



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

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO  
RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA,  
DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Luis Enrique Acevedo Castañeda

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO  
RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA,  
DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañon López
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **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:

### **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de septiembre de 2006.

Luis Enrique Acevedo Castañeda



Guatemala, 19 de septiembre de 2007  
Ref. EPS. C. 475.09.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **Santa Lucía Cotzumalguapa**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“*Id y Enseñad a Todos*”

Ing. Angel Roberto Sic García  
Asesor – Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



ARSG /jm



Guatemala, 19 de septiembre de 2007  
Ref. EPS. C. 475.09.07

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Angel Roberto Sic García.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"D y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecceña  
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
8 de octubre de 2007

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boitón Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.


Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Luis Enrique Acevedo Castañeda, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

  
Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez  
Coordinador del Area de Topografía y Transportes

/bbdeb.



Guatemala,  
14 noviembre de 2007

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Enrique Acevedo Castañeda, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA/  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica

/bbdeb.





FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña , al trabajo de graduación del estudiante Luis Enrique Acevedo Castañeda, titulado **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez




Guatemala, febrero de 2008.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y EL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Enrique Acevedo Castañeda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, febrero de 2008

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser fuente de fortaleza, sabiduría e inteligencia para alcanzar mis metas
<b>Mis padres</b>	Luis Enrique Acevedo Villagrán, Norma Yanet Castañeda Rojas Por su amor, apoyo incondicional, sus consejos de aliento y superación para ser mejor cada día
<b>Mi tío</b>	Ing. Julio Ademar Castañeda Rojas, por su apoyo, consejos, cariño y amistad brindada durante mi carrera universitaria
<b>Familia Castañeda Barrios</b>	Por acogerme en su hogar como un miembro más de su familia durante mi carrera universitaria, por su apoyo y cariño.
<b>Ing. Ángel Roberto Sic</b>	Por su asesoría y apoyo durante la realización de mi EPS
<b>La Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa y la O.M.P.</b>	Por permitirme desarrollar mi EPS en su institución
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme la oportunidad de desarrollar mis estudios universitarios en sus aulas

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres</b>	Luis Enrique Acevedo Villagrán Norma Yanet Castañeda Rojas Como agradecimiento a su esfuerzo y apoyo
<b>Mis hermanas</b>	Lisza María Acevedo Castañeda Anna Lucía Acevedo Castañeda Con cariño y como estímulo de superación
<b>Mis abuelitas</b>	Aracely Rojas Vda. de Castañeda María Acevedo Villagrán
<b>Mis tíos</b>	Julio Ademar Castañeda Rojas, Marvin René Castañeda Rojas, María Antonieta Castañeda Rojas, Karin Aracely Castañeda Rojas, José Luis Acevedo Villagrán
<b>Mis primos</b>	Con cariño y como estímulo a que sigan superándose en la vida
<b>Mis amigos y compañeros</b>	Por su amistad y los momentos compartidos durante mis estudios universitarios.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XIII
<b>RESUMEN</b>	XVII
<b>OBJETIVOS</b>	XIX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXI
<b>1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Límites y localización	1
1.1.2. Accesos y comunicaciones	2
1.1.3. Topografía e hidrografía	2
1.1.4. Aspectos climáticos	2
1.1.5. Actividades económicas	2
1.1.6. Población	3
1.2. Principales necesidades del municipio	3
1.2.1. Vías de acceso	3
1.2.2. Alteración por aguas residuales	4

<b>2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Diseño de drenaje sanitario de la aldea Miriam II, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla</b>	<b>5</b>
2.1.1. Estudio de la población a servir	5
2.1.2. Levantamiento topográfico	5
2.1.2.1. Planimetría	5
2.1.2.1.2. Calidad del suelo	6
2.1.2.2. Altimetría	6
2.1.3. Trazo de la red	6
2.1.4. Localización de la descarga	6
2.1.5. Período de diseño	7
2.1.6. Diseño de la red	7
2.1.6.1. Población de diseño	7
2.1.6.2. Dotación	8
2.1.6.3. Factor de retorno	8
2.1.6.4. Factor de flujo instantáneo	9
2.1.6.5. Relación de diámetros y caudales	9
2.1.6.6. Caudal sanitario	10
2.1.6.6.1. Caudal domiciliar	11
2.1.6.6.2. Caudal de infiltración	12
2.1.6.6.3. Caudal de conexiones ilícitas	12
2.1.6.7. Caudal de diseño	13
2.1.6.8. Velocidades mínimas y máximas	13
2.1.6.9. Cotas invert	14
2.1.6.10. Pozos de visita	15
2.1.6.11. Conexiones domiciliarias	15
2.1.6.12. Profundidades mínimas de tubería	16
2.1.6.13. Diseño de la red de alcantarillado	16

2.1.7.	Evaluación de impacto ambiental	17
2.1.8.	Programa de mantenimiento	18
2.1.9.	Presupuesto del proyecto	19
2.1.10.	Cronograma de ejecución	20
2.1.11.	Análisis socio-económico	20
<b>2.2.</b>	<b>Diseño de pavimento rígido de la aldea Miriam II, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla</b>	<b>22</b>
2.2.1.	Descripción del proyecto	22
2.2.1.1.	Descripción del tramo a diseñar	22
2.2.1.2.	Descripción del tipo de camino a diseñar	22
2.2.2.	Descripción de un pavimento	22
2.2.2.1.	Pavimentos rígidos	23
2.2.2.2.	Elementos estructurales de un pavimento rígido	23
2.2.2.3.	Maquinaria utilizada en compactación de suelos	24
2.2.2.4.	Maquinaria utilizada en pavimentación	26
2.2.3.	Levantamiento topográfico	29
2.2.3.1.	Planimetría	29
2.2.3.2.	Altimetría	29
2.2.4.	Ensayos de suelos	29
2.2.4.1.	Granulometría	29
2.2.4.2.	Límites de Atterberg	31
2.2.4.2.1.	Límite líquido	31
2.2.4.2.2.	Límite plástico	32
2.2.4.2.3.	Índice plástico	32
2.2.4.3.	Ensayo de compactación o Proctor modificado	33

2.2.4.4.	Ensayo de valor soporte (C.B.R.)	34
2.2.4.5.	Análisis de resultados	35
2.2.5.	Teoría de diseño de pavimentos rígidos	36
2.2.6.	Diseño de pavimento rígido	37
2.2.6.1.	Subrasante	38
2.2.6.2.	Subbase	39
2.2.6.3.	Carpeta de rodadura	40
2.2.7.	Diseño geométrico de carreteras	40
2.2.7.1.	Diseño de curvas horizontales	41
2.2.7.2.	Diseño de curvas verticales	41
2.2.8.	Programa de mantenimiento	41
2.2.9.	Presupuesto del proyecto	42
2.2.10.	Cronograma de ejecución	42
2.2.11.	Análisis socio-económico	43
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>49</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>51</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>85</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Ubicación de Santa Lucía Cotzumalguapa	1
2	Panorámica de la necesidad de pavimento en la Aldea Miriam II	4
3	Panorámica de la necesidad de drenaje sanitario en la Aldea Miriam II	4
4	Esquema de un pavimento rígido	23
5	Vibroapisonador	24
6	Plancha vibradora	25
7	Rodillo vibratorio	25
8	Motoniveladora	27
9	Mezcladora de concreto	28
10	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte (anexos)	53
11	Plano planta general de drenaje sanitario	61
12	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	62
13	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	63
14	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	64
15	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	65
16	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	66
17	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	67
18	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	68
19	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	69
20	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	70
21	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	71

22	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	72
23	Plano planta-perfil de drenaje sanitario	73
24	Plano de detalle de pozo de visita y conexión domiciliar	74
25	Plano planta general de pavimento rígido	75
26	Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+000 a 0+240	76
27	Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+240 a 0+480	77
28	Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+480 a 0+720	78
29	Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+720 a 0+960	79
30	Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+960 a 1+200	80
31	Plano planta-perfil pavimento rígido de 1+200 a 1+480	81
32	Plano planta-perfil pavimento rígido de 1+480 a 1+780	82
33	Plano planta-perfil pavimento rígido de 1+780 a 1+982	83
34	Plano de especificaciones y detalles	84
35	Ensayo de compactación	87
36	Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)	88
37	Ensayo de límites de Atterberg	89
38	Ensayo de análisis granulométrico, con tamices y lavado previo	90

## **TABLAS**

I	Presupuesto de drenaje sanitario	19
II	Cuadro resumen de materiales de drenaje sanitario	19
III	Cronograma de ejecución de drenaje sanitario	20
IV	Presupuesto de pavimento rígido	42
V	Cronograma de ejecución de pavimento rígido	42
VI	Categoría de carga por ejes	54
VII	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	55

VIII	TPDC permisible. Carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas con agregados de trabe	56
IX	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)	56
X	Diseño hidráulico de drenaje sanitario	57



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>CA-2</b>	Centroamericana 2
<b>CA-2D</b>	Circunvalación entre Santa Lucía Cotzumalguapa y Siquinalá
<b>C.B.R.</b>	California Bearing Ratio (Valor Soporte California)
<b>Cg.</b>	Coeficiente de graduación del suelo
<b>cm.</b>	Centímetro
<b>Cu</b>	Coeficiente de uniformidad del suelo
<b>d/D</b>	Relación hidráulica de diámetros
<b>E.P.S.</b>	Ejercicio Profesional Supervisado
<b>f'c</b>	Resistencia máxima a compresión del concreto
<b>F.H.</b>	Factor de Harmond
<b>fqm</b>	Factor de caudal medio
<b>F.R.</b>	Factor de retorno
<b>Gal.</b>	Galón
<b>Hab.</b>	Habitantes
<b>I.N.F.O.M.</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>I.N.E.</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>I.P.</b>	Índice plástico

<b>K</b>	Módulo de reacción de la subrasante
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>km.</b>	Kilómetro
<b>km.<sup>2</sup></b>	Kilómetro cuadrado
<b>l.</b>	Litro
<b>l/hab/día</b>	Litro por habitante por día
<b>lb</b>	Libra
<b>lb./pie<sup>3</sup></b>	Libra por pie cúbico
<b>L.L.</b>	Límite líquido
<b>L.P.</b>	Límite plástico
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metro lineal
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mm/min.</b>	Milímetro por minuto
<b>MR</b>	Módulo de ruptura del concreto
<b>n</b>	Período de diseño
<b>N</b>	Número de golpes
<b>No.</b>	Número

<b>P</b>	Población en miles de habitantes
<b>Pa.</b>	Población actual
<b>P.C.A.</b>	Portland Cement Association
<b>Pf.</b>	Población futura
<b>Ph</b>	Peso húmedo del suelo
<b>Ps</b>	Peso seco del suelo
<b>Pw</b>	Peso del agua contenida en el suelo
<b>plg/min.</b>	Pulgadas por minuto
<b>plg<sup>2</sup></b>	Pulgadas cuadradas
<b>P.R.A.</b>	Public Roads Administration
<b>PSI</b>	Poundal square inch (libras por pulgada cuadrada)
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>q/Q</b>	Relación hidráulica de caudales
<b>Q.</b>	Quetzales
<b>Qdom</b>	Caudal domiciliar
<b>Qci</b>	Caudal conexiones ilícitas
<b>Qcom</b>	Caudal comercial
<b>Qind</b>	Caudal industrial
<b>Qinf.</b>	Caudal de infiltración
<b>Qs.</b>	Caudal sanitario
<b>R</b>	Tasa de crecimiento
<b>s</b>	Segundo

<b>S.C.U.</b>	Clasificación sistema unificado
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario
<b>TPDC</b>	Tránsito promedio diario de camiones
<b>v/V</b>	Relación hidráulica de velocidades



## GLOSARO

<b>Aguas negras</b>	Se refieren a las aguas de desecho provenientes de usos domésticos, comerciales e industriales
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que trata de la medida de longitud vertical de terreno, que indica la diferencia de altitud entre el punto en que se esta situado y un punto de referencia.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que los conduce al sistema de drenaje.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de agua que pasa por una sección de flujo por unidad de tiempo.
<b>Colector</b>	Tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas negras indeseables de la población al lugar de descarga.

<b>Conexiones domiciliarias</b>	Instalaciones que unen las aguas provenientes de las viviendas o edificios, con el sistema municipal o público de drenaje. Están formadas por una tubería secundaria y una caja de registro.
<b>Cota invert</b>	Distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
<b>Factor de Harmond</b>	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación a la población.
<b>Pavimento</b>	La estructura integral de las capas de subbase, base y carpeta de rodadura colocado encima de la subrasante y destinada a sostener las cargas vehiculares.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo durante el cual, la obra diseñada presentará un servicio satisfactorio.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las proyecciones horizontales de una superficie.

**Pozo de visita**

Es una obra de arte de un sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.

**Subbase**

Es la constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de espesor determinado, de acuerdo al diseño de la carretera y colocada directamente sobre la subrasante. En casos especiales hay terracerías que se pueden usar como subbases.

**Subrasante**

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.



## RESUMEN

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en la Ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla se llevó a cabo el proyecto titulado: “Planificación y diseño del drenaje sanitario y el pavimento rígido para la Aldea Miriam II, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla”.

Este proyecto se seleccionó luego de llevar a cabo una adecuada priorización entre diversos proyectos. Se realizó un levantamiento topográfico del lugar utilizando un teodolito SOKKIA TM20 para la planimetría por medio del método de conservación del azimut; la altimetría se obtuvo a través de un nivel de precisión Wild NA20 utilizando nivelación diferencial. Estos proyectos beneficiarán a la Aldea Miriam II en aspectos de salud e infraestructura. Con el proyecto de drenaje sanitario se eliminarán los focos de contaminación y enfermedad, generados por las aguas negras que actualmente fluyen a la intemperie y provocan malestar en los vecinos. El pavimento rígido se diseñó utilizando el método de la PCA (Portland Cement Association) para lo cual fue necesario llevar a cabo estudios de mecánica de suelos en la Aldea Miriam II.

El proyecto de EPS está constituido por información monográfica, criterios de diseño, presupuestos, cronograma de ejecución y los respectivos juegos de planos. Los juegos de planos están constituidos por una planta general, las planta-perfil y los detalles constructivos.

Con el diseño de estos proyectos el objetivo primordial fue mejorar las condiciones de salud y acceso al lugar, promoviendo con ello un mejor nivel de vida y un desarrollo social para la aldea Miriam II.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la aldea Miriam II, a través de estos proyectos.

### **ESPECÍFICOS**

1. Diseñar y planificar el drenaje sanitario para la aldea Miriam II, conforme a las normas del I.N.F.O.M.
2. Diseñar y planificar el pavimento rígido para la aldea Miriam II, utilizando las normas de la Portland Cement Association (P.C.A.)
3. Realizar un informe de los proyectos a diseñar, acompañados de sus respectivos planos y presupuestos.





## INTRODUCCIÓN

Nuestro país necesita de profesionales de la Ingeniería para la planificación y diseño de proyectos en beneficio de las comunidades para desarrollar obras de infraestructura que cumplan con las necesidades de los vecinos.

En la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla se llevó a cabo el diseño de dos proyectos de obra civil, los cuales se consideraron luego de una adecuada priorización de las necesidades existentes en el lugar. Dichos proyectos consisten en la planificación y diseño de un drenaje sanitario y un pavimento rígido siendo en beneficio de la Aldea Miriam II, la cual se encuentra ubicada a 15 km. del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa, siendo la vía de acceso por medio de la carretera CA-2 hacia el Ingenio La Unión.

La población a beneficiar con el diseño del drenaje sanitario y el pavimento rígido será una población de 2,952 habitantes.

El drenaje sanitario se diseñó con la finalidad de evitar focos de enfermedades gastrointestinales tales como la desintería y el cólera, ya que al no existir un drenaje sanitario en la aldea Miriam II, las aguas negras son desechadas en lugares inadecuados que causan molestias tanto visuales como de salud, dicho proyecto consta de su diseño hidráulico, presupuesto y sus respectivos planos.

El pavimento rígido se diseñó con el objetivo de facilitar el acceso a la Aldea Miriam II, lo que favorece al desarrollo humano, cultural y comercial del lugar. Esto vendrá a eliminar los inconvenientes que afectan a la población de la aldea y a los vehículos debido al mal estado del camino de terracería en época de invierno.

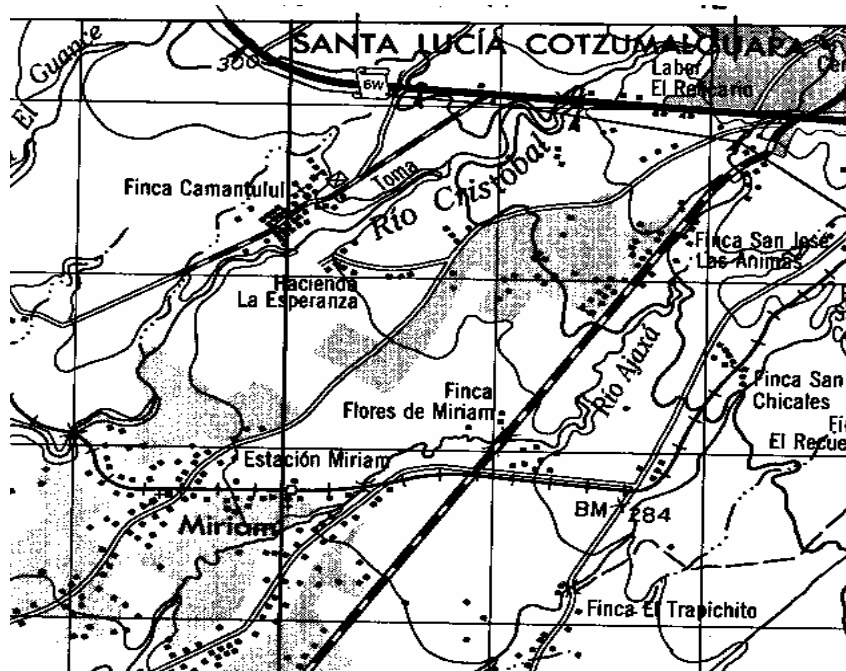
# 1. MONOGRAFÍA DE LA CIUDAD DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

## 1.1. Generalidades

### 1.1.1. Límites y localización

Está ubicado al noroeste de la cabecera departamental de Escuintla. Su extensión territorial es de 432 km.<sup>2</sup>, con los siguientes límites: al norte, el municipio de Yepocapa, Departamento de Chimaltenango; al sur los municipios de la Gomera y Nueva Concepción; al este los municipios de Siquinalá y Escuintla; al oeste los municipios de Nueva Concepción, Departamento de Escuintla, y Patulúl, departamento de Suchitepéquez.

**Figura 1. Ubicación de Santa Lucía Cotzumalguapa**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

### **1.1.2. Accesos y comunicaciones**

Los accesos a Santa Lucía Cotzumalguapa son por la carretera CA-2 a 90 kilómetros de la ciudad capital y por la CA-2D que es la circunvalación que pasa sobre Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa.

### **1.1.3. Topografía e hidrografía**

El territorio de este municipio es plano en un 80% solamente en los extremos norte y noreste presenta unas elevaciones. Registra alturas desde 380 hasta los 2700 pies sobre el nivel del mar, en sus extremos sur y norte respectivamente. Los ríos principales son: Mapán, Cristóbal, Limones, Agüero, Petayá, Coyolate y Pantaleón. Encontrándose también en diferentes direcciones del municipio numerosas corrientes menores.

### **1.1.4. Aspectos climáticos**

El clima es bastante cálido en la parte más baja del municipio mientras que en la meseta superior es ligeramente templado. La estación meteorológica más cercana es la ubicada en el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.

### **1.1.5. Actividades económicas**

Tanto por la fertilidad de su suelo como por sus favorables condiciones naturales, este municipio cuenta con tres fuentes de producción igualmente importantes: agricultura, ganadería e industria.

### **1.1.6. Población**

Según los censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002, elaborado por Instituto Nacional de Estadística (INE) la población de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla está constituida por: Población total: 85974, indígenas: 8768, No indígenas: 77206. Maya: 7218, Xinka: 10, Garífuna: 19, Ladina: 78473, Otra: 254.

La gran mayoría de la población es ladina-mestiza, cuyo idioma es el español. La proporción indígena es de varios orígenes, casi toda procedente de diferentes regiones del altiplano, atraídos por razones de trabajo a las fincas del municipio; la minoría es genuina población nativa, de origen cakchiquel y pipil, pero cuyas costumbres e indumentarias poco difieren ya del ladino, así como el idioma pues se expresan generalmente en español.

## **1.2. Principales necesidades del municipio**

### **1.2.1. Vías de acceso**

Una de las necesidades que se observó en la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa es la de vías de acceso a las distintas comunidades, ya que los caminos en su mayoría son de terracería, esto ocasiona molestias a los vecinos tanto en invierno como en verano, debido al polvo, el lodo y el desgaste que sufren los vehículos, por lo cual se planifica y diseña el pavimento rígido para la Aldea Miriam II; beneficiando en gran medida a los habitantes porque este proyecto genera desarrollo y progreso para la aldea.

**Figura 2. Panorámica de la necesidad de pavimento en la Aldea Miriam II.**



Fuente: Luis Enrique Acevedo, EPS Ingeniería

### **1.2.2. Alteración por aguas residuales**

Uno de los recursos naturales que debemos de preservar es el agua, necesaria para el desarrollo de una serie de actividades cotidianas para los humanos. La aldea Miriam II, no cuenta con un drenaje sanitario para evacuar de forma adecuada las aguas negras, por lo cual la evacuan hacia la calle, generando de esta manera focos de contaminación y enfermedades, por lo cual se consideró necesaria la planificación y diseño del drenaje sanitario, el cual vendrá a beneficiar a la salud y el entorno de los habitantes del lugar.

**Figura 3. Panorámica de la necesidad de un drenaje sanitario en la Aldea Miriam II.**



Fuente: Luis Enrique Acevedo, EPS Ingeniería

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de drenaje sanitario de la aldea Miriam II, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**

#### **2.1.1 Estudio de la población a servir**

La población actual en la aldea Miriam II es de 2,952 habitantes, existiendo 369 viviendas en el lugar. La actividad principal de la población es la agricultura. Cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable a través de un tanque elevado, con una dotación de 125 lts/hab/día. No cuentan con ningún sistema de recolección y disposición de basuras.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

Para tomar en cuenta las condiciones y forma del terreno es necesario contar con un levantamiento topográfico del poblado. Se debe tomar en cuenta, además de la parte edificada en la actualidad, las que en un futuro, dentro de la vida útil del sistema, puedan llegar a contribuir con sus caudales al mismo. Los levantamientos topográficos deben ser lo suficientemente completos. Normalmente se colocará una estación topográfica en cada cruce de calles y en toda posible ubicación de pozos de visita, así como en los posibles puntos de descarga.

##### **2.1.2.1. Planimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios y así proyectar una figura en un plano horizontal. El levantamiento planimétrico se realizó con el método de conservación del

azimut, utilizando un teodolito marca SOKKIA TM20H, un estadal y cinta métrica.

#### **2.1.2.1.2 Calidad del suelo**

El suelo existente en la Aldea Miriam II, es una arena limosa con grava color gris, este suelo es un material no plástico debido a sus características físico-mecánicas.

#### **2.1.2.2. Altimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados para determinar el perfil del terreno. Se realizó una nivelación diferencial utilizando un nivel marca Leica modelo WILD NA20, un estadal, plomada y cinta métrica.

#### **2.1.3. Trazo de la red**

Para el trazo de la red de alcantarillado se realizó sobre el eje de la calle, ubicando los pozos de visita según lo establecen las normas generales de diseño de alcantarillado del INFOM.

#### **2.1.4. Localización de la descarga**

El punto de descarga es el lugar donde termina el sistema de alcantarillado y las aguas son vertidas a un cauce superficial natural (como ríos, quebradas, etc.) y conducidas a partir de allí por éste. La descarga es un elemento no típico de los sistemas de alcantarillado, es decir será diferente según las condiciones del lugar donde se coloque. Requiere de algunas estructuras especiales para

garantizar su permanencia ante la erosión, la avenida máxima del río y otros elementos que pudieran dañarla.

El cuerpo receptor de la descarga de las aguas negras de la Aldea Miriam II será en el cauce del río Ajaxá. Se recomienda darle tratamiento primario a las aguas residuales a través de una planta de tratamiento para evitar la contaminación del río.

### **2.1.5. Período de diseño**

El período de diseño del drenaje sanitario será de 30 años, basado en las normas del INFOM que establecen que el período de diseño debe ser de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolla el diseño. Será necesario agregar 2 años adicionales debido a que el proyecto tiene que ser autorizado, por lo que el período de diseño definitivo será de 32 años.

### **2.1.6. Diseño de la red**

#### **2.1.6.1. Población de diseño**

Para determinar la población, con la que se va a diseñar el sistema, se utilizó el método geométrico, para lo cual se aplicó una tasa de crecimiento de 3.0%.

Ecuación de crecimiento geométrico:

$$Pf = Pa(1+r)^n$$



donde:

Pf = población futura  
Pa = población actual  
r= tasa de crecimiento  
n = período de diseño

La información con la que se cuenta en el proyecto es la siguiente:

Población actual = 2952 habitantes  
Tasa de crecimiento = 3%  
Periodo de diseño = 32 años

Calculando la población futura con el método geométrico, tenemos:

$$Pf = 2952(1+0.03)^{32}=7602 \text{ habitantes}$$

#### **2.1.6.2 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante y se expresa en litros por habitante por día (lts./hab./día). La dotación de la comunidad es de 125 lts/hab/día.

#### **2.1.6.3 Factor de retorno**

Es el factor que indica la cantidad de agua que las personas retornan al drenaje sanitario, la cual se considera entre el 70 y 90% de la dotación de agua potable. Se sabe que del 100% de la dotación de agua potable que entra a una

vivienda no toda regresa al drenaje sanitario por razones de uso en riegos de terrenos agrícolas, patios, y pérdidas por evaporación, por lo cual se tomará un factor de retorno de 80%.

#### **2.1.6.4 Factor de flujo instantáneo**

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad. Para calcular el factor de flujo utilizamos la fórmula de Harmond:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

donde:

FH = factor de Harmond

P = población en miles de habitantes

#### **2.1.6.5 Relación de diámetro y caudales**

La relación  $q/Q$  no deberá ser mayor de 0.75, ni menor de 0.10 del diámetro interno de la tubería para alcantarillado sanitario. La relación  $d/D$  debe ser mayor o igual a 0.10, y menor o igual a 0.75 para alcantarillado sanitario. Estas relaciones son necesarias para que la tubería trabaje como canal abierto, es decir, para que todo el sistema trabaje a presión atmosférica, donde la tubería nunca trabajará a sección llena.

### 2.1.6.6 Caudal sanitario

El procedimiento para el cálculo del caudal de diseño sanitario ( $Q_s$ ) es el siguiente:

1. Determinar el caudal sanitario.
2. Determinar el factor de caudal medio. ( $f_{qm}$ )
3. Calcular el caudal máximo (que será también el caudal de diseño sanitario).

En el cálculo del caudal sanitario ( $Q_s$ ), es el factor muy importante el consumo de agua de la población. Dicho consumo es dependiente, a su vez, de otros factores importantes, tales como el clima, estándares de vida, servicios públicos, disponibilidad de agua, calidad de agua, presiones del sistema de agua potable, y la administración y medición del mismo.

Para determinar el caudal sanitario total deben integrarse múltiples caudales, como se muestra:

Caudal sanitario de verano:

$$Q_{\text{sanitario verano}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}}$$

Caudal sanitario de invierno:

$$Q_{\text{sanitario invierno}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{inf}}$$

$Q_{\text{sanitario}}$  = caudal sanitario total, de verano e invierno, respectivamente.

donde:

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar

$Q_{com}$  = caudal comercial

$Q_{ind}$  = caudal industrial

$Q_{inf}$  = caudal de infiltración

$Q_{ci}$  = caudal por conexiones ilícitas

En algunos casos, se tomará en cuenta el caudal por infiltración para el cálculo del caudal de verano; por ejemplo si la tubería se encuentra dentro de las capas freáticas.

#### **2.1.6.6.1. Caudal domiciliar**

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir, que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras domiciliar, como los jardines y lavado de vehículos. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por un factor que puede variar entre 0.70 a 0.95. De esta forma el caudal domiciliar o doméstico quedaría integrado de la siguiente forma:

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. de habitantes} * \text{F. R.}}{86400}$$

### 2.1.6.6.2. Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a la alcantarilla, 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 la tubería y la calidad de la mano de obra y supervisión con que cuenta durante la construcción. La manera en que se mide es por litros diarios por kilómetro de tubería, incluyendo la longitud de la tubería de los entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse como 6.00 metros de longitud en cada vivienda. Este factor puede variar entre 12,000 y 18,000 litro/kilómetro/día.

$$Q_{inf} = \frac{(\text{Factor de infiltración}) (\text{Longitud tubería} + \text{No. de casas} * 6)}{1000} \cdot \frac{1}{86400}$$

### 2.1.6.6.3. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede considerar estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar de 0.5 a 2.5%.

### **2.1.6.7 Caudal de diseño**

La determinación del caudal de diseño es el factor determinante para las dimensiones de todos los elementos del sistema de alcantarillado. El funcionamiento adecuado del sistema dependerá en gran parte de lograr una buena aproximación en el cálculo de dicho caudal.

El caudal de diseño es aquel con el que se diseñara cada tramo del sistema sanitario y será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el numero de habitantes a servir.

$$Q \text{ diseño actual} = f_{qm} * FH \text{ actual} * \text{Num. Hab. actual}$$

$$Q \text{ diseño futuro} = f_{qm} * FH \text{ futuro} * \text{Num. Hab. futuro}$$

donde:

$f_{qm}$  = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmond

### **2.1.6.8 Velocidades mínimas y máximas**

La velocidad mínima de flujo, trabajando a cualquier sección debe ser de 0.60 m/s. No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos, en tales casos, se proporcionará una pendiente que de la velocidad mínima de 0.60 m/s a la descarga máxima estimada, y una velocidad no menor a 0.40 m/s durante escurrimientos bajos. Las velocidades mínimas son fijadas con la finalidad de evitar la decantación de los sólidos pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión

(arenas, cascajo, piedras, etc.) hacen un efecto abrasivo a la tubería, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 3.00 m/s.

#### **2.1.6.9 Cotas invert**

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, se debe de verificar que la cota invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas invert se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Se debe seguir las siguientes reglas para el cálculo de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca al menos tres centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo, es mayor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará, al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

La cota invert mínima se calcula sumando la profundidad por tráfico + espesor del tubo + diámetro interior del tubo.

$$\text{Invert mínima} = h \text{ tráfico} + t + D$$

La tubería se colocará con una cota invert mínima de 1.20 m por debajo de la rasante de la calle, para evitar rupturas en la tubería que pueden provocar las cargas de tráfico.

#### **2.1.6.10 Pozos de visita**

Son estructuras construidas con el objeto de conectar los distintos ramales de un sistema de alcantarillado; además cumplen una función de acceso para limpieza e inspección en los mismos. Son de sección circular y con un diámetro mínimo de 1.20 m., las paredes se construyen de concreto o ladrillos, y en el fondo una losa también de concreto. La parte superior tiene forma de cono truncado y lleva una tapadera circular para permitir el acceso al interior del pozo.

Los pozos de visita son incluidos en los siguientes casos:

- a) en cambio de diámetro
- b) en cambio de pendiente
- c) en los cruces de dos o más tuberías
- d) en tramos iniciales,
- e) se ha normado que deben estar separadas entre sí por una distancia no mayor de 100 m. Se puede ser flexible y se pueden permitir unos metros, considerando tanto la economía como los requerimientos del proyecto.

#### **2.1.6.11 Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. Consta de las siguientes partes:

##### **a) Candela**

Para la candela domiciliar se empleará un tubo de concreto cuyo diámetro sea de 12 pulgadas, el mismo deberá estar



impermeabilizado por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

#### **b) Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua, y que forme un ángulo con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en sentido contrario a la corriente del líquido.

#### **2.1.6.12 Profundidades mínimas de tubería**

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera.

- Para tráfico normal (menor a 200 quintales) = 1.00 metro.
- Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1.20 metros.

#### **2.1.6.13 Diseño de la red de alcantarillado**

Para el diseño del drenaje sanitario se emplearán las especificaciones de tubería de PVC (cloruro de polivinilo), se considera la cantidad de habitantes por tramo (tubería entre pozos de visita), la pendiente de la tubería, así como la cantidad de litros de agua residual que ingresa al sistema por tramo para calcular el diámetro de tubería necesario para cumplir con los

requerimientos hidráulicos y evacuar las aguas negras, evitando sobre todo, que exista sedimentación de los sólidos en suspensión y velocidades demasiado altas que provoquen erosión en las tuberías.

### **2.1.7 Evaluación de impacto ambiental**

Un impacto ambiental es una alteración significativa del medio, causado por una acción humana o natural y esta referido a la vulnerabilidad del área en estudio. Al planificar todo proyecto de ingeniería es necesario y obligatorio realizar una evaluación de impacto ambiental para analizar los factores que puedan afectar el medio ambiente, es decir, el impacto negativo que pueda provocar dicho proyecto en el ambiente y entorno de los vecinos. La evaluación de impacto ambiental es la siguiente:

Factores negativos:

- Se generará contaminación visual y auditiva debido al proceso de construcción. Existirá emisión de polvo debido a las excavaciones y de cemento al realizar las mezclas.
- Se desecharán las aguas negras del drenaje sanitario en el río Ajaxá, dicho río servirá de cuerpo receptor.
- Se incrementará el consumo de agua potable por los habitantes de la aldea debido a que con el drenaje sanitario ya no serán conscientes de los inconvenientes que resultan de contaminar el agua en grandes cantidades.

Factores positivos:

- Con el drenaje sanitario ya no existirán aguas negras en las calles, las cuales son focos de contaminación y enfermedad.
- La contaminación visual, auditiva y del polvo será únicamente durante el tiempo que tarde la construcción del drenaje sanitario.
- Mejorarán las condiciones sanitarias de cada hogar de la aldea, al existir una adecuada deposición de aguas jabonosas, heces y otros desechos sólidos, los cuales serán evacuados a través del drenaje sanitario.

Al llevar a cabo el proyecto se deberá de cumplir con la legislación existente con respecto al cuidado del medio ambiente y además cumplir con los requisitos de la evaluación ambiental inicial del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

### **2.1.8 Programa de mantenimiento**

Para mantener en óptimas condiciones el sistema de alcantarillado sanitario es necesario revisar periódicamente si las tuberías o colectores principales no se han obstruido con materia orgánica o inorgánica, estas inspecciones son posibles a través de los pozos de visita; si se diera el caso que los colectores principales estén obstruidos deberá realizarse una limpieza manual de las mismas. Si alguna tubería del drenaje sanitario llegará a colapsar por cualquier circunstancia, lo que corresponde es reparar o cambiar la tubería en mal estado para evitar que las aguas negras contaminen el suelo y sean focos de enfermedades para la población. Cuando el drenaje sanitario cumpla

con su período de diseño o vida útil, deberá ser reemplazado por otro, que cumpla con las necesidades sanitarias adecuadas.

### 2.1.9 Presupuesto del proyecto

**Tabla I. Presupuesto de drenaje sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Preliminares	6380.55	m.l.	Q 26.48	Q 168,956.96
Línea de drenaje de 6"	5186.85	m.l.	Q 208.00	Q 1,078,864.80
Línea de drenaje de 8"	407.57	ml.	Q 268.87	Q 109,583.35
Línea de drenaje de 10"	786.13	m.l.	Q 366.10	Q 287,802.19
Conexiones domiciliarias de 6"	299	unidades	Q 587.45	Q 175,647.55
Conexiones domiciliarias de 8"	34	unidades	Q 690.95	Q 23,492.30
Conexiones domiciliarias de 10"	36	unidades	Q 776.05	Q 27,937.80
Pozos de visita	122	unidades	Q 4,974.16	Q 606,847.52

<b>Gran Total</b>	<b>Q 2,479,132.47</b>
-------------------	-----------------------

Son: Dos millones cuatrocientos setenta y nueve mil ciento treinta y dos con cuarenta y siete centavos.

**Tabla II. Cuadro resumen de materiales de drenaje sanitario**

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Trazo + estaqueo	6380.55	ml	Q 0.25	Q 1,595.14
Tubería PVC 6"	5186.85	ml	Q 97.28	Q 504,576.77
Tubería PVC 8"	407.57	ml	Q 149.09	Q 60,764.61
Tubería PVC 10"	786.13	ml	Q 232.53	Q 182,798.81
Pegamento PVC 1/4 gal.	127.61	u	Q 94.17	Q 12,017.03
Yee de 6"x4"	299	u	Q 116.00	Q 34,684.00
Yee de 8"x4"	34	u	Q 206.00	Q 7,004.00
Yee de 10"x4"	36	u	Q 280.00	Q 10,080.00
Tubo de concreto de 12"	369	unidades	Q 45.00	Q 16,605.00
Tubería PVC 4"	184.5	unidades	Q 261.69	Q 48,281.81
Cemento	1160.5	sacos	Q 45.00	Q 52,222.50
Piedrin	72.07	m3	Q 140.00	Q 10,089.80
Arena	68.38	m3	Q 70.00	Q 4,786.60
Hierro No.3	369	unidades	Q 25.00	Q 9,225.00
Ladrillo tayuyo	106750	unidades	Q 1.50	Q 160,125.00
Acero No. 6	183	varillas	Q 60.00	Q 10,980.00
Acero No. 4	366	varillas	Q 40.00	Q 14,640.00
Acero No. 2	244	varillas	Q 11.00	Q 2,684.00
Alambre de amarre	122	lb	Q 5.00	Q 610.00
Cal hidratada	244	bolsa	Q 24.00	Q 5,856.00
Regla de 2" x 3" x 8'	1220	p-t	Q 35.00	Q 42,700.00
Tabla de 1" x 12" x 6'	1464	p-t	Q 40.00	Q 58,560.00
Clavo de 3"	122	lb	Q 5.00	Q 610.00
Clavo de 2 1/2"	122	lb	Q 5.00	Q 610.00

<b>Gran total materiales</b>	<b>Q 1,252,106.07</b>
------------------------------	-----------------------

### 2.1.10 Cronograma de ejecución

**Tabla III. Cronograma de ejecución de drenaje sanitario**

REGLÓN	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preliminares																																								
Línea de drenaje de 6"																																								
Línea de drenaje de 8"																																								
Línea de drenaje de 10"																																								
Conexiones dom. de 6"																																								
Conexiones dom. de 8"																																								
Conexiones dom. de 10"																																								
Pozos de visita																																								

### 2.1.11 Análisis socio-económico

Dentro de las necesidades que presentan nuestras comunidades se encuentran los proyectos en beneficio de la salud, dentro de las cuales se incluyen los proyectos de drenaje sanitario, ya que estos evitan que se transmitan enfermedades a través de aguas negras. Un drenaje sanitario conduce de forma adecuada las aguas contaminadas hacia cuerpos receptores que no afecten a la población. El impacto social que tendrá el proyecto de drenaje es en beneficio de la salud de los vecinos, estos actualmente deben soportar estos focos de contaminación y enfermedad; el drenaje sanitario mejorará en gran medida las condiciones sanitarias de la aldea. Todo proyecto tiene un costo económico, el cual es necesario y justificable, ya que mejora las condiciones de vida de los vecinos del lugar.

Para proyectos sociales se recurrirá a efectuar el análisis socio-económico que consiste en realizar una comparación entre los recursos que se espera puedan ser utilizados y los resultados esperados del mismo, con el propósito de determinar si dicho proyecto se adecua a los fines u objetivos perseguidos y de esta manera, permita mejorar la asignación de recursos por

parte de la sociedad. En los casos en que no es posible expresar los beneficios de un proyecto en términos monetarios, o bien el esfuerzo es demasiado grande para justificarse, se aplican métodos de costo-eficiencia. El objetivo de estos es determinar que alternativa de proyecto logra los objetivos deseados, al mínimo costo (es decir más eficientemente). En un proyecto social, la eficiencia se puede medir en términos físicos y monetarios es por eso que dentro de los criterios más utilizados se encuentran: en proyectos de drenaje sanitario, costo de inversión por vivienda.

Costo-eficiencia drenaje sanitario aldea Miriam II:

$$\frac{\text{Q. } 2,479,132.47}{2,952 \text{ hab.}} = \text{Q.}839.81/\text{hab.}$$

## **2.2 Diseño de pavimento rígido de la aldea Miriam II, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

#### **2.2.1.1 Descripción del tramo a diseñar**

El proyecto comprende la planificación y diseño de un pavimento rígido de una longitud de 1982 metros lineales, formado por el eje central de la ruta que pasa a través por la Aldea Miriam II, iniciando en la entrada de la aldea sobre la circunvalación que se encuentra en las afueras de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa sobre la ruta asfaltada CA- 2D hasta el tramo asfaltado que conduce hacia el Ingenio la Unión.

#### **2.2.1.2. Descripción del tipo de camino a diseñar**

El camino a diseñar es una vía rural que comunica a la aldea Miriam II con la CA-2D, que es la circunvalación que comunica Santa Lucía Cotzumalguapa con Siquinalá. Este camino actualmente es de terracería, tendrá una sección típica de 6 metros de ancho con una pendiente transversal de 3% para drenar el agua pluvial hacia las cunetas longitudinales que ayudarán a darle una mayor vida útil al pavimento.

### **2.2.2 Descripción de un pavimento**

Se denomina pavimento a las estructuras generalmente integradas por la sub-base, la base y la carpeta de rodadura, todo lo cual se construye sobre una terracería debidamente compactada.

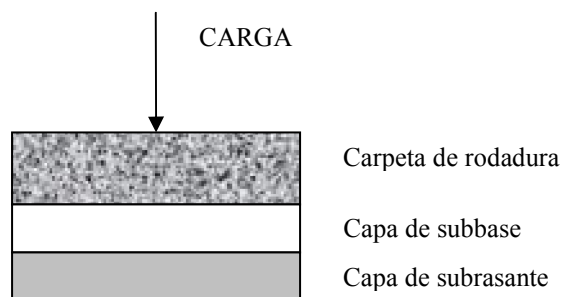
### 2.2.2.1 Pavimentos rígidos

Se denomina pavimento rígido a aquel cuya superficie de rodadura está construida de concreto hidráulico, los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos: concreto hidráulico simple, concreto hidráulico reforzado y concreto reforzado continuo. En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura del pavimento.

### 2.2.2.2 Elementos estructurales de un pavimento rígido

Un pavimento rígido está conformado por la capa subrasante, la capa subbase y la carpeta de rodadura, a diferencia de un pavimento flexible, el pavimento rígido no cuenta con la capa de base. Cada una de estas capas cumple una función estructural para el funcionamiento adecuado y prolongado del pavimento rígido.

**Figura No. 4 Esquema de un pavimento rígido**





### 2.2.2.3 Maquinaria utilizada en compactación de suelos

#### a) Vibroapisonadores:

También a veces llamados pisonos rápidos de carrera larga, son accionados por lo general por motores de gasolina o diesel y en caso de aplicaciones especiales por motores eléctricos. La fuerza generada por el motor es transmitida a través de un embrague centrífugo a una caja de engranajes, la cual convierte el movimiento de rotación en un movimiento ascendente y descendente, o sea una longitud oscilante, a través de un accionamiento excéntrico y una biela. El efecto de compactación de un vibroapisonador depende del número de golpes por minuto, del trabajo de impacto por golpe, la altura del salto y del pisón del mismo.

**Figura No 5. Vibroapisonador**



#### b) Planchas vibradoras

Las máquinas más corrientes de conducción manual para la compactación en todo tipo de obras son las planchas vibradoras. En particular muestran su fuerte en suelos principalmente del tipo granular, es decir no cohesivos, hasta inclusive suelos levemente cohesivos. El porcentaje de compactación de un cierto tipo de suelo depende en alto grado de las características técnicas y mecánicas de la plancha vibradora, adicionalmente a la capacidad del suelo a

ser compactado. Algunas de estas características son: la frecuencia del excitador, la fuerza centrífuga, la velocidad de avance de la plancha vibradora, el tamaño de la placa base con o sin placas adicionales.

**Figura 6. Plancha vibradora**



### **c) Rodillos vibratorios**

Estos no sólo compactan por acción de su gran peso sino también, simultáneamente y debido a la vibración (es decir por acción de oscilaciones), dirigen fuerzas dinámicas dentro del material a compactar resultando de esta forma una compactación más efectiva y con una penetración mayor. Los rodillos vibratorios son fabricados en variedad de tipos: rodillos de conducción manual, rodillos autopropulsados y rodillos remolcables.

**Figura 7. Rodillo vibratorio**



#### **2.2.2.4 Maquinaria utilizada en pavimentación**

##### **a) Motoniveladora**

La motoniveladora es una maquinaria de gran versatilidad, pudiendo ser mecánica o hidráulica, de chasis articulado o fijo, la pala posee gran capacidad de movimiento. Esta máquina puede excavar el terreno, transportarlo o extenderlo, pero su principal aplicación es en trabajos de terminación de la explanación, refinado de taludes, extensión y mezcla de materiales, limpieza de terrenos, cunetas y mantenimiento de caminos. Este tipo de máquina puede tener 2 ó 3 ejes y una cuchilla de 3 a 3.5 metros.

La cuchilla puede ascender o descender, desplazarse lateralmente, girar 180° en el plano horizontal, girar de 0° a 90° en el plano vertical, girar alrededor de su propio eje.

Es limitante para su utilización la presencia de raíces mayores, suelos rocosos o muy húmedos.

Las partes componentes de la motoniveladora son:

- Sistema de desplazamiento
- Cuchilla niveladora
- Escarificador
- Sistemas hidráulicas
- Manillas, asideros y barandillas

**Figura 8. Motoniveladora**



**b) Bulldozer**

El bulldozer se usa preferentemente en aquellos lugares que presentan condiciones de trabajo difíciles tales como pendientes fuertes y terreno con poca capacidad de soporte y en cortas distancias. A parte de los elementos descrito debe tener también algún tipo de blindaje en su parte inferior para evitar daños en el cárter o radiador dadas las condiciones de trabajo. Los trabajos que se pueden efectuar con el bulldozer son los siguientes:

- Roturación
- Destronque
- Empuje de tierra
- Nivelación
- Perfilado
- Excavación en línea recta.
- Extendido de capas.
- Construcción de terraplenes.

El Bulldozer es una máquina especial para los trabajos de despejado y despedregado. El tractor, para su óptimo aprovechamiento, debe trabajar a favor de la fuerza de gravedad, es decir, en sentido descendente del terreno.

Para ejecutar un perfil mixto, sobre las laderas, el Bulldozer puede trabajar siguiendo las curvas de nivel.

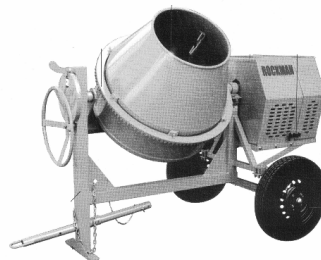
Se compone de las siguientes partes:

- Protecciones
- Manillas asideros y barandilla
- Elementos de desplazamiento
- Sistemas hidráulicas de accionamiento
- Pala

### **c) Mezcladoras de concreto**

La mezcladora de concreto es la máquina para vaciado de concreto que rige, generalmente, las capacidades necesarias de toda maquinaria independiente. En estas máquinas se utilizan gran número de formas y tamaños mezcladores. Los tambores pueden ser o no inclinables y giran sobre un eje horizontal. El volumen del tambor se especifica generalmente, en el número de la mezcladora.

**Figura 9. Mezcladora de concreto**



### **2.2.3. Levantamiento topográfico**

#### **2.2.3.1 Planimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios y así proyectar una figura en un plano horizontal. Para el levantamiento planimétrico, se utilizaron radiaciones, para poder obtener el ancho de la calle; para esto, se utilizó un teodolito marca SOKKIA TM20H, un estadal y cinta métrica.

#### **2.2.3.2 Altimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados para determinar el perfil del terreno, para el levantamiento se utilizó un nivel marca Leica modelo WILD NA20, un estadal, plomada y cinta métrica.

### **2.2.4 Ensayos de suelos**

#### **2.2.4.1 Granulometría**

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-27. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Los resultados de este

análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica.

Con la curva obtenida, se calculan los siguientes coeficientes:

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

donde:

$C_u$  = coeficiente de uniformidad

$D_{60}$  = tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

$D_{10}$  = tamaño correspondiente al 10%, obtenido de la curva

El coeficiente de uniformidad indica la variación del tamaño de los granos.

$$C_g = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$$

donde:

$C_g$  = coeficiente de graduación

$D_{60}$  = tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

El coeficiente de graduación indica una medida de la forma de la curva entre  $D_{60}$  y  $D_{10}$ .

Los valores del coeficiente de uniformidad y el de graduación indican si se tiene un suelo bien graduado para que las partículas pequeñas llenen los espacios vacíos entre los granos de mayor tamaño durante la compactación (ver anexo).

### **2.2.4.2 Límites de Atterberg**

Para conocer la plasticidad de un suelo, que es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite sin romperse, se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado líquido.

#### **2.2.4.2.1. Límite líquido**

Normado por la A.A.S.H.T.O T-89. Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico. El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido es el que ideó Casagrande.

El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan pasado la malla No. 40. Si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L.L. = w(N/25)^{0.121}$$

donde:

L.L. = Límite líquido calculado del suelo.

w = % de humedad arbitraria del suelo con respecto al peso seco.

N = Número de golpes necesario para cerrar la ranura en la copa de Casagrande, correspondiente a w.



#### **2.2.4.2.2 Límite plástico**

Normado por la A.A.S.H.T.O T-90. Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse. El límite plástico se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{L.P.} = [(P_h - P_s) / P_s] \times 100$$

donde:

L.P. = Humedad correspondiente al límite plástico en %

$P_h$  = Peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos

$P_s$  = Peso de los trocitos de filamentos secos en gramos

$P_w$  = Peso del agua contenida en los filamentos pesados en gramos

#### **2.2.4.2.3 Índice plástico**

No es más que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la

calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

I.P. = 0 suelo no plástico

I.P. = 7 suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq \text{I.P.} \leq 17$  suelo medianamente plástico

#### **2.2.4.3 Ensayo de compactación o Proctor modificado**

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-180. La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se le llama “contenido óptimo de humedad” para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Antes de la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz No. 4. Se entiende por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas si las hubiere. La prueba de proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

En este ensayo se utilizó un pisón de 10 libras y una altura de caída de 18 pulgadas, compactando en 5 capas, usando para ello 25 golpes (ver anexo).

#### 2.2.4.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R.)

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-193. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua.

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 mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los valores de penetración del pistón en el ensayo de C.B.R. son:

- 0.1 pulgada de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras
- 0.2 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

En este ensayo, se mide la resistencia que opone un suelo a la penetración de un pistón de 3 plg<sup>2</sup>. de área en una muestra de suelo de 6 plg. (15 cm.) de diámetro y 5 plg. (12.5 cm.) de altura, a una velocidad de 1.27 mm/min. (0.5 plg./min.). La fuerza necesaria para que el pistón penetre dentro del suelo se mide a determinados intervalos de penetración; estas fuerzas medidas, se comparan con las que se necesitan para producir iguales penetraciones en una muestra que sirve de patrón, la cual es piedra partida bien graduada; la definición del CBR es:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5 mm en un suelo}}{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5 mm en la muestra patrón}}$$

Relación que nos da un valor que se indica en porcentaje, el cual puede ser muy variable dependiendo de los suelos analizados; 2 a 4% en arcillas plásticas hasta un 70% o más en materiales granulares de buena calidad. El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la subrasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

#### **2.2.4.5 Análisis de resultados**

Los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, se encuentran en los anexos.

De estos resultados dependen los espesores de las capas que conforman el pavimento rígido.

El resumen de resultados se muestra a continuación:

- Descripción del suelo: Arena limosa con grava color gris
- Clasificación P.R.A.: A-1b
- Clasificación S.C.U.: SW
- Límite líquido: Material no plástico
- Índice plástico: Material no plástico
- Densidad seca máxima: 1,789 kg/m<sup>3</sup>  
111.7 lb/pie<sup>3</sup>
- Humedad óptima: 13.5 %
- C.B.R. crítico: 33.1%

### **2.2.5 Teoría de diseño de pavimentos rígidos**

La Asociación de Cemento Pórtland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito. Estos métodos son:

- a) Método de capacidad: este método se utiliza cuando es posible obtener datos exactos de carga de tránsito.
- b) Método simplificado: se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Para el diseño del pavimento rígido, se utilizó el método simplificado, para el cual la PCA ha elaborado tablas, basadas en distribuciones de carga-eje, para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están diseñadas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor de de 1.0, 1.1, 1.2, y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Las diferentes categorías se muestran en la tabla 2 del anexo.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la sub-base ya que mejoran la estructura del pavimento.

Los pasos para el cálculo del espesor de un pavimento por medio de este método son:

- a) Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, sin incluir camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- b) Determinar la categoría de carga por eje según la tabla correspondiente

- c) Determinar el espesor de la losa requerida por medio de la tabla correspondiente.

Conociendo el CBR de la subrasante, se busca su correspondiente módulo de reacción en la tabla I de los anexos. Se determina el espesor de la subbase. El módulo de reacción se incrementa. Con este valor, se clasifica la resistencia de la combinación subrasante subbase según la tabla No. 3 (ver anexos)

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre él. Por eso es necesario conocer datos como:

- a) TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- b) TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD. El dato del TPC se obtiene de contadores especiales de tránsito o cualquier otro método de conteo.

#### **2.2.6. Diseño de pavimento rígido**

El pavimento rígido se diseñará para un período de 20 años, utilizando el método simplificado de la PCA (Portland Cement Association). Para el diseño del pavimento rígido de la Aldea Miriam 2, se procedió a identificar la categoría correspondiente al tramo según los datos proporcionados en tablas por el método simplificado de la PCA.

Se consideró la categoría 2 debido a que el tramo a diseñar es una carretera rural y secundaria, en dicha categoría el TPD se encuentra en un rango de 700 a 5000 vehículos con un porcentaje de 5 a 18% de TPDC.

Por lo tanto, considerando un TPD de 700 vehículos con un 15% de vehículos pesados, se obtiene un TPDC de 105 en ambos sentidos, es decir, 53 en un solo sentido. Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del  $15\%f'c$ ; el  $f'c$  tiene un valor de 4000 PSI y el módulo de ruptura es de 600 PSI. A continuación se describen cada uno de los elementos estructurales que constituyen el pavimento rígido y sus características después del diseño.

#### **2.2.6.1 Sub-rasante**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de los suelos subyacentes.

Para compactar la capa de subrasante, el espesor de ésta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T-180.

El módulo de reacción K de la subrasante es  $280 \text{ lb/plg}^3 = 7.77 \text{ kg/m}^3$  según la figura de interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte. (ver anexos)

#### **2.2.6.2 Sub-base**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y control de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Las subbases son necesarias con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa. El material de subbase debe homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad.

Para la subbase del pavimento rígido se utilizará una capa de material selecto con un espesor de 10 cm., este material debe ser compactado adecuadamente para evitar asentamientos en la losa de concreto hidráulico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido.



### **2.2.6.3 Carpeta de rodadura**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, será construida con concreto hidráulico simple, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento. La carpeta de rodadura será construida con concreto hidráulico simple, es decir, no contiene armadura en la losa, las juntas a utilizar serán de trabe por agregados con bordillo integrado, eso da como resultado un espesor de 6", por facilidad de construcción en obra el espesor de la losa de concreto hidráulico simple será de 15 cms, este espesor se obtuvo del diseño del pavimento por el método simplificado de la Portland Cement Association (PCA) en función del valor K de la subrasante, el módulo de ruptura del concreto y de la categoría de tránsito que según la PCA se le asigno la categoría 2. Para encontrar el valor del espesor de la losa del pavimento es necesario utilizar la tabla No. 3 de los anexos Las juntas transversales y longitudinales serán construidas a cada 3.00 metros respectivamente, la pendiente de bombeo será del 2%, así como se indica en los planos.

### **2.2.7 Diseño geométrico de carreteras**

Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno. Sin embargo, la selección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios que se adopten. Estos criterios, a su vez, dependen del tipo y volumen de tránsito futuro y de la velocidad de diseño. Esto sucede, por ejemplo, al atravesar las poblaciones en las cuales se debe de tener en cuenta la altura de las entradas a las casas, proyectando una subrasante que

se acomode a un buen número de puntos obligados para evitar defectos de drenaje o de carácter estético.

### **2.2.7.1 Diseño de curvas horizontales**

Las curvas horizontales deben diseñarse de tal manera que proporcionen seguridad, visibilidad y confort a los vehículos que transiten por la misma. La topografía del lugar condiciona muy especialmente los radios de curvatura y la velocidad de diseño.

### **2.2.7.2 Diseño de curvas verticales**

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el usuario de la vía. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de una apariencia tal que el cambio de pendientes sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes. Únicamente se proyectará curva vertical cuando la diferencia algebraica entre pendiente sea mayor a 0.5%, ya que en los casos de diferencia igual o menor a la indicada, el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción.

### **2.2.8 Programa de mantenimiento**

Consiste en la reparación de las áreas afectadas de la losa, la reparación de juntas, la reparación de grietas; se cambian las losas colapsadas, es decir, las que sea imposible su reparación. Cuando las losas presentan ahuellamiento

o escalonamiento se deben fresar a la profundidad necesaria para eliminarlo. Cuando el estado de deterioro de la superficie, losas, sub-base ó de las juntas, presentan grietas, escalonamiento, etc. y las condiciones de transitabilidad son molestas para el usuario, entonces se hace necesario efectuar una reparación para volverlo a su estado original.

### 2.2.9 Presupuesto del proyecto

**Tabla IV. Presupuesto de pavimento rígido**

Reglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Preliminares	1982	m.l.	Q 20.30	Q 40,234.60
Movimiento de tierra	1968.52	m <sup>3</sup>	Q 116.42	Q 229,175.10
Sub-base de 0.10 m de espesor	1196.4	m <sup>3</sup>	Q 184.40	Q 220,616.16
Bordillo	3963	ml	Q 52.25	Q 207,066.75
Pavimento de 0.15 m de espesor	11889	m <sup>2</sup>	Q 169.45	Q 2,014,591.05
Banqueta	2074.7	m <sup>2</sup>	Q 57.68	Q 119,668.70
Cuneta	3963	ml	Q 79.38	Q 314,582.94
Drenaje transversal	2	unidades	Q 6,285.14	Q 12,570.28
<b>Gran total</b>				<b>Q 3,158,505.57</b>

### 2.2.10 Cronograma de ejecución

**Tabla V. Cronograma de ejecución de pavimento rígido**

REGLÓN	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preliminares																								
Movimiento de tierra																								
Base de selecto																								
Bordillo																								
Pavimentación																								
Cunetas																								
Drenaje transversal																								

### **2.1.11 Análisis socio-económico**

La construcción del pavimento rígido para la aldea Miriam II es fundamental para su desarrollo social y económico, este proyecto agiliza la movilización de sus habitantes, aumento de productividad en el intercambio de mercancías y aumenta la plusvalía de sus terrenos.

Por se un proyecto social se recurrirá a efectuar el análisis socio-económico que consiste en realizar una comparación entre los recursos que se espera puedan ser utilizados y los resultados esperados del mismo, con el propósito de determinar si dicho proyecto se adecua a los fines u objetivos perseguidos y de esta manera, permita mejorar la asignación de recursos por parte de la sociedad. En los casos en que no es posible expresar los beneficios de un proyecto en términos monetarios, o bien el esfuerzo es demasiado grande para justificarse, se aplican métodos de costo-eficiencia. El objetivo de estos es determinar que alternativa de proyecto logra los objetivos deseados, al mínimo costo (es decir más eficientemente). En un proyecto social, la eficiencia se puede medir en términos físicos y monetarios es por eso que dentro de los criterios más utilizados en proyectos de pavimento rígido se encuentran: costo de inversión por metro lineal.

Costo-eficiencia de pavimento rígido de aldea Miriam II:

$$\frac{\text{Q. 3,158,505.57}}{1982 \text{ m.}} = \text{Q.1593.60/m.}$$



## CONCLUSIONES

1. Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) se realizaron los estudios técnicos necesarios para la planificación y diseño del drenaje sanitario y el pavimento rígido de la aldea Miriam II, fue una experiencia enriquecedora tanto en el ámbito profesional como personal, porque presenta una perspectiva del ejercicio profesional del Ingeniero Civil, nos permite darnos cuenta de las necesidades en nuestra sociedad, interactuar de manera más directa con ella y aportar con nuestro conocimiento al desarrollo del país.
2. En la Aldea Miriam II, se priorizaron los proyectos de drenaje sanitario y pavimento rígido por ser proyectos de demanda social no solo de la aldea en mención sino en todo el país. Con los proyectos se busca mejorar las condiciones sanitarias, condiciones de vida y el desarrollo de la aldea.
3. El drenaje sanitario de la aldea Miriam II beneficiará a una población de 2952 habitantes, el fin de dicho proyecto es mejorar las condiciones sanitarias de la aldea, evitando que las aguas residuales produzcan enfermedades y malos olores. La tubería a utilizar será de material PVC (polivinilo de cloruro) de diámetros de 6", 8" y 10" respectivamente, cumpliendo con las especificaciones de diseño hidráulico según las normas generales de diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). La cota invert mínima de la tubería de los colectores será de 1.20 m. para evitar rupturas por las cargas de tránsito.

4. El pavimento rígido de la aldea Miriam II tiene una longitud total de 1982 metros lineales, la losa será de concreto hidráulico simple con un espesor de 15 cm., habiendo diseñado dicho espesor a través del método simplificado de la Portland Cement Association (PCA). Se realizaron estudios de mecánica de suelos llevando a cabo el ensayo de compactación, ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.), ensayo de Límites de Atterberg y análisis granulométrico, para conocer la propiedad físico-mecánicas del suelo sobre el cual se apoyará el pavimento rígido. La población de la aldea Miriam II se beneficiará grandemente ya que con el pavimento rígido podrán movilizarse de una manera más eficaz y cómoda, produciendo desarrollo social y económico para la aldea.

## RECOMENDACIONES

1. Supervisar adecuadamente la ejecución de los proyectos de drenaje sanitario y pavimento rígido para la aldea Miriam II, para que cumplan los períodos de diseño y la finalidad para la cual fueron diseñados.
2. Realizar mantenimiento constante al sistema de drenaje sanitario por lo menos dos veces al año para que su funcionamiento hidráulico sea el adecuado, y de esta manera evitar obstrucciones en los colectores por acumulación de desechos sólidos.
3. Capacitar a los habitantes de la aldea Miriam II para que conozcan la forma de darle mantenimiento al drenaje sanitario y al pavimento rígido, asimismo incentivar la participación de los vecinos para que los proyectos se mantengan en funcionamiento y sean duraderos.
4. Verificar en la medida de lo posible que los habitantes de la aldea no conecten las aguas pluviales al sistema de drenaje, ya que ello podría causar colapsos en las tuberías de los colectores.
5. Planificar la limpieza de cunetas y drenajes transversales antes de la época de invierno para que el agua pueda drenar adecuadamente y evitar que existan inundaciones en la carpeta de rodadura y pueda causar inconvenientes a los vehículos al transitar.
6. Verificar que se compacte adecuadamente la subrasante y base del pavimento, para evitar hundimientos y fallas en la losa.



7. Verificar que las mezclas de concreto se dosifiquen adecuadamente, pero ante todo supervisar que no se le agregue más agua de la necesaria a la mezcla con la excusa de fundir más rápido la losa del pavimento, porque resulta en pérdida de resistencia del concreto y una disminución de la vida útil de la carpeta de rodadura.

## BIBLIOGRAFÍA

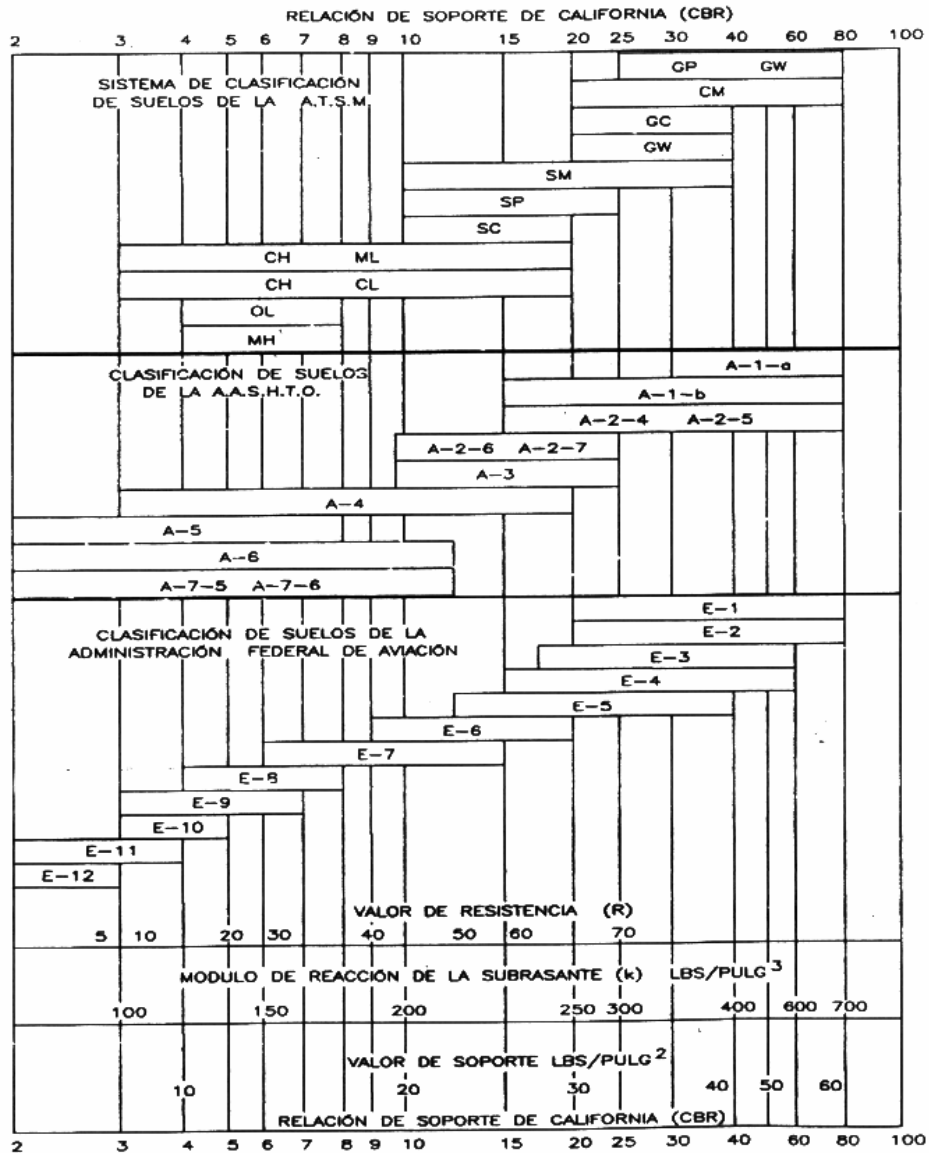
1. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1996.
2. Contreras Barrientos, Walter Giovanni. Aplicaciones de Microsoft Excel al diseño, cálculo y estimación de costos de sistemas de alcantarillado en la República de Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2000.
3. Coronado Iturbide, Jorge Ing. Manual Centroamericano para diseño de pavimentos. Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional (USAID) y Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Noviembre de 2002
4. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Normas generales para diseño de alcantarillados. Guatemala, noviembre 2001.
5. Mérida Villatoro, Luis Roberto. Diseño de sistema de agua potable para la aldea el Patrocinio y pavimento rígido de un tramo carretero de la cabecera municipal del municipio de San Vicente Pacaya. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2005.



# APÉNDICE



Figura 10. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte.



**Tabla VI. Categoría de carga por ejes**

CARGA POR EJE CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁFICO			MÁXIMA CARGA POR EJE, KIPS	
		TPD	TPDC		EJE SENCILLO	EJE TANDEM
			%			
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo o medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 A 5000	5 a 18	De 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio). Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 dos carriles. 3000 a 50000 cuatro carriles o más.	8 a 30	De 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales y carreteras primarias. Supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)		8 a 30	De 1500 a 8000	34	60

Los descriptores de alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas eje para el tipo de calle o carretera.

**Tabla VII. Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

<b>Tipos de suelos</b>	<b>Soporte</b>	<b>Rango de valores de K (PCA)</b>
Tipos de suelos Suelos de grano fino en los cuales el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130-170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180-220
Subbases tratadas con cemento.	Muy alto	250-400



**Tabla VIII. TPDC permisible. Carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas con agregados de trabe**

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo						
Espesor de losa (plg.)	Soporte subrasante-subbase				Espesor de losa (plg.)	Soporte subrasante-subbase					
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		
MR = 650 PSI	5.5	5				5	3	9	42		
					5.5	9	42	120	450		
	6		4	12	59	6	96	380	970	3400	
	6.5	9	43	120	400	6.5	650	1000	1400	2100	
	7	80	320	840	3100	7	1100	1900			
	7.5	490	1200	1500							
8	1300	1900									
MR = 600 PSI	6	11				5			1	8	
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98	
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810	
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	620	1500	2100	
	8	590	1900				7	1000	1900		
	8.5	1900									
MR = 550 PSI	6.5	4				5.5	3				17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160	
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100	
	8	120	470	1200			7	210	770	1900	
	8.5	560	2200				7.5	1100			
	9	2400									

**Tabla IX. Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)**

Valor de K de la subrasante Lb./plg <sup>3</sup>	Valores de K sobre la base lb./plg <sup>3</sup>			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
	50	65	75	85
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Tabla X. Diseño hidráulico de drenaje sanitario

DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
 ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA  
 LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Dotación (l/habitadía)	125
Factor de retorno	0.8
Habitantes/vivienda	8
Período de diseño (años)	32
Tasa de crecimiento (%)	3.00%
Cota invert mínima	1.2
Factor de cuadal medio	0.002

Nota:  
 Toda la tubería a utilizar será de P.V.C.  
 La diámetro de tubería mínimo a utilizar será de 6 pulgadas.  
 El diseño hidráulico se basa en las normas del INF-OM (Instituto de Fomento Municipal).

DE	A	COTA TERRENO		D.H. (m)	S(%)	No. DE CASAS		HAB.	F.H.		Qd. (l/s) parcial		Ø TUBO (pulgadas)	S(%)	SECCIÓN LLENA		v diseño		COTA INVERT		PROF. P.V.	EXCAVACIÓN		
		INICIO	FINAL			TERRENO	LOCAL		ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL			FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL			FUTURO	ACTUAL
1	2	100.43	98.37	88.42	2.33	4	4	32	82	4.35	4.27	0.28	0.59	6	3.00	1.96	35.75	0.58	0.73	99.23	96.58	1.20	1.79	79.41
2	3	98.37	98.80	22.62	-1.89	0	4	32	82	4.35	4.27	0.22	0.55	6	2.00	1.6	29.19	0.47	0.62	96.55	96.09	1.82	2.70	30.73
3.3	3.2	102.46	99.80	44.70	5.95	2	2	16	41	4.39	4.33	0.14	0.30	6	5.95	2.76	50.35	0.59	0.75	101.26	98.60	1.20	1.20	32.18
3.2	3.1	99.80	98.94	63.35	1.36	3	5	40	103	4.33	4.24	0.31	0.71	6	1.36	1.32	24.08	0.46	0.59	98.57	97.70	1.23	1.23	46.77
3.4	3.1	98.71	98.94	35.95	-0.65	4	4	32	82	4.35	4.27	0.25	0.56	6	1.20	1.24	22.62	0.41	0.52	97.51	97.07	1.20	1.87	33.06
3.1	3	98.94	98.80	19.69	0.71	0	9	72	185	4.28	4.16	0.48	1.20	6	1.00	1.13	20.61	0.46	0.61	97.04	96.85	1.90	1.95	24.63
4	5	97.14	96.32	67.72	1.21	1	14	112	288	4.23	4.09	0.74	1.84	6	1.00	1.13	20.61	0.53	0.7	96.06	95.70	2.74	1.44	49.32
5.1	5	97.37	96.32	63.30	1.66	2	2	16	41	4.39	4.33	0.15	0.31	6	2.00	1.6	29.19	0.42	0.52	96.17	94.91	1.20	1.41	49.62
5	6	96.32	96.00	76.42	0.42	6	23	184	474	4.16	3.99	1.22	2.96	6	2.50	1.79	32.65	0.85	1.11	94.82	92.91	1.50	3.09	122.69
6.3	6.2	96.67	96.91	55.08	-0.44	2	2	16	41	4.39	4.33	0.15	0.31	6	1.90	1.56	28.46	0.41	0.51	95.47	94.42	1.20	2.49	60.92
6.2	6.1	96.91	96.97	22.71	-0.26	1	3	24	62	4.37	4.29	0.18	0.42	6	1.70	1.48	27	0.41	0.54	94.39	94.01	2.52	2.96	40.44
6.5	6.4	97.00	97.20	29.00	-0.69	3	3	24	62	4.37	4.29	0.19	0.43	6	1.50	1.39	25.36	0.41	0.52	95.80	95.37	1.20	1.84	26.4
6.4	6.1	97.20	96.97	29.91	0.77	0	3	24	62	4.37	4.29	0.18	0.43	6	1.70	1.48	27	0.41	0.54	95.34	94.83	1.87	2.14	38.97
6.1	6	96.97	96.00	79.35	1.22	0	6	48	124	4.32	4.22	0.36	0.85	6	1.78	1.51	27.54	0.53	0.68	93.98	92.56	2.99	3.44	165.76
6	7	96.00	94.57	63.92	2.24	4	33	264	680	4.10	3.90	1.68	4.13	6	0.80	1.01	18.42	0.63	0.81	92.53	92.02	3.47	2.55	134.49
7	8	94.57	93.41	53.95	2.15	4	37	296	762	4.08	3.87	1.86	4.59	6	1.25	1.27	23.17	0.76	0.99	91.99	91.32	2.58	2.09	81.83
8	9	93.41	92.22	72.10	1.65	10	47	376	968	4.03	3.81	2.35	5.74	6	1.65	1.45	26.45	0.89	1.16	91.29	90.10	2.12	2.12	99.38
9	10	92.22	91.74	49.08	0.98	7	54	432	1112	4.01	3.77	2.66	6.50	6	0.98	1.12	20.43	0.77	0.99	90.07	89.59	2.15	2.15	68.62
10.1	10	91.57	91.74	64.00	-0.27	4	4	32	82	4.35	4.27	0.26	0.58	6	1.20	1.24	22.62	0.41	0.53	90.37	89.60	1.20	2.14	64.09
10	11	91.74	91.30	45.67	0.96	4	62	496	1277	3.98	3.73	3.01	7.38	6	1.00	1.13	20.61	0.81	1.04	89.56	89.10	2.18	2.20	65
11.2	11.1	91.60	90.70	33.15	2.71	5	5	40	103	4.33	4.24	0.30	0.69	6	2.72	1.87	34.11	0.58	0.74	90.40	89.50	1.20	1.20	23.88
11.1	11	90.70	91.30	45.78	-1.31	0	5	40	103	4.33	4.24	0.29	0.70	6	1.20	1.24	22.62	0.43	0.56	89.47	88.92	1.23	2.38	49.62
11	12	91.30	90.29	36.58	2.76	5	72	576	1483	3.94	3.68	3.45	8.45	6	2.76	1.88	34.29	0.42	0.51	88.89	87.88	2.41	2.41	57.32
12.2	12.1	90.86	90.59	56.00	0.48	2	2	16	41	4.39	4.33	0.15	0.31	6	1.85	1.54	28.09	0.41	0.51	89.66	88.62	1.20	1.97	53.19
12.1	12	90.59	90.29	51.22	0.59	0	2	16	41	4.39	4.33	0.14	0.31	6	2.00	1.6	29.19	0.41	0.52	88.59	87.57	2.00	2.72	78.51
12	13	90.29	89.61	47.37	1.44	2	76	608	1566	3.93	3.67	3.63	8.90	6	0.50	0.8	14.59	0.66	0.84	87.54	87.30	2.75	2.31	77.86
13.3	13.2	89.83	89.67	28.41	0.56	8	8	64	165	4.29	4.18	0.46	1.08	6	0.70	0.95	17.33	0.41	0.53	88.63	88.43	1.20	1.24	20.79
13.2	13.1	89.67	89.50	39.21	0.43	2	10	80	206	4.27	4.14	0.54	1.34	6	0.60	0.88	16.05	0.41	0.53	88.40	88.17	1.27	1.33	30.62
13.1	13	89.50	89.61	74.18	-0.15	0	10	80	206	4.27	4.14	0.56	1.36	6	0.60	0.88	16.05	0.41	0.53	88.14	87.69	1.36	1.92	73.07
14.3	14	89.61	89.11	30.36	1.65	4	90	720	1854	3.89	3.61	4.24	10.36	6	1.00	1.13	20.61	0.89	1.13	87.27	86.97	2.34	2.14	44.19
14.2	14.1	90.45	90.81	42.07	-0.86	5	5	40	103	4.33	4.24	0.30	0.70	6	1.00	1.13	20.61	0.41	0.52	89.25	88.83	1.20	1.98	40.14
14.1	14	90.81	90.72	10.78	0.83	1	6	48	124	4.32	4.22	0.32	0.81	6	1.10	1.19	21.71	0.43	0.57	88.80	88.68	2.01	2.04	14.19
14.1	14	90.72	89.11	42.31	3.81	0	6	48	124	4.32	4.22	0.34	0.83	6	3.80	2.21	40.31	0.67	0.88	88.65	87.04	2.07	2.07	56.88

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**  
**ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCIA COTZUMAL GUAPA, ESCUINTLA**  
**LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**  
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dotación (litros/día)	125
Factor de retorno	0.8
Habitantes/vivienda	8
Período de diseño (años)	32
Tasa de crecimiento (%)	3.00%
Cota invert mínima	1.2
Factor de cuerdal medio	0.002

Nota:

Toda la tubería a utilizar será de P.V.C.

La diámetro de tubería mínimo a utilizar será de 6 pulgadas.

El diseño hidráulico se basa en las normas del INFOM (Instituto de Fomento Municipal).

DE	P.V.	COTA TERRENO		D.H. (m)	S(%)	No. DE CASAS		F.H.	Qd. (l/s) parcial		Ø TUBO (pulgadas)	S(%)	SECCIÓN LLENA		v diseño		COTA INVERT		PROF. P.V.	EXCAVACIÓN				
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.		ACTUAL	FUTURO			ACTUAL	FUTURO	VEL (m/s)	Q (l/s)	ACTUAL	FUTURO			INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
14	15	89.11	88.67	24.14	1.82	1	97	776	1998	3.87	3.59	4.53	11.09	6	1.90	1.56	28.46	1.14	1.46	86.94	86.48	2.17	2.19	34.21
15	16	88.67	87.63	43.30	2.4	6	103	824	2122	3.85	3.57	4.82	11.73	6	2.40	1.75	31.92	1.26	1.62	86.45	85.41	2.22	2.22	62.46
16.2	16.1	87.18	87.25	64.60	-0.11	6	6	48	124	4.32	4.22	0.37	0.85	6	0.90	1.07	19.52	0.42	0.53	85.98	85.40	1.20	1.85	59.14
16.1	16	87.25	87.63	93.35	-0.41	3	9	72	185	4.28	4.16	0.53	1.24	6	0.65	0.91	16.6	0.41	0.53	85.37	84.76	1.88	2.87	144.1
16	17	87.63	86.41	45.38	4.89	3	115	920	2369	3.82	3.53	5.32	12.94	6	4.89	2.5	45.6	1.67	2.15	84.73	82.51	2.90	2.90	92.05
17.5	17.4	88.20	88.15	57.25	0.09	4	4	32	82	4.35	4.27	0.26	0.58	6	1.20	1.24	22.62	0.41	0.53	87.00	86.31	1.20	1.84	52.16
17.4	17.3	88.15	87.97	26.90	0.87	2	6	48	124	4.32	4.22	0.34	0.82	6	0.95	1.1	20.07	0.41	0.54	86.28	86.03	1.87	1.94	33.3
17.6	17.3	89.20	87.97	42.20	2.91	3	3	24	62	4.37	4.29	0.19	0.44	6	2.92	1.93	35.21	0.51	0.66	88.00	86.77	1.20	1.20	30.41
17.3	17.2	87.97	86.92	12.66	8.29	0	9	72	185	4.28	4.16	0.47	1.20	6	2.50	1.79	32.65	0.64	0.85	86.00	85.68	1.97	1.24	13.21
17.7	17.2	88.60	86.92	52.40	3.21	2	2	16	41	4.39	4.33	0.14	0.31	6	3.60	2.15	39.22	0.51	0.64	87.40	85.51	1.20	1.41	40.97
17.2	17.1	86.92	86.91	22.04	0.05	0	11	88	227	4.26	4.13	0.58	1.46	6	0.60	0.88	16.05	0.41	0.55	85.48	85.35	1.44	1.56	19.8
17.9	17.1	89.80	86.91	54.50	5.3	6	6	48	124	4.32	4.22	0.37	0.84	6	5.30	2.61	47.61	0.77	0.99	88.60	85.71	1.20	1.20	39.22
17.8	17.1	89.29	86.91	62.70	3.8	6	6	48	124	4.32	4.22	0.37	0.85	6	3.80	2.21	40.31	0.69	0.89	88.09	85.71	1.20	1.20	45.19
17.1	17	86.91	85.41	41.22	3.64	0	23	184	474	4.16	3.99	1.18	2.94	6	3.00	1.96	35.75	0.9	1.18	85.32	84.08	1.59	1.33	36.03
17	18	85.41	84.01	67.00	2.09	6	144	1152	2966	3.76	3.45	6.57	15.84	6	2.00	1.6	29.19	1.29	1.63	82.48	81.14	2.93	2.87	135.88
18	19	84.01	83.25	56.44	1.35	6	150	1200	3090	3.75	3.43	6.82	16.40	6	1.35	1.32	24.08	1.14	1.42	81.11	80.35	2.90	2.90	114.5
19.2	19.1	83.92	83.55	80.00	0.46	3	3	24	62	4.37	4.29	0.22	0.46	6	1.40	1.34	24.44	0.41	0.52	82.72	81.60	1.20	1.95	75.6
19.1	19	83.55	83.25	67.00	0.45	0	3	24	62	4.37	4.29	0.20	0.45	6	1.50	1.39	25.36	0.41	0.53	81.57	80.57	1.98	2.69	101.58
19	20	83.25	82.89	46.16	0.78	7	160	1280	3296	3.73	3.41	7.23	17.39	8	0.78	1.21	39.24	0.92	1.17	80.32	79.96	2.93	2.93	94.65
20.2	20.1	83.54	84.03	44.45	-1.1	4	4	32	82	4.35	4.27	0.25	0.57	6	1.25	1.27	23.17	0.42	0.53	82.34	81.78	1.20	2.25	45.95
20.1	20	84.03	82.89	34.55	3.3	0	4	32	82	4.35	4.27	0.23	0.56	6	4.00	2.26	41.23	0.6	0.79	81.75	80.37	2.28	2.52	53.82
20	21	82.89	82.65	32.58	0.74	3	167	1336	3440	3.72	3.39	7.50	18.03	8	0.74	1.18	38.27	0.92	1.16	79.93	79.69	2.96	2.96	67.5
21.1	21	83.36	82.65	45.40	1.56	0	167	1336	3440	3.72	3.39	7.50	18.04	6	1.60	1.43	26.09	1.24	1.54	82.16	81.43	1.20	1.22	32.91
21	22	82.65	81.94	36.15	1.96	0	167	1336	3440	3.72	3.39	7.50	18.04	8	1.96	1.92	62.26	1.3	1.66	79.66	78.95	2.99	2.99	75.65
22.1C	22.1B	80.64	81.52	60.00	-1.47	10	10	80	206	4.27	4.14	0.59	1.35	6	1.00	1.13	20.61	0.5	0.64	79.44	78.84	1.20	2.68	69.84
22.1B	22	81.52	81.94	40.00	-1.05	4	14	112	288	4.23	4.09	0.75	1.84	6	1.00	1.13	20.61	0.53	0.7	78.81	78.41	2.71	3.53	74.88
22A	22.9	83.10	83.76	56.60	-1.17	6	6	48	124	4.32	4.22	0.37	0.84	6	0.85	1.04	18.97	0.41	0.52	81.90	81.42	1.20	2.34	60.13
22.8	22.8	83.76	84.28	45.20	-1.15	1	7	56	144	4.30	4.20	0.39	0.96	6	0.80	1.01	18.42	0.41	0.53	81.39	81.03	2.37	3.25	82.61
22.9	22.7	84.28	82.43	85.80	2.16	4	11	88	227	4.26	4.13	0.63	1.50	6	1.00	1.13	20.61	0.51	0.66	81.00	80.14	3.28	2.29	167.37
22.7	22.6	82.43	81.69	60.20	1.23	2	13	104	268	4.24	4.10	0.71	1.73	6	0.50	0.8	14.59	0.41	0.54	80.11	79.81	2.32	1.88	82.22
22.5	22.5	81.69	81.40	48.56	0.6	1	14	112	288	4.23	4.09	0.74	1.85	6	0.50	0.8	14.59	0.42	0.55	79.78	79.54	1.91	1.86	59.6
22.6	22.4	81.40	81.75	60.45	-0.58	3	17	136	350	4.20	4.05	0.91	2.22	6	0.40	0.72	13.13	0.41	0.54	79.51	79.26	1.89	2.49	86.07

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**  
**ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCIA COTZUMAL GUAPA, ESCUINTLA**  
**LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**  
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dotación (l/hab/día)	125
Factor de retorno	0.8
Habitantes/vivienda	8
Periodo de diseño (años)	32
Tasa de crecimiento (%)	3.00%
Cota invert mínima	1.2
Factor de ciudad medio	0.002

Nota:  
 Toda la tubería a utilizar será de P.V.C.  
 La diámetro de tubería mínimo a utilizar será de 6 pulgadas.  
 El diseño hidráulico se basa en las normas del INFOM (Instituto de Fomento Municipal).

DE	A	COTA TERRENO		D.H. (m)	TERRENO S(%)	No. DE CASAS	HAB.		F.H.		Qd. (l/s)		Ø TUBO (pulgadas)	TUBO S(%)	SECCIÓN LLENA		v diseño		COTA INVERT		PROF. P.V.		EXCAVACIÓN m <sup>3</sup>	
		ACUM.	LOCAL				ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO			ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO		ACTUAL
22.4	22.3	81.75	81.39	72.04	0.5	2	19	152	391	4.19	4.03	1.01	2.48	6	0.50	0.8	14.59	0.46	0.6	79.23	78.87	2.52	2.52	117.83
22.3	22.2	81.39	81.02	74.50	0.5	2	21	168	433	4.17	4.01	1.10	2.72	6	0.50	0.8	14.59	0.47	0.61	78.84	78.47	2.55	2.55	123.37
22.2	22.1A	81.02	79.85	42.69	2.74	4	25	200	515	4.15	3.97	1.29	3.18	6	0.40	0.72	13.13	0.46	0.59	78.44	78.27	2.58	1.58	57.7
22.1A	22	79.85	81.94	50.12	-4.17	2	27	216	566	4.14	3.95	1.38	3.42	6	0.30	0.62	11.31	0.42	0.54	78.24	78.09	1.61	3.85	82.09
22	23	81.94	80.34	40.27	3.97	4	212	1686	4367	3.64	3.30	9.32	22.28	8	1.20	1.5	48.64	1.16	1.47	78.06	77.58	3.88	2.76	100.32
23.1	23	80.77	80.34	74.25	0.58	4	4	32	82	4.36	4.27	0.27	0.59	6	1.20	1.24	22.62	0.42	0.53	79.57	78.88	1.20	1.66	63.73
23	24	80.34	79.01	39.94	3.33	2	218	1744	4491	3.63	3.29	9.55	22.85	8	1.20	1.5	48.64	1.16	1.48	77.55	77.07	2.79	1.94	61.48
24	25	79.01	77.92	39.31	2.77	4	222	1776	4573	3.63	3.28	9.73	23.19	8	1.20	1.5	48.64	1.17	1.48	77.04	76.57	1.97	1.35	42.5
25	26	77.92	77.61	37.91	0.82	1	223	1784	4594	3.62	3.28	9.74	23.30	8	1.20	1.24	22.62	0.46	0.59	77.40	76.99	1.20	1.81	33.14
26.2	26.1	78.60	78.80	34.55	-0.58	6	6	48	124	4.32	4.22	0.35	0.83	6	1.20	1.6	29.19	0.53	0.7	76.96	76.16	1.84	1.45	39.59
26.1	26	78.80	77.61	40.00	2.97	0	6	48	124	4.32	4.22	0.34	0.83	6	2.00	1.6	29.19	0.53	0.7	76.96	76.16	1.84	1.45	39.59
26	27	77.61	77.26	64.61	0.54	7	236	1888	4862	3.61	3.26	10.31	24.52	8	0.50	0.97	31.46	0.87	1.07	76.03	75.71	1.58	1.55	60.7
27	28	77.26	76.95	22.75	1.36	1	237	1896	4882	3.60	3.25	10.28	24.53	8	1.36	1.6	51.89	1.24	1.58	75.68	75.37	1.58	1.58	21.59
28.3	28.2	76.10	76.95	20.25	5.68	6	6	48	124	4.32	4.22	0.35	0.82	6	5.66	2.69	49.07	0.77	1	76.90	75.75	1.20	1.20	14.56
28.2	28.1	76.95	78.11	27.55	-4.21	2	8	64	165	4.29	4.18	0.44	1.08	6	0.80	1.01	18.42	0.42	0.55	75.72	75.50	1.23	2.61	31.68
28.1	28	78.11	76.95	60.00	1.93	0	8	64	165	4.29	4.18	0.45	1.10	6	0.80	1.01	18.42	0.42	0.55	75.47	74.99	2.64	1.96	89.57
28	29	76.95	75.52	47.89	2.99	5	250	2000	5150	3.59	3.23	10.84	25.72	8	4.50	2.91	94.37	1.93	2.47	74.96	72.81	1.99	2.71	73.12
22.4B	22.3B	76.98	79.36	85.00	-0.45	8	8	64	165	4.29	4.18	0.49	1.11	6	0.65	0.91	16.6	0.41	0.52	77.78	77.23	1.20	2.13	84.98
22.3B	22.2B	79.36	79.34	75.75	0.03	9	17	136	350	4.20	4.05	0.94	2.23	6	0.40	0.72	13.13	0.42	0.54	77.20	76.89	2.16	2.45	113.44
22.2B	22.1B	79.34	78.54	35.40	2.26	4	21	168	433	4.17	4.01	1.09	2.70	6	0.50	0.8	14.59	0.47	0.61	76.86	76.69	2.48	1.85	49.79
22.1B	22B	78.54	77.94	56.79	1.06	4	25	200	515	4.15	3.97	1.30	3.19	6	0.50	0.8	14.59	0.49	0.64	76.66	76.37	1.88	1.57	63.66
22B	22C	77.94	78.74	56.80	-1.41	0	25	200	515	4.15	3.97	1.28	3.19	6	0.30	0.62	11.31	0.41	0.53	76.34	76.17	1.60	2.57	70.94
22C	22D	78.74	77.94	41.50	1.93	1	26	208	536	4.14	3.96	1.32	3.30	6	0.50	0.8	14.59	0.5	0.65	76.14	75.94	2.60	2.00	62.06
22D	22E	77.94	76.38	90.07	1.73	1	27	216	566	4.14	3.95	1.40	3.44	6	0.90	1.07	19.52	0.64	0.81	75.91	75.10	2.03	1.28	97.17
22E	22F	76.38	75.12	72.50	1.74	1	28	224	577	4.13	3.94	1.44	3.55	6	1.80	1.52	27.73	0.81	1.04	75.07	73.76	1.31	1.36	58.18
29.6	29.5	75.12	75.00	90.64	0.13	1	29	232	597	4.12	3.93	1.49	3.67	6	0.50	0.8	14.59	0.51	0.67	73.73	73.28	1.39	1.72	84.65
29.5	29.4	75.00	74.95	80.00	0.06	2	31	248	639	4.11	3.92	1.59	3.91	6	0.30	0.62	11.31	0.44	0.56	73.25	73.01	1.75	1.94	88.71
29.4	29.3	74.95	74.78	54.75	0.31	4	35	280	721	4.09	3.89	1.77	4.36	6	0.30	0.62	11.31	0.45	0.58	72.98	72.81	1.97	1.97	70.12
29.3	29.2	74.78	74.56	65.00	0.34	5	40	320	824	4.07	3.85	2.01	4.94	6	0.35	0.67	12.22	0.49	0.63	72.78	72.56	2.00	2.00	84.47
29.2	29.1	74.56	74.56	40.32	-1.71	6	6	48	124	4.32	4.22	0.36	0.83	6	0.90	1.07	19.52	0.41	0.53	72.67	72.31	1.20	2.25	41.77
29.1	29.0	74.56	74.49	34.64	-2.68	7	53	424	1092	4.01	3.78	2.60	6.40	6	0.20	0.51	9.3	0.44	0.56	72.28	72.21	2.28	3.28	62.65
29.0	28.9	74.49	73.96	38.76	3.95	2	55	440	1133	4.00	3.76	2.68	6.60	6	0.20	0.51	9.3	0.44	0.56	72.18	72.10	3.31	1.86	70.16
28.9	28.8	73.96	75.52	68.97	-2.26	1	56	448	1154	4.00	3.76	2.74	6.74	6	0.20	0.51	9.3	0.44	0.56	72.07	71.93	1.89	3.59	122.78
28.8	28.7	75.52	75.38	44.20	0.32	3	309	2472	6366	3.51	3.15	13.09	31.00	10	0.50	1.13	57.26	0.92	1.15	71.90	71.68	3.62	3.70	113.18

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**  
**ALDEA MIRIAM II, SANTA LUCIA COTZUMAL GUAPA, ESCUINTLA**  
**LUIS ENRIQUE ACEVEDO CASTAÑEDA**  
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dotación (l/habitante)	125
Factor de retorno	0.8
Habitantes/vivienda	8
Periodo de diseño (años)	32
Tasa de crecimiento (%)	3.00%
Cota invert mínima	1.2
Factor de cualidad medio	0.002

Nota:

Toda la tubería a utilizar será de P.V.C.

La tubería de tubería mínima a utilizar será de 6 pulgadas.

El diseño hidráulico se basa en las normas del INFOM (Instituto de Fomento Municipal).

DE	P.V.	COTA TERRENO		D.H. (m)	S(%)	No. DE CASAS		HAB.		F.H.		Qd. (l/s) parcial		Ø TUBO (pulgadas)	S(%) TUBO	VEL (m/s)	SECCIÓN LLENA y diseño		COTA INVERT		PROF. P.V.		EXCAVACIÓN m <sup>3</sup>	
		INICIO	FINAL			TERRENO	LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL				FUTURO	ACTUAL	FUTURO	INICIO	FINAL	INICIO		FINAL
30.1	30	75.00	75.38	90.20	-0.42	2	2	16	41	4.39	4.33	0.17	0.33	6	1.65	1.45	26.45	0.41	0.5	73.80	72.31	1.20	3.07	115.5
30	31	75.38	74.60	48.89	1.6	4	315	2520	6489	3.51	3.14	13.34	31.50	10	0.25	0.8	40.54	0.72	0.88	71.63	71.51	3.75	3.09	125.39
31.2	31.1	78.99	76.64	56.10	4.19	7	7	56	144	4.30	4.20	0.42	0.97	6	4.20	2.32	42.32	0.74	0.95	77.79	75.43	1.20	1.21	40.5
31.1	31	76.64	74.60	50.00	4.08	4	11	88	227	4.26	4.13	0.61	1.48	6	4.00	2.26	41.23	0.81	1.06	75.40	73.40	1.24	1.20	36.49
31	32	74.60	73.98	33.95	1.83	0	326	2608	6716	3.49	3.12	13.71	32.39	10	0.40	1.01	51.18	0.86	1.07	71.48	71.34	3.12	2.64	73.3
32.1	32	74.43	73.98	74.00	0.61	2	2	16	41	4.39	4.33	0.16	0.32	6	1.75	1.5	27.36	0.41	0.5	73.23	71.94	1.20	2.05	72.04
32	33	73.98	73.10	48.20	1.83	4	332	2656	6839	3.49	3.12	13.98	32.99	10	1.83	2.15	108.94	1.48	1.88	71.31	70.43	2.67	2.67	90.01
33.2	33.1	73.50	73.27	60.25	0.38	4	4	32	82	4.35	4.27	0.26	0.58	6	3.70	2.18	39.77	0.61	0.78	72.30	70.07	1.20	3.20	79.52
33.1	33	73.27	73.10	45.00	0.38	2	6	48	124	4.32	4.22	0.35	0.83	6	0.90	1.07	19.52	0.41	0.53	70.04	69.64	3.23	3.46	90.36
33	34	73.10	73.04	14.61	0.41	0	338	2704	6963	3.48	3.11	14.17	33.46	10	0.50	1.13	57.26	0.94	1.17	69.61	69.53	3.49	3.51	38.36
34.1	34	73.28	73.04	83.40	0.29	6	6	48	124	4.32	4.22	0.38	0.86	6	0.81	1.02	18.61	0.41	0.52	72.08	71.40	1.20	1.64	70.95
34	35	73.04	72.00	66.85	1.56	5	349	2792	7190	3.47	3.10	14.62	34.47	10	1.56	1.99	100.83	1.42	1.8	69.50	68.46	3.54	3.54	177.42
35	36	72.00	70.31	82.59	2.05	10	369	2872	7396	3.46	3.08	15.02	35.23	10	1.60	2.01	101.85	1.44	1.82	68.43	67.11	3.57	3.20	209.73
36	37	70.31	69.51	67.54	1.18	7	366	2928	7540	3.45	3.08	15.25	35.91	10	1.20	1.74	88.17	1.3	1.65	67.08	66.27	3.23	3.24	163.96
37	38	69.51	69.19	61.61	0.52	2	368	2944	7581	3.45	3.07	15.32	36.99	10	0.50	1.13	57.26	0.96	1.19	66.24	65.93	3.27	3.26	150.92
38	39	69.19	68.88	65.75	0.47	1	369	2952	7602	3.45	3.07	15.36	36.09	10	0.47	1.09	55.23	0.93	1.16	65.90	65.59	3.29	3.29	162.22
39	40	68.88	68.21	60.00	1.12	0	369	2952	7602	3.45	3.07	15.35	36.08	10	1.00	1.59	80.57	1.22	1.54	65.56	64.96	3.32	3.25	147.79
40	41	68.21	67.78	41.46	1.04	0	369	2952	7602	3.45	3.07	15.34	36.08	10	1.00	1.59	80.57	1.22	1.54	64.93	64.52	3.28	3.26	101.73
41	42	67.78	66.50	81.48	1.57	0	369	2952	7602	3.45	3.07	15.36	36.09	10	1.50	1.95	98.81	1.42	1.8	64.49	63.26	3.29	3.24	199.52
42	Destoque	66.50	65.15	69.00	1.96	0	369	2952	7602	3.45	3.07	15.36	36.09	10	1.50	1.95	98.81	1.42	1.8	63.23	62.20	3.27	2.95	160.86

Figura 12. Plano planta general de drenaje sanitario

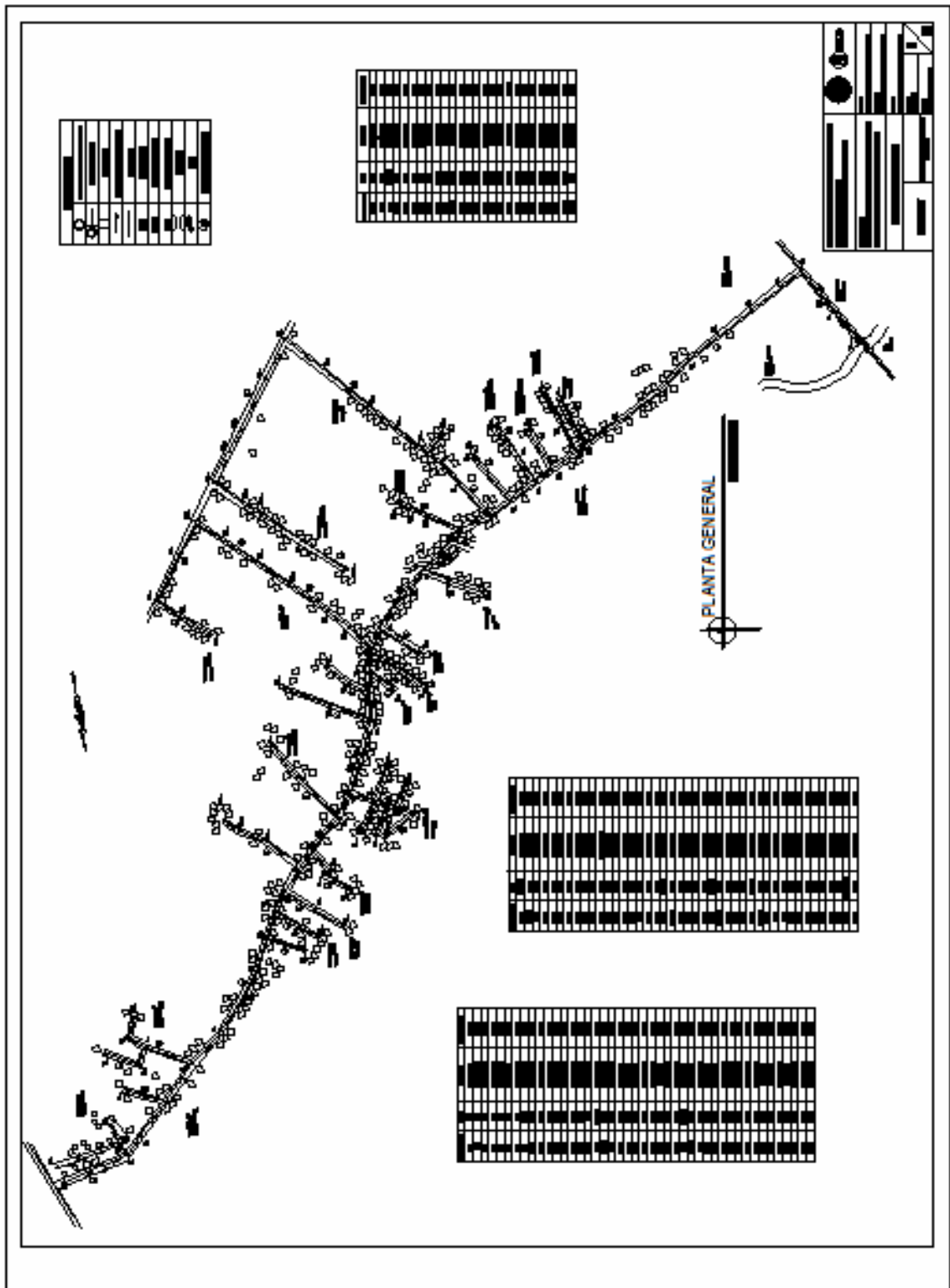


Figura 12. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

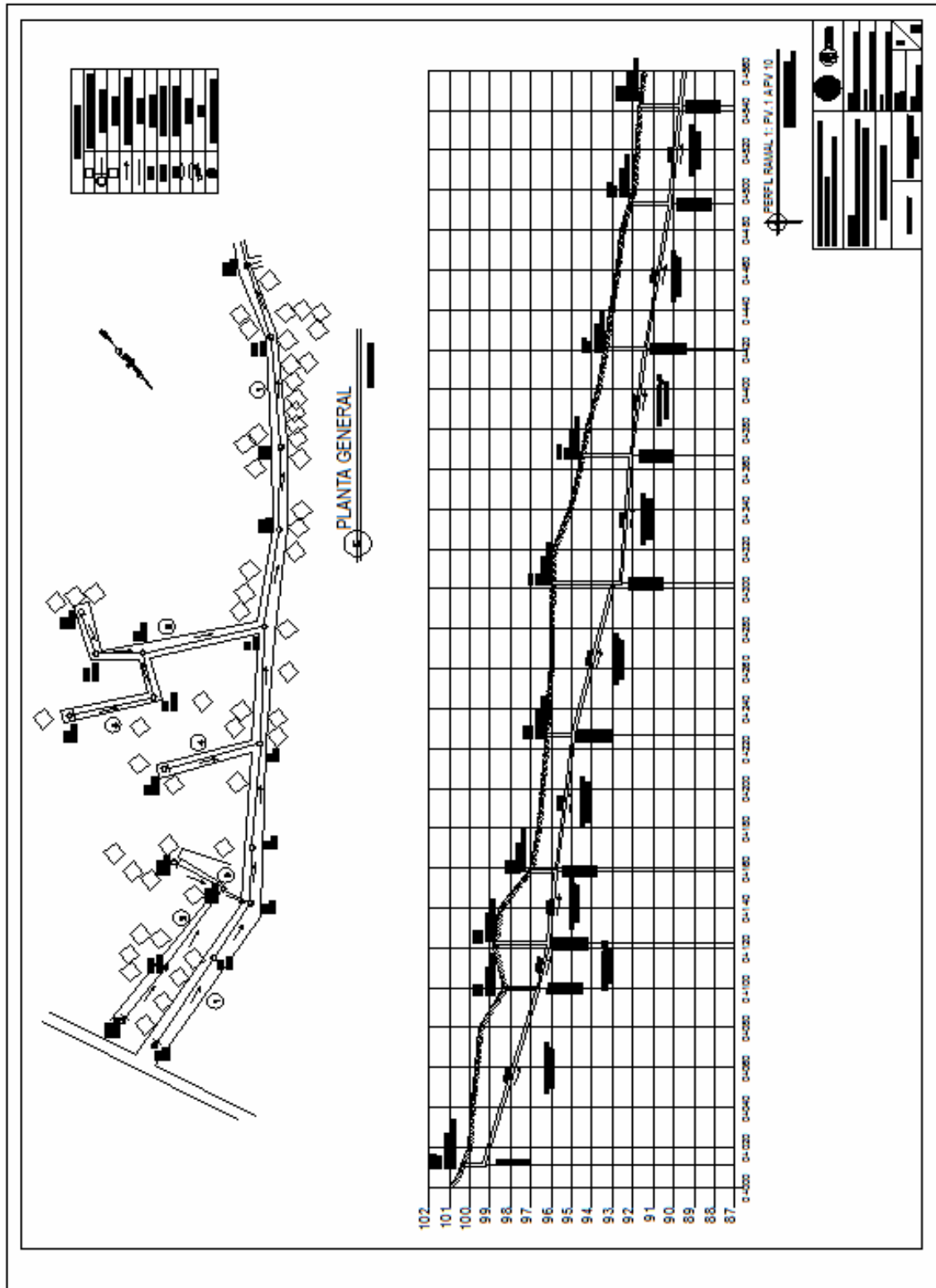


Figura 13. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

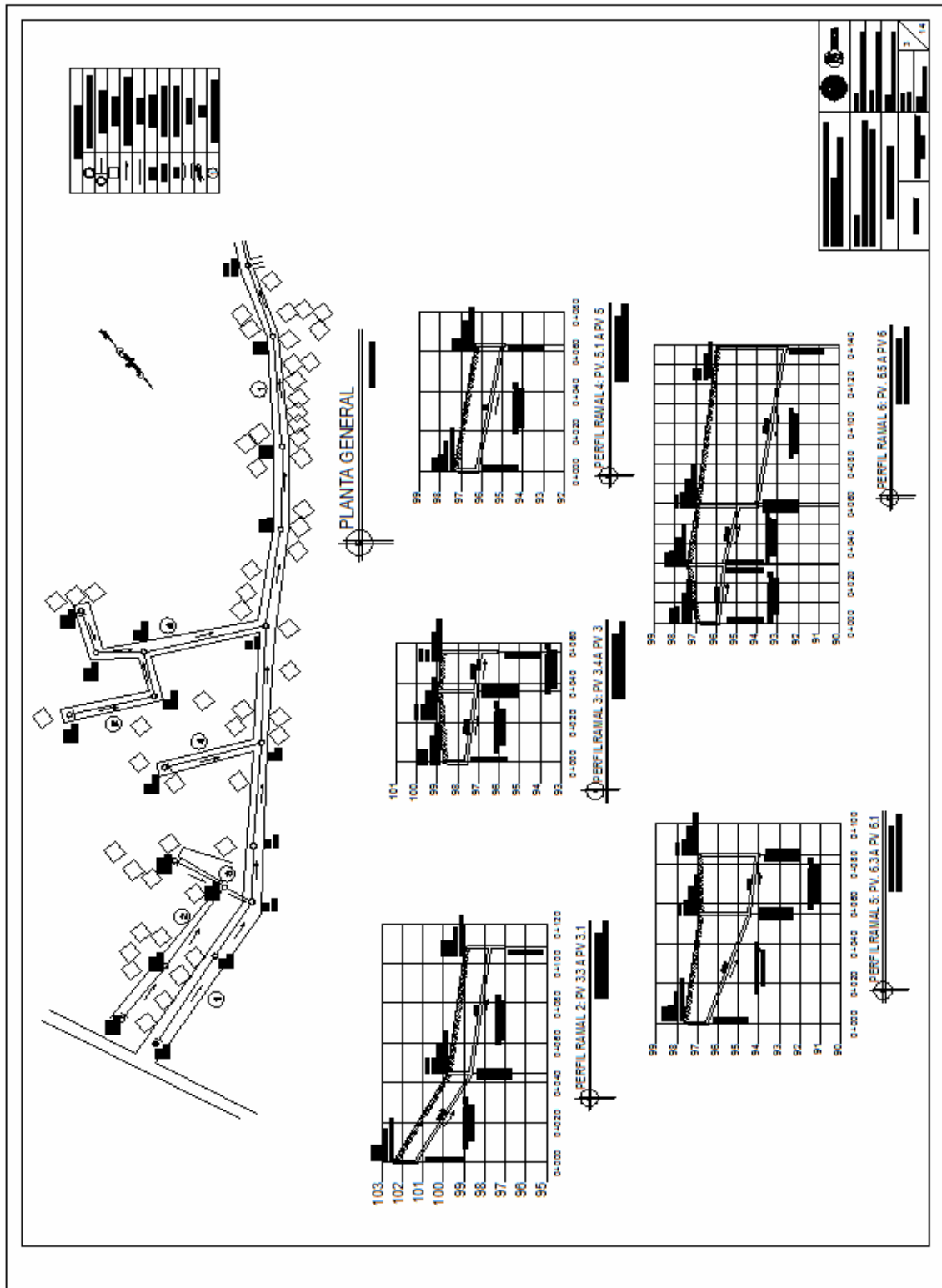




Figura 14. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

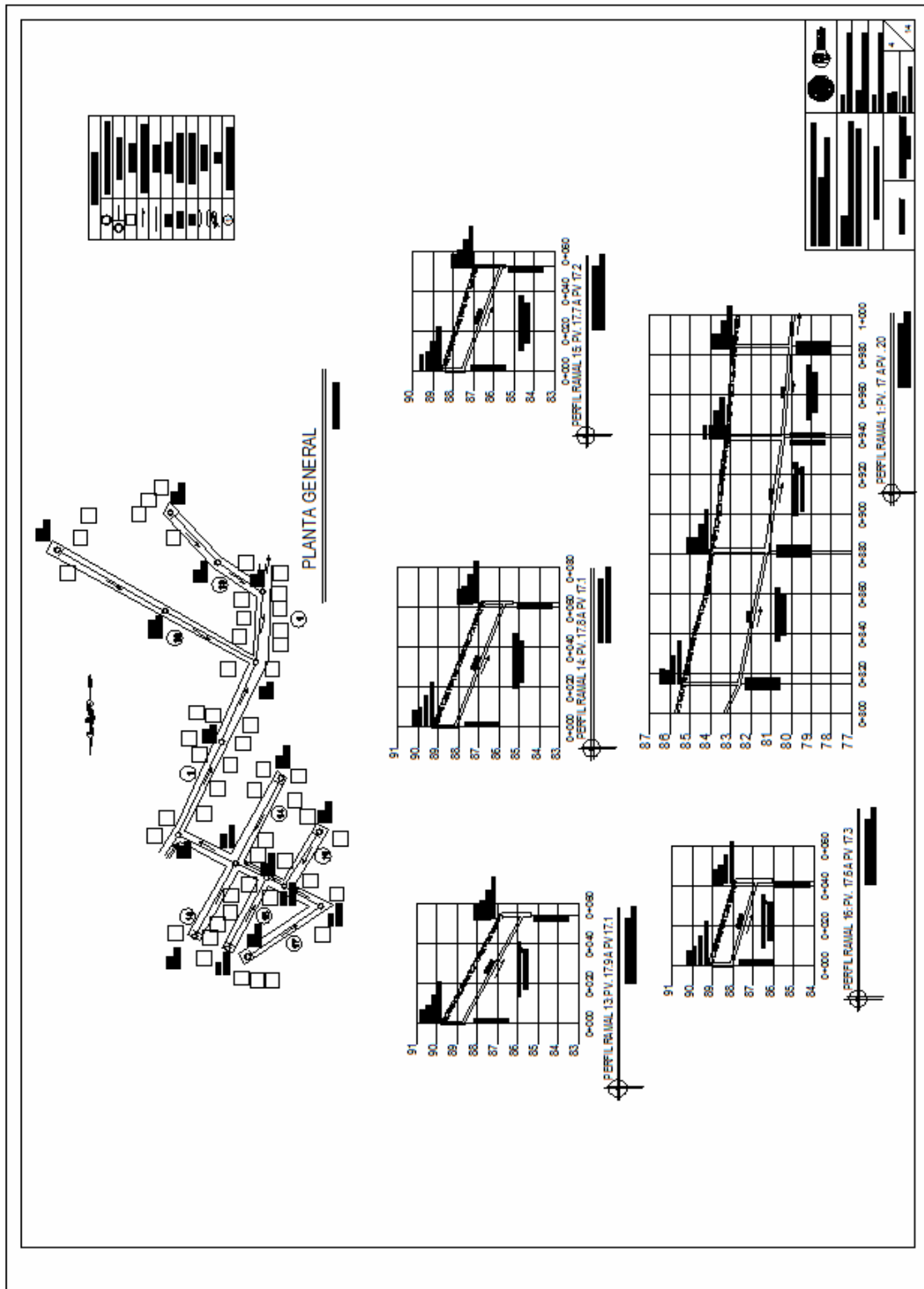


Figura 15. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

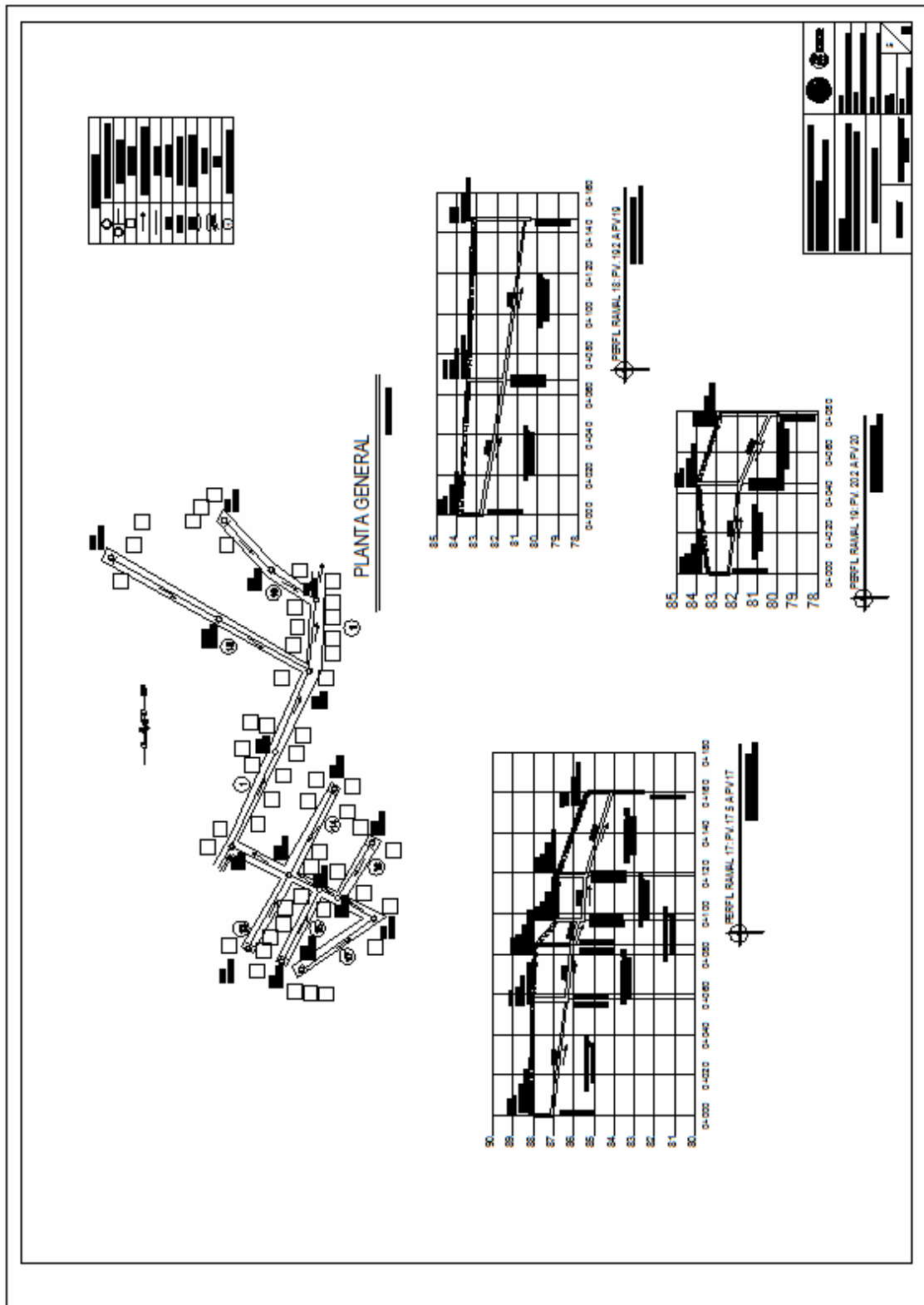


Figura 16. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

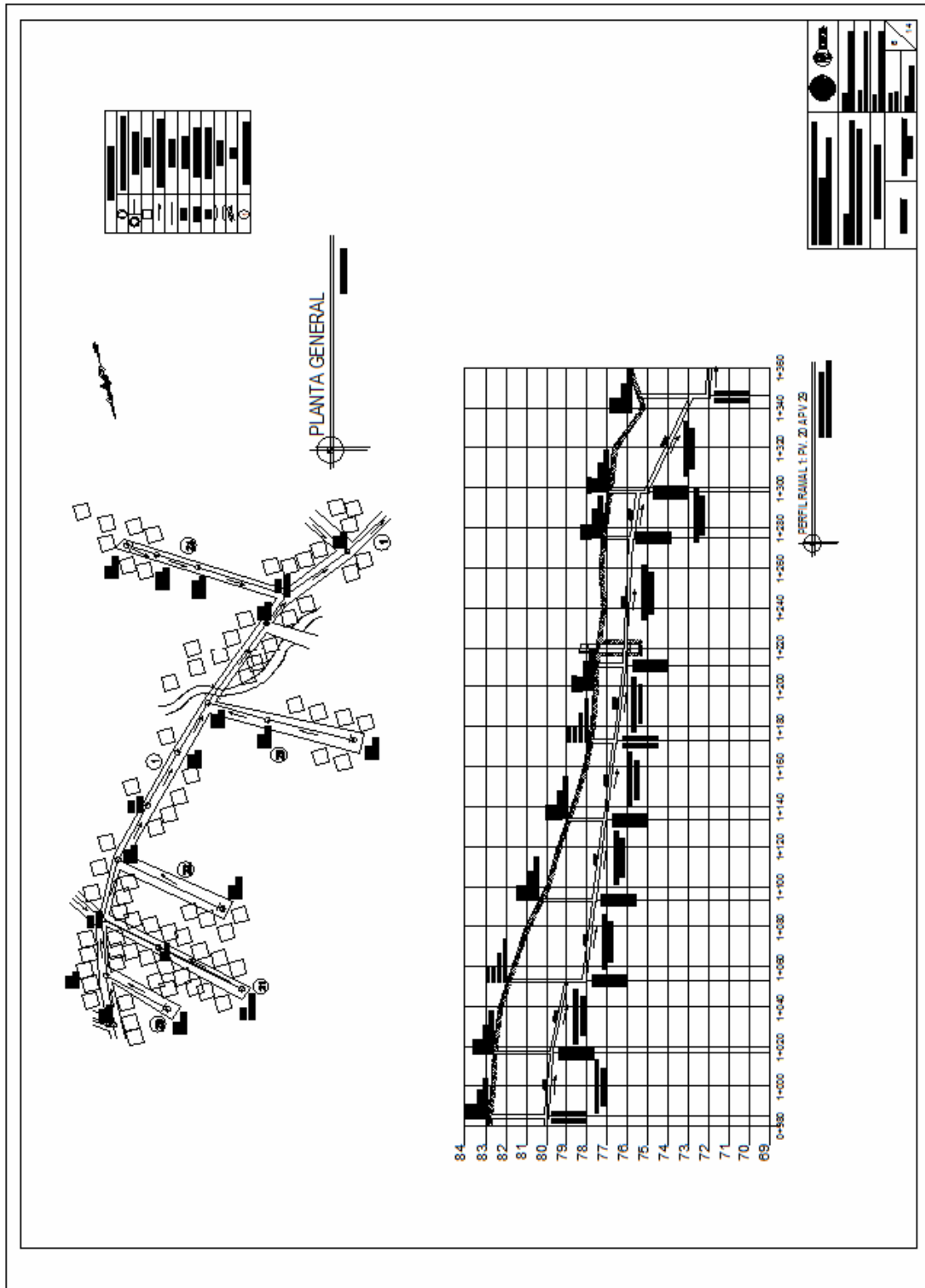


Figura 17. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

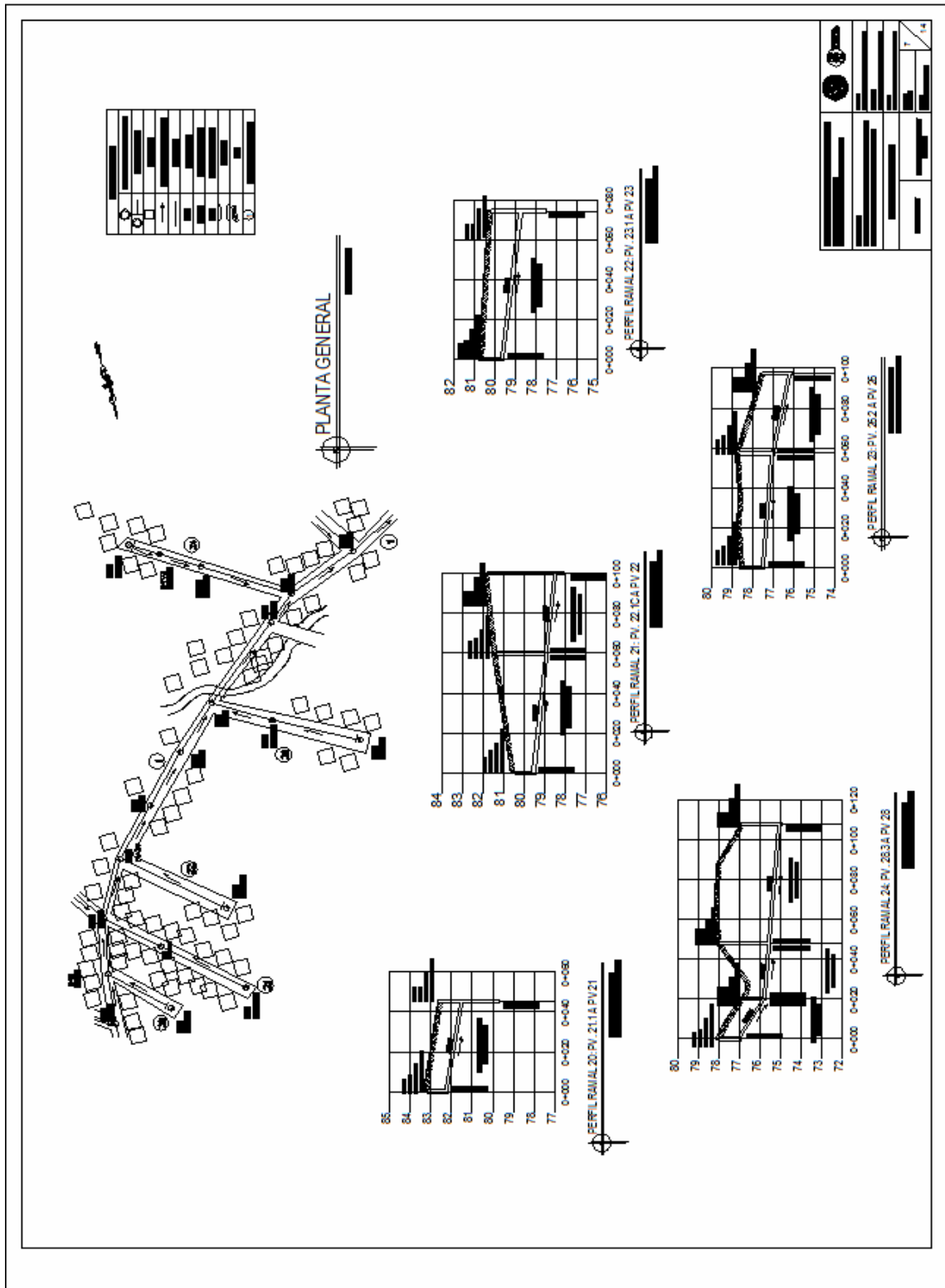


Figura 18. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

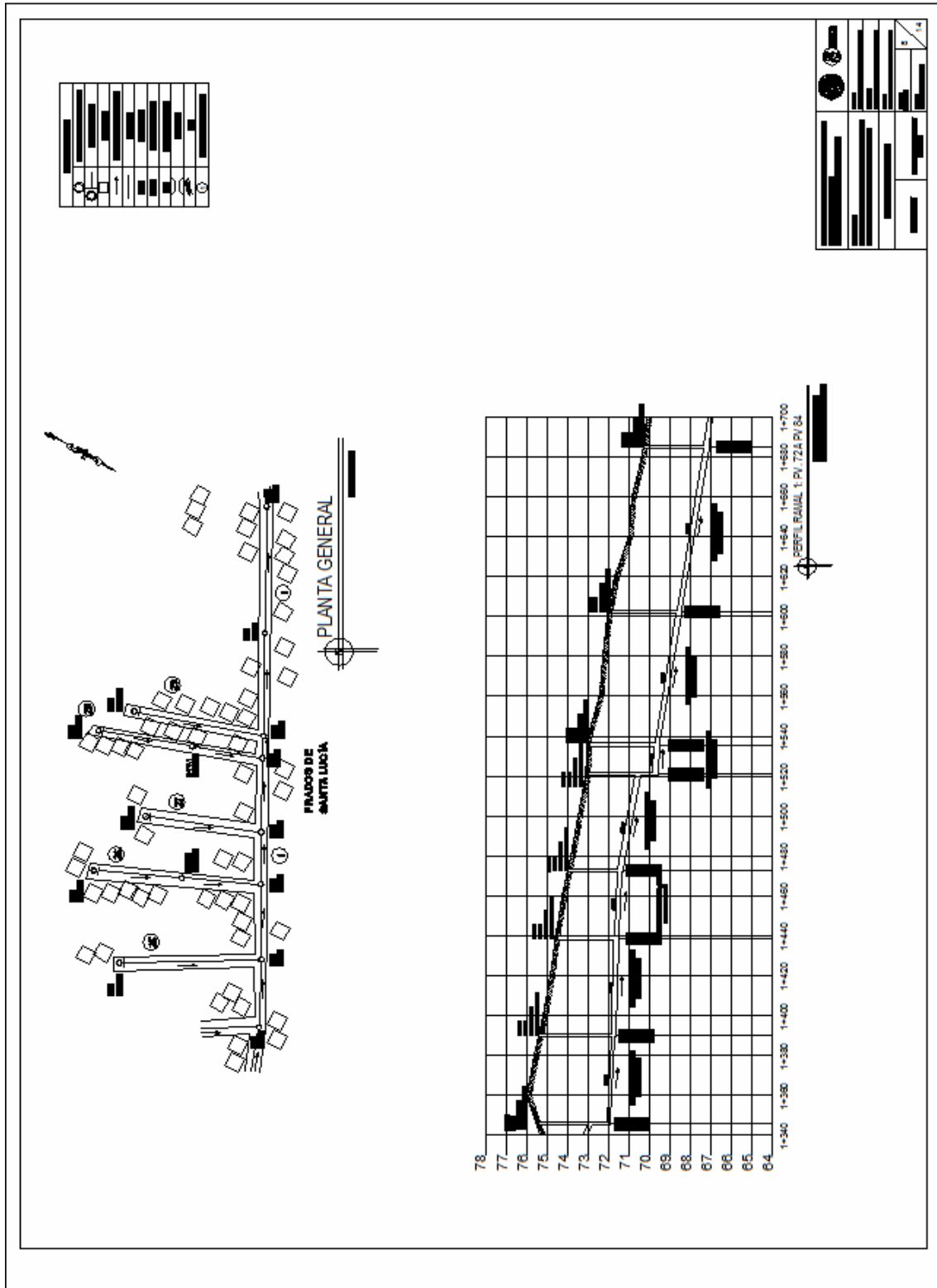


Figura 19. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

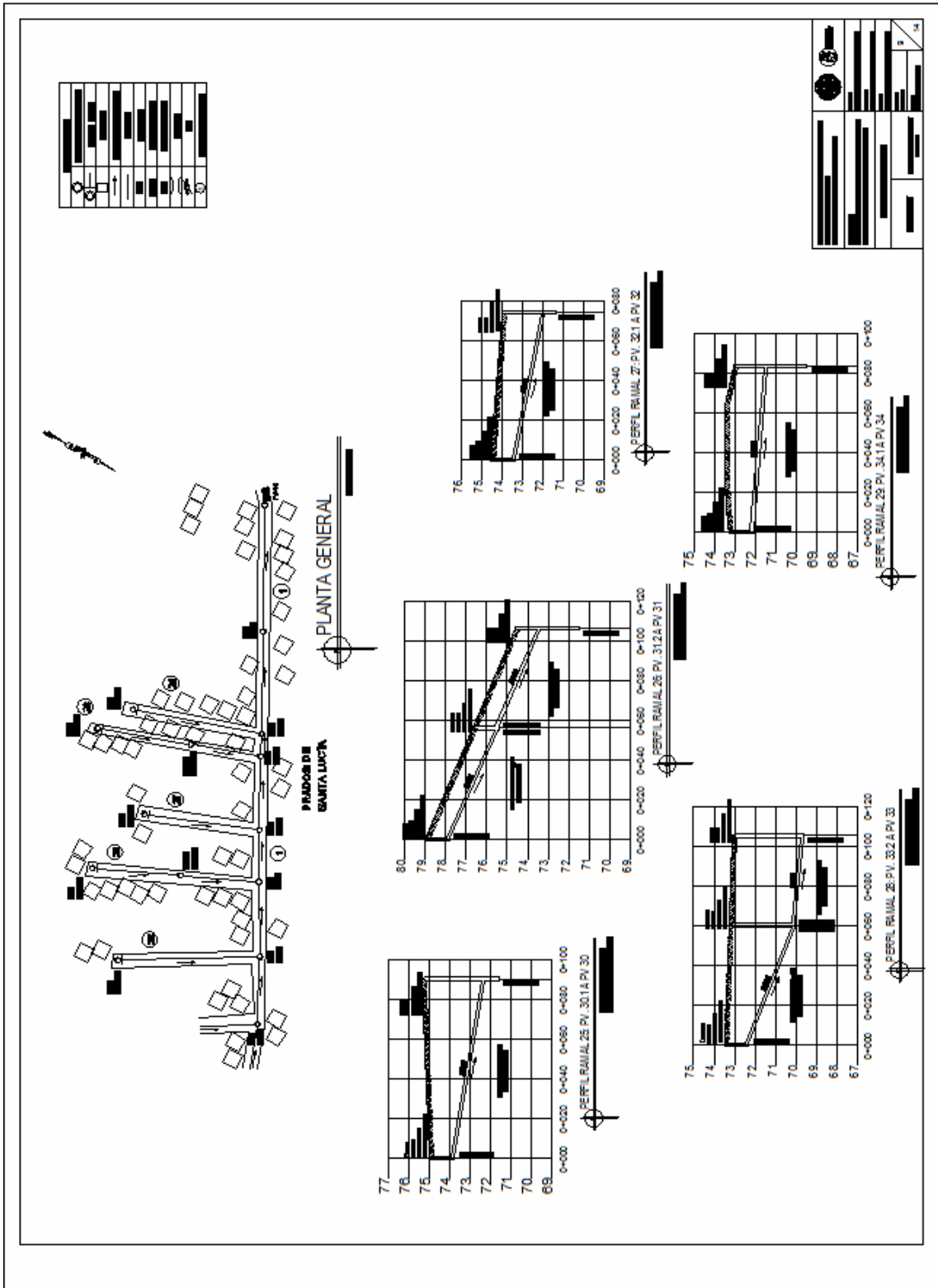


Figura 20. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

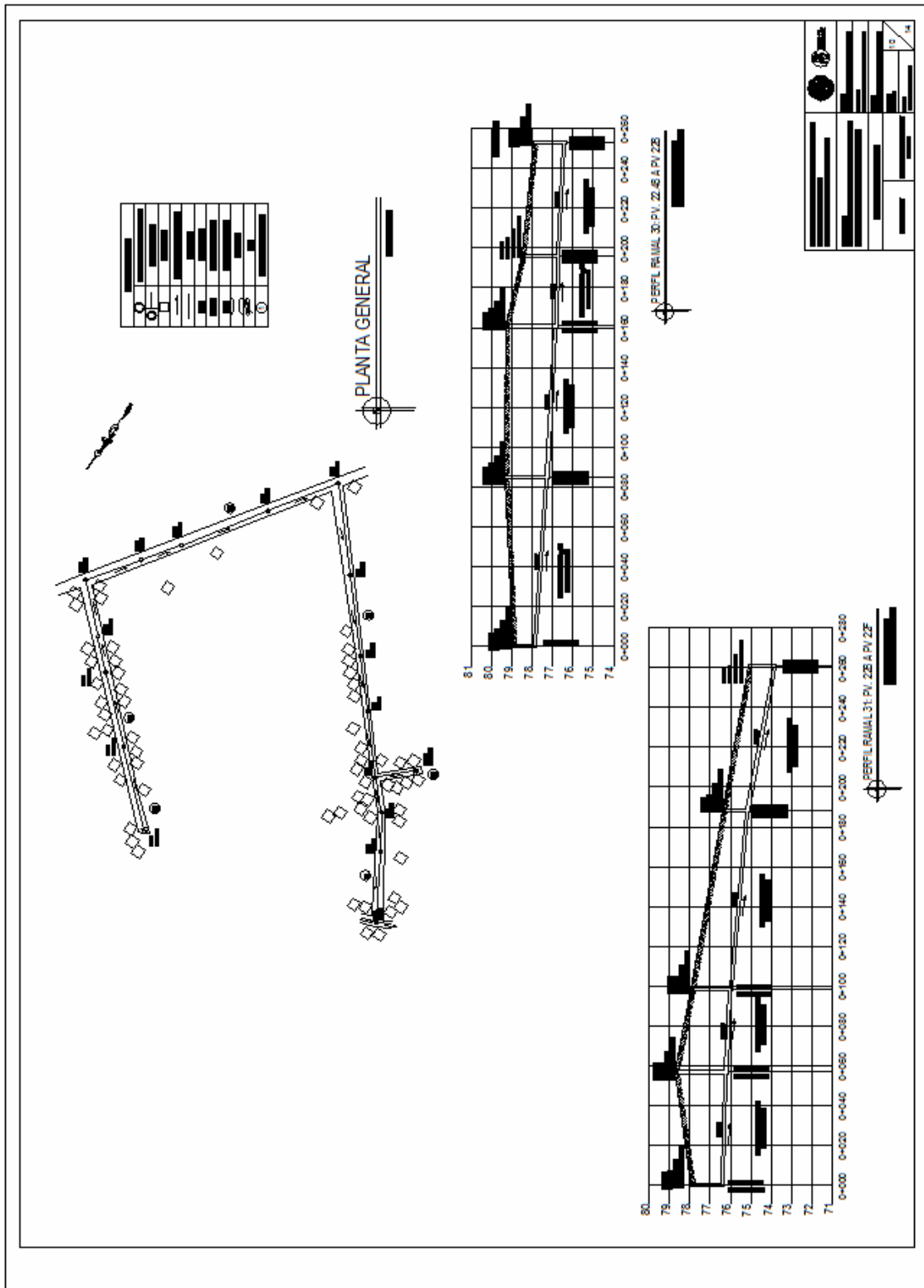


Figura 21. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

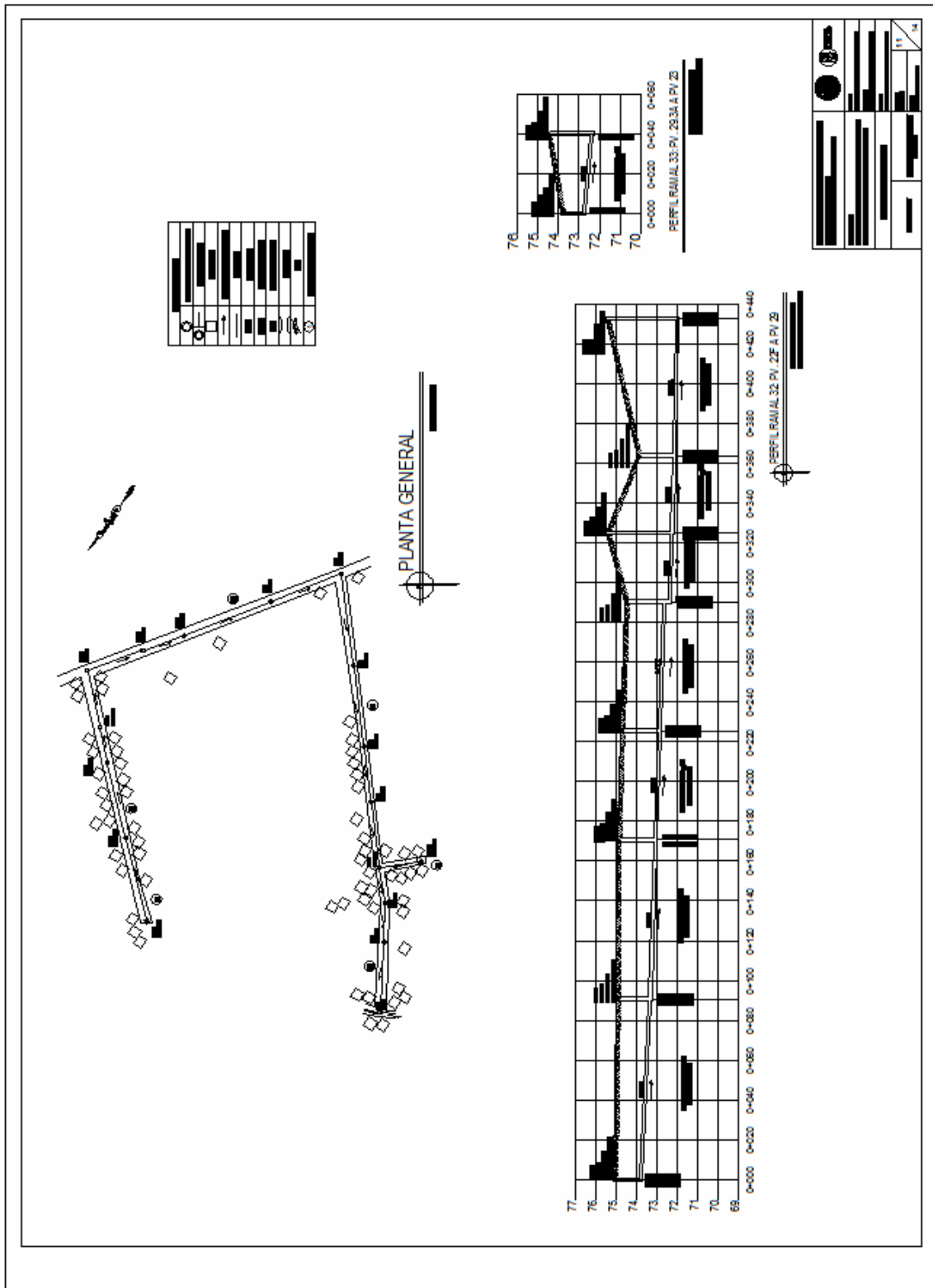




Figura 22. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

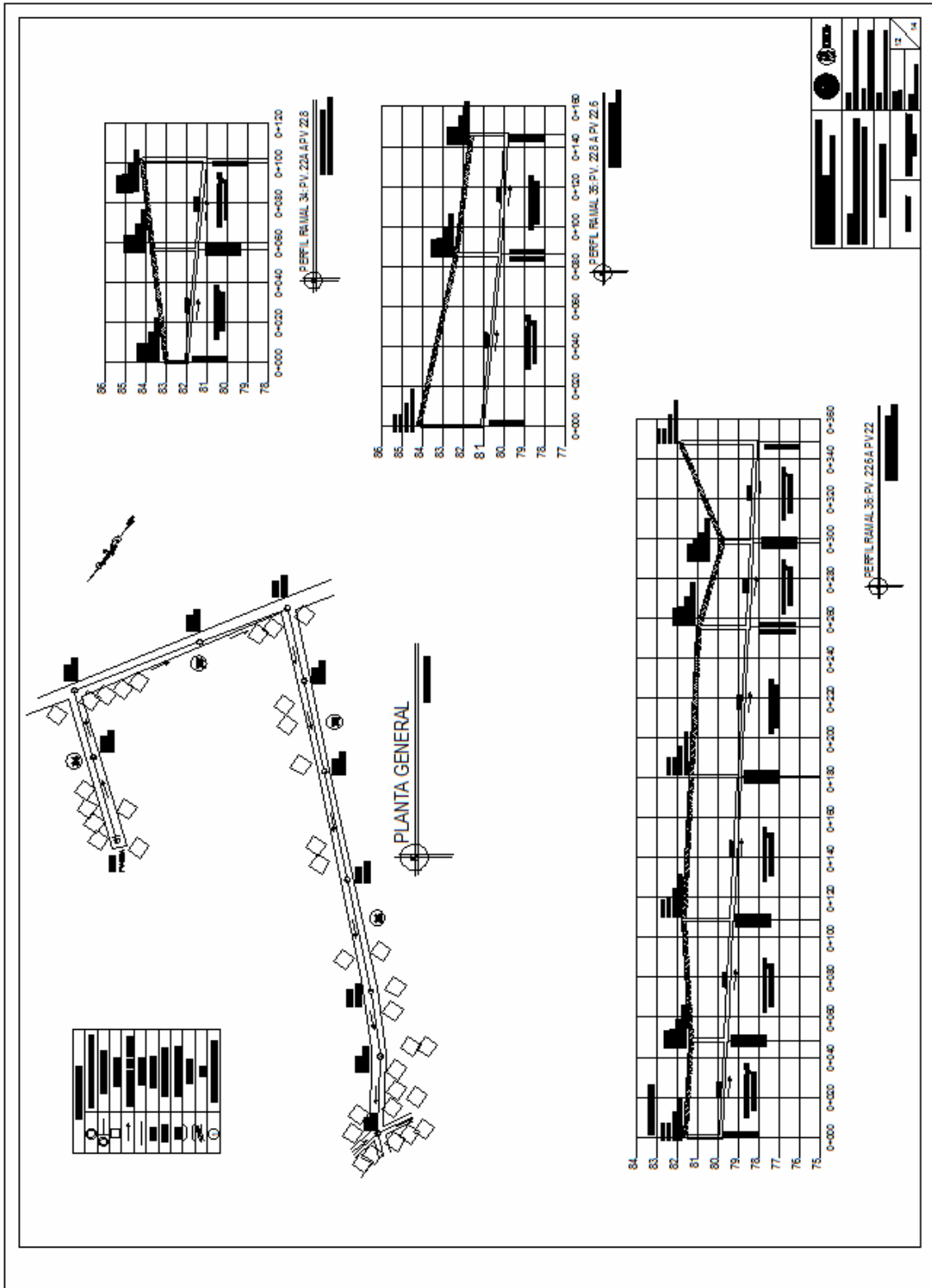


Figura 23. Plano planta-perfil de drenaje sanitario

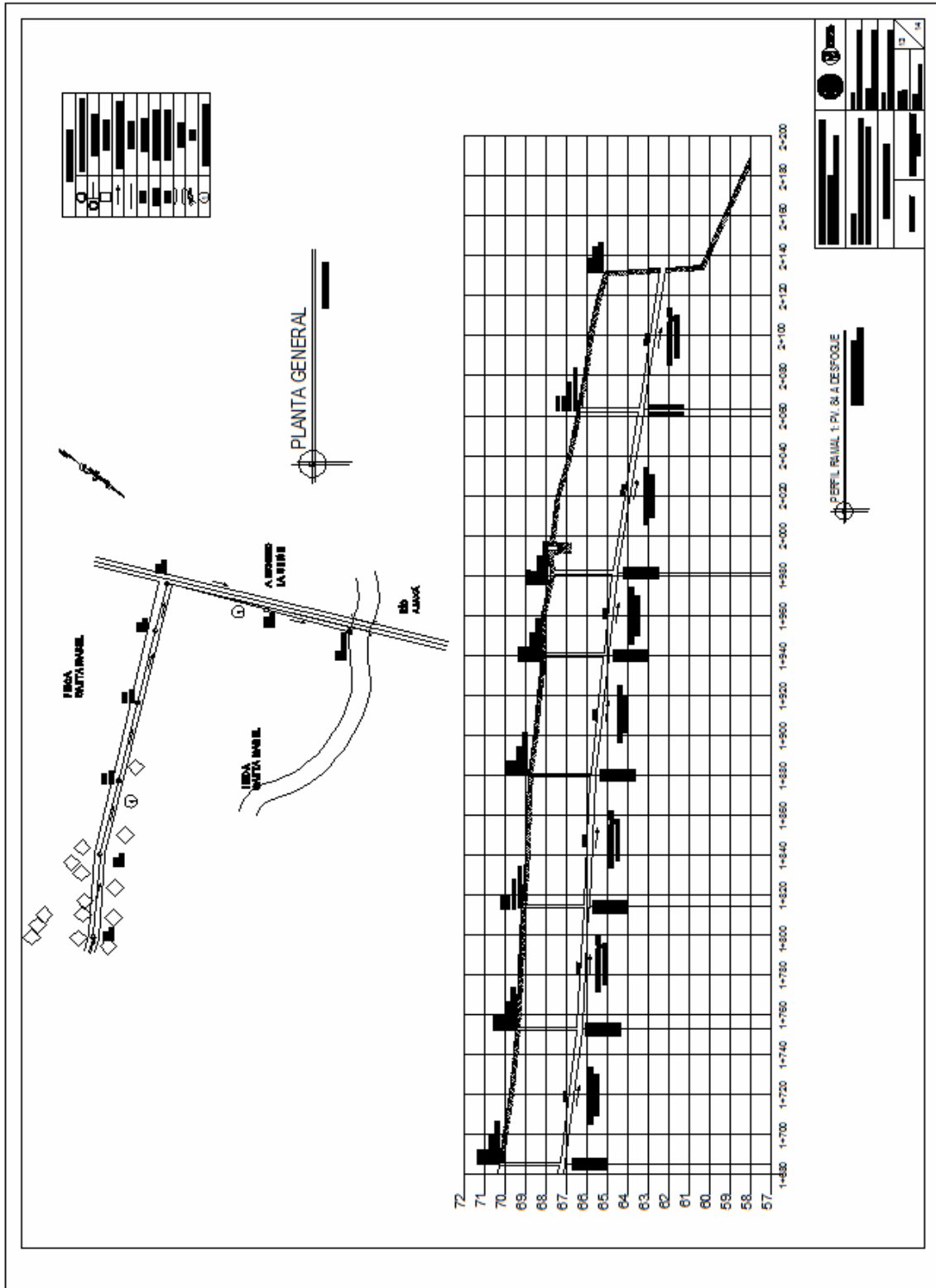
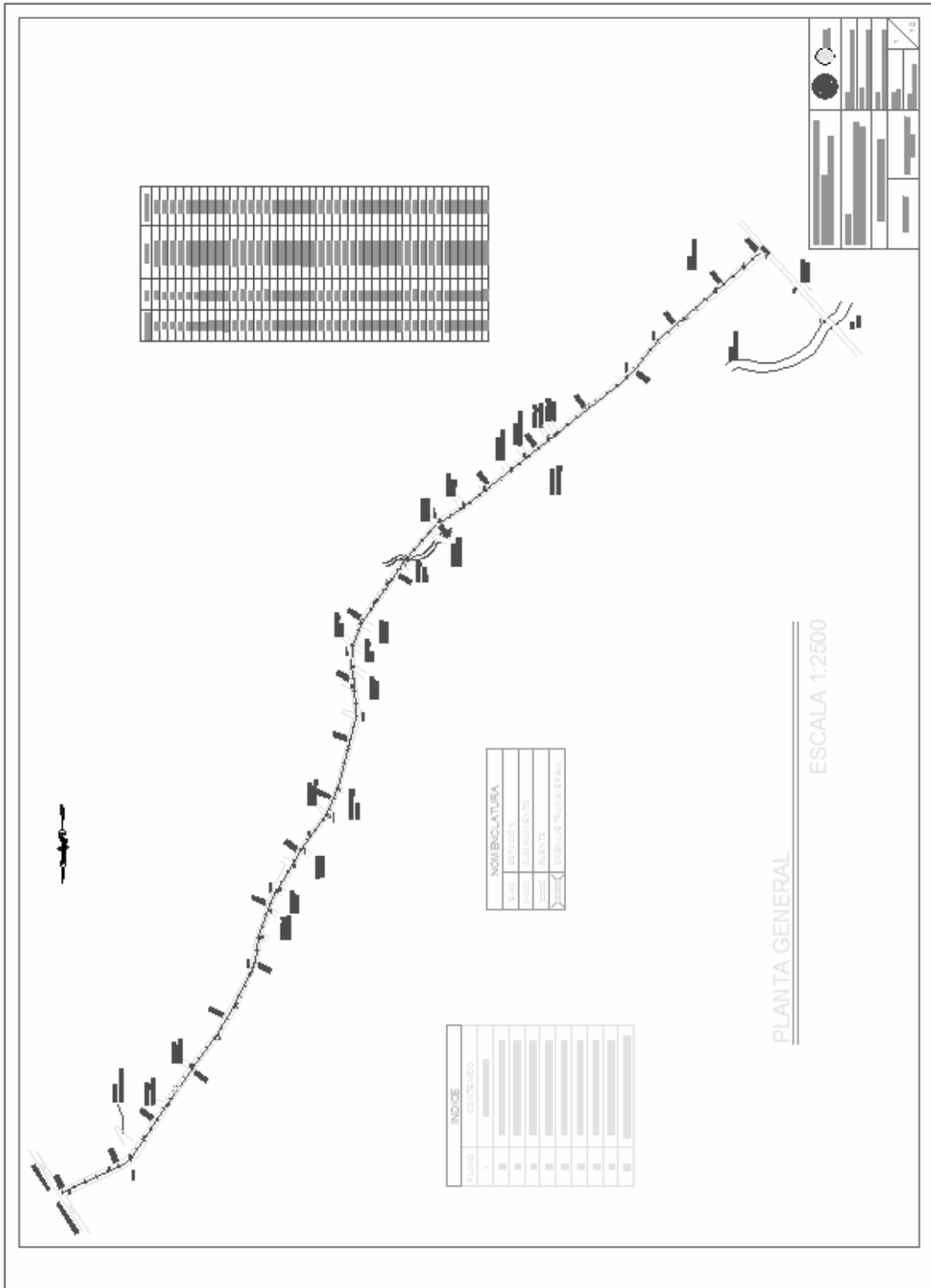




Figura 25. Plano planta general de pavimento rígido





**Figura 27. Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+240 a 0+480**

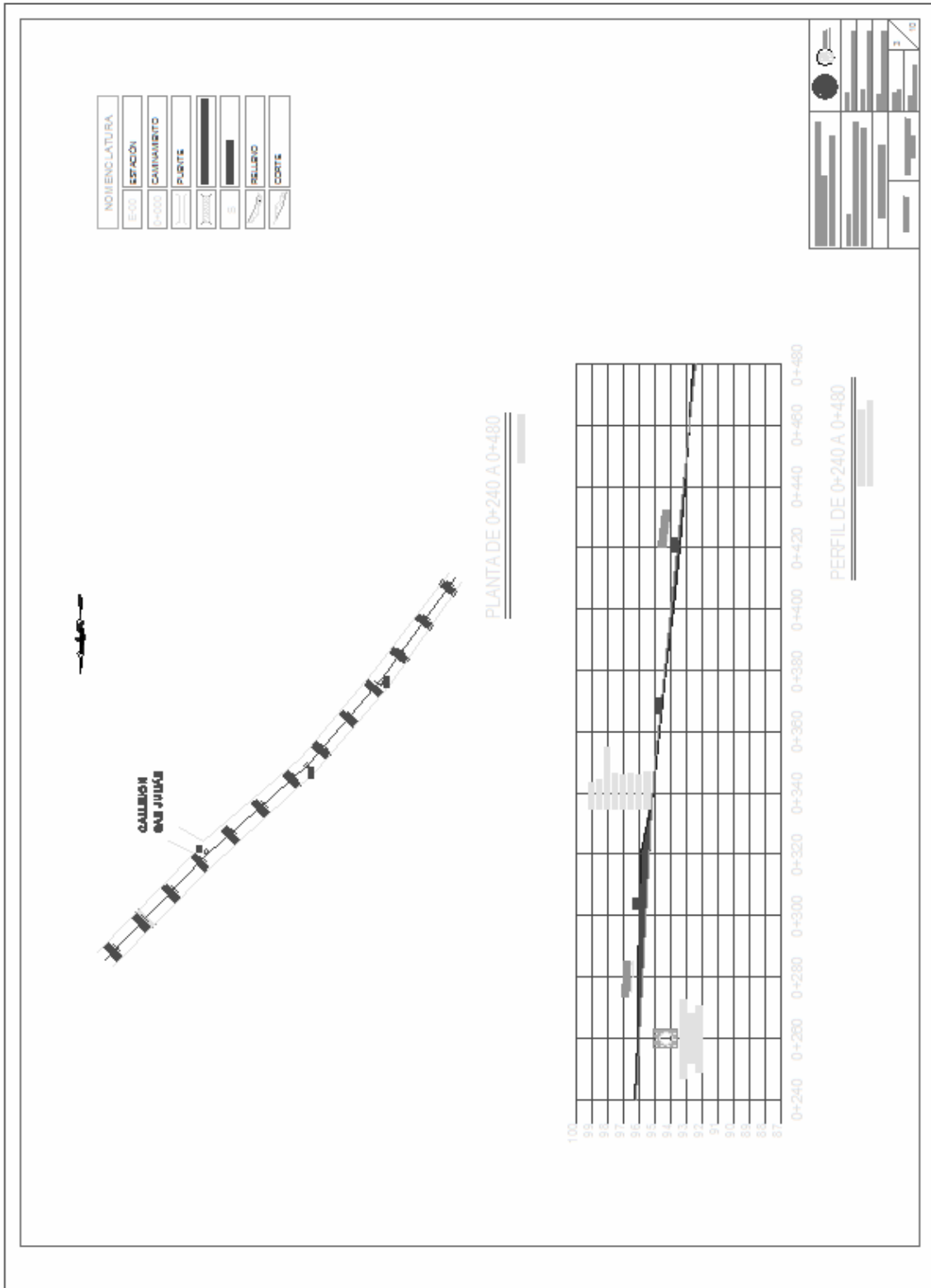


Figura 28. Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+480 a 0+720

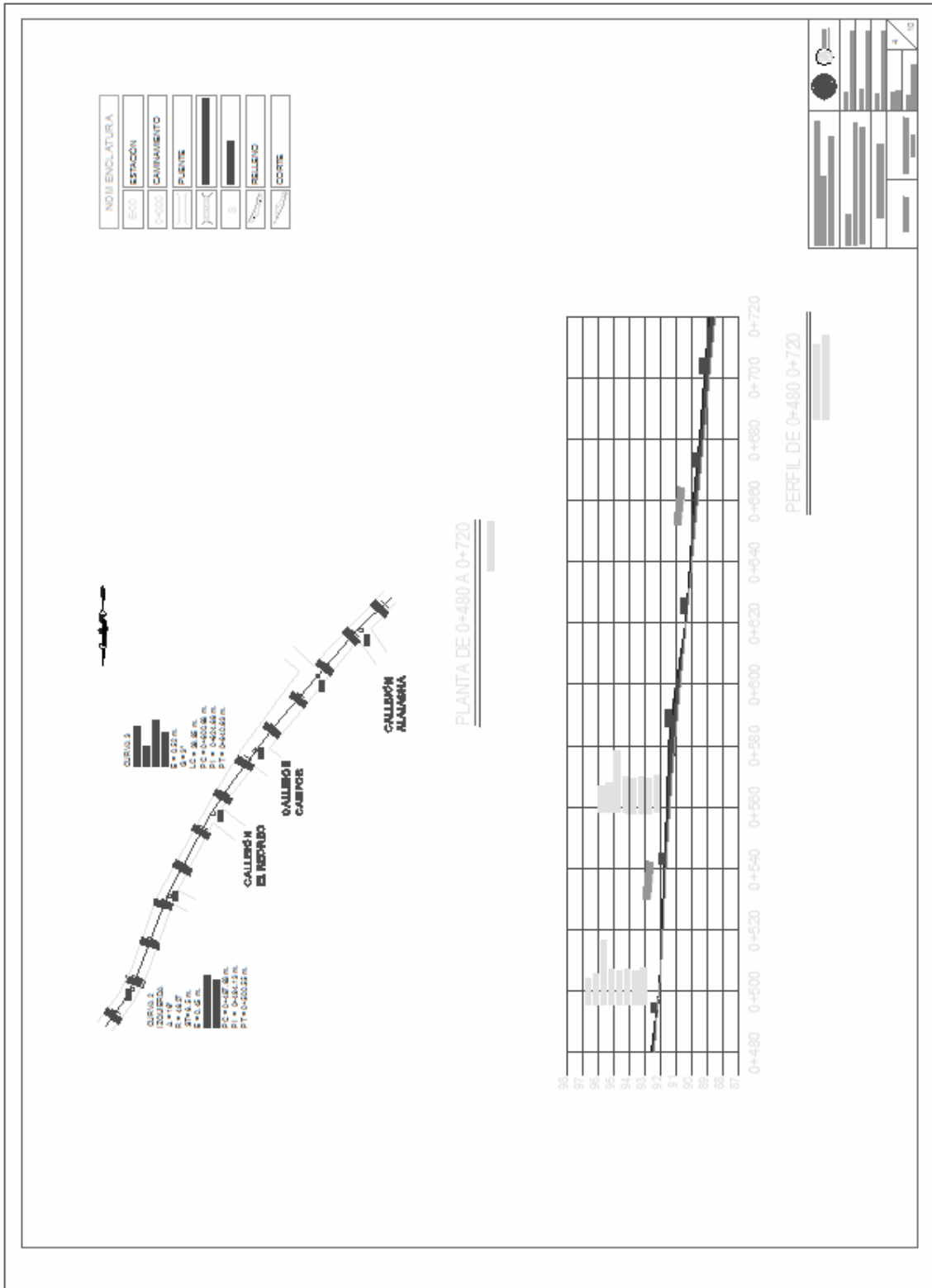


Figura 29. Plano planta-perfil pavimento rígido de 0+720 a 0+960

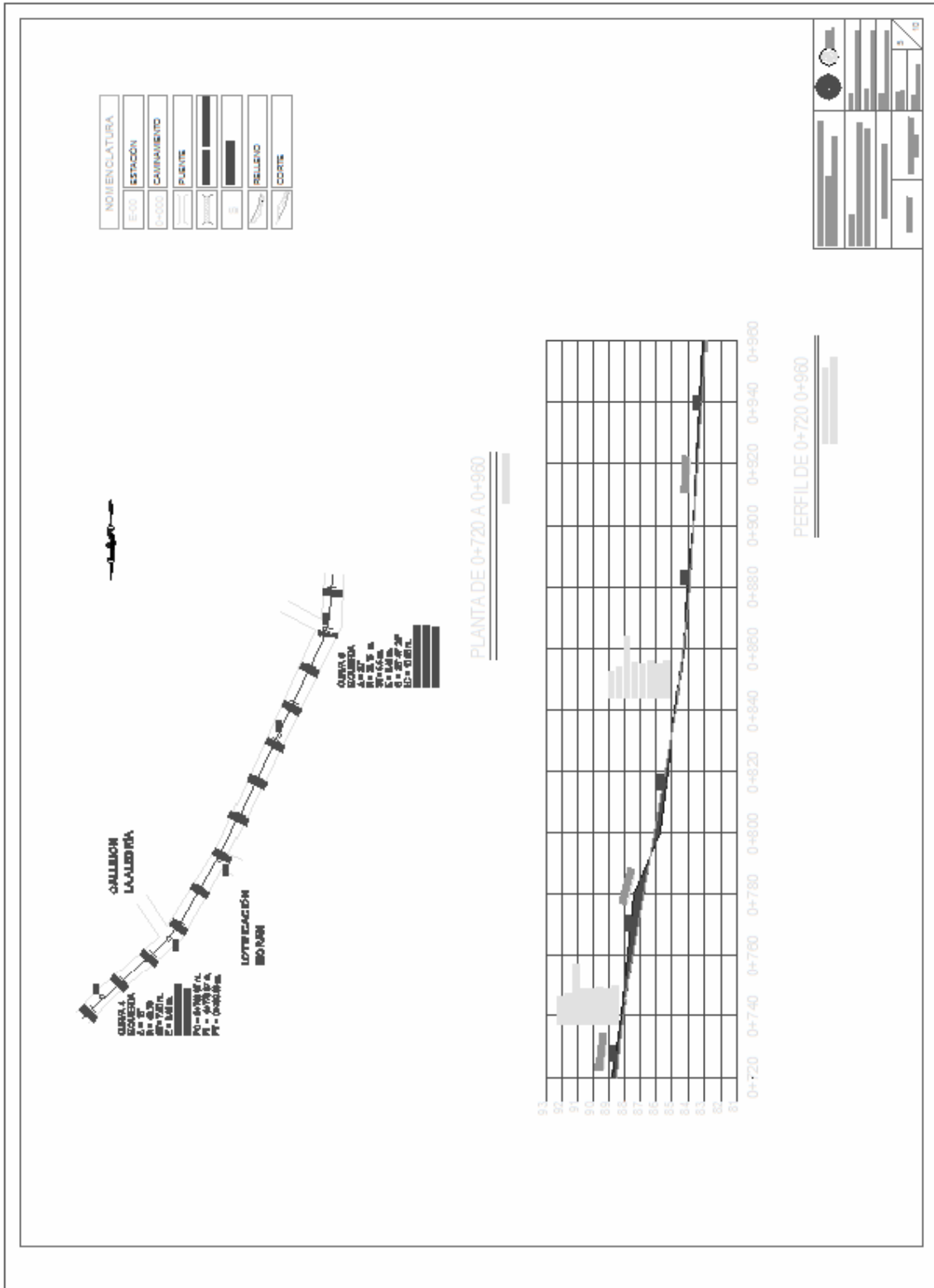






Figura 31. Plano planta-perfil pavimento rígido de 1+200 a 1+480

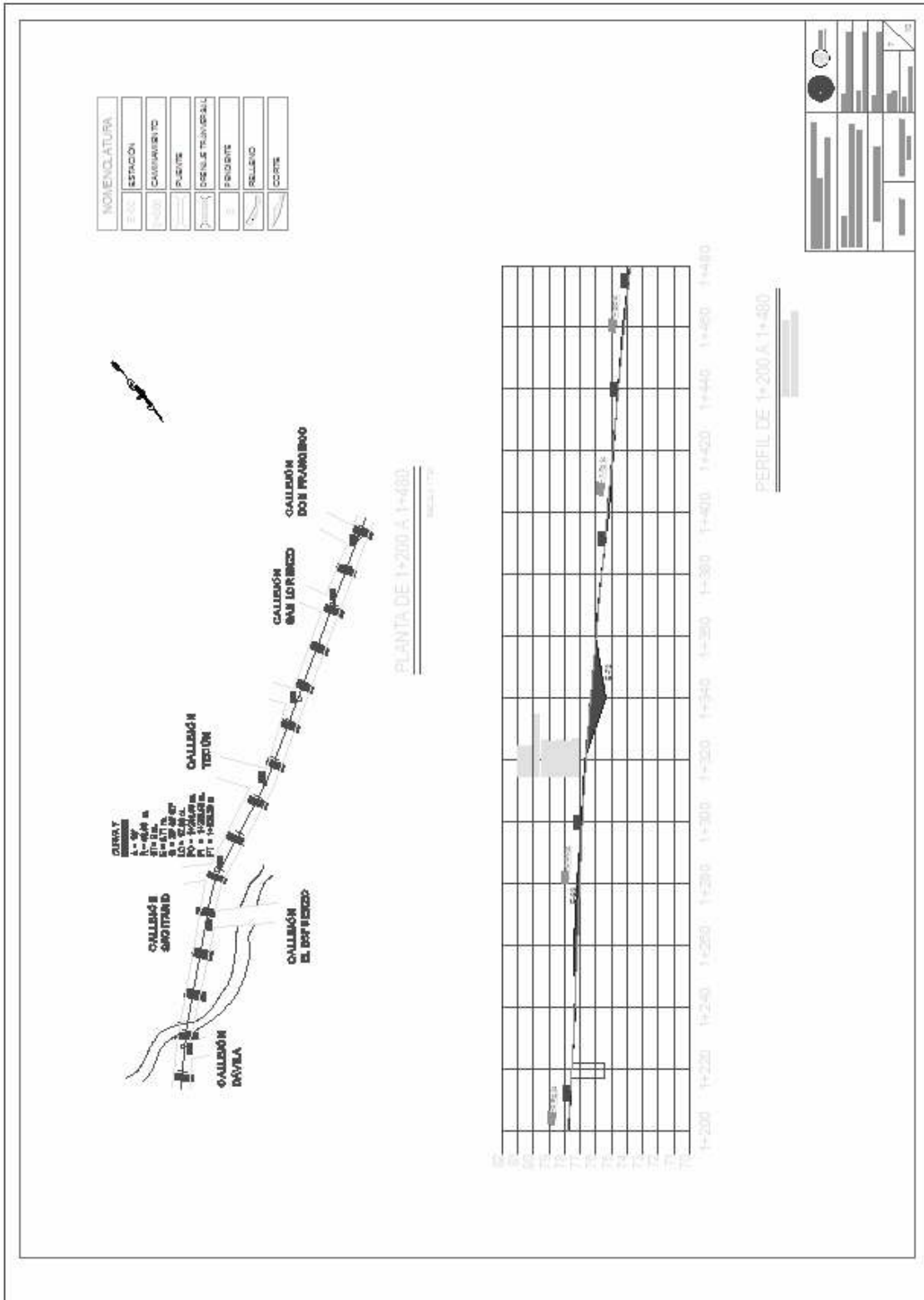




Figura 33. Plano planta-perfil pavimento rígido de 1+780 a 1+982

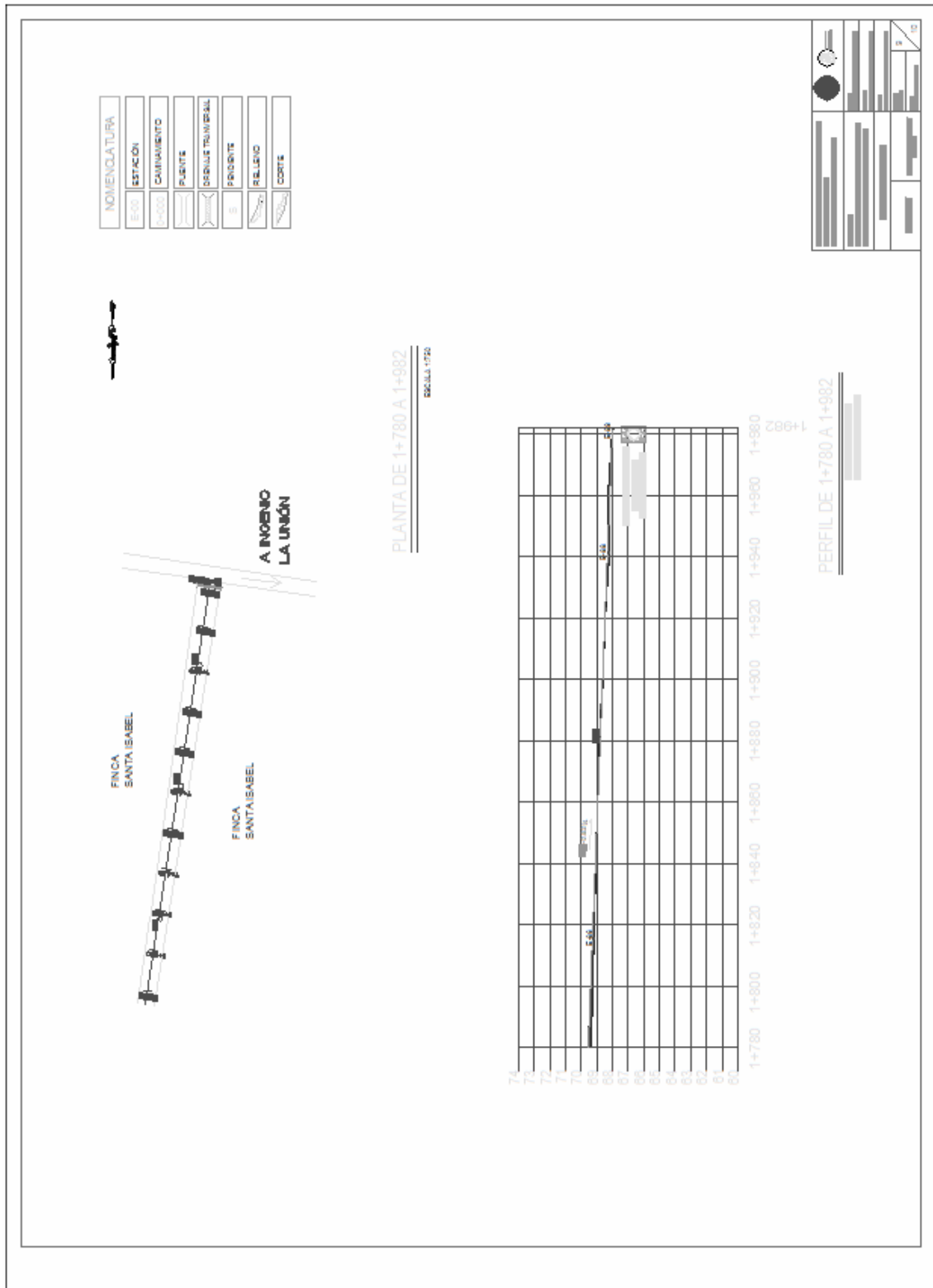
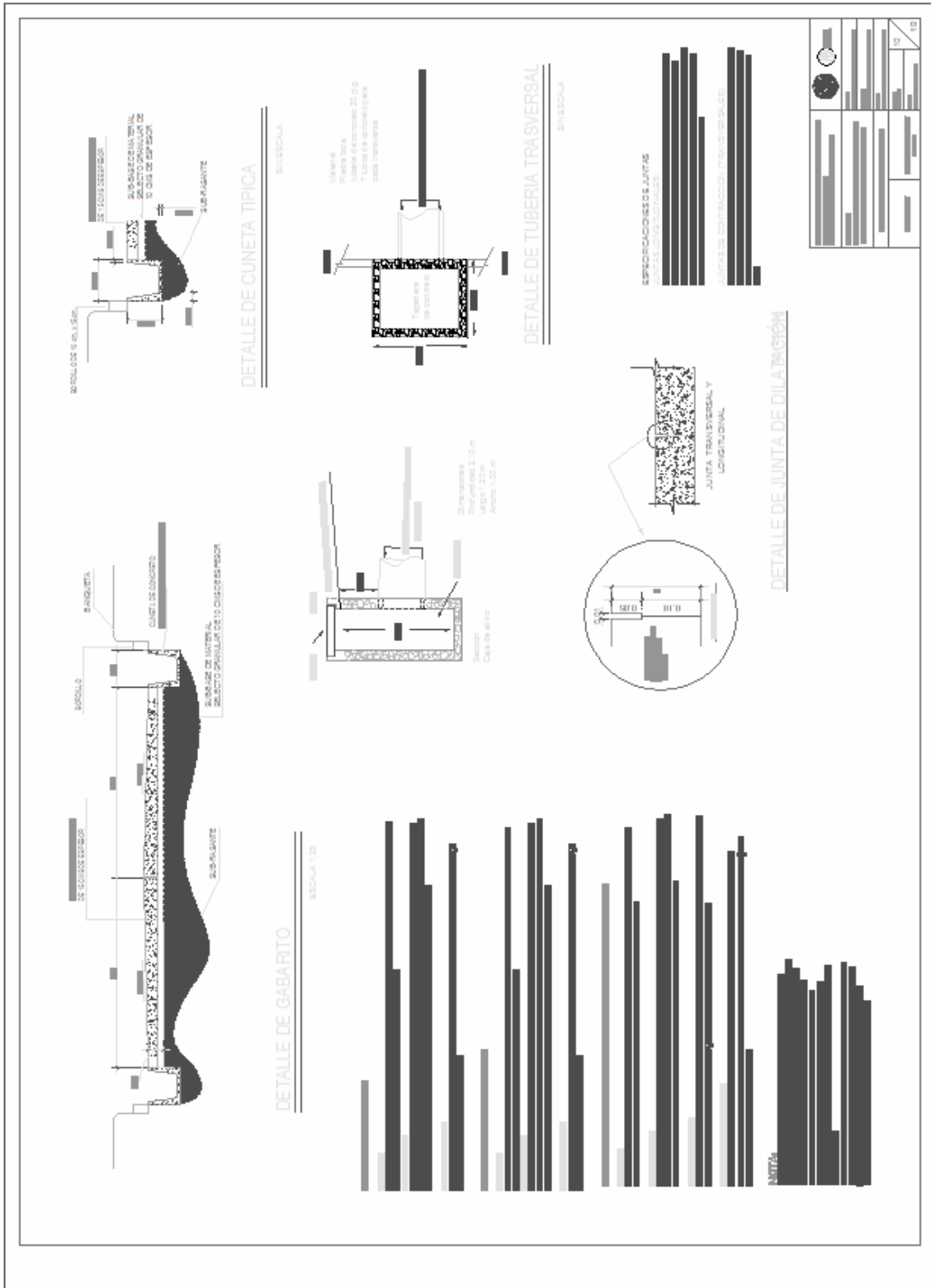


Figura 34. Plano de especificaciones y detalles



# **ANEXOS**



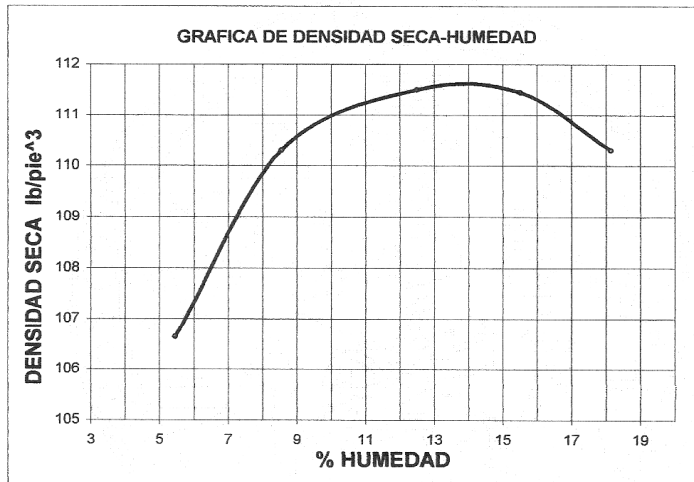
**Figura 35. Ensayo de compactación**



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



INFORME No. 374 S.S. O.T. No.: 20,289  
 Interesado: Luis Enrique Acevedo Castañeda  
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS  
 Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla  
 Fecha: 6 de septiembre de 2006



Muestra No.: 1  
 Descripción del suelo: Arena limosa con grava color gris  
 Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,789 Kg/m<sup>3</sup> 111,7 lb/ft<sup>3</sup>  
 Humedad óptima Hop.: 13,5 %  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

*Cesar Alfonso Garcia Guerra*  
 Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
 DIRECTOR CII/USAC

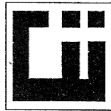
*Omar Enrique Medrano Mendez*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



**Figura 36. Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)**



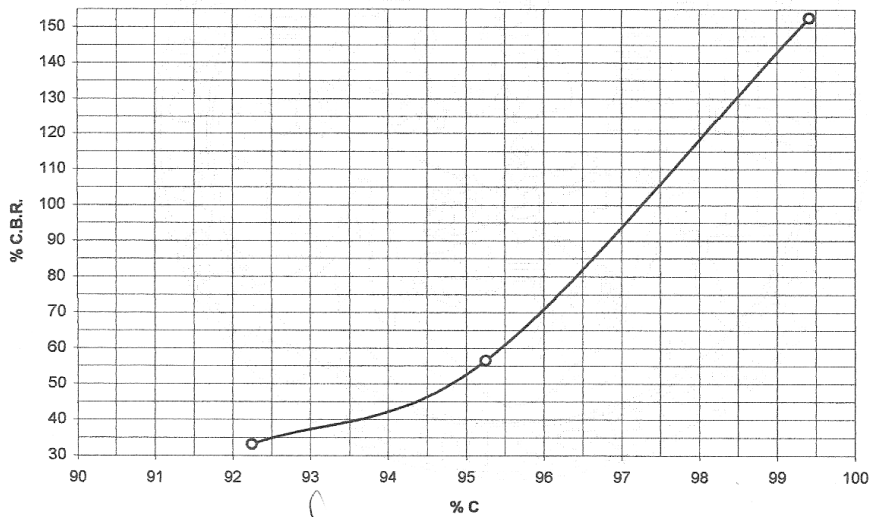
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 375 S.S. O.T. No.: 20,289  
 Interesado: Luis Enrique Acevedo Castañeda  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS  
 Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla  
 Descripción del suelo: Arena limosa con grava color gris  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 6 de septiembre de 2006

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(%)
1	10	13,80	1650,7	92,25	2,2	33,1
2	30	13,80	1704,4	95,25	4,4	56,6
3	65	13,80	1778,9	99,41	3,0	152,6

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CI/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



## Figura 37. Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 377 S.S.

O.T. No. 20,289

Interesado: Luis Enrique Acevedo Castañeda  
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

FECHA: 6 de septiembre de 2006

### RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	material no plástico		SW	Arena limosa con grava color gris

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Figura 38. Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo**



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

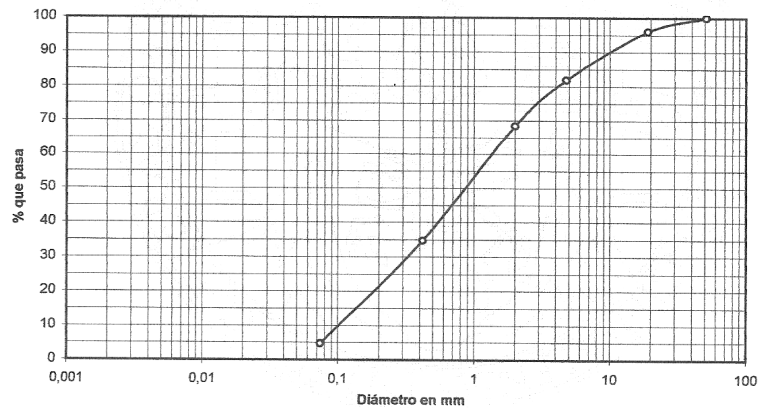


INFORME No. 376 S.S. O.T. No. 20,289  
Interesado: Luis Enrique Acevedo Castañeda  
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11  
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla  
Fecha: 6 de septiembre de 2006  
Muestra No.

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50,8	100,00
3/4"	19,00	96,06
4	4,76	81,89
10	2,00	68,50
40	0,42	34,65
200	0,074	4,72

% de Grava: 18,11  
% de Arena: 77,17  
% de Finos: 4,72



Descripción del suelo: Arena limosa con grava color gris  
Clasificación: S.C.U.: SW P.R.A.: A-1-b  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.  
Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC.



Atentamente,  
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>