatonales en anchos variables de 1.2, 1.50, 2.00 y 3.00 metros, con un espesor de 5 centímetros, agregado de 1/2 pulgada, y concreto con resistencia a la compresión de 2,503 lbs/plg<sup>2</sup>, o sea 176 kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2. Levantamiento topográfico**

Los datos del levantamiento topográfico deberán quedar registrados en forma clara, libres de borrones, y manchas, en la libreta de campo. Es necesario que contengan croquis o esquemas, los cuales deberán ser dibujados en el campo.

## **2.3. Características del subsuelo**

El suelo en la colonia La Unión es de tipo limo arenoso, color café oscuro, con algunas partículas de grava, no plástico.

## **2.4. Tipo de sistema de alcantarillado a utilizar**

De acuerdo con su finalidad, existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección dependerá de un estudio cuidadoso de factores tanto topográficos como funcionales, pero el más importante es el económico.

### **a) Alcantarillado sanitario**

Es un conjunto de tuberías que recolectan las aguas de tipo domiciliar, comercial e industrial.

### **b) Alcantarillado pluvial**

Es un conjunto de tuberías que recolectan únicamente las aguas de las lluvias.

### **c) Alcantarillado combinado**

Es un conjunto de tuberías que recolectan las aguas negras y de lluvia.

## **2.5. Período de diseño**

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este período, es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para realizar adecuadamente su función durante un periodo de diseño que inicia con el funcionamiento de los mismos. Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado se necesita considerar factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, la antigüedad, el desgaste, el daño, así como la facilidad para hacer ampliaciones a obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes. El período de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) es de 20 años, el cual fue utilizado para diseñar este proyecto.

## **2.6. Velocidad de diseño**

Para este proyecto, la tubería a usar es P.V.C., norma ASTM 3420. Es aconsejable que la velocidad de flujo en las líneas de drenaje sanitario no sea menor de 0.40 m/seg., para evitar la sedimentación de sólidos que obstruya la libre circulación del flujo dentro de la tubería, ni mayor de 4.00m/seg, para evitar la abrasión de la tubería por los sólidos que son transportados por el flujo.

## **2.7. Estimación de la población de diseño**

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos, dentro de los cuales se pueden mencionar: el método de incremento aritmético, el método de incremento gráfico, y el método de incremento geométrico.

Para este proyecto se utilizará el método de incremento geométrico.

### 2.7.1. Método de incremento geométrico

Este método es el más utilizado para el cálculo de poblaciones de los países en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población crece a un ritmo geométrico o exponencial. El método tiene la ventaja de utilizar pocos datos para su aplicación. La fórmula de crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

$P_f$  = Población futura

$P_a$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Período de diseño en años

Para el municipio de Villa Nueva se utiliza una tasa de crecimiento del 3.1%, dato que fue obtenido en el Instituto Nacional de Estadística (INE).

La población actual de colonia La Unión es de 1,650 habitantes, y en un período de 20 años, será de 3,038.

Este dato se obtuvo aplicando la fórmula anterior:

$$P_f = 1,650 * (1 + 0.031)^{20} = 3,038$$

## **2.8. Determinación del caudal de aguas servidas**

En un sistema de alcantarillado sanitario el caudal de diseño será calculado de acuerdo con los parámetros siguientes.

### **2.8.1. Población tributaria**

En este caso se obtuvo la población tributaria con base en el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicándose por el número de habitantes por casa.

Habitantes por casa = 1,650 habitantes / 341 casas

Habitantes por casa = 5 habitantes X casa

### **2.8.2. Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (l/hab/día). Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo. Se estimó una dotación de 130 l/hab/día, por el clima y por ser un área urbana.

### **2.8.3. Factor de retorno al sistema**

Se considera que del 75% al 90% del consumo de agua de una población retorna al alcantarillado, el porcentaje faltante se dispersa en riegos de terrenos agrícolas y patios. Para este caso se tomó un factor de retorno al sistema del 85%.

#### **2.8.4. Factor de flujo instantáneo**

Es un factor que está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Es llamado también Factor de Harmond (F.H.). Este factor actúa principalmente en horas pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenajes. Se calcula por la fórmula de Harmond:

$$\text{Factor de Harmond} = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2})$$

P = Población en miles de habitantes

El factor de Harmond se encuentra entre los valores de 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población a servir.

#### **2.8.5. Relación de diámetros y caudales**

La relación  $d/D$  debe ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75. Esto es para que funcione como canal abierto, en el cual circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

#### **2.8.6. Caudal domiciliario (Q dom)**

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia el sistema de alcantarillado sanitario, es decir, el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro del agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras, como la que se usa para los jardines y el lavado de vehículos.

Para tal efecto, la dotación del agua potable es afectada por un factor que puede variar entre 0.75 a 0.90. De esta forma, el caudal domiciliar queda integrado de la forma siguiente.

$$Q \text{ dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{N}^\circ \text{ habitantes} * \text{factor de retorno}}{86,400 \text{ seg}}$$

$$Q \text{ dom} = \frac{130\text{lbs/hab/día} * 3,038 \text{ hab} * 0.85}{86,400 \text{ seg}}$$

$$Q \text{ dom} = 3.88 \text{ lts/seg}$$

#### **2.8.7. Caudal de infiltración**

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en los alcantarillados, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en las tuberías y la calidad de la mano de obra y supervisión con que se cuenta durante la construcción.

Hay dos formas de medirlo, una es, en litros diarios por hectáreas y otra en litros diarios por kilómetro de tubería. Se incluye la longitud de la tubería de entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse con 6 metros de longitud por cada vivienda. Este factor puede variar entre 16,000 y 20,000 litros diarios por kilómetro de tubería.

Para el caso del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia La Unión, el caudal de infiltración es cero debido a que el material a utilizar es tubería de P.V.C., norma ASTM 3034.

### 2.8.8. Caudal de conexiones ilícitas (Q c.ilícitas)

Este caudal es producto de viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario.

Para efecto de diseño, se puede estimar que un porcentaje de viviendas de la localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar de 0.50 a 2.5 por ciento. Como el cálculo del caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, se utiliza la fórmula dada por el método racional.

$$Q \text{ c.ilícitas} = \frac{CiA}{360} = Ci * \frac{A * \%}{360}$$

Q = caudal (m<sup>3</sup>/seg)

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

En el presente proyecto se consideró un porcentaje de casas que se conectan ilícitamente a la red, de 2.0%.

C = 1.5 con baja infiltración

i = 23 mm/hora

A% = 2.0% del total de casas que se conectan ilícitamente

Q c.ilícitas = 1.5 \* 23mm/hora \* 0.02% \* 1000 / 360 días

Q c.ilícitas = 1.91 lts/seg

### 2.8.9. Caudal comercial (Q com)

Es el agua que se desecha de los comercios, escuelas, carnicerías, hoteles, restaurantes, etc.

Para el caso del sistema de alcantarillado sanitario de colonia La Unión, el caudal comercial es cero, debido a que no hay comercios, escuela y carnicería.

### 2.8.10. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Es la suma de los todos los caudales, es decir, el domiciliario, el de infiltración, el de conexiones ilícitas, comercial e industrial. Este factor debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005. Si da un valor que sea menor, se tomará 0.002, y si fuera mayor se tomará 0.005.

Para la colonia La Unión, el factor de caudal medio se calculó de la forma siguiente:

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{N}^{\circ} \text{ habitantes}}$$

Donde,

$$\begin{aligned} Q_{\text{medio}} &= Q_{\text{Domiciliar}} + Q_{\text{Conexiones ilícitas}} \\ Q_{\text{medio}} &= 3.88 \text{ lts/seg} + 1.91 \text{ lts/seg} = 5.79 \text{ lts/seg} \\ f_{qm} &= (5.79 \text{ lts/seg}) / (3,038 \text{ habitantes}) = 0.0019 \\ f_{qm} &< 0.002, \text{ entonces tomamos } f_{qm} = 0.002 \end{aligned}$$

### **2.8.11. Caudal de diseño**

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario será la suma de:

- a) Caudal máximo de origen doméstico
- b) Caudal de infiltración
- c) Caudal de conexiones ilícitas
- d) Aguas de origen industrial y comercial, según las condiciones particulares de estos establecimientos.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir. En este caso se diseño para población actual y futura.

### **2.8.12. Diseño de secciones y pendientes**

El análisis y la investigación del flujo hidráulico han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios de tubería P.V.C., por gravedad, pueden diseñarse conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

Para simplificar el diseño de sistemas de tuberías sanitarias, es necesario asumir condiciones constantes de flujo. La mayoría de sistemas de drenajes funcionan como canales, sus momentos variables son desde que se diseñan y permiten que el área de drenaje aumente o disminuya, se considera como flujo en canales abiertos. En sistemas de alcantarillado por gravedad, el flujo se encuentra en contacto directo con la atmósfera.

### 2.8.12.1. Diseño de secciones

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías de P.V.C., funcionando como canales abiertos. La municipalidad ejecuta los diseños de red de drenaje con este tipo de material, ya que se ahorra tiempo y dinero en la construcción de los mismos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará usando la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares, así:

$$V = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = 0.034/n * D^{2/3} * S^{1/2}$$

En la cual:

V = velocidad del flujo a sección parcialmente llena (m/seg)

R = radio hidráulico igual a la sección del tubo entre el perímetro mojado

D = diámetro de la sección circular (plg)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad Manning

n = 0.01 para tubería P.V.C.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, según el Instituto de Fomento Municipal, será de 6", el cual puede aumentar cuando, a criterio del ingeniero diseñador sea necesario. Este aumento de diámetro puede deberse a la influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

### 2.8.12.2. Diseño de pendientes

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4", con pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%, y que forme un ángulo horizontal de 45 grados con respecto a la línea central de drenaje, en el sentido de la corriente del mismo. El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva como retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal. El límite de velocidades será:  $0.40 \text{ m/seg} < v < 4.00 \text{ m/seg}$ .

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno es de 1.20 metros, más el diámetro interior y el espesor del tubo, en algunos casos, se colocarán cajas al inicio del tramo (ver plano de detalles). Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

El ancho de la zanja es muy importante, para evitar el exceso de excavación y, que a la vez, permita trabajar dentro de ésta. La tabla IX muestra anchuras de zanjas, dependiendo del diámetro del tubo y la profundidad de la zanja.

**Tabla IX. Anchos de zanja.**

Diámetro En plg	6	8	10	12	15	18
Hasta 1.30 m	0.60	0.60	--	--	--	--
De 2.36 A 1.85 m	0.60	0.60	0.70	0.75	0.90	1.10
De 1.86 A 2.35 m	0.65	0.65	0.70	0.75	0.90	1.10
De 2.36 A 2.85 m	0.65	0.65	0.70	0.75	0.90	1.10
De 2.86 A 3.35 m	0.70	0.70	0.70	0.75	0.90	1.10
De 3.36 A 3.85 m	0.70	0.70	0.70	0.75	0.90	1.10
De 3.86 A 4.35 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 4.36 A 4.85 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 4.86 A 5.35 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 5.36 A 5.85 m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	1.10
De 5.86 A 6.35 m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	1.10

Fuente: AMANCO-TUBOVINIL, NORMA ASTM 3034, Tuberías P.V.C.

### **2.8.13. Obras accesorias**

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

#### **2.8.13.1. Colectores**

Son las tuberías por las que se conduce el agua residual. Deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas descritas anteriormente, pero la principal es que trabajen como canales abiertos.

#### **2.8.13.2. Pozos de visita**

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier clase de material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del período de diseño.

Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción, como lo son de ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, etc.

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- a) Cambio de diámetro
- b) Cambio de pendiente
- c) Cambio de dirección horizontal, para diámetros menores de 24 pulgadas
- d) Las intersecciones de dos o más tuberías
- e) Los extremos superiores de ramales iniciales
- f) A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de 24 pulgadas
- g) A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0.03 m.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert será, como mínimo, la diferencia de dichos diámetros. Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita sea mayor que 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

#### 2.8.14. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Para diseñar la red de alcantarillado sanitario se utilizará tubería P.V.C. de 6 pulgadas de diámetro, y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias. Para la candela domiciliar se empleará un tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro. Como ejemplo se diseñara el tramo del pozo de visita 3 al pozo de visita 4.

Datos:

Población actual.....	1,650
Población futura.....	3,038
Tasa de crecimiento.....	3.1%
Período de diseño.....	20 años
Densidad de vivienda.....	5 hab/casa
Dotación de agua potable.....	130 lts/hab/día
Factor de retorno.....	0.85
Factor de caudal medio <i>fqm</i> .....	0.003
Material a utilizar.....	Tubería P.V.C.
Coefficiente de rugosidad.....	0.01
Cota inicial de terreno.....	104.52
Cota final de terreno.....	103.5
Distancia horizontal.....	59.97
Pendiente de terreno.....	1.70%

Nº de casas existentes en el tramo 3 a 4.....	29
Nº de casas acumuladas del tramo 3 a 4.....	29

El número de habitantes actuales del tramo se calcula multiplicando la densidad de habitantes por casa por el número de casas existentes en el tramo a diseñar.

$$\text{Nº de habitantes actuales} = 5 \text{ hab/casa} * 29 \text{ casas}$$

$$\text{Nº de habitantes actuales} = 145$$

$$\text{Aplicando la fórmula } Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$\text{Nº de habitantes futuros} = 145 * (1 + 0.031)^{20}$$

$$\text{Nº de habitantes futuros} = 267$$

$$\text{Factor de Harmond} = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2})$$

$$\text{F.H. actual} = (18 + (145/1000)^{1/2}) / (4 + (145/1000)^{1/2})$$

$$\text{F.H. actual} = 4.20$$

$$\text{F.H. futuro} = (18 + (267/1000)^{1/2}) / (4 + (267/1000)^{1/2})$$

$$\text{F.H. futuro} = 4.10$$

$$q \text{ dis} = fqm * \text{Nº de habitantes} * \text{F.H.}$$

$$q \text{ dis actual} = 0.003 * 145 * 4.20$$

$$q \text{ dis actual} = 1.83 \text{ lts/seg}$$

$$q \text{ dis futuro} = 0.003 * 267 * 4.10$$

$$q \text{ dis futuro} = 3.28 \text{ lts/seg}$$

Utilizando un diámetro de 6 pulgadas y una pendiente de 1.70, aplicando la fórmula de Manning se calcula la velocidad a sección parcialmente llena:

$$V = \frac{0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0.03429 * (6 * 0.0254)^{2/3} * (1.70)^{1/2}}{0.01}$$

$$V = 1.28 \text{ m/seg}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V * A$$

$$Q = \frac{1.28 * \pi/4 * (6 * 0.0254)^2 * 100^3}{1000}$$

$$Q = 23.27 \text{ lts/seg}$$

Relación q/Q:

$$q/Q \text{ actual} = \frac{1.83}{23.27}$$

$$q/Q \text{ actual} = 0.078438$$

$$q/Q \text{ futuro} = \frac{3.28}{23.27}$$

$$q/Q \text{ futuro} = 0.14113$$

Las relaciones  $d/D$  actual y  $d/D$  futuro se obtienen a partir de las relaciones  $q/Q$  actual = 0.078438 y  $q/Q$  futuro = 0.14113. Con estos valores se ve la tabla XXV de relaciones hidráulicas para sección circular (página 71), y se obtiene:

$d/D$  actual = 0.19415 y  $d/D$  futuro = 0.25705, donde “d” es el tirante de agua y “D” es el diámetro del tubo.

Cumpliendo con:  $0.10 < d/D < 0.75$

Las relaciones  $v/V$  actual y  $v/V$  futura se obtienen a partir de las relaciones  $q/Q$  actual = 0.078438 y  $q/Q$  futuro = 0.14113. Con estos valores se ve la tabla XXV de relaciones hidráulicas para sección circular (página 71), y se obtiene:

$v/V$  actual = 0.616043,  $v$  actual = 1.28 m/seg \* 0.616043,  $v$  actual = 0.78583 m/seg  
 $v/V$  futuro = 0.721805,  $v$  futura = 1.28 m/seg \* 0.721805,  $v$  futura = 0.92074 m/seg  
donde “v” es la velocidad a sección parcialmente llena con un tirante “d”, y “V” es la velocidad a sección llena del tubo.

Cumpliendo con:  $0.40 \text{ m/seg} < v < 4 \text{ m/seg}$

Cota invert inicial = cota de terreno inicial – altura de pozo

Cota invert inicial = 104.52 – 0.90

Cota invert inicial = 103.62 metros

Cota invert final = cota invert inicial – distancia horizontal \* pendiente del tubo

Cota invert final = 103.62 – 59.97 \* 1.70 / 100

Cota invert final = 102.60 metros

Altura pozo de inicio = cota de terreno inicial – cota invert inicial

Altura pozo de inicio = 104.52 – 103.62

Altura pozo de inicio = 0.90 metros

Altura de pozo final = cota de terreno final – cota invert final

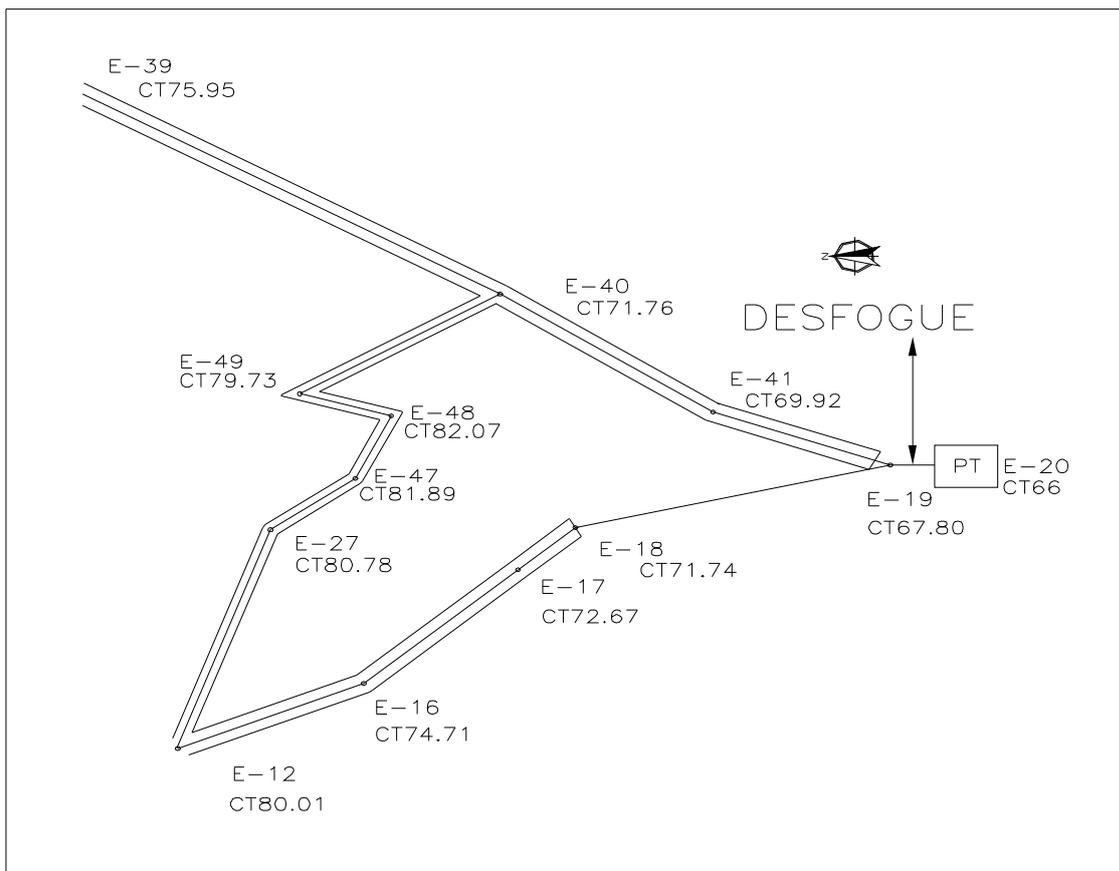
Altura de pozo final = 103.50 – 102.60

Altura de pozo final = 0.90 metros

## 2.8.15. Desfogue

### 2.8.15.1. Ubicación

El desfogue del sistema de alcantarillado sanitario se ubicará entre las estaciones E-19 y E-20.



**Figura 2.** Ubicación del punto de desfogue del sistema de alcantarillado sanitario.

### **2.8.15.2 Diseño**

Hay varios tipos de disipadores de energía que se pueden utilizar para drenajes de aguas negras, para este proyecto se utilizará el conocido como disipador de energía por gradas.

Este tipo de disipador consiste básicamente en construir una serie de gradas inmediatamente después de terminar la descarga de flujo a disipar.

El disipador por gradas es muy versátil ya que se puede utilizar tanto en caídas grandes, medianas y pequeñas. El único criterio que hay que tener en cuenta es que la distancia horizontal entre el punto de descarga y el lecho del barranco donde se verterá el caudal sea suficiente para que las gradas tengan un desarrollo bastante suave y puedan cumplir con eficiencia el propósito para el cual se han proyectado.

Se propone utilizar uno de estos disipadores por ser la solución más económica, ya que no hay costos de excavación, aparte de que en su construcción se puede utilizar concreto pobre o concreto ciclópeo.

El único criterio que se adopta para establecer la sección de la grada a utilizar es que el ancho sea del mismo diámetro del túnel que descarga y la altura de las paredes laterales sea también al diámetro de la sección que descarga.

Con este criterio se está seguro de que no habrá desbordamiento de agua, en vista de que la velocidad del agua se aumenta por la pendiente de las gradas que determina el terreno. Al final de las gradas se construye un depósito que amortiguará la energía que imprime la velocidad del agua debido a la pendiente de las gradas. Este depósito deberá verter el agua con una velocidad mínima para evitar erosiones en el terreno donde se descargará finalmente el agua.

## **2.9. Tratamiento de las aguas residuales**

El empleo del agua potable en los hogares, industrias y comercios genera agua servida que contiene materia fecal, restos de alimentos, aceites, grasas, detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos.

Esta agua servida se denomina también aguas negras o municipales y, como es sabido, se vierten en los sistemas de alcantarillado que las conducen, en la mayoría de los casos, a los cuerpos de agua, como mar, lagos y ríos, produciendo por lo tanto la contaminación de estas aguas naturales.

El proceso usual del tratamiento de aguas residuales se divide en cuatro etapas:

### **a) Tratamiento preliminar**

Éste es un pre-tratamiento que consiste en un conjunto de unidades cuyo fin es eliminar materiales que perjudiquen la maquinaria instalada en la planta. El conjunto de unidades que generalmente se emplean son:

- Rejas de barras, rejillas y cribas
- Desmenuzadores (cortadoras, trituradores)
- Desarenadores
- Tanques de preaireación

### **b) Tratamiento primario**

La sedimentación separa los sólidos decantables como aquellos que flotan. Durante esta decantación primaria existe la tendencia a que las partículas floculables formen agregados, hecho que puede ayudarse con la adición de compuestos químicos. El material que flota consiste en aceites, ceras, ácidos grasos y jabones insolubles que se conocen genéricamente como grasa.

Otro proceso es la filtración. Los dispositivos más utilizados para disminuir la velocidad de las aguas negras para sedimentar los sólidos, son:

- Tanques sépticos (fosas sépticas)
- Tanques de doble acción (Imhof)
- Tanque de sedimentación con eliminación de lodos manual o mecánica
- Reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA)

Al utilizar sustancias químicas se emplean otras unidades auxiliares como las siguientes:

- Unidades alimentadoras de reactivos
- Mezcladores
- Floculadores

### **c) Tratamiento secundario**

Se aplica para descomponer microorganismos y luego flocular la materia orgánica presente, la cual al degradarse flocula. Porque este proceso ocurre de forma natural, la aplicación de éste en aguas servidas, ejecutado regularmente, previene la contaminación de los cuerpos de agua cuando en ellos se descargan esta agua. Entonces este tratamiento es una oxidación de la materia orgánica biodegradable en la que tienen participación las bacterias que se ejecuta para acelerar un proceso natural y así evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos.

El proceso de tratamiento biológico se puede dividir según el estado en que se encuentran las bacterias responsables de la degradación. La biomasa bacteriana puede estar soportada sobre superficies inertes tales como rocas, escoria, material cerámico o plástico, se habla de lecho fijo, o puede estar suspendida en el agua a tratar. En cada una de estas situaciones la concentración de oxígeno en el agua determina la existencia de bacterias aeróbicas, facultativas o anaeróbicas.

Los procesos aeróbicos con biomasa suspendida que más se aplican son las lagunas aireadas y los de lodos activados.

Las lagunas aireadas son embalses de agua servida que ocupan una gran superficie de terreno, por que se emplean cuando éste es un bien de bajo costo. El agua servida se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana.

Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene materia en suspensión. El tiempo de residencia normal de este proceso es de 3 a 6 días, tiempo en que las bacterias poseen un crecimiento acelerado, dependiendo del clima y suponiendo una aireación suficiente. La separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación, que demora de 6 a 12 horas.

En el proceso de lodos activados, como el de lagunas aireadas, el agua servida aireada se mezcla con bacterias aeróbicas que se han desarrollado con anterioridad. Sin embargo, la mezcla del agua servida, previamente decantada, se agita por medio de bombas para que la materia esté en suspensión y en constante contacto con oxígeno en el interior de piscinas de concreto armado. La materia orgánica degradada del agua servida flocula, por lo que luego se puede decantar. La biomasa sedimentada se devuelve parcialmente al tratamiento biológico para mantener una población bacteriana adecuada, y el resto se separa como lodo.

Las ventajas principales de este proceso son el corto tiempo de residencia de la biomasa en las piscinas, que es de unas 6 horas, lo que permite tratar grandes volúmenes en espacios reducidos y la eficiencia en la extracción de las materias suspendidas. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas es baja.

#### **d) Cloración**

El agua tratada en un proceso de lodos activados o en lagunas aireadas puede servir para regadío si previamente se somete a cloración para desinfectarla.

La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura, incluso potable, si se desea. Los objetivos del tratamiento avanzado son eliminar carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, desinfectarla para eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización.

Un problema sanitario importante que se deriva del tratamiento de las aguas residuales, es el manejo de los lodos provenientes de los dos anteriores tratamientos primario y secundario. Estos lodos son barros semisólidos que contienen del 0.5 a 5% de sólidos, por lo que no tienen valor económico y si perjuicio ambiental.

Para convertir su materia orgánica en sólidos estables, reducir la masa y volumen de agua y destruir las bacterias dañinas, el lodo se concentra por sedimentación y coagulación-floculación.

Este lodo, así concentrado, se puede tratar con cal como bactericida y exponerlo al sol para evaporar su agua, hacerlo pasar por filtros de arena, filtrarlo al vacío o centrifugarlo para eliminar parte importante del agua. Sin embargo, ninguna de estas técnicas es completamente satisfactoria por sus costos y problemas técnicos. El lodo deshidratado puede disponerse en vertederos o incinerarlo si su contenido de materia combustible es superior a 25%. Uno de los empleos más deseable de estos lodos es usarlo como fertilizante y acondicionador del suelo, aunque su composición limita este empleo.

Para el alcantarillado sanitario de la colonia La Unión se propone una planta de tratamiento, tomando en consideración que su selección y diseño es trabajo directo de un ingeniero sanitario.

### **Descripción general del sistema de la planta de tratamiento**

Es un sistema biológico aeróbico de aireación extendida con lo que se logran afluentes de calidad, con baja producción de lodos. Este sistema involucra las siguientes etapas.

- a) Una primera acción es un tanque de aireación, donde se suministra aire por difusión en el fondo, lo que permite el crecimiento de microorganismos que requieren de oxígeno para vivir. Esta materia servirá para alimentar las bacterias aeróbicas que transforman los contaminantes en materia celular y energía para crecer y reproducirse, lo que originará flóculos (lodos activados).
- b) Los flóculos pasarán al tanque de clarificación secundaria, donde se sedimentan por gravedad. El sobrenadante es vertido al área de cloración y los lodos sedimentados se recirculan para retroalimentar el sistema. El exceso de lodos se deposita en un tanque para su estabilización. Una vez estabilizados, se secan en el área de secado de lodos.
- c) El agua clarificada es tratada para su desinfección por medio de un sistema de cloración a base de hipoclorito de calcio cuando se descarga directamente a un cuerpo de agua, previa reacción del cloro en un depósito, que variará de acuerdo al volumen tratado.

### **3. PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LA UNIÓN.**

#### **3.1. Especificaciones de construcción para los pozos de visita adaptadas por la municipalidad de Villa Nueva**

- a) Los pozos de visita se construirán en su totalidad de ladrillo tayuyo de medidas  $0.05 * 0.11 * 0.23$ .
- b) Cuando la profundidad del pozo sea menor que 1.50 metros se construirá el pozo sin refuerzo en su contorno, pero cuando la profundidad sea mayor a 1.50 metros se reforzará con una solera de 4 # 3 más estribo # 2 a cada 0.15 metros.
- c) El espesor de las paredes de los pozos será de 0.23 metros, más acabados.
- d) El fondo de los pozos de visita tiene un espesor de 0.20 metros, armado en ambos sentidos a 0.25 metros con acero # 3.
- e) Las tapaderas de los pozos de visita son redondas, con un radio de 0.42 metros y un espesor de 0.10 metros, armadas en ambos sentidos a 0.125 metros y con acero # 4.
- f) Las tapaderas deberán llevar un jalador movable para levantarlas con facilidad cuando sea necesario.

### **3.2. Criterios adoptados para la integración del presupuesto**

- a) Para el cálculo de materiales de los pozos de visita se tomó como base el costo individual.
- b) El concreto para la fundición de los pozos se calculó por metro cúbico.
- c) La cantidad de arena de río y piedrín se calculó por metro cúbico de fundición.
- d) La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por quintal por pozo de visita.
- e) Las conexiones domiciliarias se calcularon en forma unitaria.
- f) Los precios de los materiales se tomaron con base en los manejados en la actualidad en el comercio nacional.

### **3.3. Presupuesto de materiales**

Para el presupuesto de materiales de cualquier proyecto de infraestructura se debe tener presente que en la ejecución física surgen imprevistos que ocasionan que se emplee más materiales y mano de obra.

La ejecución de nuevos renglones de trabajo y los sistemas de alcantarillado no son la excepción. Por ejemplo, cuando se hace la excavación, se podría dañar la tubería de agua potable, un drenaje transversal, o si se excava en una calle pavimentada. Por lo que en el presupuesto se deberá incluir un factor de imprevistos.

**Tabla X. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio con dimensiones de 3 metros de altura, brocal de 1 metro y diámetro de 1.20 metros.**

Nº	Material	Cantidad	Unidad	Precio Q	Total En Q
1	Arena	1.52	m <sup>3</sup>	125.00	190
2	Piedrín	0.45	m <sup>3</sup>	160.00	72.00
3	Cemento	18.57	sacos	38.00	705.66
4	Hierro 3/4"	2	varillas	47.14	94.28
5	Hierro 1/2"	3.61	varillas	18.15	65.52
6	Hierro 3/8"	1.87	varillas	10.75	20.10
7	Hierro 1/4"	1.38	varillas	4.65	6.42
8	Alambre	2.06	libras	3.50	7.21
9	Tabla 1x12x10	30	pie tabla	3.90	117.00
10	Paral 2x3x10	15	pie tabla	3.90	58.50
11	Clavo de 3"	3	libras	2.75	8.25
12	Clavo de 4"	2	libras	2.75	5.50
13	Ladrillo tayuyo	1498	ladrillos	2.80	4,194.40
				Total	5,544.84

**Tabla XI. Cantidad y costo de materiales para construir una conexión domiciliar.**

Nº	Material	Cantidad	Unidad	Precio Q	Total En Q
1	Tubo P.V.C. 4"	0.70	u	152.36	106.65
2	Codo 45° 4"	1	u	25.64	25.64
3	Tubo de concreto 12"	1	u	32.00	32.00
4	Tapadera de candela	1	u	30.00	30.00
5	Cemento	1	saco	38.00	38.00
6	Piedrín	0.21	m <sup>3</sup>	160.00	33.60
7	Arena	0.17	m <sup>3</sup>	90.00	15.30
8	Silleta "y" 6" x 4"	1	U	86.18	86.18
9	Pegamento de 100 gr.	0.05	galón	345.00	17.25
10	Sierra para cortar	1	U	8.50	8.50
				Total	393.12

**Tabla XII. Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario para la colonia La Unión.**

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Q	Total En Q
1	Pozos de visita	92	u	5,544.84	510,125.28
2	Tubería P.V.C. de 6"	239	tubos	399.01	95,363.39
3	Conexiones domiciliarias	341	u	393.12	134,053.92
				Total	739,542.59

### 3.4. Presupuesto de mano de obra

A continuación se presentan las tablas de resumen de los precios unitarios.

**Tabla XIII. Presupuesto de mano de obra de un pozo de visita promedio.**

Nº	Actividad	Cantidad	Unidad	Mano de obra en Q	Total En Q
1	Excavación	8.23	m <sup>3</sup>	25.00	205.75
2	Formaleta	14.50	m <sup>2</sup>	15.00	217.50
3	Armado y fundición	1	m <sup>3</sup>	100.00	100.00
4	Desencofrado	14.50	m <sup>2</sup>	4.00	58.00
5	Arm. y fund. tapadera	1	u	20.00	20.00
				Total	601.25

**Tabla XIV. Presupuesto de mano de obra de un metro lineal de tubería.**

Nº	Actividad	Cantidad	Unidad	Mano de obra en Q	Total En Q
1	Excavación	1.5	m <sup>3</sup>	25.00	37.50
2	Nivelación de zanja	1	ml	4.00	4.00
3	Colocar tubería de P.V.C.	1	ml	20.00	20.00
4	Relleno y compactación	1.50	m <sup>3</sup>	18.00	27.00
				Total	88.50

**Tabla XV. Presupuesto de mano de obra de una conexión domiciliar.**

Nº	Actividad	Cantidad	Unidad	Mano de obra en Q	Total En Q
1	Excavación	3	m <sup>3</sup>	20.00	60.00
2	Nivelación de zanja	4	ml	4.00	16.00
3	Colocación de tubo P.V.C. r 4"	0.70	u	152.36	106.65
4	Relleno y compactación	1.8	m <sup>3</sup>	20.00	36.00
5	Colocación de candela de tubo 12"	1	u	15.00	15.00
6	Tapadera para candela	1	u	20.00	20.00
7	Colocación de silletas	1	u	30.00	30.00
				Total	283.65

**Tabla XVI. Presupuesto de mano de obra del alcantarillado sanitario para la colonia La Unión.**

Nº	Actividad	Cantidad	Unidad	Mano de obra Q	Total En Q
1	Topografía, trazo y nivelación	1433	ml	7.00	10,031.00
2	Pozo de visita promedio	92	u	601.25	55,315.00
3	Colocar tubería P.V.C. r 6"	1433	ml	88.50	126,820.50
4	Conexión domiciliar	341	u	283.65	96,724.65
				Total	288,891.15

### 3.5. Resumen general de presupuestos.

**Tabla XVII. Presupuesto total del alcantarillado sanitario para la colonia La Unión.**

Materiales	739,542.59
Herramienta (3% de materiales)	22,186.27
Mano de obra directa	288,891.15
Ayudante (35% de mano de obra directa)	101,111.90
Prestaciones (75% de mano de obra directa)	216,668.36
Sub total	1,368,400.27
Indirectos (20% del sub total)	273,680.05
Total	Q 1,642,080.32



## **4. PAVIMENTACIÓN RÍGIDA PARA CAMINAMIENTOS PEATONALES DE LA COLONIA LA UNIÓN.**

### **4.1. Antecedentes**

El ingreso a la colonia es por la 18 avenida de la colonia Villa Lobos 1, el cual esta asfaltado, lo que ofrece una fácil circulación a los habitantes de la colonia La Unión.

El sector que presenta problema en la colonia La Unión , especialmente en época de invierno son sus calles interiores, ya que por no estar pavimentadas, dificultan la movilización de los pobladores.

Con la pavimentación de estas calles se mejorará el tránsito de las personas, el aspecto estético de la colonia, y el más importante la salud de los pobladores.

### **4.2. Condiciones actuales de la superficie de los caminamientos**

La longitud de los caminamientos es de 1,467 metros, teniendo anchos pequeños y que oscilan entre 1.20, 1.50, 2.00 y 3.00 metros, y pendientes muy pronunciadas en los accesos a la colonia, lo que obliga a que el tipo de tránsito sea únicamente peatonal.

### **4.3. Diseño geométrico y gabarito**

Para el diseño se utilizó una pendiente mínima del 2% para facilitar el drenaje y limpieza de los caminamientos. No se incluyó el estudio de las curvas verticales, horizontales, tangentes de intersección, distancias de visibilidad y frenado por ser el tráfico de tipo peatonal. El gabarito quedo definido por los anchos de los caminamientos que se mencionan en el punto 4.2, y el espesor será de 5 centímetros. No hay bordillos ya que las fundiciones quedarán confinadas por las paredes frontales de las viviendas.

#### **4.3.1. Estudios topográficos**

Se obtuvo la información necesaria de planimetría y altimetría, la cual se registró en libretas de campo, para realizar los cálculos necesarios previos al diseño y dibujo de los planos de construcción.

#### **4.4. Evaluación de las características del suelo**

Para conocer las características del suelo se realizaron ensayos de laboratorio, con muestras de suelo extraídas del lugar a pavimentar.

Esta evaluación consiste específicamente en pruebas normalizadas por la AASHTO (American Association of State Highway Officials) y la ASTM (American Society for Testin Materials).

##### **4.4.1. Toma de muestras**

En este caso se realizó una toma de muestra de pozo a cielo abierto, en la cual se hizo una perforación de 1.50 metros de diámetro por 0.75 metros de profundidad. Se extrajeron 200 libras de suelo, para luego realizar los ensayos correspondientes. Este procedimiento se realizó en diferentes puntos a lo largo de las calles, concluyendo que el tipo de suelo es el mismo.

##### **4.4.2. Ensayos de laboratorio**

La muestra respectiva se analizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (C.I.I.) laboratorio de suelos, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por medio de los ensayos realizados y que más adelante se describen, se puede concluir que el suelo de la colonia La Unión, es de tipo limo arenoso, color café oscuro, con algunas partículas de grava, no plástico.

#### **4.4.2.1. Granulometría**

La clasificación de los suelos acostumbra a utilizar algún tipo de análisis granulométrico, constituyendo este ensayo una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis granulométrico de una masa de suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Obviamente, para obtener un resultado que sea significativo, la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa del suelo. Como no es posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente del suelo, el ensayo, el ensayo se limita a determinar el grupo de los granos por el rango de tamaño que este grupo posea.

Para lograr lo anterior se debe obtener la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene aberturas ligeramente menores a la anterior, y se relaciona la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamices. Es evidente que el material retenido de esta forma consiste en partículas de muchos tamaños, todos los cuales son menores al tamaño de las mallas en las que todo el material pasó, pero mayores que el tamaño del tamiz en el cual el suelo se retuvo. Luego se obtiene el porcentaje de material que es retenido en cada tamiz.

$$\% \text{ de material retenido} = \frac{\text{peso del suelo retenido}}{\text{peso total del suelo}} * 100$$

#### **4.4.2.2. Límites de consistencia**

Son ciertos límites arbitrarios en el contenido de humedad de los suelos finos, para dividir los estados de consistencia de estos suelos.

### **a) Límite líquido**

Para efectuar este ensayo se utiliza el material que pasa el tamiz No. 40, el cual se mezcla con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de casa grande hasta llenarlo, aproximadamente  $1/3$  de su capacidad formando una masa lisa. Se divide esta pasta en dos partes por medio del ranurador especial. Se hace girar la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre en una longitud de  $1/2$  pulgada. El número de golpes debe ser de 15 a 35. Luego, se toma la muestra y se le determina el contenido de humedad.

### **b) Límite plástico**

Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra que se preparó en el ensayo del límite líquido. Se tiene que dejar secar hasta que posea una consistencia que no tenga adherencia a la palma de la mano; se hace rodar con la palma sobre una superficie lisa no absorbente, formando cilindros de aproximadamente  $1/8$  pulgada; por medio del manipuleo de estos cilindros, se va reduciendo el contenido de humedad hasta que el cilindro empiece a desmoronarse. En éste instante se determina el contenido de humedad y éste valor es el límite plástico.

El índice plástico o de plasticidad se obtiene como la diferencia del límite líquido y límite plástico.

### **c) Índice de grupo**

El índice de grupo es un valor que indica si la calidad del suelo es buena para una subrasante. Las subrasantes pueden clasificarse en función del índice de grupo de la manera siguiente:

Excelente  $I = 0$ , Buena  $I = 0$  a 1, Regular  $I = 2$  a 4, Mala  $I = 5$  a 9, Muy Mala  $I = 10$  a 20

El índice de grupo se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = 0.20 a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

Donde:

- a. Porcentaje de material que pasa por malla # 200, menos 35%. Si el porcentaje que pasa por la malla # 200 es mayor de 75%, se anotará 75, y si es menor de 35, se anotará 0.
- b. Porcentaje del material que pasa por la malla # 200, menos 15%. Si el porcentaje que pasa por la malla # 200 es mayor de 55%, se anotará 55%, y si es menor de 15, se anotará 0.
- c. Valor del límite líquido, menos 40%, si el límite líquido es mayor de 60%, se anotará 60 y si es menor de 40% se anotará 0.
- d. Valor del índice de plasticidad menos 10%, si el índice de plasticidad es mayor de 30%, se anotará 30, y si es menor de 10 se anotará 0.

#### **4.4.2.3. Ensayo de compactación o proctor modificado**

##### **Compactación**

Un suelo está formado por diferentes tamaños de partículas, éstas tienen formas diversas, existiendo entre ellas espacios inter granulares que se denominan vacíos, los cuales pueden estar ocupados por aire, agua o ambos a la vez. Si una masa de tierra se presenta en estado suelto, su volumen es mayor que si está comprimido, es decir, su volumen de vacíos es mayor, el cual se puede reducir a base de una acción de comprimir la masa de tierra; a esta operación se le denomina compactación.

## **Definición**

Compactación es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos, para efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen disminuyendo sus vacíos. Por medio de la compactación del suelo en condiciones controladas, casi puede eliminarse el aire de los poros para hacer que el terreno tenga una tendencia menor a producir posteriores cambios con la humedad.

Al compactar un suelo se obtienen las siguientes ventajas:

- a) Se establece un contacto más firme entre las partículas.
- b) Las partículas de menor tamaño son forzadas a ocupar los vacíos formados por los de mayor tamaño.
- c) Cuando el suelo está compactado, aumenta su valor soporte y se hace más estable
- d) Como quiera que las partículas se hallan firmemente adheridas después de la compactación, la masa del suelo será más densa y su volumen de vacíos quedará reducido a un mínimo. Por lo tanto, la capacidad absorbente (de agua) de un suelo quedará grandemente reducida por efecto de la compactación. En resumen se puede decir que el objetivo principal de la compactación de un suelo es mejorar sus propiedades y, en particular, aumentar su resistencia y su capacidad de carga.

## **Métodos para determinar la humedad óptima y la densidad máxima**

Se determina la densidad seca de un suelo después de haberle aplicado una misma intensidad de compactación para varios contenidos diferentes de humedad. Para obtener la humedad óptima y la densidad máxima, existen diferentes métodos, que se pueden resumir en dos grupos, así:

**a) Dinámicos**

Son aquellos, en los que la energía de compactación se aplica por medio de golpes de pistón (mazo o martillo) dinámicamente. (PROCTOR).

**b) Estáticos**

Son aquellos métodos en que la energía de compactación se aplica por medio de presión (prensas hidráulicas) (Estático de California).

En nuestro medio los métodos más usados son los dinámicos, y para el proceso de obtención de la densidad máxima y la humedad óptima sólo se describirá en detalle uno de ellos: Método AASHTO Standard T-180 (proctor modificado), en el entendido que el llamado proctor estándar (AASHTO T-99) difiere, casi sólo en que se usa un mazo más pequeño (de 5.5 libras de peso y 12 pulgadas de caída) y se compacta en 3 capas.

**AASHTO Standard T-180-proctor modificado**

- Molde de 4 pulgadas  
Volumen = 1/30 pie cúbico (944 cm<sup>3</sup>)  
Diámetro = 4 pulgadas (10.16 cm)  
Altura = h = 4.6 pulgadas (11.68 cm)
- Molde de 6 pulgadas  
Volumen = 1/13.33 pie cúbico  
Diámetro = 6 pulgadas (15.24 cm)  
Altura = h = 5 pulgadas (12.70 cm)

- **Martillo**

Diámetro = 2 pulgadas

Caída = 18 pulgadas

Peso = 10 libras

Hay cuatro procedimientos alternativos:

**Método A:** se usa el molde de 4 pulgadas con material que pasa por tamiz No. 4, en cinco capas, dando 25 golpes por capa.

**Método B:** se usa el molde de 6 pulgadas con material que pasa por tamiz No. 4, en cinco capas, dando 56 golpes por capa.

**Método C:** se usa el molde de 4 pulgadas con material que pasa por tamiz No.3/4, en cinco capas, dando 25 golpes por capa.

**Método D:** se usa el molde de 6 pulgadas con material que pasa por tamiz No.3/4, en cinco capas, dando 56 golpes por capa.

### **Forma del ensayo-Proctor modificado**

#### **Equipo**

- Balanza de 20 kg. de capacidad y aproximación de 1 gramo, o una de 35 libras de capacidad y aproximación de 0.01 libra.
- Balanza de 3 escalas de 0.01 libra de aproximación.
- Tarros metálicos para determinación de humedad.
- Molde de compactar, puede ser de 4 pulgadas o 6 pulgadas ya descritos.
- Pistón de compactar de 10 libras de peso y 18 pulgadas de caída.
- Estufa u horno capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

- Tamiz de 2 pulgadas, tamiz no. 4 pulgadas y tamiz de 3/4 de pulgada.
- Espátula, cucharón de mezclar, cuchara de albañil.
- Rodillo.
- Extractor de muestras (opcional).
- Regla de acero de 12 pulgadas.

### **Preparación de la muestra**

- a) Se seca al aire en un horno a 60° C, una muestra representativa que contenga aproximadamente 16 libras de material.
- b) Se disgregan los terrones de material fino, pasándoles el rodillo, sobre una superficie plana.
- c) Se criba a través del tamiz No. 4, desechando la porción retenida.

### **Procedimiento de ensayo**

- a) Se amasa a fondo la muestra con agua suficiente para formar una mezcla húmeda que se desmenuza cuando se suelta, después de haber sido estrujada en la mano. Procúrese no hacer esta mezcla inicial demasiado húmeda. La experiencia indica a que humedad aproximada debe compactarse el primer punto del proctor.
- b) Se divide la mezcla húmeda en cinco porciones aproximadamente iguales.
- c) Se pesa el molde de compactar de 6 pulgadas en la balanza de 20 kg. con una aproximación de 1 gramo, o en la de 35 lbs con aproximación de 0.01 lb.; luego se le une la placa de base y el anillo de extensión y se le coloca sobre un apoyo firme.
- d) Se pone una porción de la mezcla húmeda en el molde, nivelando la superficie con la mano o con una cuchara de albañil.
- e) Se coloca el pistón de compactar con guía sobre el material, dentro del molde, se eleva luego sobre el mango hasta que el pistón alcanza la parte superior de la guía, entonces se suelta aquél, permitiendo que el pistón caiga libremente sobre la muestra, sin darle impulso adicional con la mano.

- f) Se cambia la posición de la guía y otra vez se deja caer el pistón. Se repite el proceso cubriendo sistemáticamente la superficie entera de la muestra hasta que el pistón haya caído 56 veces.
- g) Se saca el pistón del molde, se pone otra porción de la muestra, en él, y se apisona como antes. Se repite todo el proceso con las otras porciones que quedan. Cada capa compactada debe ser de 2.54 cm. (una pulgada) aproximadamente y la muestra compactada entera debe extenderse 1.27 cm. (1/2 pulgada) dentro del anillo de extensión, como mínimo. El peso de la muestra necesario para este objeto se determina por tanteo y variará con los diferentes suelos.
- h) Se quita el anillo y con un cuchillo se recorta la muestra hasta enrasar con los bordes del molde de compactación. Comprobar la nivelación con la regla de acero.
- i) Se quita la placa de base y se pesa el molde que contiene la muestra compactada con una aproximación de 1 gramo ó 0.01 libra, obteniendo el peso bruto húmedo.
- j) Se calcula del peso neto húmedo (PNH), restando al peso bruto húmedo (PBH) la tara del molde de 6 pulgadas.
- k) Se calcula el peso unitario húmedo (PHU), dividiendo el PNH entre el volumen de la muestra (1/13.33 pie cúbico).
- l) Secando la muestra al horno se obtiene el peso neto seco (PNS), para luego obtener el contenido de humedad  $W = (PNH - PNS) / PNS$ , y el peso unitario seco  $PUS = PUH / (1 + W)$ . Este proceso se repite con diferentes porcentajes de humedad, trazando luego una curva que relacione el contenido de humedad (W) con el peso unitario seco (PUS); el valor más alto de la curva nos dará la densidad máxima y el (W) correspondiente en la curva nos dará la humedad óptima.

#### **4.4.2.3. Ensayo de valor soporte (C.B.R.)**

El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es obvio que éste número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El número C.B.R. se obtiene como la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de un área de 19.4 cm<sup>2</sup>, entre la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad, respecto de una carga patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra standard de material triturado. Lo anterior se resume en la siguiente ecuación.

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} * 100\%$$

De esta ecuación se puede ver que el número C.B.R. es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se obvia y la relación se presenta por el número entero.

Para hacer la prueba de la resistencia a la penetración, se ajusta el extensómetro a cero, con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, a una velocidad constante de penetración de 1.27 cm (0.5 pulgada) por minuto. Se anota la presión, expresada en libras por pulgada cuadrada, necesaria para hincar a determinadas penetraciones.

El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido, para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

El ensayo de C.B.R. comprende además, la determinación de las propiedades expansivas del material. Se debe hacer el C.B.R. sobre muestras a diferentes grados de compactación a la humedad óptima, después se elabora un diagrama C.B.R. contra densidad, de donde se puede determinar el valor de C.B.R. a la densidad deseada. Según la especificación de construcción que deba cumplir el material. Sin embargo, el C.B.R. también puede hacerse sobre una muestra compactada con el contenido de humedad óptimo, para un suelo específico, utilizando un ensayo de compactación proctor ya sea estándar o modificado.

En el laboratorio, ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más, bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utilizará en el campo, pero, en ningún caso, menor que 4.5 kg. Es durante este período cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final de período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de C.B.R. para el suelo en condiciones de saturación completa.

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos:

- Dar información sobre la expansión esperada en el suelo, bajo la estructura del pavimento cuando el suelo se satura.
- Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El valor final del C.B.R. se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasante bajo pavimentos de carreteras y autopistas.

Número de C.B.R.	Clasificación general	Usos
0 – 3	muy pobre	subrasante
3 – 7	pobre a regular	subrasante
7 – 20	regular	sub-base
20 – 50	bueno	sub-base
50 ó más	excelente	base

Finalmente, el C.B.R. es el factor que determina el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor C.B.R. se convierte en módulo de valor soporte del suelo. El procedimiento para el C.B.R. deberá realizarse como lo indica la norma AASHTO T – 193.

## **4.5. Especificaciones de construcción para caminamientos peatonales**

La construcción de caminamientos peatonales en áreas marginadas deberán ser proyectados dentro del más estricto sentido de ahorro, porque los fondos disponibles son limitados. El volumen de tráfico es peatonal.

### **4.5.1. Diseño de la mezcla del concreto**

Para el diseño de la mezcla del concreto se utilizaron tablas que son el resultado de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas.

#### **4.5.1.1. Resistencia a la compresión**

Para la fundición de los caminamientos se usará un concreto de 2,503 lbs/plg<sup>2</sup>, o sea 176 kg/cm<sup>2</sup>, ya que el tipo de tráfico será peatonal.

#### **4.5.1.2. Proporción volumétrica**

Con la resistencia a compresión del concreto, y el agregado grueso a usar, los cuales son:

Concreto = 176 kg/cm<sup>2</sup>

Agregado grueso = 1/2 pulgada

Tiempo de curado = 28 días

Obtenemos:

Relación agua cemento = 0.67. Tabla XVIII. (página 53)

Litros de agua por m<sup>3</sup> = 200 litros por m<sup>3</sup>. Tabla XIX. (página 53)

% de arena = 46. Tabla XX. (página 53)

### Pasos para el diseño de la mezcla del concreto

- a) Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{200 \text{ litros} / \text{m}^3}{0.67}$$

$$\text{Cemento} = 298.50 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- b) Calcular la cantidad de agregado, restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto.

$$\text{Agregado} = 2400 - 298.50 - 200$$

$$\text{Agregado} = 1,901.50 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- c) La cantidad de arena, se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente.

$$\text{Arena} = 1,901.50 * 46\%$$

$$\text{Arena} = 874.69 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- d) La cantidad de pedrín será el agregado total menos la cantidad de arena.

$$\text{Pedrín} = 1,901.50 - 874.69$$

$$\text{Pedrín} = 1,026.81 \text{ kg} / \text{m}^3$$

#### La proporción volumétrica será:

Cemento	:	Arena	:	Pedrín
$\frac{298.50}{298.50}$		$\frac{874.69}{298.50}$		$\frac{1,026.81}{298.50}$

$$1 \quad : \quad 3 \quad : \quad 3.5$$

**Tabla XVIII. Relación agua - cemento**

Resistencia (kg / cm <sup>2</sup> )	Relación agua – cemento
352	8 cms
316	0.30
281	0.38
246	0.44
211	0.58
176	0.67

**Tabla XIX. Asentamiento del concreto (litros de agua por metro cúbico)**

Asentamiento			Litros de agua por metro cúbico				
Agregado grueso			3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3	-	5	205	200	185	180	175
8	-	10	225	215	200	195	180
15	-	18	240	230	210	205	200

**Tabla XX. Tamaño de agregados**

Tamaño máximo de agregado grueso	% de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

#### **4.5.2. Pendiente mínima**

Para facilitar su drenaje y limpieza, los caminamientos deberán tener una pendiente mínima de 2%.

#### **4.5.3. Dimensiones mínimas de fundición**

##### **4.5.3.1. Ancho**

El ancho mínimo de fundición es de 1.00 metro.

##### **4.5.3.2. Espesor**

El espesor mínimo de fundición será de 5 centímetros.

#### **4.5.4. Tipo de junta a utilizar**

##### **Junta transversal**

También llamada junta de contracción, son planos que se debilitan a propósito para predeterminar los sitios de ocurrencia de las grietas transversales y asegurar así que se formen líneas rectas.

Los planos debilitados del concreto pueden formarse con insertos removibles o permanentes, los cuales se pueden hacer con una cuchara de albañil, o aún mejor fundiendo bloques independientes.

La separación mínima entre juntas será de 1.00 metro y la máxima será de 3.00 metros, dependiendo estas separaciones, del ancho del caminamiento.

#### **4.6. Presupuesto de pavimento rígido para caminamientos peatonales de la colonia La Unión.**

Anchos de caminamientos :	1.2, 1.5, 2.00 y 3.00 metros
Longitud de caminamientos:	1,467.00 metros
Espesor :	5 centímetros
Área :	3,663.78 metros <sup>2</sup>

El equipo y herramienta a utilizar en la construcción de los caminamientos está integrado por:

- 3 concreteeras accionadas por gasolina, de 1 quintal de capacidad.
- 15 carretillas de mano, para el acarreo del concreto.
- 15 palas.
- 15 piochas.
- 6 toneles de metal de 55 galones de capacidad, para almacenar agua.
- 3 mangueras de plástico, de 100 pies de largo, para conducir el agua desde los chorros hacia los toneles.
- 18 recipientes de metal, de 1 pie cúbico de volumen, para el acarreo de arena, pedrín y cemento, hacia las concreteeras.
- 30 cubetas de metal para el acarreo de agua.
- 60 parales de madera de 2 pulgadas \* 3 pulgadas \* 10 pies, para formaleta.

### Presupuesto de equipo y herramienta.

Equipo y herramienta	Cantidad	Precio en Q	Monto en Q
Concreteiras	3	15,000.00	45,000.00
Carretillas de mano	15	175.00	2,625.00
Palas	15	40.00	600.00
Piochas	15	40.00	600.00
Toneles de metal	6	100.00	600.00
Mangueras	3	75.00	225.00
Recipientes de metal	18	125.00	2,250.00
Cubetas de metal	30	10.00	300.00
Parales de 2*3*10	60	25.00	1,500.00
		Total Q	53,700.00

### Presupuesto de materiales.

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio en Q	Monto en Q
Arena	92	m <sup>3</sup>	125.00	11,500.00
Piedrín ½"	92	m <sup>3</sup>	160.00	14,720.00
Cemento	1,466	quintales	38.00	55,708.00
		Total Q		81,928.00

### Presupuesto de mano de obra.

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio en Q	Monto en Q
Fundición	3,663.78	m <sup>2</sup>	15.00	54,956.70
Ayudantes				19,234.00
		Total Q		74,191.55

### Tabla XXI. Integración del presupuesto para caminamientos peatonales.

Equipo y herramienta	53,700.00
Materiales	81,928.00
Mano de obra	74,191.55
Total Q	209,819.55

## **5. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CAMINAMIENTOS PEATONALES DE LA COLONIA LA UNIÓN.**

En todo proyecto de ingeniería es preciso establecer como objetivo paralelo a su preparación, diseño y ejecución, la preservación de los recursos naturales.

### **5.1. Impacto ambiental**

#### **5.1.1. Definición**

Es la alteración que se produce en el medio ambiente natural y humano cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Las obras públicas como la construcción de una carretera, una ciudad, una industria; una zona de recreo; cualquier actividad de estas tiene un impacto sobre el medio. La alteración no siempre es negativa, puede ser favorable para el medio ambiente.

#### **5.1.2. Objetivo**

Es identificar y evaluar los impactos ambientales antes de que se produzcan, es decir, previo a la ejecución de cualquier proyecto, para asegurar que el desarrollo de sus actividades sean sustentables desde el punto de vista del medio ambiente.

### **5.2. Identificación de impactos**

En esta fase se llevará a cabo la identificación de factores ambientales con la finalidad de detectar aquellos aspectos del medio ambiente cuyos cambios motivados por las distintas acciones del proyecto en sus sucesivas fases (construcción, explotación o funcionamiento, ampliación o reforma y abandono o derribo), supongan modificaciones positivas o negativas de la calidad ambiental del mismo.

Modificaciones en el medio ambiente inducidos por los proyectos.

Medio natural modificado:	Medio antrópico modificado
<ul style="list-style-type: none"><li>• suelo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• población</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• aire</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• calidad de vida</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• actividades</li></ul>

### 5.2.1. Descripción de los proyectos.

Se realizarán los siguientes proyectos:

a) Alcantarillado sanitario

Longitud de tubería = 1,433 metros

Tubería a usar = P.V.C. de  $\varnothing$  6 pulgadas

Cantidad de pozos de visita = 92

Ubicación del desfogue = Entre estaciones E – 19 y E -20, con cotas de terreno 67.80 y 66 metros.

b) Pavimentación de caminamientos peatonales:

Tipo de pavimentación = Rígida

Longitud a pavimentar = 1,467 metros

Anchos variables = 1.2, 1.5, 2.00 y 3.00 metros

Espesor del pavimento = 5 centímetros

### **5.2.2. Descripción del área de influencia**

El área de influencia en donde se ejecutarán los proyectos anteriormente descritos, se encuentra localizada en la colonia La Unión, Villa Lobos I, Municipio de Villa Nueva, Guatemala.

### **5.3. Clasificación de impacto**

Criterios de clasificación:

- a) Por el carácter:
  - Positivos
  - Negativos
  
- b) Por la relación causa - efecto
  - Primarios
  - Secundarios
  - Terciarios
  
- c) Por la persistencia
  - Temporal
    - Fugaz
    - Pertinaz
  - Permanente

### **5.3.1. Positivos**

Son aquellos que inducen beneficios ambientales, tales como acciones de saneamiento o recuperación de áreas degradadas.

### **5.3.2. Negativos**

Son aquellos que ocasionan daño o deterioro al medio ambiente.

### **5.3.3. Primarios**

Son aquellos efectos causados por una acción y que ocurren generalmente al mismo tiempo y en el mismo lugar de ella, a menudo estos se encuentran asociados a fases de construcción, operación, mantención de una instalación o actividad y generalmente son obvios y cuantificables.

### **5.3.4. Secundarios**

Son aquellos cambios indirectos o inducidos en el ambiente. Es decir, los impactos secundarios cubren todos los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la implementación de una acción.

### **5.3.5. Terciarios**

Estos son el resultado de los impactos primarios y secundarios, como ejemplo: al disminuir el caudal ecológico se da la falta de agua para el consumo y riego, y por lo tanto hay pérdidas en la agricultura.

### **5.3.6. Temporal**

Es aquel que induce una alteración no permanente en el tiempo, con un plazo de manifestación que puede determinarse y que por lo general es corto, durando entre 1 y 3 años.

#### **- Fugaz**

Es aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y su duración es menor a 1 año.

#### **- Pertinaz**

Es aquel que se manifiesta en una duración entre 4 y 10 años.

### **5.3.7. Permanente**

Aquel cuyo efecto supone una alteración, indefinida en el tiempo, de los factores medioambientales predominantes en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en su lugar. Es decir, aquel impacto que permanece en el tiempo con una duración superior a 10 años. Por ejemplo construcciones de carreteras, conducciones vistas de agua de riego, etc.

**Tabla XXII. Identificación de impactos ambientales en la colonia La Unión.**

Impacto	Medio Ambiente Natural				Medio Antrópico
	Alteración de la cubierta del suelo	Deforestación de taludes	Contaminación del aire con partículas de polvo	Eliminación de contaminación del manto freático	
Mejora de la salud y nivel de vida de los habitantes					
Positivo	no	no	no	si	si
Negativo	si	si	si	no	no
Primario	si	si	si	no	no
Secundario	no	si	si	si	si
Terciario	no	no	si	si	si
Temporal	no	si	si	no	no
Fugaz	no	no	no	no	no
Pertinaz	no	no	no	no	no
Permanente	si	no	no	si	si

#### **5.4. Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación son las actividades dirigidas a moderar, atenuar, minimizar, o disminuir los impactos negativos que un proyecto pueda generar sobre el entorno humano y natural. Incluso estas medidas pueden reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado.

Las medidas de mitigación que se tomarán en la colonia La Unión son:

- a) Implementar medidas de seguridad e higiene para trabajadores y habitantes.
- b) Control del polvo durante la construcción, por medio del riego de agua.
- c) Acomodar el suelo excavado en áreas que no afecten el paso de los peatones.
- d) Minimizar la pérdida de la cubierta del suelo durante la construcción del alcantarillado sanitario y los caminamientos peatonales.

### **5.5. Medidas de compensación**

Son aquellas que buscan producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a uno de carácter adverso. Solo se llevan a cabo en las áreas o lugares en que los impactos negativos significativos no pueden mitigarse. Es decir, cuando los efectos ambientales son irreversibles generados por una acción, como por ejemplo la deforestación de un área considerable para la construcción de un proyecto habitacional. En el caso de la colonia La Unión se aplicará una medida de compensación a la pérdida de la cubierta del suelo, por ser el único impacto de carácter significativo y permanente.

### **5.6. Plan de manejo ambiental**

Es el establecimiento detallado de las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar y compensar los posibles impactos ambientales negativos, o aquel que busca acentuar los impactos positivos, causados en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

El plan de manejo ambiental identifica todas las medidas consideradas para mitigar y compensar los impactos ambientales significativos. Para ello, se incluye:

- a) Un programa de mitigación, con los mecanismos y acciones tendientes a minimizar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos durante la construcción operación y abandono de los proyectos. Los mecanismos y acciones son:
  - Proveer educación ambiental a los habitantes de la colonia La Unión, por medio de reuniones semanales.
  - Incluir a los pobladores de la colonia en la construcción de los proyectos y actividades de monitoreo para verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación que se mencionan en el punto 5.4.
  - El comité de vecinos supervisará que cada vivienda conecte sus descargas domiciliarias al sistema de alcantarillado sanitario, al finalizar los trabajos de éste.

- b) Un programa de medidas compensatorias que comprende el diseño de las actividades tendientes a restituir el medio ambiente, y que realizarán los habitantes de la colonia La Unión.

Medidas compensatorias:

- Mejoramiento paisajístico; consiste en sembrar un árbol en el frente de cada vivienda de la colonia La Unión, para compensar la alteración de la cubierta del suelo, provocada por la construcción de los caminamientos peatonales.

Actividades:

- Regar diariamente los árboles sembrados.
- Limpiar diariamente los caminamientos peatonales.
- Manejo adecuado de la basura en las viviendas, para su recolección y transporte.
- Verificar cada quince días el buen funcionamiento del alcantarillado sanitario.

### **5.7. Seguimiento y control**

Esta etapa corresponde a la verificación de la ejecución del plan de manejo ambiental en la fase de implementación posterior de cada proyecto. Se verifica si efectivamente las acciones se encuentran acordes con la protección ambiental en el área de influencia. La importancia de esta etapa radica fundamentalmente en el aseguramiento de que tanto la acción y todas las actividades asociadas a ella, así como las medidas de mitigación comprometidas y los mecanismos de seguimiento y control establecidos, den cuenta satisfactoriamente de la protección del medio ambiente.

## CONCLUSIONES

1. Del análisis de la evaluación del impacto ambiental, se prevé que éste será mínimo, por lo tanto, los proyectos de alcantarillado sanitario y pavimentación rígida para la colonia La Unión pueden ser construidos.
2. La construcción de los proyectos ofrece mejorar la salud y el nivel de vida de sus habitantes, eliminando la creación de pozas de agua estancada y el uso de letrinas. El aspecto urbanístico de la colonia mejorará en un 100 %.
3. Se puede observar la complejidad del diseño de un sistema de alcantarillado sanitario cuando las características topográficas del área en donde se construirá son muy variadas.
4. Con la utilización de tubería de polivinilo, (P.V.C.) se obtienen muchas ventajas, en cuanto a la eficiencia de los sistemas de drenajes por tener un coeficiente de rugosidad bajo y en cuanto a la vida útil del material por su naturaleza. La facilidad de manejo en la obra por su peso liviano son algunas de las razones por las cuales se optó por realizar el diseño con esta clase de tubería.



## **RECOMENDACIONES**

1. Verificar que la construcción de los proyectos tengan supervisión profesional, para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y su funcionamiento sea conforme al cálculo del diseño.
2. Planificar el diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, para reducir los índices contaminantes derivados de las aguas servidas que se vierten a su destino final.
3. Contratar mano de obra local para la construcción de los proyectos para beneficiar a los habitantes de la colonia La Unión.
4. Implementar un programa de mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario para garantizar el buen funcionamiento del mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Torres Nieto, Álvaro. Bonilla Villate, Eduardo. Topografía. 4ª Edición. Bogotá D.C. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería. 2001. 472 pág.
2. Díaz Bolaños, Carlos Arturo. Diseño de red de drenaje de aguas negras de colonias Robles I y II, y adoquinamiento de colonia Robles II. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004. 128 pág.
3. Ruíz López, José David. Diseño de alcantarillado sanitario de la Aldea Santo Domingo, Aldea Piedra Parada Cristo Rey, del Municipio de Santa Catarina Pinula, Departamento de Guatemala. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 51 pág.
4. Bolaños Ortiz, Luis Augusto. Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Ingeniería. Tesis Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1990. 202 pág.



## **ANEXOS**



**Tabla XXIII.** Cronograma de actividades físicas y financieras del alcantarillado sanitario.

CRONONAGRAMA DE ACTIVIDADES FISICAS Y FINANCIERAS										
Alcantarillado Sanitario De La Colonia La Unión										
Nº	Actividad	Inversión Financiera Total Q1,642,080.32	1er mes 4 Semanas	2do mes 4 Semanas	3er mes 4 Semanas	4to mes 4 Semanas	5to mes 4 Semanas			
1	 Trazo De Linea Drenaje	77,462.00								
2	 Excavar Linea Drenaje	159,098.00								
3	 Instalar Tubería P.V.C.	189,760.00								
4	 Rellenar y Compactar	88,377.00								
5	 Excavar P/ Candela Domiciliar	114,413.00								
6	 Construir Candela Domiciliar	291,184.00								
7	 Excavar Para Pozos De Visita	108,170.00								
8	 Construir Pozos De Visita	613,616.32								

**Tabla XXIV.** Cronograma de actividades físicas y financieras de pavimentación rígida de caminamientos peatonales.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES FISICAS Y FINANCIERAS											
Pavimentación Rígida De Caminamientos Peatonales Para La Colonia La Unión											
Nº	Actividad		Inversión Financiera Total Q209,819.55	1er mes		2do mes		3er mes		4to mes	
				4 Semanas		4 Semanas		4 Semanas		4 Semanas	
1		Compra De Equipo Y Herramienta	53,700.00	█							
2		Trazo De Caminamientos Peatonales	13,863.00	█							
3		Nivelación De Terreno	10,695.00	█	█						
4		Acarreo De Materiales Para Fundición De Caminamientos	6,750.00			█	█				
5		Formaleta Y Fundición De Caminamientos	118,870.55				█	█	█	█	
6		Construcción De Juntas Transversales Para Caminamientos	5,941.00				█	█	█	█	

**Tabla XXV.** Relaciones hidráulicas para secciones circulares.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0050	0.00060	0.050	0.000030	0.1325	0.07855	0.479	0.037625	0.47	0.46178	0.973	0.44931
0.0075	0.00110	0.074	0.000081	0.1350	0.08071	0.484	0.039064	0.48	0.47454	0.983	0.46647
0.0100	0.00167	0.088	0.000147	0.1375	0.08289	0.490	0.040616	0.49	0.48742	0.991	0.48303
0.0125	0.00237	0.103	0.000244	0.1400	0.08509	0.495	0.042120	0.50	0.50000	1.000	0.50000
0.0150	0.00310	0.116	0.000360	0.1425	0.08632	0.501	0.043247	0.51	0.51258	1.009	0.51719
0.0176	0.00391	0.129	0.000604	0.1450	0.08954	0.507	0.045397	0.52	0.52546	1.016	0.53387
0.0200	0.00477	0.141	0.000672	0.1475	0.09129	0.511	0.046649	0.53	0.53822	1.023	0.55060
0.0225	0.00469	0.152	0.000865	0.1500	0.09406	0.517	0.048629	0.54	0.55087	1.029	0.56685
0.0250	0.00665	0.163	0.001084	0.1525	0.09638	0.522	0.050310	0.55	0.56355	1.033	0.58215
0.0275	0.00768	0.174	0.001336	0.1550	0.09864	0.528	0.052082	0.56	0.57621	1.049	0.60444
0.0300	0.00874	0.184	0.001608	0.1575	0.10095	0.533	0.083806	0.57	0.58882	1.058	0.62297
0.0325	0.00985	0.194	0.001911	0.1600	0.10328	0.538	0.055665	0.58	0.60142	1.060	0.63750
0.0350	0.01100	0.203	0.002233	0.1650	0.10796	0.548	0.059162	0.59	0.61396	1.066	0.65488
0.0375	0.01219	0.212	0.002584	0.1700	0.11356	0.560	0.068594	0.60	0.62646	1.072	0.67157
0.0400	0.01342	0.221	0.002966	0.1750	0.11754	0.568	0.066763	0.61	0.63892	1.078	0.68876
0.0425	0.01468	0.230	0.003376	0.1800	0.12241	0.577	0.070630	0.62	0.62131	1.083	0.70537
0.0450	0.01599	0.239	0.003822	0.1850	0.12733	0.587	0.074743	0.63	0.66363	1.089	0.72269
0.0475	0.01732	0.248	0.004295	0.1900	0.13229	0.596	0.078845	0.64	0.67593	1.094	0.73947
0.0500	0.01870	0.256	0.004787	0.1950	0.13725	0.605	0.083036	0.65	0.68770	1.098	0.75510
0.0525	0.02010	0.264	0.005306	0.2000	0.14238	0.615	0.087564	0.66	0.70053	1.104	0.77379
0.0550	0.02154	0.273	0.005880	0.2050	0.14750	0.624	0.091040	0.67	0.71221	1.108	0.78913
0.0575	0.02300	0.281	0.006463	0.2100	0.15266	0.633	0.096634	0.68	0.72413	1.112	0.80523
0.0600	0.02449	0.289	0.007078	0.2150	0.15786	0.644	0.101662	0.69	0.73596	1.116	0.82133
0.0625	0.02603	0.297	0.007731	0.2200	0.16312	0.651	0.106191	0.70	0.74769	1.120	0.83741
0.0650	0.02768	0.305	0.008412	0.2250	0.16840	0.659	0.110976	0.71	0.75957	1.124	0.85376
0.0675	0.02916	0.312	0.009098	0.2300	0.17356	0.669	0.116112	0.72	0.77079	1.126	0.86791
0.0700	0.03078	0.320	0.009850	0.2350	0.17913	0.676	0.121092	0.73	0.78216	1.130	0.88384
0.0725	0.03231	0.327	0.010565	0.2400	0.18455	0.684	0.126332	0.74	0.79340	1.132	0.89734
0.0750	0.03407	0.334	0.011379	0.2450	0.19000	0.692	0.131480	0.75	0.80450	1.134	0.91230
0.0775	0.03576	0.341	0.012194	0.2500	0.19552	0.702	0.137260	0.76	0.81544	1.136	0.92634
0.0800	0.03747	0.348	0.013040	0.2600	0.20660	0.716	0.147930	0.77	0.82623	1.137	0.93942
0.0825	0.03922	0.355	0.013923	0.2700	0.21784	0.730	0.159020	0.78	0.83688	1.139	0.95321
0.0850	0.04098	0.361	0.014794	0.2800	0.22921	0.747	0.171220	0.79	0.85101	1.140	0.97015
0.0875	0.04277	0.368	0.015739	0.2900	0.24070	0.761	0.183170	0.80	0.86760	1.140	0.98906
0.0900	0.04459	0.375	0.016721	0.3000	0.25232	0.776	0.195800	0.81	0.87759	1.140	1.00040
0.0925	0.04642	0.381	0.017819	0.3100	0.26403	0.790	0.208580	0.82	0.87759	1.140	1.00050
0.0950	0.04827	0.388	0.018729	0.3200	0.27587	0.804	0.221800	0.83	0.88644	1.139	1.00970
0.0975	0.05011	0.393	0.019693	0.3300	0.28783	0.817	0.235160	0.84	0.89672	1.138	1.02140
0.1000	0.05204	0.401	0.020863	0.3400	0.29978	0.830	0.248820	0.85	0.90594	1.136	1.03100
0.1025	0.05396	0.408	0.022016	0.3500	0.31230	0.843	0.263270	0.86	0.91491	1.134	1.04740
0.1050	0.05584	0.414	0.023118	0.3600	0.32411	0.856	0.277440	0.87	0.92361	1.131	1.04740
0.1075	0.05783	0.420	0.024289	0.3700	0.33637	0.868	0.291970	0.88	0.93202	1.128	1.05410
0.1100	0.05986	0.426	0.025500	0.3800	0.34828	0.879	0.306490	0.89	0.94014	1.124	1.06030
0.1125	0.06186	0.432	0.026724	0.3900	0.36108	0.891	0.321720	0.90	0.94796	1.120	1.06550
0.1150	0.06388	0.439	0.028043	0.4000	0.37354	0.902	0.336930	0.91	0.95541	1.116	1.07010
0.1175	0.06591	0.444	0.029274	0.4100	0.38604	0.913	0.352460	0.92	0.96252	1.109	1.07420
0.1200	0.06797	0.450	0.030587	0.4200	0.39858	0.921	0.367090	0.93	0.96922	1.101	1.07490
0.1225	0.07005	0.456	0.031943	0.4300	0.40890	0.934	0.381910	0.94	0.97554	1.094	1.07410
0.1250	0.07214	0.463	0.033401	0.4400	0.42379	0.943	0.399630	0.95	0.98130	1.086	1.07350
0.1275	0.07426	0.468	0.034754	0.4500	0.43645	0.955	0.416810	0.96	0.98658	1.075	1.07140
0.1300	0.07640	0.473	0.036137	0.4600	0.44913	0.964	0.432960	0.97	0.99126	1.085	1.06560

**Tabla XXVI. Cálculo hidráulico para población actual y futura.**

E	A	PV	COTA TERRENO		DH	S(%)	CASAS	FACT. HARM.	FACT. QMED.	FACT. QMED.	q. diafano (l/s)	DÍA. F.U.T.	DÍA. P.lig. (TUBO) (m/s)	S%	SECC. LLENERA	COTA INVERT	PROF. DE POZO	COTA	PROF.	RELACIONES ACTUALES				RELACIONES FUTURAS							
			INICIO	FINAL																POZO	POZO	q/0	v	y	q/Q	v	y	q/Q	v	y	
1	1.1	118.55	115.74	4.94	-56.88	0	10	4.31	4.25	0.003	0.65	1.1748	6	2.5	1.55	28.22	115.00	114.38	3.55	0.66	114.60	1.06	0.022396	0.410709	0.636323	0.04165	0.04165	0.04165	0.502247	0.776923	0.140937
1	1.2	115.74	112.94	4.94	-56.88	0	10	4.31	4.25	0.003	0.65	1.1748	6	2.5	1.55	28.22	112.19	112.07	3.55	0.67	111.87	1.07	0.022396	0.410709	0.636323	0.04165	0.04165	0.04165	0.502247	0.776923	0.140937
1	3	112.94	110.13	4.94	-56.88	0	10	4.31	4.25	0.003	0.65	1.1748	6	2.5	1.55	28.22	109.39	109.27	3.55	0.68	109.07	1.06	0.022396	0.410709	0.636323	0.04165	0.04165	0.04165	0.502247	0.776923	0.140937
1	3	107.39	104.52	4.96	-56.65	0	10	4.31	4.25	0.003	0.65	1.1748	6	2.5	1.55	28.22	103.78	103.56	3.55	0.66	103.46	1.06	0.022396	0.410709	0.636323	0.04165	0.04165	0.04165	0.502247	0.776923	0.140937
2	1	111.83	106.39	11.24	-21.71	7	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.8237	6	1	0.95	17.85	108.28	108.17	3.55	1.22	107.97	1.42	0.025565	0.425933	0.417656	0.10241	0.045492	0.045492	0.509274	0.498244	0.147002
2	2	109.39	105.95	11.24	-21.62	6	19	4.25	4.17	0.003	0.84	1.5159	6	4.5	2.05	37.86	105.84	105.33	3.55	1.62	105.13	1.82	0.022089	0.409455	0.649775	0.102686	0.040241	0.463015	1.022439	0.13554	
3	6	104.52	100.19	22.70	-22.70	6	35	4.17	4.07	0.003	2.19	3.93	6	16	3.91	71.39	100.97	97.78	3.55	2.22	97.56	2.42	0.030660	0.450987	1.764918	0.102206	0.055263	0.533094	2.06164	0.158641	
5	5	110.17	107.62	9.4	-27.13	7	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.8237	6	1.3	1.12	20.35	105.62	105.50	3.55	1.12	105.30	1.32	0.022414	0.415299	0.463259	0.104334	0.040777	0.491889	0.548693	0.13603	
5	1	107.62	105.08	9.4	-27.02	6	13	4.29	4.22	0.003	0.84	1.5159	6	4.5	2.05	37.86	104.07	103.55	3.55	1.43	103.45	1.83	0.022089	0.409455	0.649775	0.102686	0.040241	0.463015	1.022439	0.13554	
5	2	106.95	102.54	9.4	-27.02	6	13	4.29	4.22	0.003	1.02	1.8534	6	4.8	2.65	46.54	101.63	100.89	3.55	1.65	100.69	1.85	0.022015	0.407906	0.649775	0.102686	0.040241	0.463015	1.022439	0.13554	
5	3	102.54	100.94	9.41	-26.99	3	19	4.25	4.17	0.003	1.21	2.078	6	9.5	3.02	55.01	100.04	99.15	2.50	0.65	98.95	1.05	0.022018	0.407906	1.230201	0.102491	0.039774	0.492851	1.456171	0.137469	
9	1	116.95	114.72	8.32	-31.49	7	7	4.34	4.29	0.003	0.66	1.1748	6	2.7	1.61	29.30	111.03	110.81	3.30	0.91	110.61	1.11	0.022070	0.408933	0.657393	0.102734	0.040264	0.483287	0.776923	0.140937	
9	2	114.72	111.72	8.32	-31.37	3	10	4.31	4.25	0.003	0.71	1.2689	6	3.2	1.75	31.92	108.47	108.20	3.25	0.90	108.00	1.10	0.022256	0.412374	0.721701	0.103599	0.040375	0.487089	0.852373	0.158689	
9	3	108.17	106.48	8.33	-31.46	1	12	4.30	4.23	0.003	0.77	1.4026	6	3.8	1.91	34.79	105.90	105.58	3.20	0.90	105.36	1.10	0.022238	0.412044	0.788825	0.103516	0.040318	0.486352	0.92754	0.156476	
14	1	106.48	103.87	8.33	-31.33	0	12	4.30	4.23	0.003	0.77	1.4026	6	3.8	1.91	34.79	105.90	105.58	3.20	0.90	105.36	1.10	0.022238	0.412044	0.788825	0.103516	0.040318	0.486352	0.92754	0.156476	
13	1	110.26	108.13	7.44	-28.63	7	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.8237	6	1.4	1.16	21.12	107.01	106.91	3.25	1.22	106.71	1.42	0.021599	0.400193	0.463259	0.100639	0.032293	0.488801	0.56362	0.156606	
3	1	132	108.13	106	7.44	-28.63	0	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.8237	6	1.4	1.16	21.12	107.01	106.91	3.25	1.22	106.71	1.42	0.021599	0.400193	0.463259	0.100639	0.032293	0.488801	0.56362	0.156606
3	2	108	103.87	7.44	-28.63	0	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.8237	6	1.4	1.16	21.12	107.01	106.91	3.25	1.22	106.71	1.42	0.021599	0.400193	0.463259	0.100639	0.032293	0.488801	0.56362	0.156606	
10	1	103.87	101.94	11.73	-16.45	3	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12	3.39	61.82	102.47	101.06	1.40	0.88	100.86	1.08	0.022446	0.418565	0.102477	0.039526	0.493487	1.258865	0.137469		
6	7	100	93.95	60.26	-10.68	18	97	3.89	3.83	0.003	5.79	10.265	6	9.0	2.94	53.64	97.75	92.32	2.25	1.24	92.12	1.44	0.031089	0.663264	1.948639	0.224141	0.19173	0.759869	2.23023	0.293763	
3	4	104.52	103.5	59.97	-17.70	29	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	1.7	1.20	23.27	103.62	102.80	0.90	0.90	102.40	1.10	0.076439	0.616043	0.769626	0.194153	0.141133	0.721005	0.202073	0.257053	
4	1	103.5	101.01	5.29	-47.07	1	30	4.19	4.09	0.003	1.89	3.3622	6	2.2	1.68	35.40	101.27	100.06	2.23	0.95	99.86	1.15	0.022083	0.409174	1.919651	0.102795	0.039721	0.492185	2.304291	0.137263	
4	2	101.01	98.53	5.29	-46.88	0	30	4.19	4.09	0.003	1.89	3.3622	6	2.2	1.68	35.40	101.27	97.57	2.23	0.96	97.37	1.16	0.022083	0.409174	1.919651	0.102795	0.039721	0.492185	2.304291	0.137263	
4	3	98.53	96.05	5.29	-46.88	0	30	4.19	4.09	0.003	1.89	3.3622	6	2.2	1.68	35.40	101.27	96.09	2.23	0.96	94.88	1.16	0.022083	0.409174	1.919651	0.102795	0.039721	0.492185	2.304291	0.137263	
4	3	96.05	93.56	5.31	-46.89	0	30	4.19	4.09	0.003	1.89	3.3622	6	2.2	1.68	35.40	101.27	92.51	2.22	0.95	92.41	1.15	0.022083	0.409174	1.919651	0.102795	0.039721	0.492185	2.304291	0.137263	
10	10A	103.87	103.17	4.03	-17.37	22	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	102.87	102.37	1.00	0.80	102.17	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10B	103.17	102.48	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	102.17	101.67	1.00	0.81	101.47	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10C	102.48	101.78	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	101.48	100.98	1.00	0.80	100.78	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10D	101.78	101.09	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	100.78	100.28	1.00	0.81	100.08	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10E	101.09	100.39	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	100.09	99.59	1.00	0.80	99.39	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10F	100.39	99.7	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	99.39	98.89	1.00	0.81	98.69	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10G	99.7	99	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	98.70	98.20	1.00	0.80	98.00	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10H	99	98.31	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	98.00	97.50	1.00	0.81	97.30	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10I	98.31	97.61	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	97.31	96.81	1.00	0.80	96.61	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10J	97.61	96.92	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	96.61	96.11	1.00	0.81	95.91	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10K	96.92	96.22	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	95.92	94.72	1.00	0.80	94.62	1.01	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10L	96.22	95.53	4.03	-17.12	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	95.22	94.02	1.00	0.80	93.82	1.00	0.022313	0.413429	1.418549	0.103664	0.040255	0.485592	1.666152	0.136263	
10	10M	95.53	94.83	4.03	-17.37	0	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	12.3	3.43	62.59	94.53	94.03	1.00	0.80	93.83										

**Tabla XXVI.** Continuación del cálculo hidráulico para población actual y futura.

DE	A	COTA TERRENO	DH	S(%)	CASAS	FACT HARM	FACT QMED	FACT q diseño (l/s)	DIA	S%	SECC LLENA	COTA INVERT	PROF. DE POZO		COTA	PROF	RELACIONES ACTUALES				RELACIONES FUTURAS									
													LOC	AC			INICIO	FINAL	q/Q	v/V	v	d/D	q/Q	v/V	v	d/D				
13	13A	107.26	107.72	13.9	-18.27	12	4.30	4.23	0.003	0.77	1.4026	6	3.8	1.91	34.79	107.35	106.83	2.30	0.89	106.63	1.09	0.022238	0.412044	0.795625	0.103616	0.40818	0.466352	0.92754	0.136476	
13A	13B	107.72	105.18	13.9	-18.27	0	12	4.30	4.23	0.003	0.77	1.4026	6	3.8	1.91	34.79	104.29	104.29	2.90	0.89	104.09	1.09	0.022238	0.412044	0.795625	0.103616	0.40818	0.466352	0.92754	0.136476
13B	14	105.18	102.65	13.9	-18.20	0	12	4.30	4.23	0.003	0.77	1.4026	6	3.8	1.91	34.789	101.75	101.75	2.90	0.90	101.55	1.10	0.022238	0.412044	0.795625	0.103616	0.40818	0.466352	0.92754	0.136476
14	14.1	102.65	100.06	7.27	-35.63	2	14	4.28	4.21	0.003	0.90	1.6287	6	5.2	2.23	40.695	99.55	99.17	3.10	0.89	98.97	1.09	0.022100	0.408490	0.913656	0.102874	0.40022	0.482768	1.077081	0.135476
14.1	14.2	100.06	97.47	7.27	-35.63	2	16	4.27	4.19	0.003	1.02	1.6534	6	6.8	2.55	46.54	97.06	96.57	3.00	0.90	96.37	1.10	0.022015	0.407906	0.90663	0.102477	0.396826	0.480417	1.225642	0.134611
14.2	15	97.47	94.88	7.27	-35.63	2	18	4.26	4.18	0.003	1.15	2.0767	6	6.8	2.55	46.54	94.47	93.98	3.00	0.90	93.78	1.10	0.024691	0.426936	1.059002	0.106275	0.044624	0.511003	1.303674	0.145345
15	11	94.88	93.44	13.16	-10.94	4	22	4.23	4.15	0.003	1.40	2.5195	6	10.9	3.23	59.92	93.95	92.52	0.93	0.92	92.32	1.12	0.023703	0.424434	1.370926	0.107646	0.042762	0.497464	1.608816	0.139595
7	11	93.56	93.44	23.31	-0.51	6	177	3.83	3.65	0.003	10.18	17.861	6	3.50	1.63	33.39	92.29	91.47	1.27	1.97	91.27	2.17	0.304549	0.874293	1.600228	0.377965	0.534969	1.009964	1.846717	0.516399
11	12	93.44	80.01	93.33	-14.39	25	202	3.80	3.61	0.003	11.51	20.143	6	14.3	3.70	67.49	91.44	78.10	2.00	1.91	77.90	2.11	0.170466	0.782636	2.895466	0.289486	0.28648	0.887355	3.252889	0.37825
7	8	93.56	88.8	94.76	-5.02	26	26	4.21	4.12	0.003	1.64	2.9579	6	5	2.19	39.91	92.71	87.97	0.85	0.83	87.77	1.03	0.041160	0.496397	1.059006	0.139295	0.074122	0.582144	1.273522	0.16347
8	8.1	88.8	86.6	5.63	-39.09	3	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	21.5	4.54	82.75	86.80	84.59	3.00	2.01	84.39	2.21	0.022256	0.406671	1.653891	0.102669	0.038686	0.478728	2.171693	0.134337
8.1	8.2	86.6	84.4	5.63	-39.09	0	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	21.5	4.54	82.75	83.60	82.39	3.00	2.01	82.19	2.21	0.022256	0.406671	1.653891	0.102669	0.038686	0.478728	2.171693	0.134337
8.2	8.3	84.4	82.21	5.63	-39.09	0	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	21.5	4.54	82.75	81.40	80.19	3.00	2.02	79.99	2.22	0.022256	0.406671	1.653891	0.102669	0.038686	0.478728	2.171693	0.134337
8.3	12	82.21	80.01	5.63	-39.09	0	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	21.5	4.54	82.75	79.21	78.00	3.00	2.01	77.80	2.21	0.022256	0.406671	1.653891	0.102669	0.038686	0.478728	2.171693	0.134337
21	22	119.37	112.89	34.46	-18.79	27	27	4.21	4.11	0.003	1.70	3.0688	6	18.7	4.23	77.17	118.47	112.02	0.90	0.87	111.82	1.07	0.022070	0.408930	1.730069	0.102734	0.038739	0.492415	2.063258	0.137347
22	23	112.89	110.25	8.5	-31.05	0	27	4.21	4.11	0.003	1.70	3.0688	6	18	4.15	75.72	110.88	109.36	2.01	0.90	109.15	1.10	0.022485	0.416806	1.730069	0.104712	0.040504	0.468606	2.028086	0.137109
24	24	110.25	107.91	20.84	11.23	2	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	11.20	3.27	59.73	109.32	106.99	0.93	0.92	106.79	1.12	0.030559	0.449546	1.471886	0.119879	0.054686	0.532430	1.743261	0.155344
24	25	107.91	106.72	16.72	-7.12	0	29	4.20	4.10	0.003	1.83	3.284	6	7	2.59	47.22	106.96	105.79	0.95	0.93	105.59	1.13	0.038656	0.478977	1.239806	0.138699	0.069661	0.569184	1.470716	0.17725
25	26	106.72	102.11	42.3	-10.90	7	36	4.16	4.06	0.003	2.25	4.0369	6	10.9	3.23	59.92	105.76	101.14	0.96	0.97	100.94	1.17	0.038166	0.472925	1.527563	0.131911	0.068615	0.569725	1.807919	0.174611
28	29	105.42	103.87	23.74	-6.53	7	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.6297	6	1.3	1.12	20.35	103.30	102.99	2.12	0.86	102.79	1.08	0.022414	0.415299	0.463269	0.104334	0.040777	0.491889	0.546893	0.13903
29	30	103.87	103.72	11.19	-1.34	0	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.6297	6	1.3	1.12	20.35	102.96	102.82	0.91	0.90	102.62	1.10	0.022414	0.415299	0.463269	0.104334	0.040777	0.491889	0.546893	0.13903
30	26	103.72	102.11	15.9	-10.13	0	7	4.34	4.29	0.003	0.46	0.6297	6	1.3	1.12	20.35	101.50	101.29	2.22	0.82	101.09	1.02	0.022414	0.415299	0.463269	0.104334	0.040777	0.491889	0.546893	0.13903
26	26A	102.11	99.44	3.82	-89.90	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	98.61	98.34	3.50	1.10	98.14	1.30	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26A	26B	99.44	96.78	3.82	-89.63	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	96.94	96.67	3.50	1.11	96.47	1.31	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26B	26C	96.78	94.12	3.82	-89.63	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	93.28	93.01	3.50	1.11	92.81	1.31	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26C	26D	94.12	91.45	3.82	-89.9	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	90.62	90.35	3.50	1.10	90.15	1.30	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26D	26E	91.45	88.79	3.82	-89.63	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	87.95	87.68	3.50	1.11	87.48	1.31	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26E	26F	88.79	86.13	3.82	-89.63	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	85.02	84.75	3.50	1.11	84.82	1.31	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26F	26G	86.13	83.47	3.82	-89.63	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	82.36	82.36	3.50	1.11	82.16	1.31	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
26G	27	83.47	80.78	3.82	-70.42	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	7.0	2.59	47.22	79.97	79.70	3.50	1.08	79.50	1.28	0.056505	0.547149	1.416267	0.162721	0.101232	0.620608	1.606413	0.209729
27	12	80.78	80.01	35.69	-2.16	0	43	4.14	4.02	0.003	2.67	4.7799	6	2.1	1.42	25.86	79.67	78.93	1.11	1.08	78.73	1.28	0.101663	0.632444	0.898649	0.213729	0.184824	0.739501	1.038505	0.283188
12	16	80.01	74.71	24.89	-21.29	3	277	3.70	3.50	0.003	15.39	26.79	6	20.0	4.38	79.81	77.97	72.99	2.04	1.72	72.79	1.92	0.192549	0.764303	3.34039	0.284578	0.336669	0.889625	3.331736	0.395503
16	17	74.71	72.67	25.77	-7.92	11	288	3.69	3.49	0.003	15.95	27.743	6	7.9	2.75	50.16	73.96	70.93	1.75	1.74	70.73	1.94	0.317593	0.860578	2.421706	0.365482	0.553084	1.027616	2.82576	0.532391
17	18	72.67	71.74	9.6	-9.89	0	288	3.69	3.49	0.003	15.95	27.743	6	9.6	3.03	55.30	70.90	69.97	1.77	1.77	69.77	1.97	0.286467	0.890021	2.697904	0.374306	0.501729	1.003458	3.041766	0.501729
18	19	71.74	67.8	39.75	-9.91	0	288	3.69	3.49	0.003	15.95	27.74																		

**Tabla XXVI.** Continuación del cálculo hidráulico para población actual y futura.

DE	A	COTA TERRENO	DH	S(%)	CASAS	FACTHARM	FACT	Q diseño (l/s)	DIA	% SECC	LENIA	COTA INVERT		PROF DE POZO		COTA	PROF	RELACIONES ACTUALES				RELACIONES FUTURAS								
												INICIO	FINAL	INICIO	FINAL			POZO	POZO	vV	v	d/D	v	d/D	vV	v	d/D	v	d/D	
31	32	113,34	110,6	24,9	-11	7	4,34	4,29	0,003	0,46	0,8297	6	1,30	1,12	20,35	109,84	109,52	3,50	1,08	109,32	1,28	0,022414	0,416299	0,463269	0,104334	0,407777	0,491889	0,546888	0,133003	
32	33	110,6	108,57	11,85	-17,13	0	7	4,34	4,29	0,003	0,46	0,8297	6	1,30	1,12	20,35	107,70	107,55	2,90	1,02	107,36	1,22	0,022414	0,416299	0,463269	0,104334	0,407777	0,491889	0,546888	0,133003
33	34	108,57	106,57	19,3	0,52	7	4,34	4,29	0,003	0,46	0,8297	6	1,30	1,12	20,35	107,57	107,32	0,90	1,25	107,12	1,45	0,022414	0,416299	0,463269	0,104334	0,407777	0,491889	0,546888	0,133003	
33	33.1	108,57	105,76	6,82	-41,20	2	16	4,27	4,19	0,003	1,02	1,8534	6	6,5	2,49	45,50	105,32	104,88	3,25	0,88	104,88	1,08	0,022517	0,417214	0,400663	0,104815	0,40734	0,491379	1,255642	0,132887
33	34	105,76	102,96	6,83	-41,00	2	18	4,26	4,18	0,003	1,15	2,0787	6	6,5	2,49	45,50	102,51	102,07	3,25	0,88	101,87	1,09	0,025256	0,421889	0,403109	0,105224	0,108841	0,406842	0,506353	0,148161
34	34	103,11	102,96	17,6	-0,85	8	8	4,33	4,28	0,003	0,62	0,9463	6	1,75	1,29	23,61	102,11	101,80	1,00	1,16	101,80	1,36	0,022026	0,409109	0,462916	0,102527	0,140039	0,462916	0,625104	0,135534
34	34.1	102,96	101,01	5,47	-35,65	0	26	4,21	4,12	0,003	1,64	2,9579	6	8,5	2,85	52,03	100,56	100,10	2,40	0,91	99,90	1,11	0,031561	0,450587	0,466849	0,121046	0,156849	0,580479	1,570151	0,163711
34	34.2	101,01	99,06	5,47	-35,65	0	26	4,21	4,12	0,003	1,64	2,9579	6	8,5	2,85	52,03	98,61	98,15	2,40	0,91	97,96	1,11	0,031561	0,450587	0,466849	0,121046	0,156849	0,580479	1,570151	0,163711
34	35	99,06	97,12	5,48	-35,40	0	26	4,21	4,12	0,003	1,64	2,9579	6	8,5	2,85	52,03	96,66	96,19	2,40	0,93	95,99	1,13	0,031561	0,450587	0,466849	0,121046	0,156849	0,580479	1,570151	0,163711
35	36	97,12	94,6	8,47	-29,75	0	26	4,21	4,12	0,003	1,64	2,9579	6	8,5	2,85	52,03	94,42	93,70	2,70	0,90	93,90	1,10	0,031561	0,450587	0,466849	0,121046	0,156849	0,580479	1,570151	0,163711
36	37	94,6	90,5	12,1	-33,88	10	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	91,85	89,42	2,75	1,06	89,22	1,28	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
37	37.1	90,5	88,26	5,54	-40,43	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	88,10	86,99	2,40	1,27	86,79	1,47	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
37	37.2	88,26	86,02	5,54	-40,43	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	86,86	84,75	2,40	1,27	84,56	1,47	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
37	38	86,02	83,79	5,54	-40,25	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	83,62	82,51	2,40	1,26	82,31	1,48	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
38	38.1	83,79	81,17	10,18	-25,74	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	80,29	79,24	3,50	2,93	79,04	3,13	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
38	38.2	81,17	78,96	10,18	-25,64	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	77,87	75,62	3,50	2,94	75,42	3,14	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
38	39	78,96	75,95	10,2	-25,59	0	36	4,16	4,06	0,003	2,25	4,0389	6	20,1	4,39	80,01	75,06	73,01	3,50	2,94	72,81	3,14	0,026106	0,440026	0,440026	0,115269	0,15269	0,526504	2,286194	0,152388
39	39.1	75,95	73,65	29,86	-7,03	5	41	4,14	4,03	0,003	2,55	4,5896	6	7,0	2,59	47,32	72,98	70,88	2,97	2,97	70,88	3,17	0,063361	0,533510	0,389320	0,157661	0,09655	0,632477	1,940338	0,209326
39	40	73,65	71,76	29,86	-7	5	46	4,125	4,01	0,003	2,85	5,0956	6	7,0	2,59	47,32	70,85	68,75	3,00	3,01	68,56	3,21	0,060196	0,557221	1,445427	0,167777	0,107687	0,880178	1,712495	0,223102
40	41	71,76	69,92	32,04	-5,74	4	50	4,111	3,992	0,003	3,08	5,5140	6	5,7	2,34	42,61	68,72	66,90	3,04	3,02	66,70	3,22	0,072366	0,591179	3,80862	0,184423	0,129414	0,881126	1,930947	0,24115
41	19	69,92	67,8	23,2	-8,14	3	53	4,101	3,98	0,003	3,26	5,8282	6	5,7	2,34	42,61	66,87	65,54	3,05	3,05	65,34	2,46	0,076518	0,600361	1,4037	0,1884	0,136740	0,88934	1,63348	0,249363
19	20	67,8	66	5,47	-32,91	0	341	3,639	3,426	0,003	18,61	32,3	6	10,0	3,09	95,44	65,51	64,97	2,29	1,03	64,77	1,23	0,329188	0,913344	2,825883	0,39878	0,57736	1,03787	3,210362	0,546565



Figura 4. Plano de planta red de drenaje.

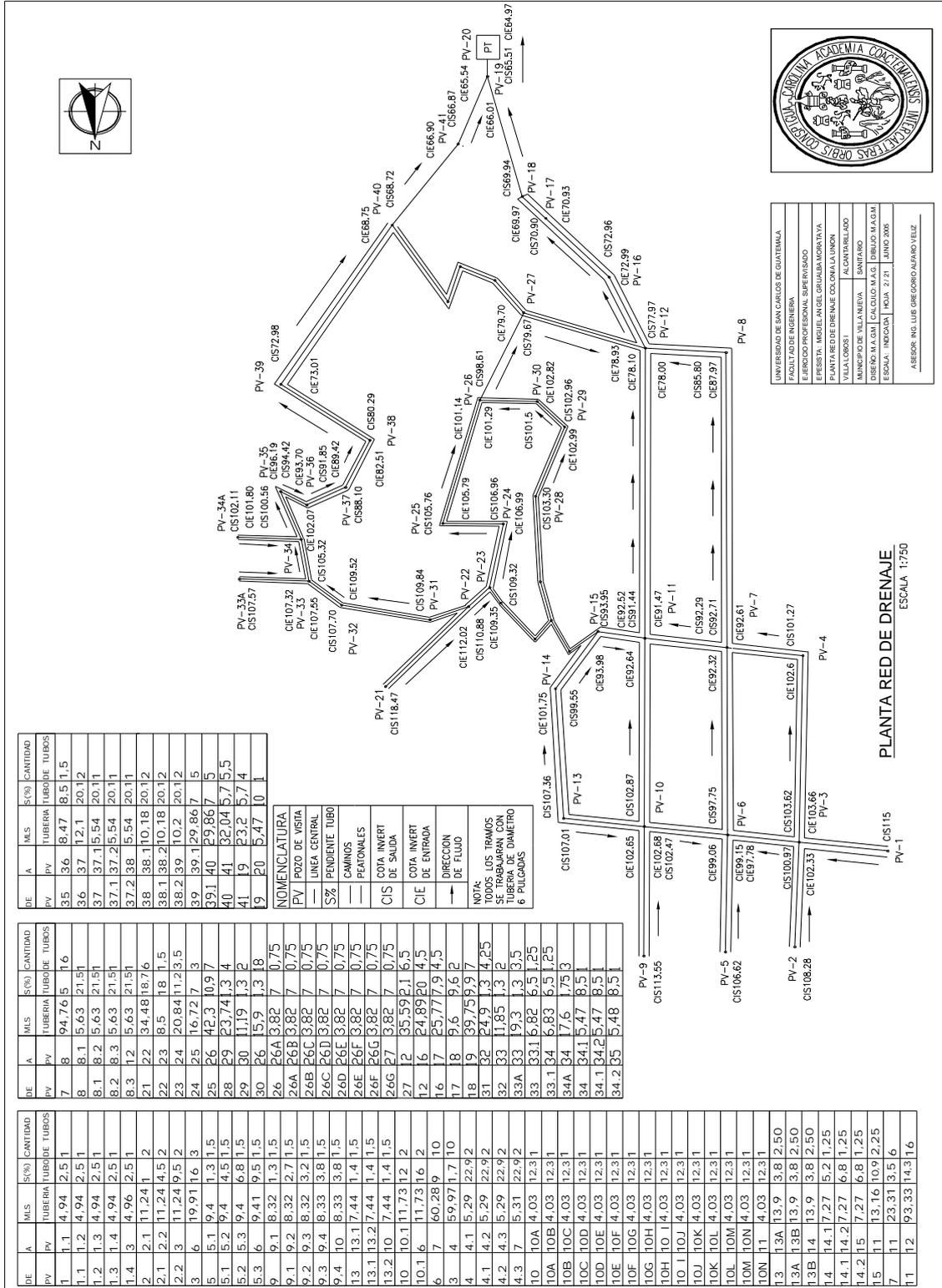
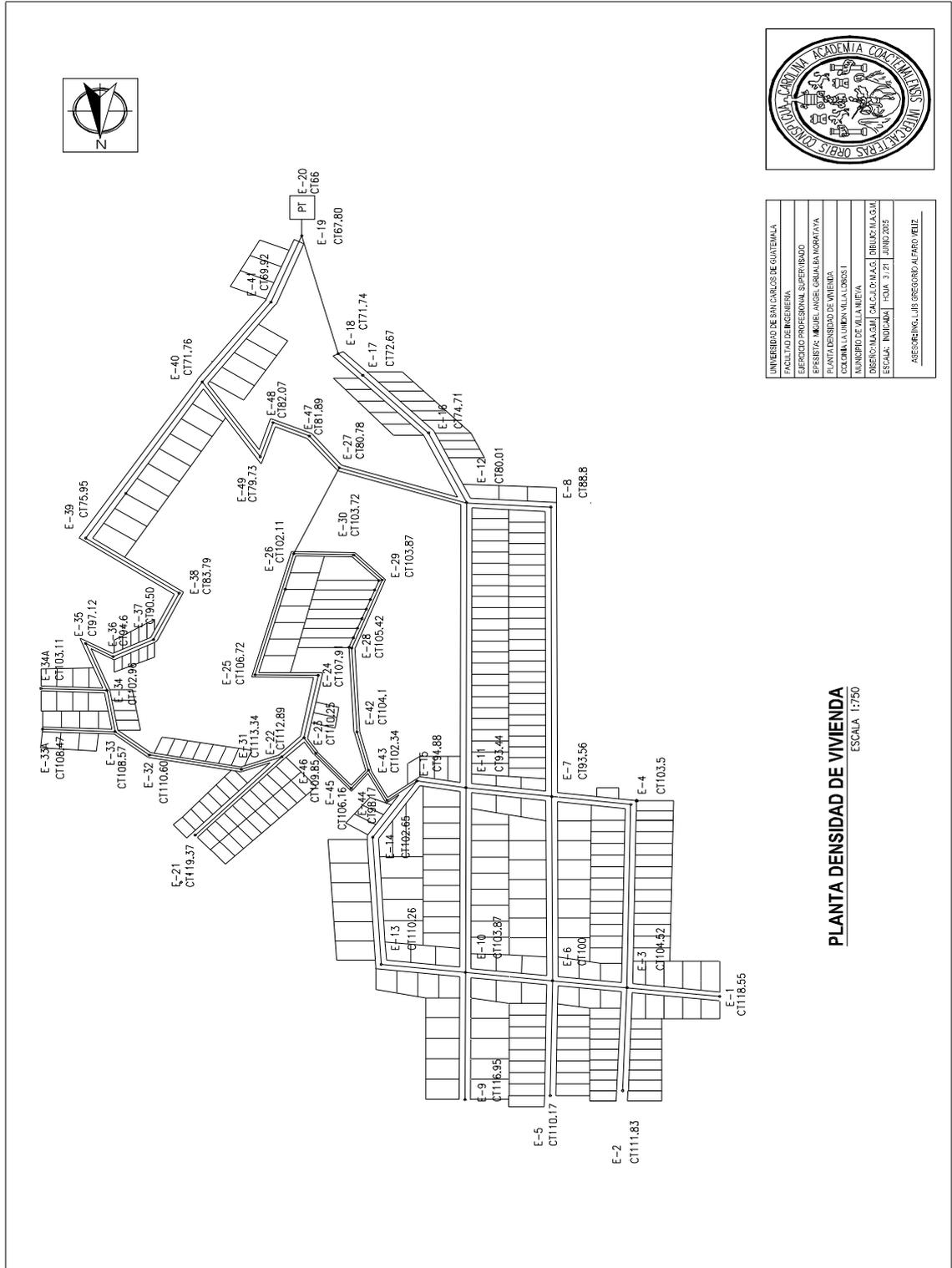
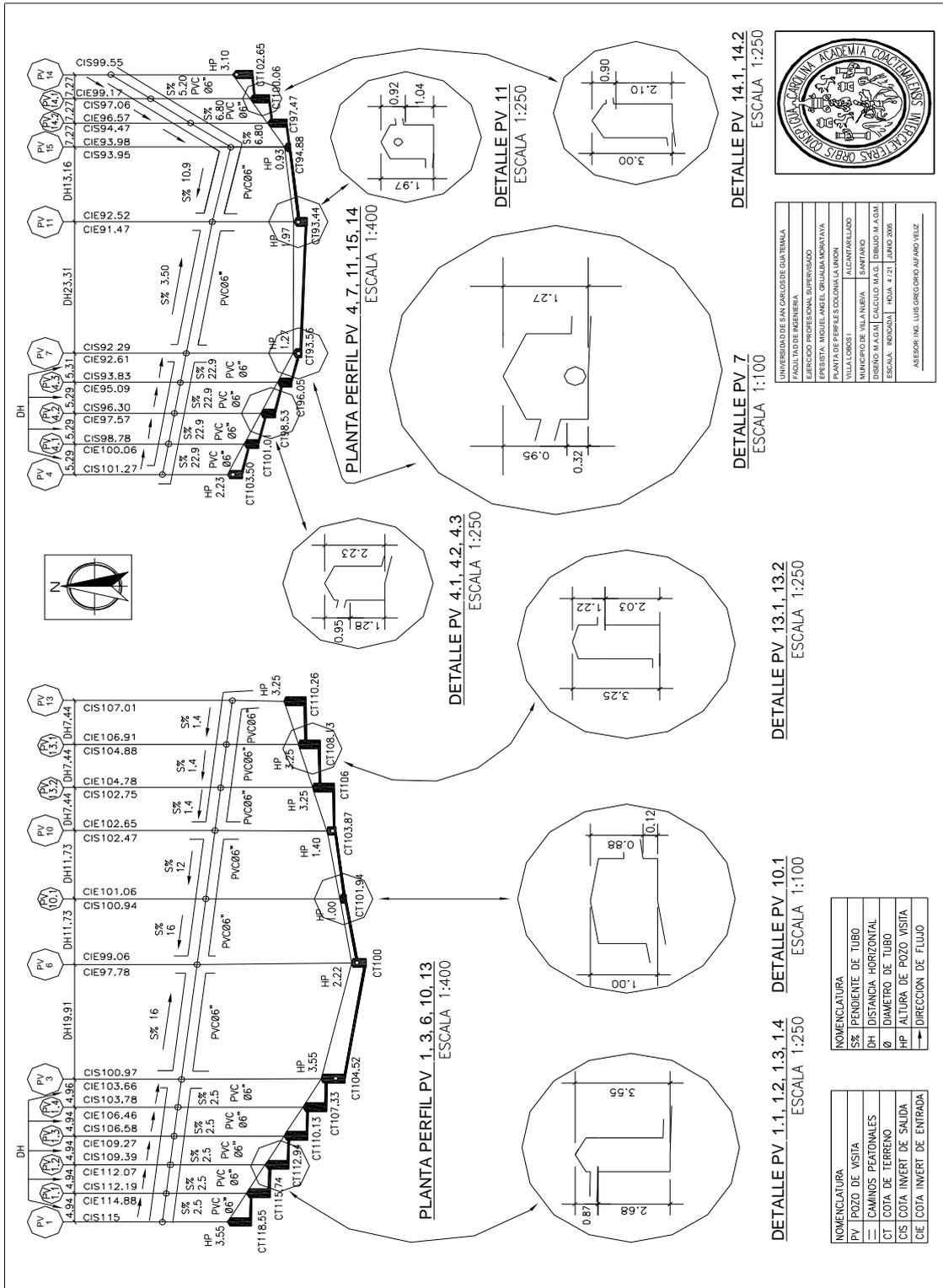


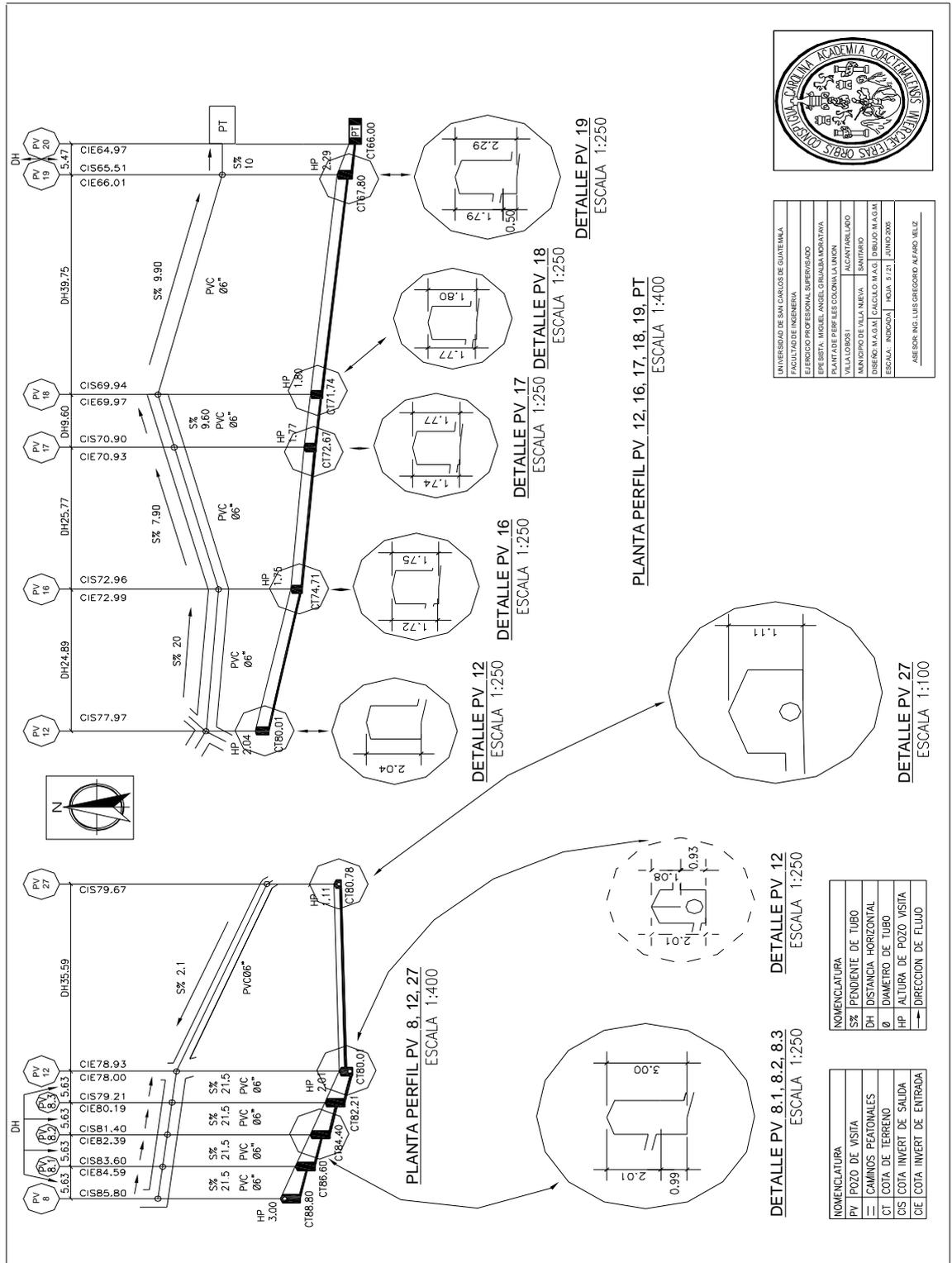
Figura 5. Plano de planta densidad de vivienda.



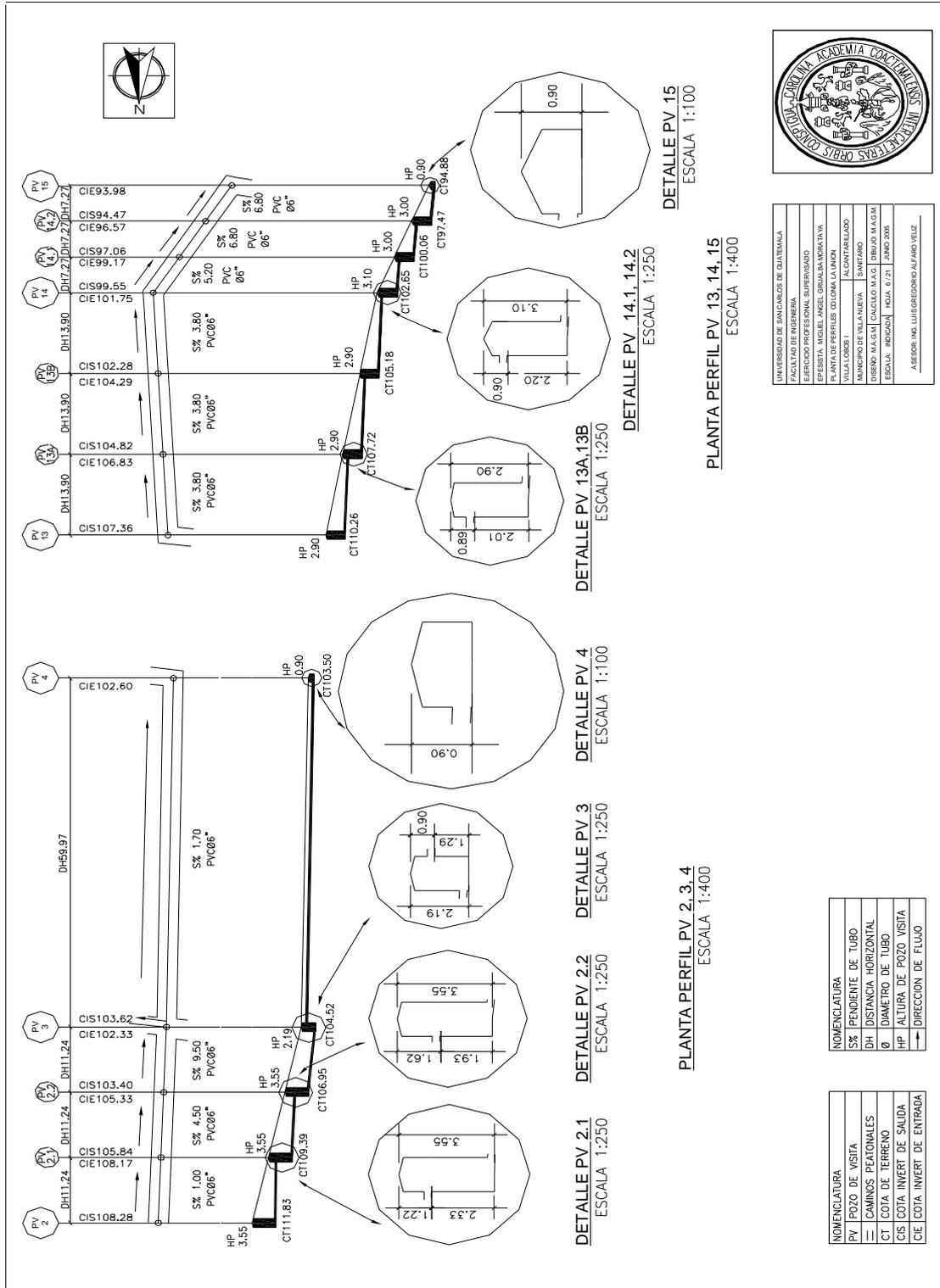
**Figura 6.** Plano de planta perfil de PV – 1, 3, 6, 10, 13, PV – 4, 7, 11, 15, 14.



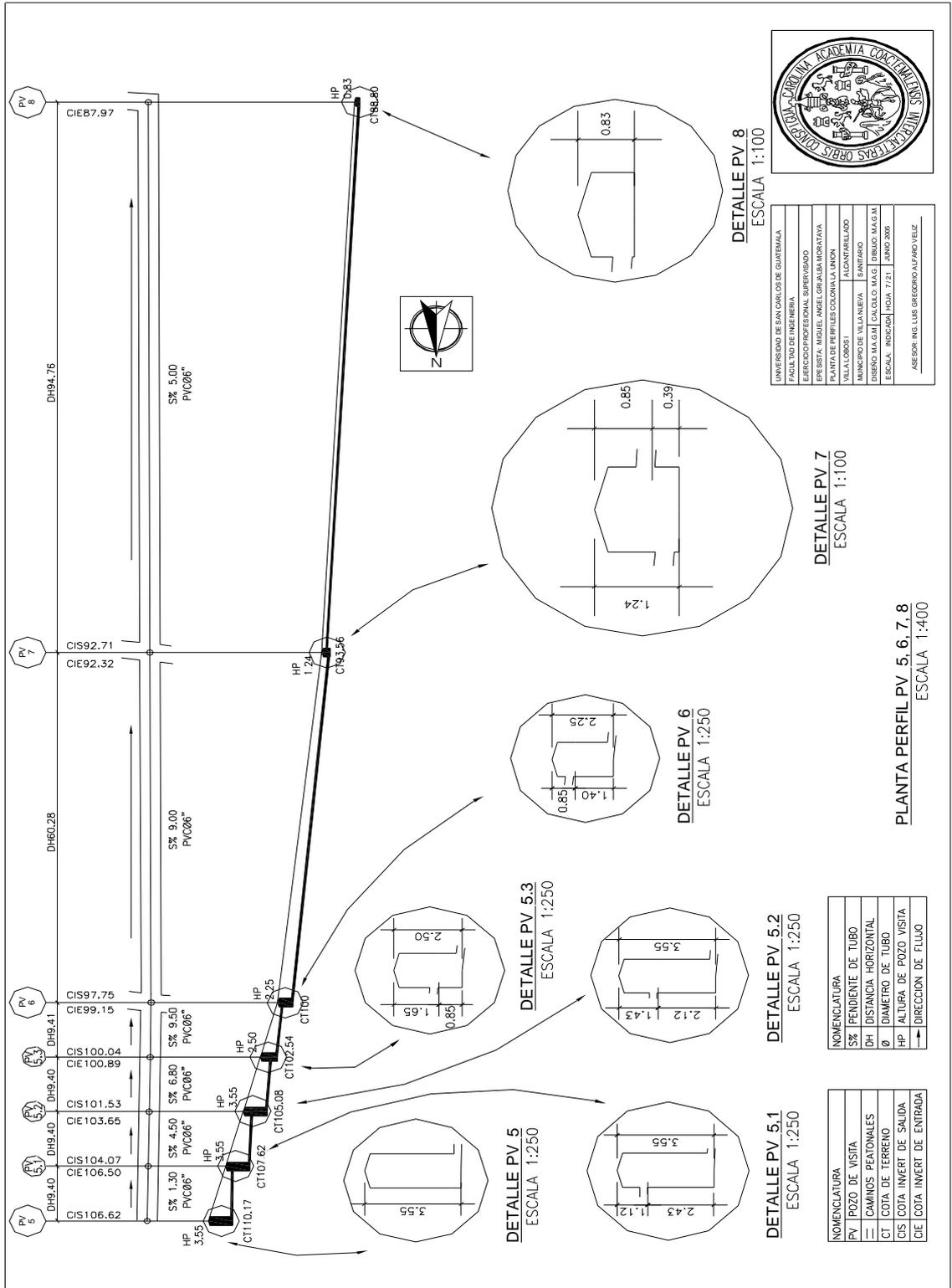
**Figura 7.** Plano de planta perfil de PV – 8, 12, 27, PV – 12, 16, 17, 18, 19, 20.



**Figura 8.** Plano de planta perfil de PV – 2, 3, 4, PV – 13, 14, 15.

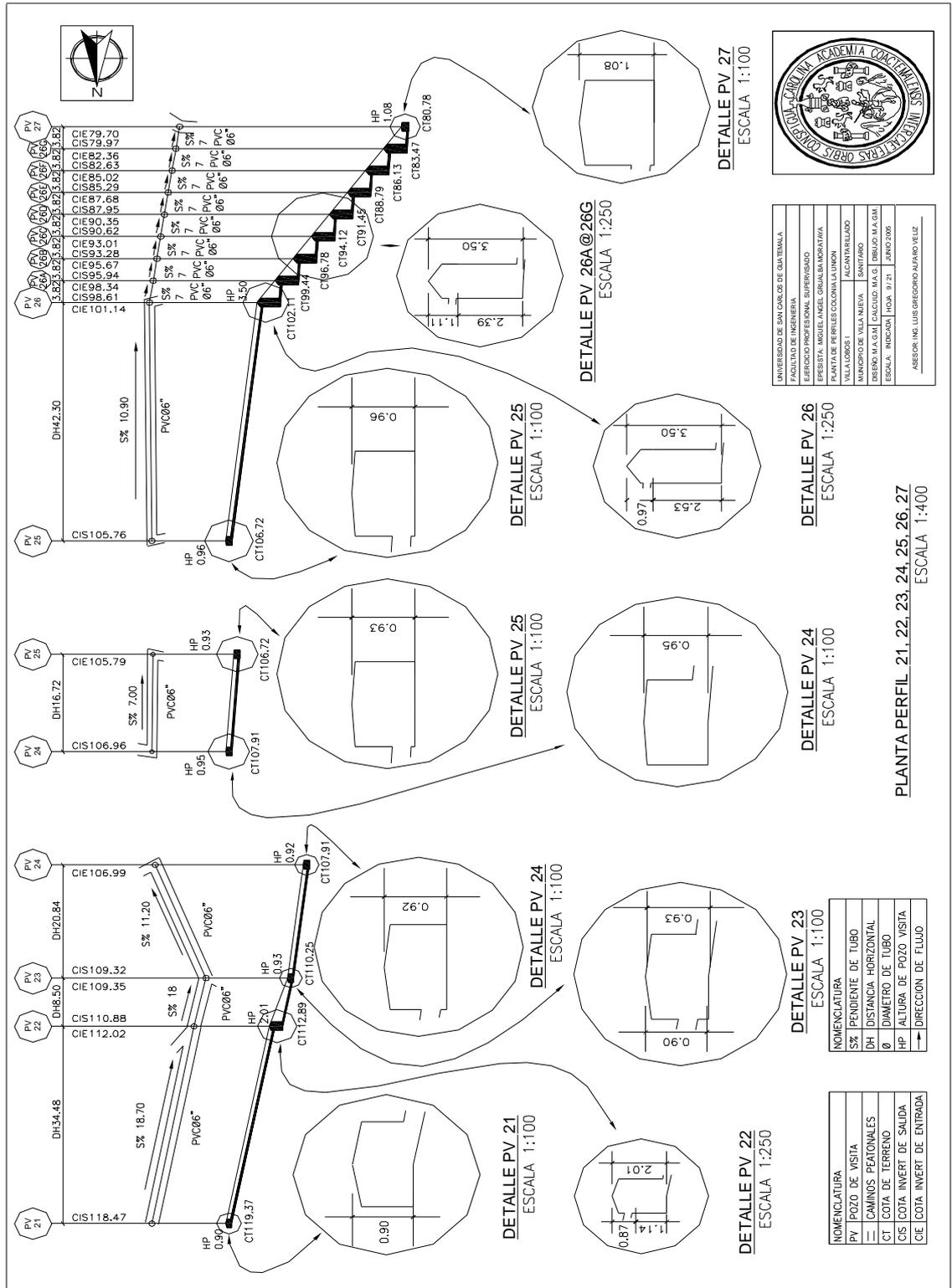


**Figura 9.** Plano de planta perfil de PV – 5, 6, 7, 8.





**Figura 11.** Plano de planta perfil de PV – 21, 22, 23, 24, PV – 24, 25, PV – 25, 26, 27.



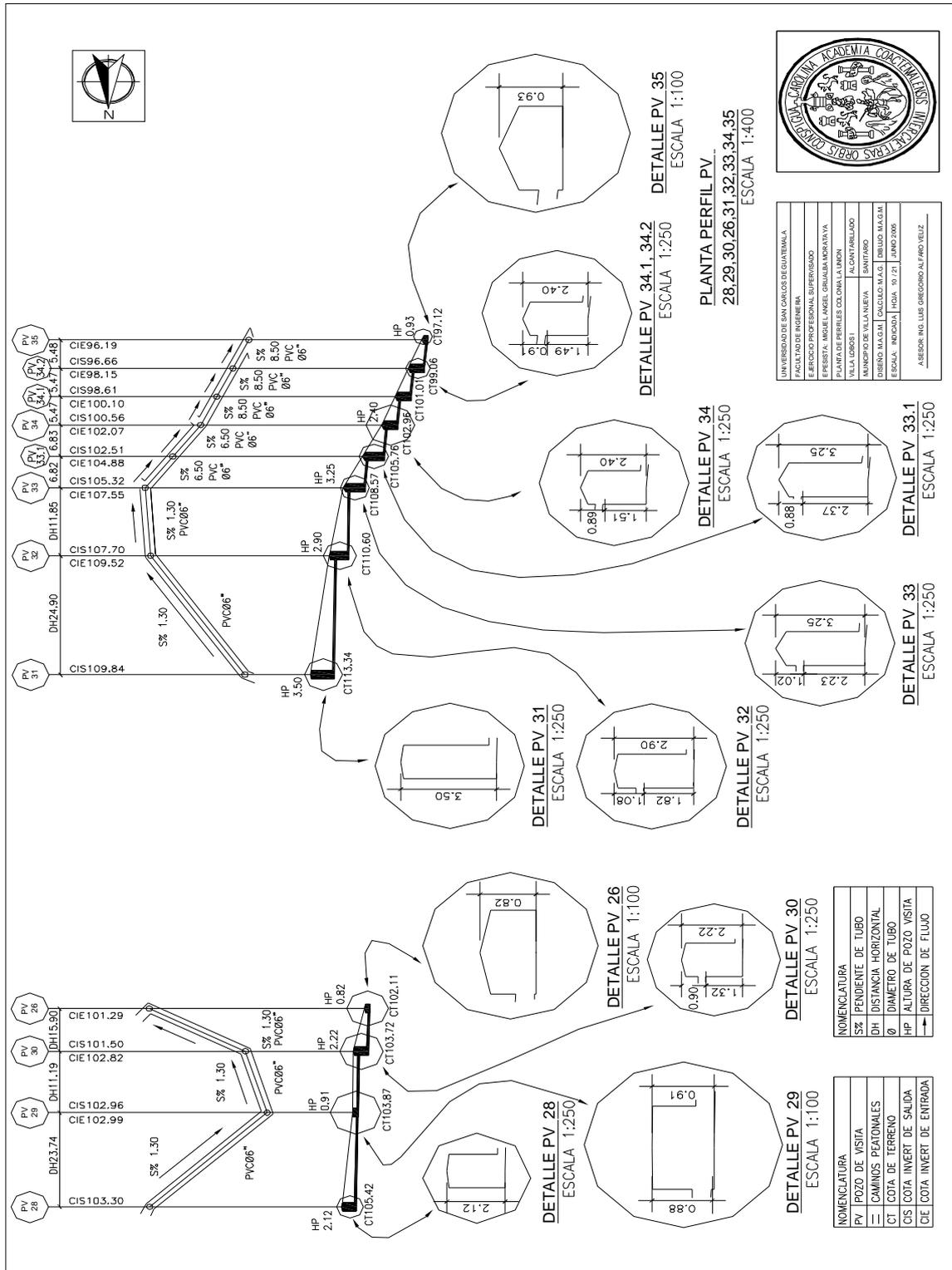
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EFECTIVO PROFESIONAL SUPERVISADO
EPRESTA: INGENIERO CIVIL GABRIELA MORALES
PLANTA DE PERFILES COLONIAL LA UNION
VILLA TORRES 1
MUNICIPIO DE VILA NUEVA
DISEÑO: M.A.G.M CALCULOS: M.A.G. DIBUJO: M.A.G.M
ESCALA: INGENIERIA HOJA: 11/21 JUNIO 2008
ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALVARO VELAZ

NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA
SZ	PENDIENTE DE TUBO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
Ø	DIAMETRO DE TUBO
HP	ALTURA DE POZO VISITA
→	DIRECCION DE FLUJO

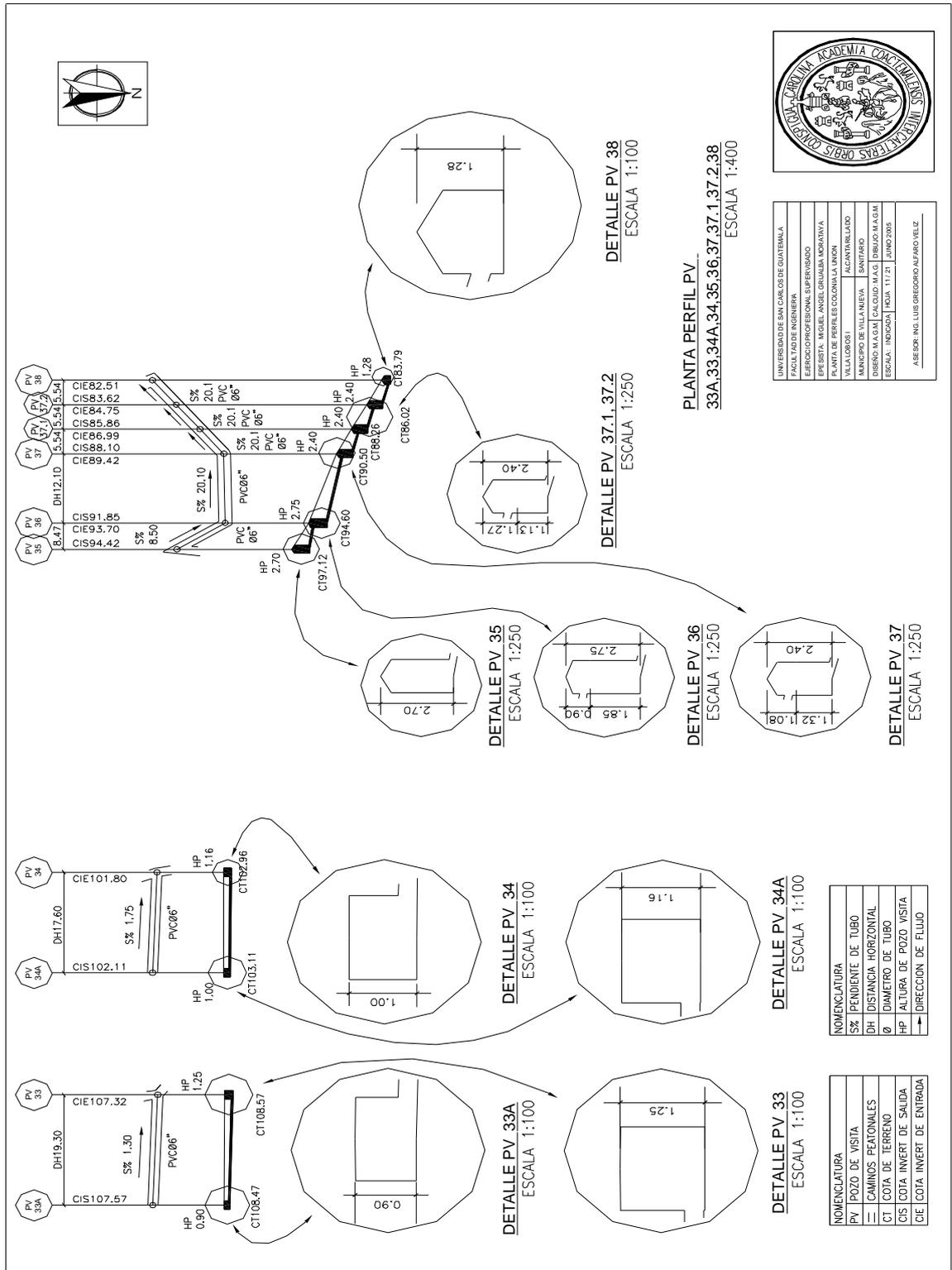
NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA
—	CAMINOS PEATONALES
CT	COTA DE TERRENO
CIS	COTA DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

PLANTA PERFIL 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27  
ESCALA 1:400

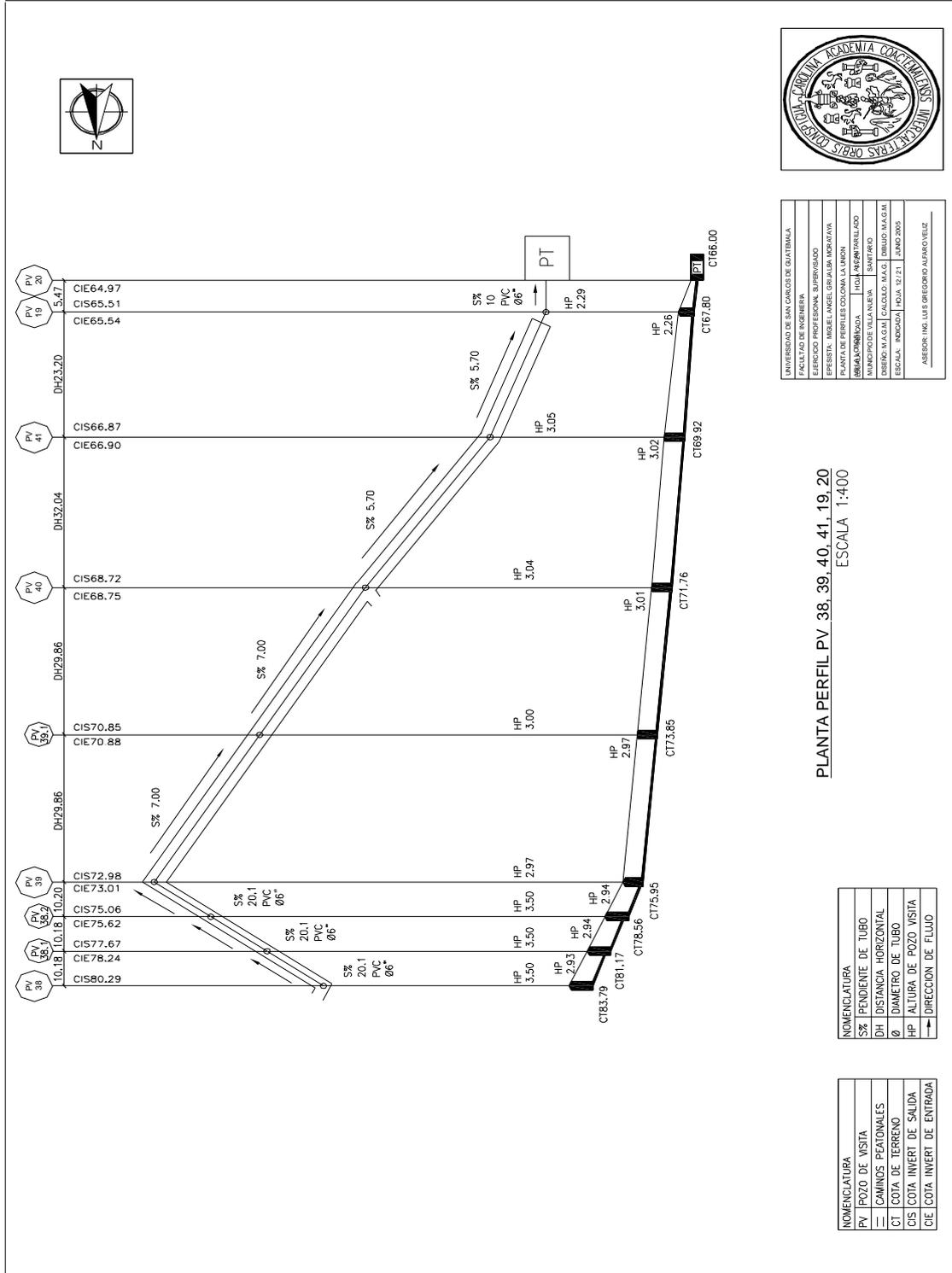
**Figura 12.** Plano de planta perfil de PV - 28, 29, 30, 26, PV - 31, 32, 33, 34, 35.



**Figura 13.** Plano de planta perfil de PV – 33A,33, PV – 34A,34, PV – 35,36,37,38.

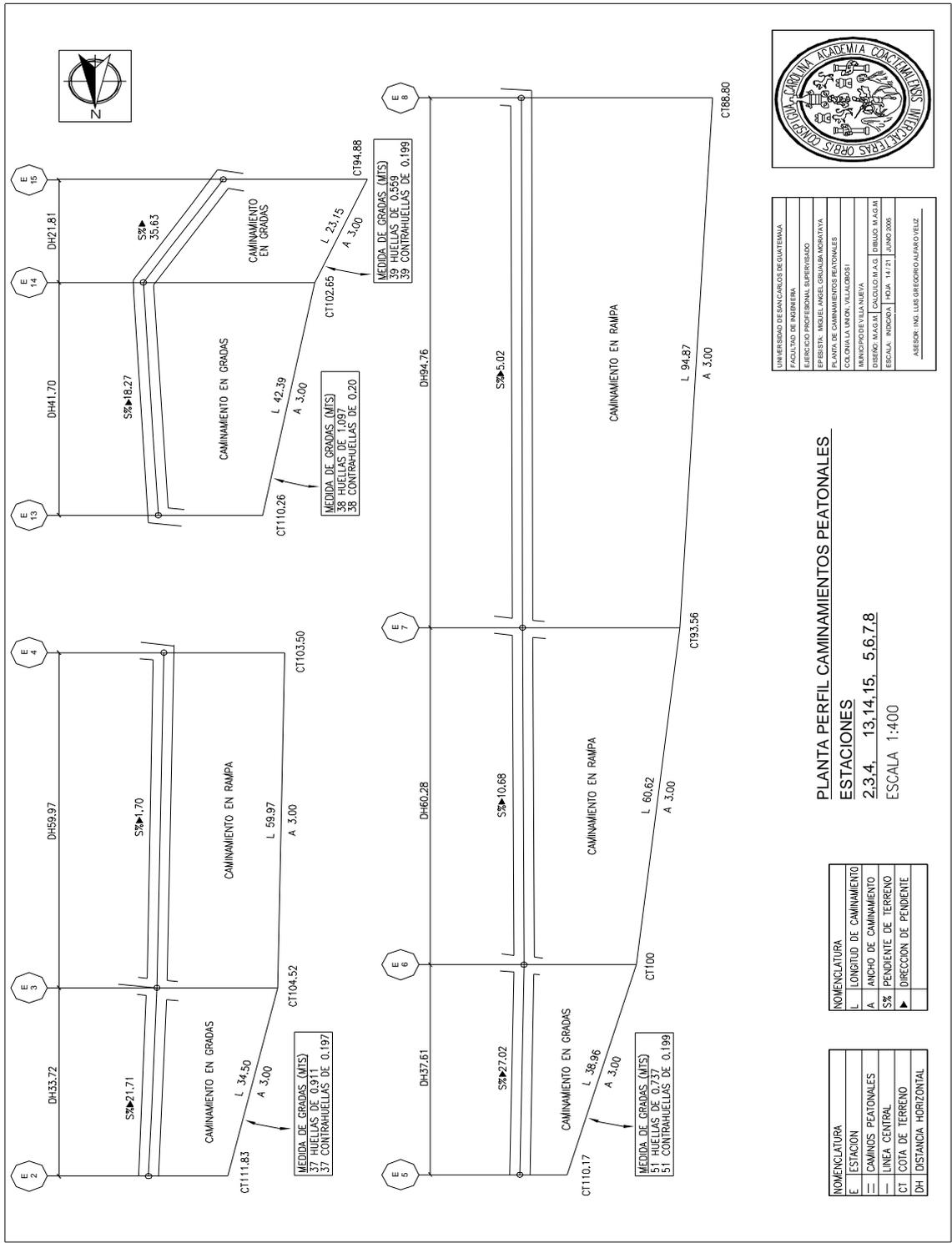


**Figura 14.** Plano de planta perfil de PV – 38, 39, 40, 41, 19, 20.

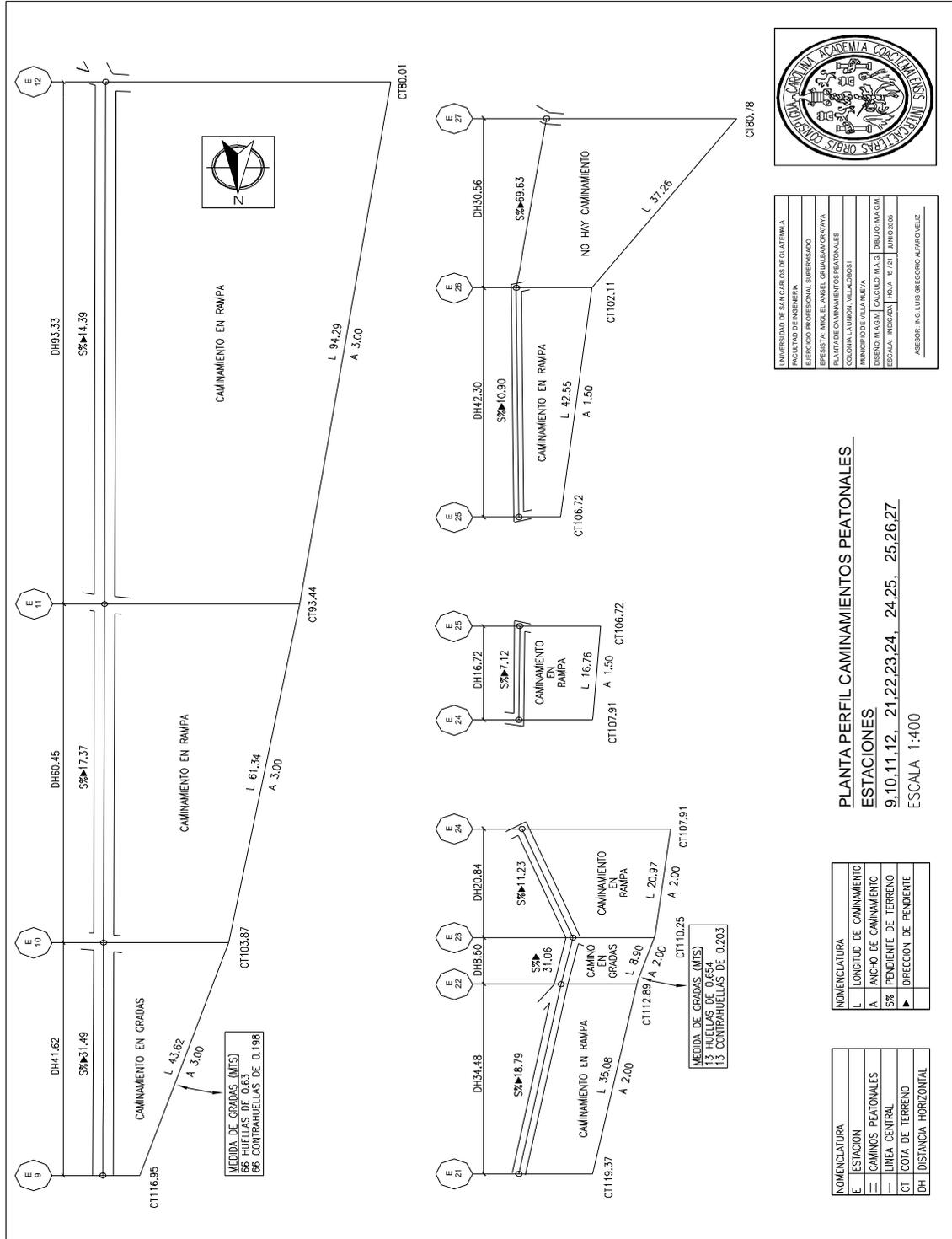




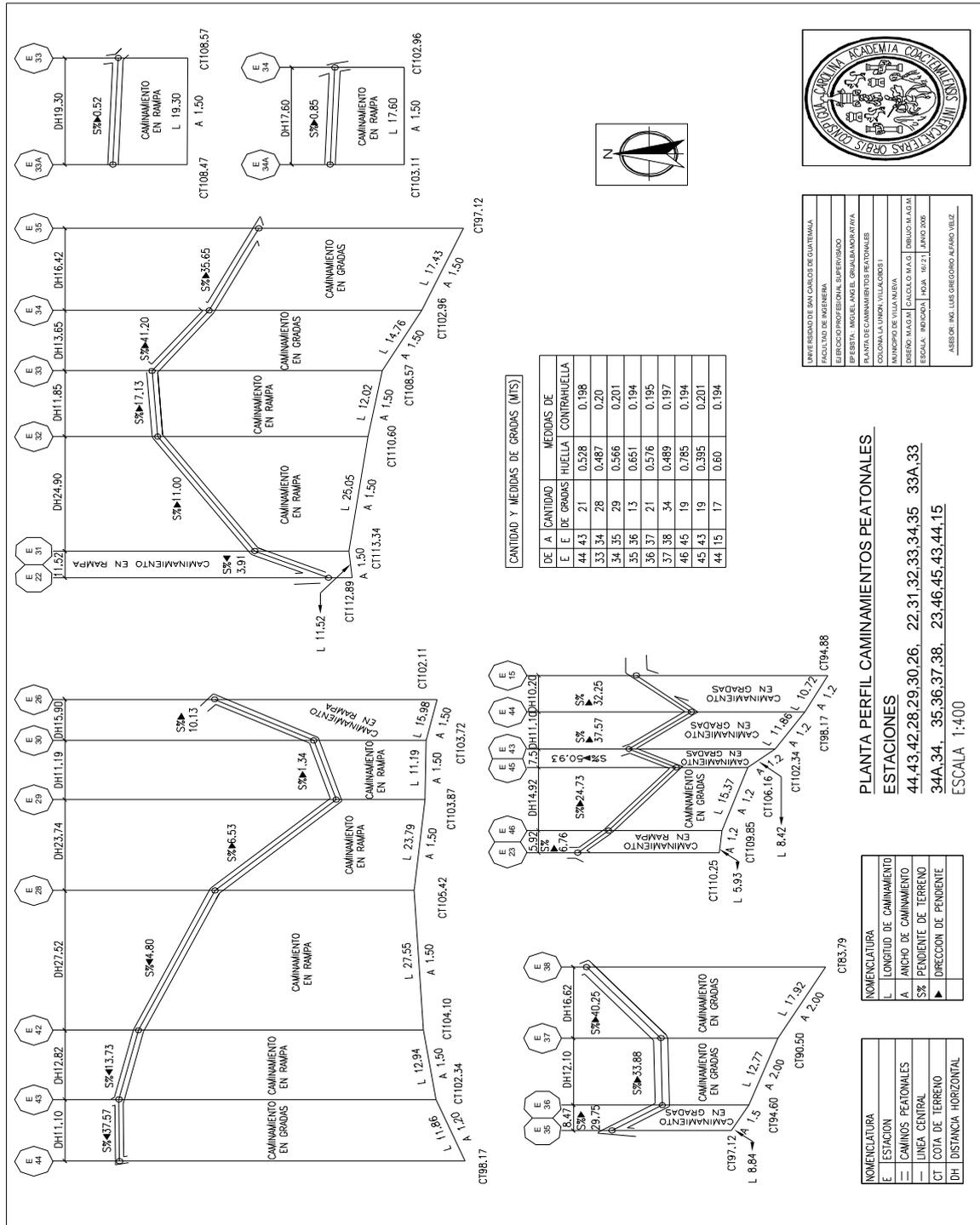
**Figura 16.** Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones:  
2, 3, 4, - 13, 14, 15, - 5, 6, 7, 8.



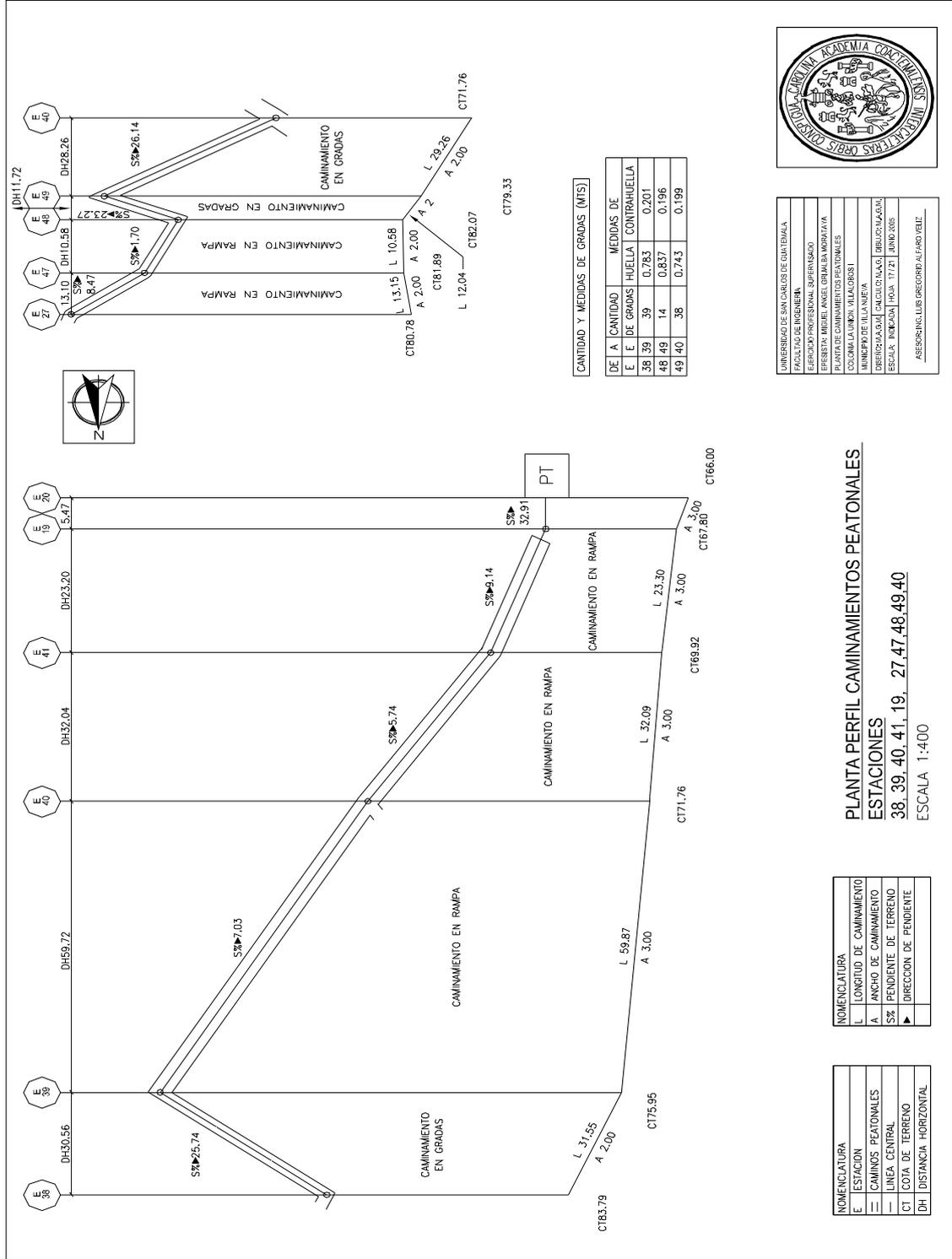
**Figura 17.** Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones:  
9, 10, 11, 12, - 21, 22, 23, 24, - 24, 25, - 25, 26, 27.



**Figura 18.** Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones: 44, 43, 42, 28, 29, 30, 26, - 22, 31, 32, 33, 34, 35, - 33A, 33, 34A, 34, - 35, 36, 37, 38, - 23, 46, 45, 43, 44, 15.



**Figura 19.** Plano de planta perfil de caminamientos peatonales de estaciones:  
38, 39, 40, 41, 19, 20. - 27, 47, 48, 49, 40.



**Figura 20.** Detalles de pozos de visita para alturas de 1.20 a 3.00 metros.

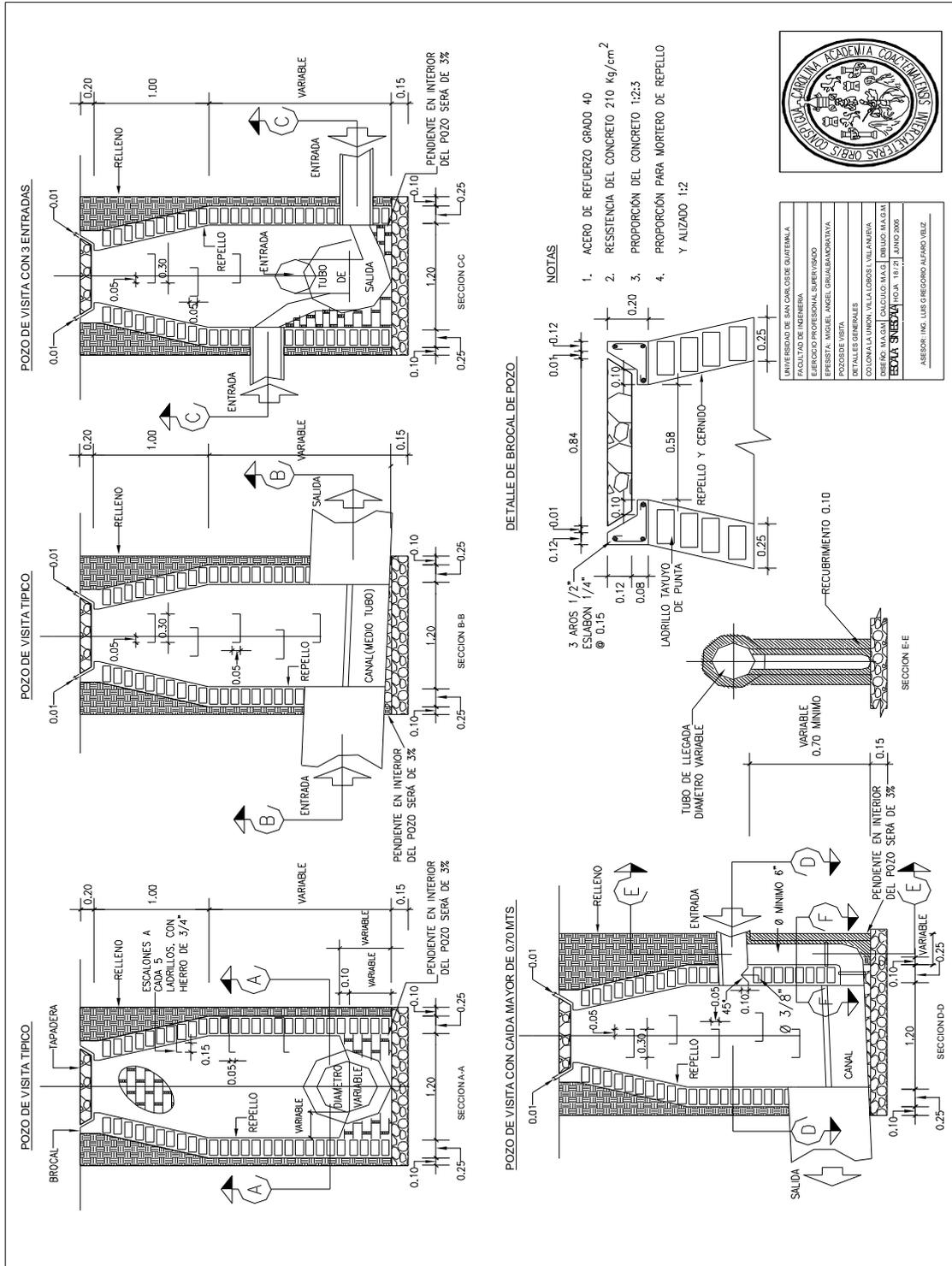
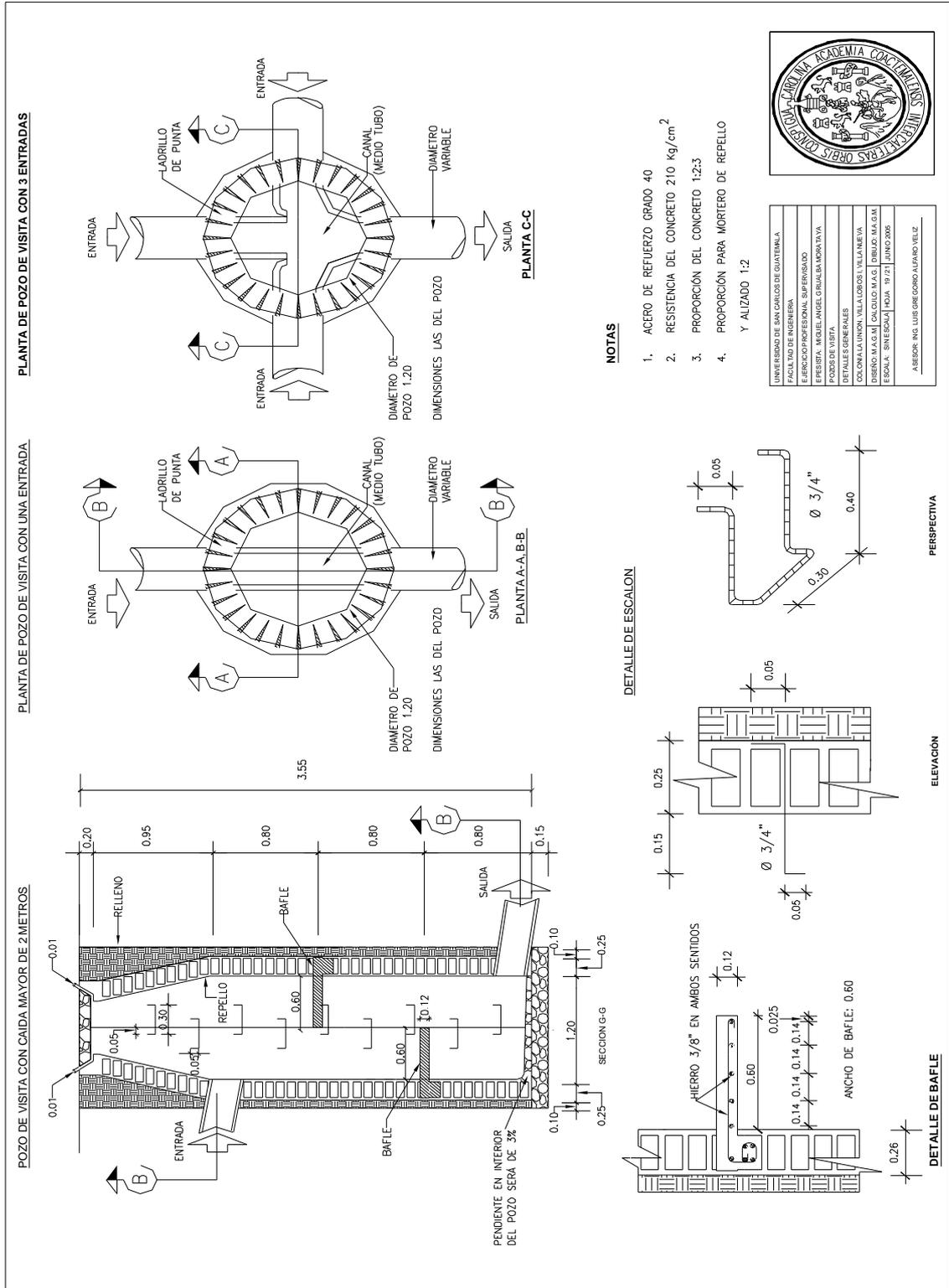
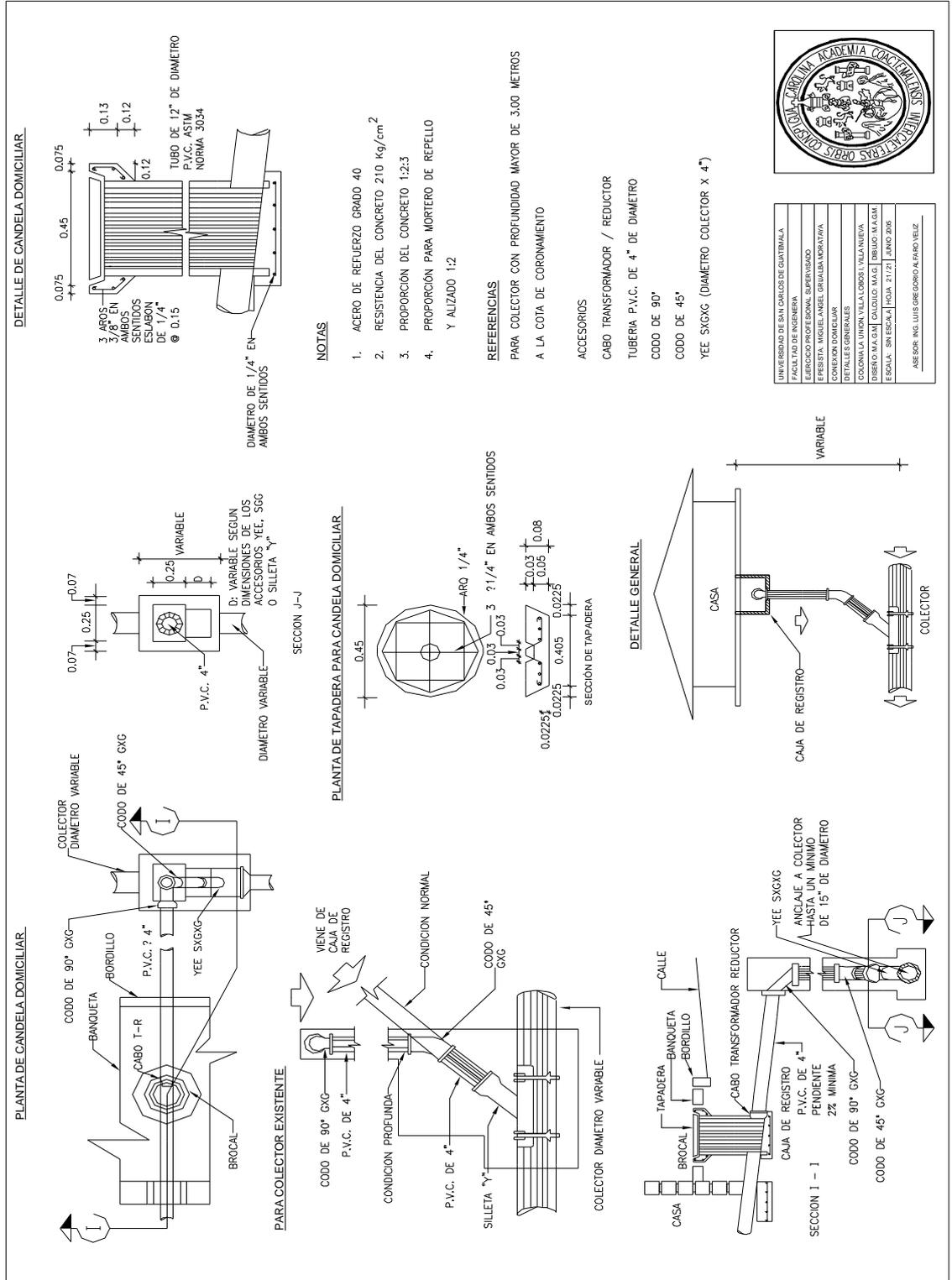


Figura 21. Detalle de pozo de visita para altura de 3.55 metros.





**Figura 23.** Detalle de sección de conexión domiciliar.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
EJERESITA: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ
DETALLE DOMICILIAR
DETALLE DE INGENIEROS
COLONIA LA UNION, VILLA LOS OROS I, VILLA NUEVA
DISEÑO: M.A. CAMACHO CALZADILLA
ESCALA: 1/4" = 1'-0" HOJA: 21/12 JUNIO 2005
ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ

Figura 24. Resultados de ensayos de laboratorio de suelos. Granulometría.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 056 S.S. O.T.: 18,418

Interesado: Miguel Angel Grijalba Morataya (Carné No.: 80-12242)  
Proyecto: E.P.S. (Pavimento rígido)  
Tipo de Ensayo: Con tamices y lavado previo.  
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27

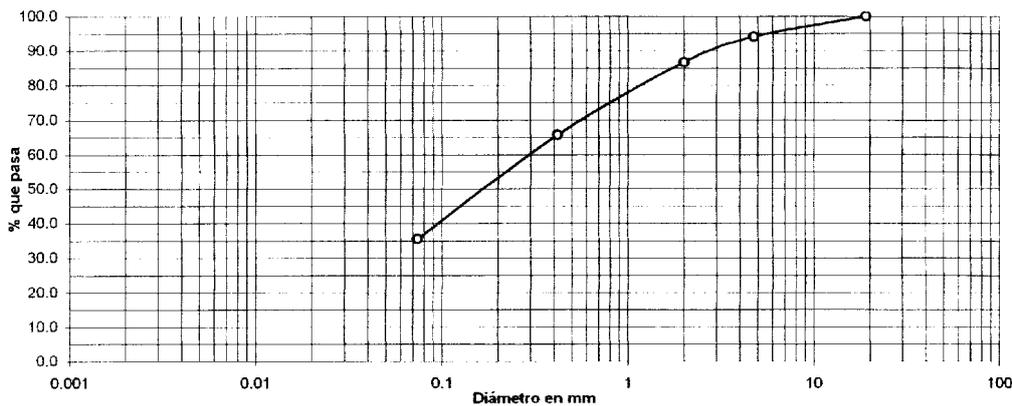
Ubicación: Colonia La Unión, Villa Nueva, Guatemala. Muestra No. 1  
Fecha: 03 de marzo de 2005

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.0
4	4.76	94.1
10	2.00	86.7
40	0.42	65.7
200	0.074	35.5

% de Grava: 5.9  
% de Arena: 58.6  
% de Finos: 35.5

Gs: —

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa



Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro con algunas partículas de grava.  
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4.  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. X  
Ing. Francisco Javier Quiñones de La Cruz  
DIRECTOR CII/USAC.



*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Figura 24. Continuación de resultados de laboratorio de suelos. Límites de Atterberg.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 055 S.S.

O.T. No. 18,418

Interesado: Miguel Angel Grijalba Morataya (Carné No.: 80-12242)  
 Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)  
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Colonia La Unión, Villa Nueva, Guatemala

FECHA: 03 de marzo de 2005

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	MATERIAL NO PLASTICO		MS	Limo arenoso color café oscuro.

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. ✕

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
 DIRECTOR CII/USAC



*Omar E. Medrano Méndez*

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Figura 24. Continuación de resultados de laboratorio de suelos. Proctor Modificado.

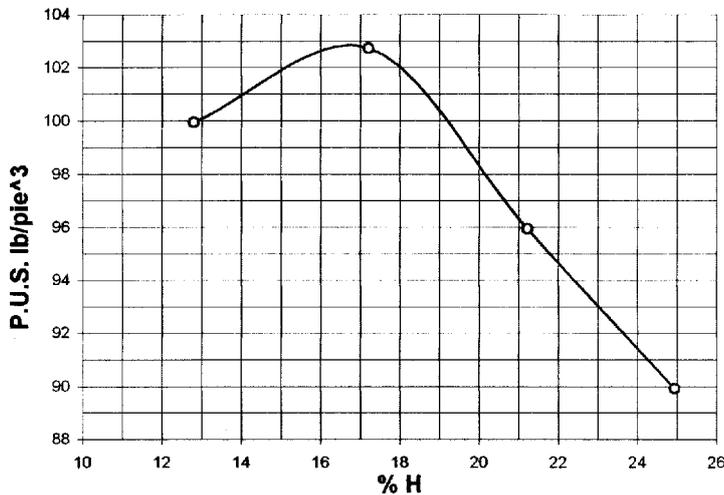


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 057 S.S. O.T. No.: 18,418  
 Interesado: Miguel Angel Grijalba Morataya (Carné No.: 80-12242)  
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
 Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)  
 Ubicación: Colonia La Unión, Villa Nueva, Guatemala  
 Fecha: 03 de marzo de 2005

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No.: 1  
 Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro con algunas partículas de grava.  
 Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1.648 t/m³ 102.9 lb/ft³  
 Humedad óptima Hop.: 16.9 %  
 Observaciones:

Muestra proporcionada por el interesado.  
 Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
 DIRECTOR CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

**Figura 24.** Continuación de resultados de laboratorios de suelos.  
Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)



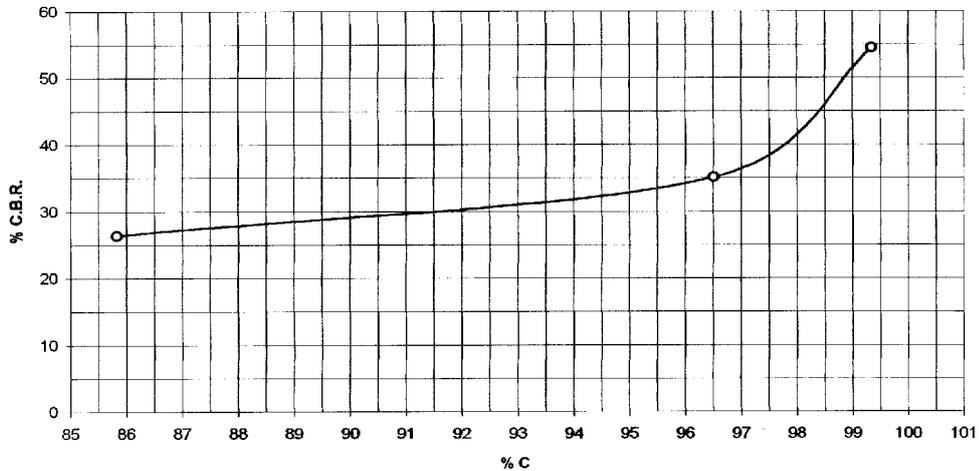
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 058 S.S. O.T. No.: 18,418  
 Interesado: Miguel Angel Grijalba Morataya (Carné No.: 80-12242)  
 Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Ubicación: Colonia La Unión, Villa Nueva, Guatemala  
 Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro con algunas partículas de grava.  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 03 de marzo de 2005

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ kg/m <sup>3</sup>			
1	10	16.5	1414.9	85.83	0.0	26.4
2	30	16.5	1590.9	96.51	0.0	35.1
3	65	16.5	1637.7	99.35	0.0	54.6

**GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION**



Atentamente,

Vo. Bo.: X

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
DIRECTOR CIUSAC

*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
DIRECCIÓN de Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>