



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN
DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL
MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.**

Jorge Mauricio Pontaza Pivaral

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN
DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL
MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo 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. José Milton De León Bran |
| VOCAL V | Br. Isaac Sultán Mejía |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos. |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz |
| EXAMINADOR | Inga. Mayra Rebeca García Soria De Sierra |
| EXAMINADOR | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne 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:

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de marzo de 2008.

Jorge Mauricio Pontaza Pivaral.



Guatemala 23 de febrero de 2009.
Ref:EPS.DOC.375.02.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zecofia,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. 200312761, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETEN"**.

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"

Jorge Luis Guzmán Alfaro
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
LGAV/ra



Guatemala, 23 de febrero de 2009.
Ref:EPS.D.111.02.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervizado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETEN"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz**.

Por lo que habiéndolo 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,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Deana Sarmiento Zucchi de Argano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Guatemala,
6 de marzo de 2009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Mauricio Postaza Pivaral, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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.

Acentamiento.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala,
18 de mayo de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Mauricio Pontaza Pivaral, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz.

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

Ing. Fernando Amilcar Hoston Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Abdeb,



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Jorge Mauricio Pontaza Pivaral, titulado **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Mgr. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, mayo 2009.

/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: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Mauricio Pontaza Pivaral**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Racinos
Decano



Guatemala, mayo de 2009

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por darme la vida y por estar siempre junto a mí porque Él me ha cuidado y guiado toda la vida.

Mi familia.

Por el apoyo y cariño que me brindaron; que Dios los bendiga.

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Por compartir conmigo sus conocimientos sin ningún interés; por el apoyo brindado cada vez que lo necesité y por ser un gran amigo.

Municipalidad de San Benito, Petén.

En especial al señor Francisco Javier López Marroquín, por haberme permitido realizar el Ejercicio Profesional Supervisado.

Al secretario William Rene Vivar Barrera y a mis amigos de la OMP (Oficina Municipal de Planificación). Gracias por permitirme su amistad y por su apoyo que me brindaron en la realización de este trabajo de graduación.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

En especial a la Facultad de Ingeniería, por haberme formado como profesional; y a todos sus catedráticos por hacer de mí un profesional competente.

María Isabel Rodas Villatoro

Por compartir conmigo sus conocimientos como futura profesional; que Dios me la cuide y me la bendiga siempre.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios, gracias por darme la vida y la fortaleza para seguir adelante.

Mi madre Gloria Asunción Pivaral de Pontaza, por apoyarme y darme los mejores consejos de la vida; gracias por ser la mejor de las madres. Mi padre Rodolfo Mauricio Pontaza Calderón, por el apoyo, por creer en mí y por ser un ejemplo a seguir. A los dos les dedico este momento, porque el amor que me han dado es mi fuerza y mi alegría, les debo más que tanto; todo. Gracias por su amor y sacrificio que hicieron para llegar a obtener éste triunfo, y que este trabajo sea un reconocimiento a sus esfuerzos.

Mis hermanos Fernando y Gustavo, por ser además mis amigos y por haber estado juntos en tantos momentos difíciles que unidos logramos superar.

Mis abuelos, por ser como mis padres y por estar siempre en mi corazón y en mis pensamientos.

Mis tíos y primos, por sus consejos y apoyo incondicional que me han brindado.

Mi familia en general, con los que comparto este triunfo y orgullo, gracias por apoyarme y por hacerme sentir que somos una gran familia, motivo para seguir adelante.

Mis amigos, por haberme acompañado y exhortado a salir adelante en mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XV |
| OBJETIVOS | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| FASE DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| | |
| 1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN. | |
| 1.1. Antecedentes históricos | 1 |
| 1.2. Características geográficas | 1 |
| 1.2.1. Localización y extensión territorial | 1 |
| 1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias | 2 |
| 1.2.3. Accesos y comunicaciones | 2 |
| 1.2.4. Aspectos climatológicos e hidrográficos | 3 |
| 1.3. Características económicas | 4 |
| 1.4. Características socioculturales | 5 |
| 1.4.1. Población | 5 |
| 1.4.1.1. Tasa de crecimiento poblacional | 6 |
| 1.4.2. Educación | 6 |
| 1.4.3. Servicios básicos existentes | 7 |
| 1.5. Principales necesidades del municipio de San Benito, Petén. | 8 |
| 1.5.1. Salubridad | 8 |
| 1.5.2. Vías de comunicación | 8 |

FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

9

2. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.

| | | |
|--------------|--|----|
| 2.1. | Descripción del proyecto | 9 |
| 2.1.1. | Especificaciones generales | 10 |
| 2.1.2. | Línea de conducción principal | 11 |
| 2.1.3. | Tipos de tubería | 12 |
| 2.1.3.1. | Tubería de concreto | 12 |
| 2.1.3.2. | Tubería de cloruro de polivinilo (PVC) | 13 |
| 2.1.3.3. | Tubería de diseño | 13 |
| 2.1.3.3.1. | Características | 14 |
| 2.1.3.3.2. | Ventajas y usos | 15 |
| 2.1.3.3.3. | Normas y dimensiones | 16 |
| 2.1.3.3.4. | Sistemas de unión | 17 |
| 2.1.3.3.5. | Comportamiento estructural | 18 |
| 2.1.3.3.6. | Transporte, manejo, almacenamiento e inspección | 19 |
| 2.1.3.3.7. | Instalación | 22 |
| 2.1.3.3.7.1. | Excavación | 22 |
| 2.1.3.3.7.2. | Cama de apoyo | 23 |
| 2.1.3.3.7.3. | Colocación de tubería | 24 |
| 2.1.3.3.7.4. | Relleno y compactación | 25 |
| 2.1.4. | Pozos de visita | 26 |
| 2.1.4.1. | Características | 26 |
| 2.1.4.2. | Dimensiones | 27 |
| 2.1.4.3. | Criterios para un diseño eficiente | 27 |
| 2.1.4.4. | Excavación y dimensiones | 27 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.1.4.5. | Cama de apoyo o base | 28 |
| 2.1.4.6. | Colocación | 29 |
| 2.1.4.7. | Relleno y compactación | 30 |
| 2.1.4.8. | Recomendaciones para la instalación de pozos de visita en condiciones de manto freático alto | 30 |
| 2.1.4.9. | Ubicación de pozos de visita | 31 |
| 2.1.5. | Conexiones domiciliarias | 32 |
| 2.1.6. | Forma de desfogue | 33 |
| 2.2. | Topografía | 33 |
| 2.2.1. | Altimetría | 34 |
| 2.2.2. | Planimetría | 35 |
| 2.3. | Diseño de la red de distribución | 35 |
| 2.3.1. | Período de diseño | 37 |
| 2.3.2. | Población de diseño | 37 |
| 2.3.3. | Dotación | 38 |
| 2.3.4. | Factor de retorno | 38 |
| 2.3.5. | Factor de flujo o de Harmond | 39 |
| 2.3.6. | Caudal sanitario | 39 |
| 2.3.6.1. | Caudal domiciliar | 39 |
| 2.3.6.2. | Caudal comercial | 40 |
| 2.3.6.3. | Caudal industrial | 40 |
| 2.3.6.4. | Caudal de conexiones ilícitas | 41 |
| 2.3.6.5. | Caudal de infiltración | 41 |
| 2.3.7. | Caudal medio | 42 |
| 2.3.8. | Factor de caudal medio | 43 |
| 2.3.9. | Caudal de diseño | 44 |
| 2.3.10. | Principios hidráulicos | 44 |
| 2.3.10.1. | Especificaciones técnicas de diseño | 45 |
| 2.3.10.2. | Relaciones hidráulicas | 49 |

| | | |
|------------|---|----|
| 2.3.11. | Cálculo hidráulico | 53 |
| 2.3.11.1. | Ejemplo del diseño de un tramo de alcantarillado | 54 |
| 2.4. | Presupuesto | 60 |
| 2.5. | Evaluación de impacto ambiental | 61 |
| 2.5.1. | Definición | 61 |
| 2.5.2. | Aspectos cubiertos por estudios de impacto ambiental | 61 |
| 2.5.3. | Evaluación ambiental de proyectos | 62 |
| 2.5.4. | Consideraciones técnicas | 62 |
| 2.5.5. | Etapa de operación | 63 |
| 2.5.6. | Etapa de construcción | 64 |
| 2.5.7. | Seguimiento ambiental | 64 |
| 2.6. | Cronograma de ejecución | 65 |
| | | |
| 3. | PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN. | |
| 3.1. | Descripción del proyecto | 67 |
| 3.2. | Especificaciones técnicas de diseño | 67 |
| 3.3. | Definición de pavimentos | 68 |
| 3.4. | Tipos de pavimentos | 68 |
| 3.4.1. | Pavimentos flexibles | 69 |
| 3.4.2. | Pavimentos rígidos | 69 |
| 3.5. | Estudio de suelos | 69 |
| 3.5.1. | Determinación del contenido de humedad | 70 |
| 3.5.2. | Ensayos para la clasificación del suelo | 70 |
| 3.5.2.1. | Ensayo de granulometría | 70 |
| 3.5.2.2. | Límites de Atterberg | 74 |
| 3.5.2.2.1. | Límite líquido | 75 |
| 3.5.2.2.2. | Límite plástico | 76 |
| 3.5.2.2.3. | Índice plástico | 77 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.5.3. | Ensayos para el control de la construcción | 78 |
| 3.5.3.1. | Ensayo de compactación o próctor modificado | 78 |
| 3.5.4. | Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo | 82 |
| 3.5.4.1. | Ensayo de valor soporte CBR | 82 |
| 3.5.5. | Análisis de resultados de laboratorio de suelos | 87 |
| 3.6. | Período de diseño | 87 |
| 3.7. | Diseño del pavimento | 88 |
| 3.7.1. | Tránsito promedio diario | 89 |
| 3.7.2. | Velocidades de diseño | 90 |
| 3.7.3. | Sub-rasante | 92 |
| 3.7.4. | Sub-base | 92 |
| 3.7.5. | Carpeta de rodadura | 93 |
| 3.8. | Construcción de la carpeta de rodadura | 93 |
| 3.9. | Trabajos preliminares | 97 |
| 3.10. | Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento | 98 |
| 3.11. | Especificaciones de construcción | 101 |
| 3.12. | Elementos geométricos de una carretera | 106 |
| 3.12.1. | Cálculo de elementos de curva circular horizontal | 106 |
| 3.12.2. | Alineamiento vertical | 110 |
| 3.12.2.1. | Curva vertical | 111 |
| 3.12.3. | Cunetas | 115 |
| 3.13. | Presupuesto del proyecto | 116 |
| 3.14. | Cronograma de ejecución | 117 |
| | CONCLUSIONES | 119 |
| | RECOMENDACIONES | 121 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 123 |
| | APÉNDICE | 125 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | |
|--|-----|
| 1. Conexiones domiciliarias..... | 33 |
| 2. Sección del canal | 45 |
| 3. Área de sección parcialmente llena..... | 50 |
| 4. Procedimiento de tamizado..... | 71 |
| 5. Representación de curva granulométrica | 73 |
| 6. Ensayo en la copa de Casagrande | 76 |
| 7. Procedimiento para obtener límite plástico..... | 77 |
| 8. Equipo para ensayo de compactación | 79 |
| 9. Procedimiento de compactación | 81 |
| 10. Curvas de compactación | 82 |
| 11. Equipo para ensayo CBR | 84 |
| 12. Colocación del medidor de deformación..... | 85 |
| 13. Prensa para CBR | 86 |
| 14. Punto crítico en una losa de concreto de pavimento rígido..... | 104 |
| 15. Elementos de una curva circular horizontal | 107 |
| 16. Círculo para cálculo de grado de curvatura | 108 |
| 17. Cálculo de delta (∇) | 108 |
| 18. Curva vertical cóncava | 111 |
| 19. Curva vertical convexa | 112 |
| 20. Curva vertical | 114 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|-----|
| I | Población total y su distribución porcentual, según lugares poblados..... | 5 |
| II | Evaluación y proyección población 2000-2005..... | 6 |
| III | Dimensiones básicas de la tubería NOVAFORT..... | 16 |
| IV | Dimensiones, accesorios inyectados de tubería NOVAFORT..... | 17 |
| V | Cantidad estimada de tubos que se pueden transportar por camión..... | 21 |
| VI | Clasificación del levantamiento topográfico..... | 34 |
| VII | Valores permitidos de factor de caudal medio..... | 43 |
| VIII | Factores de rugosidad (n)..... | 47 |
| IX | Relaciones hidráulicas sección circular..... | 51 |
| X | Resumen del presupuesto del diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén..... | 60 |
| XI | Cronograma de ejecución del diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén..... | 65 |
| XII | Resistencias a diferentes penetraciones en piedra triturada..... | 83 |
| XIII | Clasificación del suelo CBR..... | 86 |
| XIV | Estándares de diseño de carretera..... | 91 |
| XV | Clasificación de vehículos, según su categoría..... | 95 |
| XVI | Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K..... | 95 |
| XVII | Efectos de la sub-base no tratada sobre los valores de K..... | 96 |
| XVIII | Diseño del espesor de losa..... | 97 |
| XIX | Valores de K para curvas Cóncavas y Convexas..... | 113 |
| XX | Cálculo de corrección de curva vertical..... | 115 |
| XXI | Resumen del presupuesto de pavimentación de calles para el Barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén..... | 116 |
| XXII | Cronograma de ejecución del proyecto de pavimentación de calles para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén..... | 117 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------|---|
| AASHTO | Asociación Oficial de Carreteras y Transportes. |
| °C | Grados centígrados |
| CIE | Cota invert de entrada de tubería |
| CIS | Cota invert de salida de tubería |
| cm | Centímetro |
| d | Tirante de agua dentro del tubo |
| D | Diámetro del tubo |
| d/D | Relación de diámetros |
| DH | Distancia horizontal |
| Et | Espesor de tubería |
| FH | Factor Hardmon |
| F'c | Resistencia nominal del concreto |
| Fqm | Factor de caudal medio |
| G | Grados |
| Hp | Altura de pozos de visita |
| I.P. | Índice de plasticidad |
| INFOM | Instituto de Fomento Municipal |
| Kg. | Kilogramos |
| Km. | Kilómetros |
| K.P.H. | Kilómetros por hora |
| L | Longitud |
| Lts. | Litros |
| L.L. | Límite líquido |
| L/hab/día | Litros por habitante por día |

| | |
|-----------------------------|--|
| lts/ seg | Litros por segundo |
| msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| m. | Metros |
| M | Minutos |
| m ² | Metros cuadrados (área) |
| mm. | Milímetros |
| m/seg | Metros por segundo (velocidad) |
| m ³ /seg | Metros cúbicos por segundo (caudal) |
| PCA | Asociación del Cemento Pórtland |
| P _o | Población inicial |
| P _f | Población futura |
| PV | Pozo de visita |
| q | Caudal de diseño a sección parcialmente llena |
| Q | Caudal a sección llena |
| q/Q | Relación de caudales |
| Q _{dom.} | Caudal domiciliar |
| Q _{inf.} | Caudal de infiltración |
| Q _{con. ilícitas.} | Caudal por conexiones ilícitas |
| Q _{med} | Caudal medio |
| S (%) | Pendiente del terreno en porcentaje |
| seg. | Segundos |
| t | Espesor de la losa |
| TPD | Tránsito promedio diario |
| TPDC | Tránsito promedio diario de camiones |
| v | Velocidad de diseño a sección parcialmente llena |
| V | Velocidad de sección llena |
| v/V | Relación de velocidades |
| V max | Velocidad máxima |
| Ø | Diámetro |

GLOSARIO

- Aguas negras** En general, se llama así a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos, comerciales e industriales.
- Alcantarillado Sanitario** Sistema que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.
- Altimetría** Procedimiento utilizado para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
- Azimut** Es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
- Caudal** Cantidad de agua que brota de un manantial o cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.
- Caudal de aguas negras** Cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.

| | |
|-------------------------------|--|
| Caudal de Infiltración | Cantidad de volumen de agua subterránea que se infiltra dentro del sistema de drenajes, debido al nivel de la capa freática. |
| Caudal de diseño | Elevación, tramo por tramo, del sistema sanitario aplicado en un período de diseño determinado. Está integrado por el caudal máximo de origen doméstico, caudal de infiltración, conexiones ilícitas y aguas de origen comercial e industrial. |
| Colector | Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga. |
| Concreto | Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua. |
| Conexión domiciliar | Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el alcantarillado sanitario. |
| Compactación | Acción de hacer alcanzar a un material una textura apretada o maciza. |
| Cota de terreno | Número en los planos topográficos que indica la altura de un punto sobre un plano de referencia. |

| | |
|--------------------------|---|
| Cota invert | La parte más baja de un pozo de visita en donde entran una o varias tuberías y sólo una de ellas es de seguimiento. |
| Descarga | Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas. |
| Dotación | Cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades. Se expresa en litros por habitante por día. |
| Estación | Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación. |
| Factor de retorno | Factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que consume al día y la dotación destinada para cada persona. Puede variar este factor en función de la región en estudio. |
| Gabarito | Sección transversal del trayecto vial en donde se indica el ancho de las calles, bordillos y espesores de las diferentes capas. |
| Junta | Es el espacio entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales, debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas. |

| | |
|-------------------------------|---|
| Período de diseño | Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población. |
| Pozo de visita | Una estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto dar inspección, limpieza y ventilación al sistema. |
| Relaciones hidráulicas | Relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con ciertas condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena. |

RESUMEN

El municipio de San Benito, Petén carece de ciertos servicios necesarios para sus habitantes. Por ello fue de primordial importancia realizar un estudio dirigido a materia de infraestructura. Éste consistió en el diseño del sistema de evacuación de aguas negras y pavimentación de calles y avenidas para el barrio Playa Blanca en el municipio.

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), el cual se compone de tres capítulos. En el capítulo uno se presenta un informe amplio sobre las características del área de estudio. Dicha información permitió conocer las necesidades básicas del municipio, con el objetivo de presentar posibles soluciones e identificar qué barrios eran prioritarios en ese momento para las autoridades ediles.

En los capítulos 2 y 3 se presenta el diseño del alcantarillado sanitario y pavimentación de calles del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén. Cada capítulo contiene la memoria de cálculo, así como también la metodología utilizada. En el apéndice se encuentran los planos.

En el diseño del alcantarillado sanitario se tienen definidos los parámetros de descarga, ya que se cuenta con un colector principal de 21" de diámetro, el cual conduce todas las aguas negras a la planta de tratamiento. Teniendo este parámetro se procedió a los trabajos previos al diseño: planimetría y altimetría. Posteriormente se tomaron los siguientes parámetros de diseño: período de diseño, tasa de crecimiento de la población, dotación de agua potable que percibe la población, cantidad de habitantes por vivienda, número de viviendas.

Finalmente se propuso un sistema de tubería PVC NORMA ASTM 3034, teniendo la certeza de que con estos proyectos la población del municipio de San Benito continúe con su proceso de desarrollo y mejore su calidad de vida.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica compuesta por la planimetría y altimetría. Luego se procedió al muestreo de la sub-rasante y así conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio. Para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer un espesor de losa de 15 centímetros.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación de calles y avenidas, para el barrio Playa Blanca, en el Municipio de San Benito, Petén.

Específicos:

1. Que los habitantes reciban el mejor servicio de alcantarillado sanitario, evitando la propagación de epidemias producidas por mala conducción de las aguas residuales.
2. Mejorar las vías de comunicación y evitar la propagación de enfermedades intestinales.
3. Mejorar la calidad de vida de los pobladores beneficiados en los dos proyectos e impulsar el desarrollo sociocultural y económico del municipio con este tipo de proyectos.
4. Aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, desde el punto de vista teórico-práctico, para el beneficio de la población y del estudiante.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico, social y cultural de las comunidades, se ve afectado por la falta de uno de los derechos primordiales del ser humano, la salud. Ésta es quebrantada por enfermedades de diferente índole, entre las que se pueden mencionar las gastrointestinales y las infectocontagiosas. Dichas enfermedades son provocadas por la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, por la mala disposición de aguas residuales, que causan problemas serios y en algunos casos hasta la muerte. Teniendo el control del medio por el cual ocurre el contagio de estas enfermedades, a través del alcantarillado sanitario, se mejora la salud de los habitantes, y por ende, se promueve el desarrollo económico, social y cultural. El departamento de Petén sufre latentemente por la falta de alcantarillados sanitarios. Es por ello que la construcción de un alcantarillado sanitario es de vital importancia para el municipio de San Benito.

Asimismo, se propone pavimentar el barrio Playa Blanca porque da soluciones a múltiples problemas que generan el mal estado de las avenidas de este municipio. Un ejemplo es la constante inversión municipal de sus fondos propios para la reparación de sus calles, mediante la reposición de material de balasto. Al realizar el proyecto de pavimentación se estará evitando el malestar sufrido por la población para movilizarse en épocas lluviosas por la formación de baches con la acumulación de agua y lodo, provocando así el deterioro y destrucción de los automóviles. También se evitarán las enormes nubes de partículas de balasto que se levantan con el aire.

Es importante mencionar que se priorizaron estos proyectos debido a que satisfacen las necesidades básicas que demanda la población del municipio. La salubridad y las vías de comunicación son aspectos importantes para el desarrollo de las comunidades.

Para la realización de dichos proyectos se deben tomar en cuenta todos los factores y normas de construcción, así como las recomendaciones, para garantizar de esta forma la vida útil de los proyectos.

FASE DE INVESTIGACIÓN

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.

1.1. Antecedentes históricos

San Benito, Petén, se fundó el 3 de abril de 1805, pero por motivos económicos fue agregado como cantón al municipio de Ciudad Flores, representado por un regidor de esa comuna, hasta el 26 de enero de 1873, fecha en que estableció definitivamente como municipio. Territorialmente es el municipio más pequeño. Dista a un kilómetro de la cabecera Departamental.

Se cree que los primeros habitantes descendían de los esclavos procedentes de Belice, quienes trajeron la imagen de San Benito de Palermo, proclamándolo patrono del lugar.

1.2. Características geográficas

1.2.1. Localización y extensión territorial

El Municipio de San Benito pertenece al departamento de Petén se encuentra a una distancia de 503 kilómetros de la ciudad de Guatemala (Ver Localización en mapa 1:50,000 del proyecto en el apéndice).

A demás cuenta con una extensión territorial de 112 kilómetros cuadrados.

1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias

El municipio de San Benito, Petén, es el más inmediato a la cabecera departamental, a tan sólo un kilómetro. Al norte colinda con el municipio de San Andrés, al este con Flores y Santa Ana, al sur con San Francisco, y al oeste con el municipio de La Libertad. (Ver ubicación del proyecto en el apéndice).

El espacio geográfico se encuentra en las coordenadas 89 G 54 M 26 S longitud oeste y 16 G 55 M 20 S latitud norte, situado con una altitud de 130 msnm.

Se comunica, con la ciudad capital por la ruta al Atlántico (CA-9) y la carretera de La Ruidosa a Flores (CA13). Con los municipios de Santa Ana, La Libertad y San Francisco por las rutas departamentales 1, 11 y 16 respectivamente.

1.2.3. Accesos y comunicaciones

A la cabecera municipal de San Benito se puede acceder por vía terrestre y lacustre. Diariamente salen embarcaciones desde las playas de San Benito con destino a lugares turísticos en el lago Petén Itzá, por ejemplo las embarcaciones con destino a San José duran 45 minutos y las embarcaciones hacia lugares alejados (distancias mayores a 8 Km.) las realizan únicamente por turismo.

1.2.4. Aspectos climatológicos e hidrográficos

El clima guarda características netamente tropicales, cuya principal variable es la definición de la estación seca. La estación meteorológica de Flores localizada en el Aeropuerto Internacional de Santa Elena, clave 1101104,

latitud 16 G 54 M 53 S y longitud 89 G 51 M 59 S, elevación de 123.00 msnm., Registra; Temperatura media anual 25.7 °C.; temperatura absoluta máxima media 39.6 °C, temperatura absoluta mínima media 9.6 °C, temperatura máxima promedio 32.0 °C, temperatura mínima promedio 20.0 °C, precipitación pluvial promedio 1,344 mm. Promedio/año, días de lluvia al año 123 días de lluvia, humedad relativa media 74%. Ésta varía de 64% a 84% en abril y diciembre, humedad relativa máxima 100%, humedad relativa mínima 3%, evaporación media a la intemperie 187.7 mm., presión atmosférica media 49.4 mm. de Hg., presión atmosférica máxima media 751.4mm. de Hg., presión atmosférica mínima media 747.6 mm. de Hg., vientos: soplan predominantemente del norte, este, sur, sureste y noreste con velocidad 99 Km/hr., nubosidad 5 octas, brillo solar promedio 6.6. Hg.

El régimen de lluvias va desde los 1,200 mm. hasta los 2,000 mm. como promedio anual en las distintas estaciones registradas.

Su cabecera municipal está situada en la margen Suroeste de la cuenca del Lago Petén Itzá, adornada de árboles frutales.

El lago Petén Itzá es el cuerpo de agua más grande de Petén. Está ubicado en el área central, encontrándose una población importante asentada en sus orillas y en la isla principal, en donde se encuentra establecida la cabecera departamental, Flores. Tiene una extensión de 99 kilómetros cuadrados y se localiza a una altura de 110 msnm. Este cuerpo de agua se alimenta principalmente de aguas subterráneas, desde una cuenca aproximada de 1200 kilómetros cuadrados, que pertenece al drenaje del río San Pedro.

En cualquier ecosistema de vertiente lacustre, especialmente en cuencas cerradas como las que componen el distrito lacustre de Petén, los elementos

que lleva el agua fluyen hacia el lago, todos los aportes al lago provienen de la vertiente de coluviación (de los materiales detríticos que cubren el fondo de un valle y que han descendido de las vertientes del mismo). Estudios del lago demuestran que por encima de los sedimentos arcillosos, fosfóricos, y de sílice se encuentra un sedimento superficial de excremento y desechos, lo cual contribuye a una mayor contaminación.

1.3. Características económicas

San Benito es un municipio eminentemente comercial, existe gran cantidad de abarroterías, tiendas, farmacias, barberías, zapaterías, librerías, ferreterías, cuatro gasolineras, comedores, servicio de taxis, talleres mecánicos y de aparatos eléctricos, foto estudios, refresquerías, restaurantes, renta de autos, venta de armas, un laboratorio clínico, aceiteras, orfebrerías, sastrerías, bufetes profesionales, imprentas, venta de aparatos eléctricos, fábricas de jugos / agua purificada, empresa exportadora Follajes del Trópico, distribuidora de cerveza Gallo, distribuidora de la Pepsi, funerarias, bodega de productos Diana y carnicerías. Así mismo cuenta con líneas de transporte urbano que recorren toda el área central. También cuenta con servicio de lanchas que comunican a los municipios de San Andrés, San José y Flores, también algunos puntos turísticos del lago como El Remate y Petencito.

En lo que a tenencia de la tierra se refiere, en el municipio de San Benito existen tierras nacionales y municipales, las primeras en su mayoría han sido adjudicadas por el Estado a través del proyecto de regularización denominado Tayasal y las segundas son tierras adjudicadas por el FYDEP a la municipalidad, las cuales conforman un ejido de 250 caballerías. Actualmente el uso agrícola dentro del ejido municipal esta regulado por un contrato de arrendamiento extendido por la misma municipalidad a través de la sección de Ambiente y Recursos Naturales.

1.4. Características socioculturales

1.4.1. Población

La población, según el último censo, es de aproximadamente 25,974 habitantes distribuidos en la cabecera municipal y aldeas La Cobanerita, San Antonio y Belén.

Tabla I. Población total y su distribución porcentual, según lugares poblados

| No. | Nombre del Barrio | Familias | Habitantes | % |
|-----|--------------------------|--------------|---------------|------------|
| 1 | Barrio El Pedregal | 105 | 630 | 2 |
| 2 | Barrio Tikal | 95 | 570 | 2 |
| 3 | Barrio Democracia | 80 | 480 | 2 |
| 4 | Colonia Tikal | 175 | 1,050 | 4 |
| 5 | Nueva Esperanza | 59 | 354 | 1 |
| 6 | Barrio San Juan | 83 | 498 | 2 |
| 7 | Barrio La Paz | 85 | 510 | 2 |
| 8 | Barrio La Caridad | 75 | 450 | 2 |
| 9 | Barrio El Redentor | 125 | 750 | 3 |
| 10 | Barrio La Ermita | 285 | 1,710 | 6 |
| 11 | Barrio Vista Hermosa | 405 | 2,430 | 9 |
| 12 | Barrio 3 de Abril | 425 | 2,550 | 10 |
| 13 | Barrio El Porvenir | 205 | 1,230 | 5 |
| 14 | Barrio Valle Nuevo | 352 | 2,112 | 8 |
| 15 | Barrio El Trébol | 253 | 1,518 | 6 |
| 16 | Barrio Playa Blanca | 195 | 1,170 | 5 |
| 17 | Colonia 20 de Mayo | 75 | 450 | 2 |
| 18 | Barrio Panorama | 270 | 1,620 | 6 |
| 19 | Barrio Las Flores | 125 | 750 | 3 |
| 20 | Barrio La Candelaria | 215 | 1,290 | 5 |
| 21 | Barrio Bellos Horizontes | 60 | 360 | 1 |
| 22 | Aldea la Cobanerita | 258 | 1,548 | 6 |
| 23 | Caserío Belén | 65 | 390 | 2 |
| 24 | Aldea San Antonio | 89 | 534 | 2 |
| 25 | Colonia Itzá | 170 | 1,020 | 4 |
| | Totales | 4,329 | 25,974 | 100 |

Fuente: Unidad Técnica Municipal, año 2,001.

1.4.1.1. Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional del municipio de San Benito, Petén, se encuentra aproximadamente en el rango del 4%.

Tabla II. Evolución y proyección de población 2000-2005

| Año | Habitantes |
|------------|-------------------|
| 1880 | 362 |
| 1955 | 1,349 |
| 1964 | 3,036 |
| 1973 | 4,708 |
| 1981 | 8,842 |
| 1994 | 12,685 |
| 2000 | 23,752 |
| 2001 | 25,974 |
| 2002 | 25,401 |
| 2003 | 26,266 |
| 2004 | 27,159 |
| 2005 | 28,081 |

Fuente: Revista Petén Itzá No. 39-1998.
Delegación Departamental INE Petén.

1.4.2. Educación

Los servicios de educación en San Benito se prestan actualmente a través de centros educativos oficiales y privados. Los cursos impartidos van desde la pre-primaria hasta el nivel universitario. Existen escuelas en cada barrio, sin embargo, se hace notar la falta de infraestructura, mobiliario y equipo para realizar labores de enseñanza.

Las actividades de la Comisión Nacional de Alfabetización CONALFA han unido esfuerzos para contrarrestar el analfabetismo observándose menos personas analfabetas que en otros municipios del Petén.

1.4.3. Servicios básicos existentes

San Benito es un municipio que cuenta con los siguientes servicios básicos:

- Agua potable: tanto la cabecera municipal como su aldea y sus dos caseríos cuentan con su red de distribución de agua captada de pozos y almacenada para su distribución. Es de hacer notar cierta actividad para mejorar el abastecimiento. Sin embargo, la mayoría de los programas no cuentan con instalaciones de potabilización (filtración y cloración), ni con sistemas de control de calidad.
- Salud: con respecto al acceso a servicios médicos el municipio cuenta con el Hospital Regional Prospero Penados del Barrio, el cual es un establecimiento de atención básica, que desarrolla además de acciones de recuperación, acciones de promoción, prevención y rehabilitación de la salud y brinda atención médica especializada a la población.
- Energía Eléctrica: servicio prestado por DEORSA.
- Policía Nacional Civil: existe una comisaría y una subestación.
- Teléfono: servicio prestado por TELGUA.
- Otros servicios de comunicación: disponibilidad de Fax e Internet.
- Recreativos: cuenta con un estadio de fútbol, canchas de baloncesto y conciertos dominicales de marimba al aire libre.
- Religiosos: Iglesia Católica y Templos Evangélicos.
- Institucionales: en el municipio ejercen una serie de instituciones gubernamentales con sede en el municipio de San Benito tales como: Ministerio de Educación, Ministerio de Salud Pública, Consejo Nacional de áreas Protegidas, Juzgado de Paz, Subdelegación del Tribunal Supremo Electoral, IDEA, UTJ-PROTIERRA, otras instituciones no gubernamentales, Pro-Petén.

1.5. Principales necesidades del municipio de San Benito, Petén.

1.5.1. Salubridad

Actualmente el barrio Playa Blanca no cuenta con un sistema colectivo de evacuación de las aguas servidas. De este modo, cada vivienda deposita sus aguas residuales en los patios de sus viviendas, formando zanjas y charcos de agua contaminada. Esto contribuye a la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinal. También cabe mencionar que es un foco de enfermedades epidémicas y contamina el entorno ambiental.

1.5.2. Vías de comunicación

Actualmente uno de los problemas es la vía de acceso al barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén, ya que se encuentra en malas condiciones para el ingreso de toda clase de vehículos. Debido a ello se planificará la pavimentación de las calles y avenidas, al ser éstas de terrecería de modo que se estará evitando el lodo que es común en calles no pavimentadas. También se tiene contemplado proponer los drenajes menores en vías pavimentadas, que conjuntamente con la pavimentación serán de beneficio no solamente para el barrio si no también para el municipio.

FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.

2.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño del alcantarillado sanitario para el municipio de San Benito, Petén. Dicha necesidad se identificó investigando la problemática que viven los pobladores a raíz de la falta de este elemental servicio. La red a diseñar presenta una longitud de 4640.35 metros, para los cuales se diseñaron 37 pozos de visita y 316 conexiones domiciliarias, los cuales se construirán de acuerdo a las especificaciones del reglamento de construcción del municipio, tales como las alturas mínimas, cotas invert, etc. La tubería a utilizar será PVC, norma ASTM 3034 y tendrá un diámetro de 6 pulgadas. Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a las pendientes del terreno, evitando rebasar las velocidades y caudales permitidos. El desfogue se realizará en la línea de conducción principal o colector existente, la cual desemboca en la planta de tratamiento municipal.

2.1.1. Especificaciones generales

Debido al nivel freático, tanto la tubería como los pozos de visita serán de PVC. Este sistema será diseñado como sistema por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos.

Todas las aguas negras recolectadas en el barrio Playa Blanca se conectarán a la tubería principal o colector existente, el cual desemboca en la planta de tratamiento municipal y funciona como sistema por gravedad.

El análisis y la investigación de las características del flujo hidráulico han permitido que el sistema de alcantarillado construido con tubería plástica, sea diseñado conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

La relativa pequeña concentración de sólidos (600 ppm), usualmente presente en las aguas negras, no es suficiente para hacer que el comportamiento hidráulico difiera al de agua limpia, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza.

En general, para simplificar el diseño del sistema de alcantarillado, es aceptable asumir condiciones constantes de flujo aunque la mayoría de los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionan con caudales sumamente variables. Cuando se diseña permitiendo que la altura del flujo en el conducto varíe, se considera como flujo a superficie libre.

La ecuación de Manning para flujos a superficie libre es la siguiente:

$$Q = \frac{A \times r^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = caudal, m³/s

A = área hidráulica de la tubería, m²

r = radio hidráulico, m; $r = D_i/4$ para conductos circulares trabajando a sección llena y a media sección.

n = coeficiente de rugosidad de Manning, $n = 0.009$ para tubería de cloruro de polivinilo (PVC).

D_i = diámetro interior del tubo, m; (tabla)

S = pendiente hidráulica, m/m; la pendiente hidráulica se obtiene dividiendo la diferencia de altura entre dos puntos respecto a la distancia horizontal o separación entre ellos. Es decir:

$$S = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

Donde:

H₁ = elevación aguas arriba, m

H₂ = elevación aguas abajo, m

L = longitud horizontal entre puntos, m

2.1.2. Línea de conducción principal

La línea de conducción principal o colector existente recorre el barrio Playa Blanca, por la 8ª avenida entre 13 calle y 14 calle de la zona 1, la 13 calle entre 8ª avenida y 9ª avenida "A" de la zona 1, la 9ª avenida "A" entre 13 calle y 13 calle "A" de la zona 1, la 13 calle "A" entre 9ª avenida "A" y 11ª calle de la zona 1, la 11ª calle entre la 13 calle "A" y la 13 calle de la zona 1, la 13 calle entre 11ª avenida y 12ª avenida de la zona 1 y la 12ª avenida entre la 13 calle y 16 calle de la zona 1 en el municipio de San Benito, Petén.

La tubería es de cloruro de polivinilo (PVC), con un diámetro de 21 pulgadas. Sus pozos de visita son del mismo material y con diferentes profundidades que van desde 1.20 metros hasta 6.70 metros. Ver apéndice.

2.1.3. Tipos de tubería

2.1.3.1. Tubería de concreto

Para la elaboración de la tubería de concreto se utiliza la siguiente materia prima: cemento, agregados finos y gruesos (arenas y piedras), malla para refuerzo y agua.

Son muchas las fortalezas por las cuales las tuberías de concreto se han mantenido durante largos años como las preferidas e ideales para la conducción de drenajes. Algunas ventajas que podemos mencionar rápidamente son la resistencia, confiabilidad y longitud, pero quizás la razón principal que le ha otorgado la categoría de líder es sin duda alguna su indiscutible durabilidad estimada en cien años o más, casi dos veces su periodo a la de cualquier otro material de tubería como el acero, aluminio e incluso hasta el polietileno una fortaleza que muy bien han sabido aprovechar los ingenieros. La aprobación de diseños de alcantarillado sanitario con tubería de concreto se debe en gran medida a la consideración de materiales con una historia garantizada de rendimiento a largo plazo.

Otras aplicaciones del concreto se encuentran en las represas y diques urbanos, todo ello gracias a otras ventajas como la resistencia, la cual se podría llamar la principal diferencia con el tubo de polietileno de alta densidad.

El tubo de concreto es rígido y posee una elevada resistencia estructural que le garantiza mayor carga que cualquier otra tubería, por esta razón puede estar sometido a grandes cargas concentradas ya que su capacidad de carga aumenta el doble debido a la presión activa del terreno. Por otro lado, la longitud es sin duda alguna otra ventaja de los tubos de concreto, ya que se fabrica en dimensiones menores que las de la mayoría de los productos flexibles, esto resulta ventajoso durante la instalación porque permite trabajar con una caja de zanjas más pequeña y una excavación menos abierta.

Otra ventaja en la tubería es el peso, por medio del cual el concreto resulta ventajoso cuando la flotación es factor de preocupación en las obras, porque a diferencia del tubo flexible, éste no se hace susceptible al movimiento lateral.

2.1.3.2. Tubería de cloruro de polivinilo (PVC)

La tubería de cloruro de polivinilo ha sido desarrollada bajo el concepto de tubería flexible de doble pared estructurada fabricada, mediante un proceso de extrusión. Esto permite obtener una pared interna lisa que garantiza alto desempeño hidráulico, una pared externa corrugada que asegura un alto valor de rigidez, y por tanto, un óptimo comportamiento estructural, y un sistema de unión por medio de sellos elastoméricos que garantizan su hermeticidad. Se fabrica en diámetros nominales de 100 mm. (4 pulgadas) hasta 600 mm. (24 pulgadas).

2.1.3.3. Tubería de diseño

Las principales consideraciones en el diseño de una tubería para drenaje son la durabilidad, capacidad hidráulica, capacidad como estructura para soportar esfuerzos en el sistema y una hermeticidad segura. La durabilidad y la

capacidad hidráulica están en función del tamaño, forma y el tipo de tubo a instalar. Una apropiada hermeticidad depende del material de junta y de una adecuada instalación.

La tubería a utilizar en este proyecto es seleccionada bajo las condiciones con que se pretende construir el sistema de alcantarillado, para lo cual influyen distintos aspectos tales como: eficiencia, economía, durabilidad, facilidad de manejo y colocación.

En este caso, la municipalidad de San Benito, Petén, propuso utilizar tubería PVC NOVAFORT, norma ASTM 3034, la cual presenta facilidad de instalación y optimización de tiempo.

2.1.3.3.1. Características

Las principales características que aseguran confiabilidad, facilidad, rapidez y economía, son las siguientes:

- Excelente comportamiento mecánico gracias al diseño óptimo de la doble pared que permite alcanzar un alto grado de rigidez.
- Una superficie interna lisa le permite mayor capacidad hidráulica que tuberías de otros materiales, evita la aparición de incrustaciones y tuberculización. Su coeficiente de rugosidad n en la fórmula de Manning es 0.009
- Hermeticidad; el diseño del sistema de unión entre tramos de tubería o tubería y accesorios evita la infiltración y exfiltración haciéndolo un sistema estanco.
- Alta resistencia al impacto que permite que el tubo no se dañe durante el transporte, almacenamiento o instalación.
- Resistencia al ataque de sustancias químicas.

- Resistencia a la corrosión química y electroquímica por estar fabricada con material inerte y no conductor.
- Resistencia a la abrasión; las características del material y la superficie libre de sus paredes internas evitan el desgaste generado por los sólidos contenidos en los fluidos transportados.
- Flexibilidad; por su junta con empaque de hule, el sistema puede absorber asentamientos diferenciales, deflexiones horizontales y verticales menores, movimientos telúricos y contracciones o dilataciones por cambios de temperatura.
- Menor peso, lo que facilita su manejo, transporte y almacenamiento en comparación con otros tipos de tuberías.

2.1.3.3.2. Ventajas y usos

Su amplia variedad de diámetros permite utilizarla en colectores principales, líneas secundarias y domiciliarias. Pueden ser empleadas también en conducciones para sistemas de riego y en general en sistemas de tuberías enterradas que transportan fluidos a superficie libre (como canal abierto).

Por sus características, la tubería permite:

- Rapidez de instalación, por la longitud de los tubos y su diseño de junta rápida.
- Disminuir volúmenes de excavación, relleno y compactación.
- Manejar e instalar el sistema sin utilizar equipo mecánico.
- Contar con sistemas de larga vida útil y bajos costos de mantenimiento.
- No contaminar acuíferos y evitar la intrusión de raíces o de sustancias ajenas al sistema.
- Optimizar los costos de transporte y almacenamiento.

2.1.3.3.3. Normas y dimensiones

La tubería NOVAFORT se fabrica en longitudes de seis metros y cumple con las dimensiones establecidas en la norma ASTM F 949, las cuales se presentan en la tabla III.

Tabla III. Dimensiones básicas de la tubería NOVAFORT.

| Diámetro nominal | | Diámetro interior mínimo | | Diámetro exterior promedio | |
|------------------|----------|--------------------------|----------|----------------------------|----------|
| mm. | Pulgadas | mm. | Pulgadas | mm. | Pulgadas |
| 100 | 4 | 100.45 | 3.950 | 109.2 | 4.300 |
| 150 | 6 | 150.10 | 5.909 | 163.1 | 6.420 |
| 200 | 8 | 200.70 | 7.881 | 218.4 | 8.600 |
| 250 | 10 | 250.75 | 9.846 | 273.9 | 10.786 |
| 300 | 12 | 298.00 | 11.715 | 325.0 | 12.795 |
| 375 | 15 | 364.20 | 14.338 | 397.7 | 15.658 |
| 450 | 18 | 447.20 | 17.552 | 486.5 | 19.152 |
| 600 | 24 | 587.50 | 23.469 | 649.7 | 25.580 |

Fuente: Manual de diseño tuberías AMANCO Guatemala.

Para la tubería NOVAFORT, aplican las siguientes especificaciones: la materia prima con que se produce la tubería cumple con las especificaciones de la norma ASTM D 1784.

Las uniones realizadas entre tramos de tubería, así como entre tubos y conexiones, cumplen con los requerimientos establecidos en la norma ASTM D 3212. El empaque de hule utilizado para el sello entre tuberías y entre tubos y conexiones cumple con los requerimientos de la norma ASTM F 477.

La especificación constructiva de la zanja para la colocación de la tubería cumple con la norma ASTM D 2321.

Los requerimientos de dimensiones, rigidez y resistencia a impacto son dictados por la norma ASTM F 949.

NOVAFORT cuenta con una familia completa de accesorios de unión mecánica que permiten una fácil, rápida y hermética instalación. Los accesorios fabricados por inyección cumplen con la norma ASTM F 949 y se muestran en la Tabla IV.

Tabla IV. Dimensiones, accesorios inyectados de tubería NOVAFORT.

| Accesorios | Diámetros | |
|----------------|-----------|----------|
| | mm. | Pulgadas |
| Codo 45 grados | 100 | 4 |
| | 150 | 6 |
| Codo 90 grados | 100 | 4 |
| | 150 | 6 |
| YE | 150 X 100 | 6 X 4 |
| | 150 X 150 | 6 X 6 |
| | 200 X 100 | 8 X 4 |
| | 200 X 150 | 8 X 6 |

Fuente: Manual de diseño tuberías AMANCO Guatemala.

2.1.3.3.4. Sistemas de unión

Cada tramo de tubería se fabrica con un extremo espiga (que incluye un empaque de hule) y un extremo campana, lo cual permite una fácil y rápida unión entre tubos y no requiere del uso de cemento solvente. La marca blanca impresa en el empaque de hule debe ir de frente a la campana.

Dada la naturaleza de los sistemas de alcantarillado, es necesaria la utilización de elementos de control o limpieza, tales como pozos de visita y cámaras de inspección, construidos generalmente en concreto o mampostería, o con cámaras y pozos de polietileno. La unión con estos elementos debe realizarse colocando un empaque dentro de hule en la espiga del tubo, asegurándose que éste quede dentro del muro o pared de la estructura. Posteriormente debe sellarse con mortero, quedando así una unión hermética.

NOVAFORT es fabricado, según norma ASTM F 949, por lo que no es compatible con otras tuberías de PVC producidas con otras normativas. En caso necesario, es posible contar con uniones de transición para utilizarla con otros productos.

Para conexiones domiciliarias, no se utiliza las tradicionales silletas, sino yees de PVC inyectadas. Por su facilidad de instalación en su unión de junta rápida, estas conexiones las podemos realizar a 45 grados y en tuberías no mayores a 8 pulgadas X 6 pulgadas de conexión domiciliar, de lo contrario se utilizan las tradicionales silletas.

2.1.3.3.5. Comportamiento estructural

La tubería posee la propiedad de poder deflectarse transversalmente, como respuesta a las cargas externas que le son impuestas, sin sufrir daño. Esto crea una condición excelente desde el punto de vista estructural, porque al instalarla bajo condiciones controladas y preestablecidas, desarrolla una interacción suelo – tubo muy eficiente.

La posible falla por colapso (curva inversa) se presenta al tener una deflexión transversal mayor al 30% de su diámetro exterior. Es criterio generalizando utilizar un factor de seguridad de 4, así, la tubería acepta una deflexión transversal a largo plazo hasta de un 7.5% sin reducir su capacidad hidráulica ni afectar su estabilidad estructural.

Con este parámetro de diseño se asegura un buen funcionamiento del sistema y su vida útil. Debe destacarse la diferencia de comportamiento que caracterizan y diferencian a las tuberías flexibles de las tuberías rígidas. Mientras que las tuberías rígidas (concreto, arcilla, etc.) presentan alta capacidad de carga y mínima capacidad de deformación, las tuberías flexibles tienen una muy alta capacidad de deformación sin sufrir daño alguno, asociada con una capacidad de carga limitada. Por esa razón, mientras que el diseño estructural de sistemas de tuberías rígidas se define según cargas permisibles, el diseño estructural de la tubería flexible se hace de acuerdo a deflexiones permisibles, las cuales, lógicamente, pueden asociarse a cargas máximas y alturas de relleno máximas permisibles.

La magnitud de la deflexión transversal que ocurre en un tubo flexible depende de tres factores: rigidez del tubo, módulo de reacción del suelo y carga sobre el tubo (viva y/o muerta).

2.1.3.3.6. Transporte, manejo, almacenamiento e inspección

Si los tubos se transportan en camiones o plataformas, deben ser colocados sobre superficies planas, libres de clavos o tornillos salientes para evitar daños. Es recomendable que la primera cama de tubos se apoye sobre piezas de madera espaciadas a no más de 1.50 metros.

La altura de la estriba durante el transporte no debe exceder 2.50 metros. Sin embargo, con el objeto de aprovechar al máximo la capacidad de transporte, se pueden introducir los tubos unos dentro de otros (telescopiar), cuando sus diámetros lo permitan. Se deben dejar libres las campanas, alternando campana y espiga, para evitar deformaciones innecesarias que impidan el normal ensamble del sistema durante la instalación. Si además de la tubería se transportan otros materiales o equipo pesado, nunca deberá ponerse sobre los tubos.

Cuando la tubería y accesorios se transporten largas distancias, en condiciones de alta temperatura ambiente, deben protegerse dejando un espacio que permita la circulación de aire entre la cubierta y los materiales para evitar deformaciones ocasionadas por el peso de la tubería misma y la temperatura.

Durante la carga y descarga de los tubos y accesorios, éstos no deben ser lanzados al suelo, ni ser sometidos a peso excesivo o golpes. Cuando por condiciones especiales la carga o descarga se efectúe con medios mecánicos, se deben utilizar elementos que no dañen los tubos, tales como fajas de lona, cintas de nylon o similares. También se debe evitar el uso de cadenas o cables de acero.

Para evitar daños, los tubos no deben ser arrastrados, golpeados contra el suelo o con herramientas. El lugar de almacenamiento debe situarse lo más cerca posible de la obra. La superficie de apoyo de los tubos debe estar nivelada, libre de piedras, apoyando la primera cama de tubos sobre piezas de madera de 38 X 75 mm. (1½" X 3") espaciadas a 1.50 metros (5 pies) como máximo. Las estribas de tubos no deben exceder una altura mayor de 2 metros

(6.5 pies), y se deben dejar libres las campanas, alternando campana y espiga para evitar deformaciones en las mismas.

Tabla V. Cantidad estimada de tubos que se pueden transportar por camión.

| Diámetro nominal | | Cantidad aproximada de tubos de 6 metros por camión | |
|------------------|----------|---|----------------|
| mm. | Pulgadas | Camión de 6 m | Camión de 12 m |
| 100 | 4 | 550 | 1100 |
| 150 | 6 | 240 | 480 |
| 200 | 8 | 130 | 260 |
| 250 | 10 | 60 | 120 |
| 300 | 12 | 45 | 90 |
| 375 | 15 | 30 | 60 |
| 450 | 18 | 18 | 36 |
| 525 | 21 | 16 | 32 |
| 600 | 24 | 12 | 24 |
| 675 | 27 | 9 | 18 |
| 750 | 30 | 8 | 15 |
| 825 | 33 | 6 | 12 |
| 975 | 39 | 4 | 8 |
| 1000 | 42 | 4 | 8 |
| 1200 | 48 | 3 | 6 |
| 1350* | 54 | 2 | 4 |
| 1500* | 60 | 2 | 4 |

Fuente: Manual de diseño tuberías AMANCO Guatemala.

* Longitud de 4.00 metros

Cuando se dispone de poco espacio, la forma más adecuada para almacenar tubería es la conocida como camas paralelas (tubos alternados). Otras posibilidades de almacenamiento son mediante el empleo de camas perpendiculares (tubos en dirección norte o sur y la cama de arriba en dirección

este u oeste) para cuando se dispone de suficiente espacio, o la estriba piramidal. Ésta es muy práctica cuando la cantidad de tubos es poca.

Si el almacenamiento de la tubería se hace a la intemperie, no debe exponerse al sol por más de treinta días. Para plazos mayores debe proveerse protección y ventilación adecuada, éstos no deben cubrirse directamente con lonas, pues esto provoca un aumento de temperatura que puede causar deformaciones. Por ello, de la misma forma que durante el transporte, se requiere que exista una buena ventilación entre el techado y los tubos. Para el almacenamiento de las conexiones, deben seguirse las mismas recomendaciones dadas para el almacenamiento de la tubería, con la diferencia de que no deben, bajo ninguna circunstancia, almacenarse a la intemperie.

Los tubos como las conexiones inyectadas se entregan rotulados, para facilitar su identificación y verificar el diámetro nominal, el nombre del fabricante y normas de fabricación. Se deben inspeccionar los lotes de tubos y accesorios y verificar que todos los tubos tengan colocado y protegido el empaque en su extremo espiga. En caso de que se entreguen los empaques por separado, verificar que se reciba la cantidad correspondiente.

2.1.3.3.7. Instalación

2.1.3.3.7.1. Excavación

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral. Debe tomarse en cuenta que una zanja angosta hace difícil el ensamble y la correcta instalación de la tubería. Además, la poca amplitud limita la adecuada compactación del material alrededor de la tubería. Como la tubería

es de 6 pulgadas de diámetro el ancho mínimo de zanja para la instalación de la tubería sería de 55cm.

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado de la zanja, a una distancia no menor que 60cm. del borde y la altura del montículo no mayor de 1.25m, para evitar que la carga produzca derrumbes en la zanja. Como regla general, no deben excavarse las zanjas con mucha anticipación a la colocación de la tubería.

Si el trabajo de excavación se realiza en época lluviosa, se debe tapar el material excavado de la zanja, y que posea características idóneas para ser utilizado como relleno, con un plástico para evitar una saturación de humedad. Dependiendo de la estabilidad del suelo y de la profundidad las zanjas pueden ser con paredes verticales, inclinadas según el ángulo de reposo del suelo o por cortes requeridos en una excavación profunda (a partir de 2.50m de profundidad, se considera una excavación profunda independientemente de la estabilidad del suelo).

2.1.3.3.7.2. Cama de apoyo

La tubería para alcantarillado sanitario debe descansar sobre un lecho de material selecto libre de rocas, para proporcionarle un adecuado y uniforme soporte longitudinal. Si el material producto de la excavación es compactable, podrá utilizarse colocándolo en una capa con un espesor mínimo de 10cm. Esta sección de la instalación se denomina encamado, cama de apoyo o base.

En caso de que el fondo de la zanja sea de roca u otro material punzo cortante, es necesario formar una cama de arena o material selecto de 15cm. de espesor, para evitar la concentración de esfuerzos en las paredes de la

tubería. Si existiera presencia de agua en el fondo de la zanja, se debe colocar a manera de filtro, una capa de piedra o grava con un espesor de 15cm. El tamaño del agregado no debe ser mayor de 12mm. Sobre esta capa se coloca posteriormente la cama de apoyo.

En caso de que el nivel freático represente peligro para la estabilidad de los materiales de relleno o de las paredes de la zanja, podrá colocarse un filtro textil como protección para la instalación.

2.1.3.3.7.3. Colocación de tubería

Como en todo proceso constructivo de sistemas de alcantarillado sanitario, la instalación de la tubería deberá iniciarse a partir del extremo aguas debajo de cada tramo. En el caso de la tubería, las campanas se colocan en sentido contrario a la dirección del flujo. La colocación se efectúa de la siguiente manera:

- Debe limpiarse cuidadosamente el extremo espiga del tubo hasta los 3 primeros valles y el interior de la campana. El empaque no debe removerse si éste viene incorporado en la espiga del tubo.
- El lubricante se aplica en el interior de la campana y sobre el empaque, con una brocha, esponja, mecha o trapo.
- Luego, se alinea la unión y se introduce la espiga dentro de la campana. Para realizar esta operación es necesario utilizar una barra y una pieza de madera a manera de palanca, asegurándose de que la pieza de madera proteja el extremo del tubo.
- La tubería se suministra en longitudes de 6m, sin embargo es frecuente cortarla para alcanzar las longitudes exactas de cada tramo, o para colocar accesorios. Los cortes deben hacerse lo más recto posible, siempre en los valles. Deben eliminarse los rebordes con una lima.

- Se limpian al menos los 3 primeros valles cercanos al corte y se coloca el empaque a partir del primer valle, teniendo en cuenta que la parte de mayor bisel quede hacia el extremo recién cortado. Debe verificarse que el empaque quede firmemente asentado.
- Se procede a realizar la unión como se describió en los pasos anteriores.

2.1.3.3.7.4. Relleno y compactación

El relleno de la zanja debe seguir a la colocación de la tubería tan pronto como sea posible. El material de relleno no debe ser lanzado desde alturas superiores a 1.50 metros y debe estar libre de elementos de gran tamaño y peso. De esta manera, se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún daño.

El relleno debe efectuarse en capas de 15cm, iniciando por los costados de la tubería en el extremo libre del tubo, con el objeto de mantener el alineamiento horizontal de la tubería. Se utilizará para ello material granular fino o material seleccionado de la excavación, apisonándolo por medios manuales hasta alcanzar el grado de compactación necesario, el relleno se continuará hasta una altura mínima de 15cm. sobre la corona del tubo. Esta zona de la zanja es conocida como relleno inicial.

En zonas sin tráfico de vehículos, el relleno final se podrá efectuar mediante volteo manual o mecánico, dejando un borde o lomo sobre el nivel del terreno para compensar el asentamiento ocasionado por la consolidación de los materiales. En otros casos, se recomienda el relleno final compactado al 85% proctor Standard mínimo.

2.1.4. Pozos de Visita

El pozo de visita es una estructura utilizada en alcantarillados sanitarios para:

- Redireccionar el flujo de agua de los distintos puntos de cambio de alineamiento vertical u horizontal de los sistemas de alcantarillado sanitario.
- Operación de inspección y mantenimiento del sistema sanitario.

Consiste en una cámara fabricada de polietileno para ser instalada bajo la superficie del terreno. La fuerza y la abrasión del polietileno lo convierten en un material ideal para registros de inspección de sistemas de alcantarillado. Años de ensayos en el campo han demostrado que bajo condiciones de operación similares, los registros de polietileno son más durables que los de concreto, acero, e incluso, más que las unidades de fibra de vidrio.

2.1.4.1. Características

Resistencia: sus paredes resisten altas profundidades de instalación. Los registros están diseñados para ser usados bajo cargas vivas en áreas de tráfico, siempre y cuando la instalación haya sido efectuada correctamente.

Eficiencia hidráulica: su base especialmente diseñada promueve el movimiento del fluido eliminando la turbulencia y el almacenamiento de desperdicios encontrados frecuentemente en registros de otro tipo.

Facilidad de instalación: contrario a otros tipos de registros, sus secciones de bajo peso pueden maniobrarse sin necesidad de equipo especializado. Como resultado, el tiempo y los costos de instalación se reducen. El producto final es de mejor calidad y se disminuyen riesgos para el trabajador en la obra.

Hermeticidad tubería-cámara: las juntas del alcantarillado con la cámara se realizan por medio de un empaque, según norma ASTM F 477, el cual elimina los problemas de infiltración y escape en las conexiones de las tuberías con las secciones del registro.

2.1.4.2. Dimensiones

Los pozos de visita se fabrican en secciones de distintas dimensiones, su ancho es de un metro aproximadamente.

2.1.4.3. Criterios para un diseño eficiente

Hidráulicos: para mejorar el flujo de agua dentro del pozo de visita, están fabricados con una pendiente del 3% en la base del pozo, lo que genera un cambio en la cota de entrada y salida del pozo de visita.

Estructurales: debe tomarse en cuenta que el pozo de visita de polietileno funciona como una formaleta muerta. Las cargas de servicio deberán ser absorbidas por los materiales de relleno a una adecuada compactación.

2.1.4.4. Excavación y dimensiones

La excavación deberá ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de los pozos y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral. Deberá tomarse en cuenta que una zanja angosta hace difícil el ensamble y la correcta instalación de los pozos. Además, la poca amplitud limita la compactación del material alrededor del pozo de visita. Como el pozo de visita que se instalará tiene un ancho de 1 metro (39.37 Pulgadas) el ancho mínimo de la excavación recomendado es de 1.60 metros (63 Pulgadas).

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado de la excavación, a una distancia no menor de 60cm. del borde y la altura del montículo no mayor a 1.25m para evitar que la carga produzca derrumbes en la excavación. Como regla general, no deben excavar con mucha anticipación a la colocación del pozo, para evitar deterioro del trabajo de excavación.

La profundidad máxima depende de las cargas aplicadas y del módulo de reacción del suelo. Este último resulta del material utilizado para relleno y de su grado de compactación.

Dependiendo de la estabilidad del suelo y de la profundidad a la que deben colocarse los pozos, las excavaciones podrán hacerse con pared vertical, pared inclinada según ángulo de reposo del suelo y por cortes requeridos en una excavación profunda (a partir de 2.50m de profundidad, se considera una excavación profunda independientemente de la estabilidad del suelo).

2.1.4.5. Cama de apoyo o base

Según el tipo de suelo encontrado en el fondo de la excavación, éste deberá ser sustituido si el suelo es arcilloso u orgánico por un suelo granular, limo, arenoso o triturado de cantera. El pozo debe descansar sobre un lecho de material uniforme y estable, teniendo la precaución que no queden cavidades en la parte inferior del mismo, proporcionándoles así, un adecuado y uniforme soporte, manteniendo la pendiente y el alineamiento de todo el colector. Si el material producto de la excavación es compactable, podrá utilizarse colocándolo en una capa con un espesor mínimo de 30cm.

En caso que el fondo de la zanja sea de roca u otro material punzo cortante, será necesario formar una cama de arena, material selecto o concreto, para evitar la concentración de esfuerzos en las paredes del pozo. Si hay presencia

de agua en el fondo de la zanja, se deberá colocar a manera de filtro una capa de piedra o grava con un espesor de 15cm. El tamaño del agregado no debe ser mayor de 12mm Sobre esta capa se colocará posteriormente la cama de apoyo.

En caso que el nivel freático represente peligro para la estabilidad de los materiales de relleno y/o las paredes de zanja, deberá colocarse un sistema de sub-drenaje para controlar el empuje y la flotación utilizando un filtro textil como protección para la instalación.

2.1.4.6. Colocación

La instalación de los pozos deberá hacerse siguiendo los siguientes pasos:

- El armado de los pozos deberá realizarse fuera de la zanja, para instalarlos luego, completamente armados.
- Los pozos son suministrados en secciones de distintas longitudes; sin embargo, es frecuente cortar las secciones para alcanzar las alturas exactas de cada pozo. Los cortes deben hacerse lo más recto posible.
- Se hacen cortes necesarios en las extensiones o piezas a colocar para lograr la altura deseada del pozo, eliminando los rebordes con una lima.
- Si fuera necesario, por la presencia de agua en el sitio de la instalación debido a un nivel freático alto y con el objeto de evitar caudales de infiltración, deben aplicarse en las uniones de las piezas silicón.
- Las piezas se alinean y luego se acoplan una pieza con otra. Para realizar esta operación es necesario utilizar una carga uniforme sobre el perímetro del pozo.

2.1.4.7. Relleno y compactación

El relleno de la excavación deberá realizarse luego de la colocación de los pozos completamente armados. El material de relleno no deberá ser lanzado desde alturas superiores a 1.50m y deberá estar libre de elementos de gran tamaño y peso. De esta manera, se disminuye el riesgo de que el pozo sufra algún daño.

El relleno deberá efectuarse en capas de 30cm. teniendo cuidado de hacerlo perimetralmente, con el objeto de mantener el alineamiento vertical del pozo. Para ello, se utilizará material granular fino o material seleccionado de la excavación, apisonándolos hasta alcanzar el grado de compactación especificado en el diseño. En el presente diseño se deberá alcanzar un grado de compactación de 85% próctor mínimo. Para el relleno final se puede utilizar de 85% próctor en zonas sin tráfico a 95% Próctor en zonas de tráfico, se puede utilizar para ello equipo mecánico apropiado.

2.1.4.8. Recomendaciones para la instalación de pozos de visita en condiciones de manto freático alto.

- Los pozos deberán ser instalados completos, de una sola vez, con 30cm. bajo la rasante de la vía de circulación, antes de colocar concreto asfáltico flexible, concreto rígido o adoquines.
- Después se elimina cualquier presencia de agua en la excavación, achicándola con equipo de vaciado, que permita trabajar siempre en seco.
- Se deberá colocar una base de concreto para evitar que el pozo esté afectado directamente por cargas de empuje. Se diseñó una base de 10cm. de espesor.
- La base del pozo deberá nivelarse en la fundición de concreto, controlando la pendiente de la invertida, tanto en la llegada como en la salida del pozo.

Todos los ensambles de las piezas preparadas para el pozo, deberán ser niveladas y acopladas antes de aplicar cualquier tipo de material confinante.

- Para mantener el nivel y aplomo de la estructura del pozo, se creará un castillo vertical que guardará la verticalidad desde la invertida hasta el cuello del cono o un cepo en el cuello del cono, para mantenerlo inmóvil al momento de colar el material confinante.
- La trinchera producto de la excavación para el diámetro del pozo, servirá de encofrado. Si la excavación es muy ancha en exceso, se recomienda la creación de un encofrado con las dimensiones apropiadas reduciendo el volumen de la aplicación de concreto en exceso.

2.1.4.9. Ubicación de pozos de visita

Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías, así como también en los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño. Éstos son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En cambios de dirección o de pendiente.
- En cambios de sección o diámetro.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24 pulgadas.

2.1.5. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

Caja o Candela domiciliar: La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 cm., si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; debe estar impermeabilizada por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

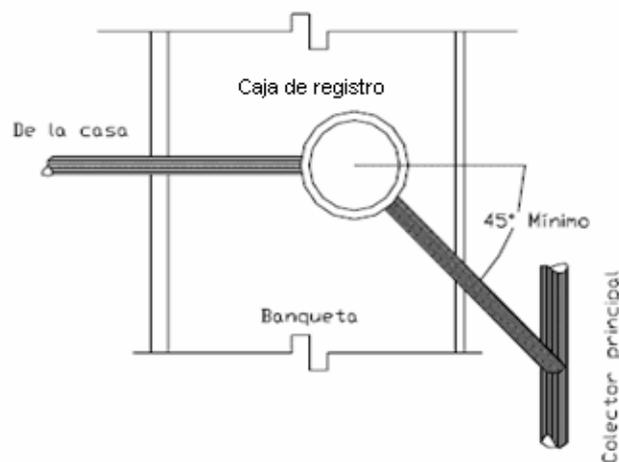
Tubería secundaria: La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima del 2.00% para evacuar adecuadamente el agua. La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, a fin de no profundizar demasiado la conexión domiciliar. Sin embargo, en algunos casos esto resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se emplearán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, según las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construirá. Algunos de estos sistemas son: tubería de ventilación,

tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, etc.

Figura 1. Conexiones domiciliarias



2.1.6. Forma de desfogue

El desfogue del sistema de evacuación de aguas negras del Barrio Playa Blanca se realizará en pozos de visita existentes, los cuales se conectan al colector municipal. A su vez, el colector conduce las aguas residuales municipales hacia la planta de tratamiento municipal.

2.2. Topografía

La constituyen la planimetría y la altimetría, las cuales son base fundamental para todo proyecto de ingeniería, tales como: proyectos viales, abastecimientos de agua potable, drenajes, construcción, etc. El fin de esto, es obtener libretas de campo, que posteriormente reflejarán las condiciones topográficas del lugar, donde se ejecutará el proyecto. En un levantamiento topográfico nunca es tomada en consideración la curvatura de la esfera terrestre. Desde el principio se efectúan todos los trazos topográficos.

Existen tres órdenes para clasificar los levantamientos topográficos: de primer orden, de segundo orden y de tercer orden respectivamente.

Tabla VI. Clasificación del levantamiento topográfico

| Orden de clasificación | Planimetría | Altimetría |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| Primer orden | Teodolito | Nivel de precisión |
| Segundo orden | Teodolito | Taquimétrico |
| Tercer Orden | Brújula y cinta | Nivel de mano |

En este caso se realizó un levantamiento de primer orden.

2.2.1. Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representar gráficamente, para que con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones.

Para la realización de los trabajos de altimetría se utilizó el equipo siguiente:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadal
- Cinta métrica

El desarrollo del presente estudio requirió de un levantamiento topográfico del perfil del terreno, para determinar las diferentes elevaciones y pendientes del mismo. El levantamiento que se realizó en este caso fue de primer orden, por tratarse de un proyecto de drenajes, en el que la precisión de los datos es muy importante. Se realizó una nivelación compuesta partiendo de una

referencia (Banco de marca). Con los datos del levantamiento topográfico se calcularán y trazarán las curvas de nivel. Ver Apéndice.

2.2.2. Planimetría

Ésta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación.

En la medición de la planimetría de dicho proyecto se utilizó el método de conservación del Azimut en una poligonal abierta. Ésta consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijándolo con una vuelta de campana. En la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación, se toman puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (pozos de visita, postes de luz, etc.). Ver Apéndice.

Para la realización de los trabajos de planimetría y señalización en campo de la topografía se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito marca Sokia
- Trípode
- Estadal
- Dos plomadas
- cinta métrica
- estacas y clavos

2.3. Diseño de la red de distribución

El sistema se diseñará como sistema por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos. Se tienen tres tipos de

sistemas de alcantarillado, cuya elección dependerá de los estudios que se realicen y las condiciones que se presenten, tanto económicas, como físicas y funcionales. Estos son:

- **Sistema de alcantarillado sanitario:** Es el que conduce las aguas que llevan los residuos provenientes de las casas; se pueden recolectar algunos desechos industriales, pero no está diseñado para las aguas provenientes de las lluvias. En el proyecto en estudio, se utilizará este tipo de alcantarillado, el cual se diseñará tomando en cuenta las necesidades y aspectos socioeconómicos de los beneficiarios, como las vías de acceso al municipio, las posibilidades de mejoramiento de las vías de acceso, la necesidad primordial de saneamiento, como es el caso de la contaminación del medio ambiente, por la mala disposición de aguas negras.
- **Sistema de alcantarillado separativo:** Se diseñan dos redes independientes; una para que transporte las aguas negras, y la otra, las aguas provenientes de las lluvias. Es importante que las casas y edificios cuenten con tuberías separadas, y así se recolecten las aguas de la forma como se espera funcione este sistema.
- **Sistema de alcantarillado combinado:** Se diseña para que transporte las aguas negras y las aguas provenientes de lluvia. Aunque este último no es muy recomendable.

El municipio de San Benito en el barrio Playa Blanca no cuenta con este tipo de sistemas de alcantarillado, por lo que se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual estarán excluidas las aguas de lluvia, provenientes de las calles y otras superficies.

2.3.1. Período de diseño

Se tomará el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable; este período variará de acuerdo a diferentes factores:

- Vida útil de las estructuras, tomando en cuenta: antigüedad, desgaste y daño en el sistema.
- Crecimiento poblacional.
- Capacidad de administración, operación y mantenimiento.
- Desarrollo de la obra en sus primeros años.

Recomendaciones:

| | |
|------------------------------|--------------|
| Colector principal..... | 30 - 40 años |
| Planta de tratamiento..... | 20 - 30 años |
| Línea de descarga..... | 10 -15 años |
| Equipo electro-mecánico..... | 8 - 10 años |

Según el criterio del diseñador y basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (INFOM); según el capítulo 2 de las normas generales para el diseño de alcantarillado en el inciso 2.2.1, dice: "los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño." Para el proyecto se tomó 30 años por ser el tiempo de vida útil del proyecto y por los recursos económicos con los que cuenta el municipio.

2.3.2. Población de diseño

Para el cálculo de la población se debe tomar el período de diseño correspondiente. Es recomendable utilizar cualquier método apropiado para la estimación de crecimiento poblacional.

El sistema de alcantarillado debe adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un período determinado. En este caso se adoptó un período de diseño de 30 años. Para encontrar la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido, se utilizó el método de incremento geométrico.

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población inicial o actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Utilizando el método geométrico se evaluó el crecimiento de la población a servir, y se encontraron los porcentajes de las tasas de crecimiento a nivel departamental y municipal, que según el Instituto Nacional de Estadística (INE), es de 4 % anual.

2.3.3. Dotación

Como se trata de un lugar urbano, la municipalidad de San Benito tiene establecida una dotación de 200 lts/hab/día, por lo que esta dotación se adoptará para el diseño de este sistema.

2.3.4. Factor de retorno

El factor de retorno se determina mediante la consideración de que, del 100% de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20% y el 30% se utiliza en actividades en las cuales se consume, se evapora o se desvía a otros puntos. El restante, entre el 70% al 80%, después de ser utilizada por las personas es desfogada al sistema de alcantarillado. Por ello, a este porcentaje

que retorna se le denomina Factor de Retorno. Se aplicará un factor de retorno del 90%.

2.3.5. Factor de flujo o de Harmond

Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio. Está dado de la siguiente manera:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde: P = Población futura acumulada en miles

2.3.6. Caudal sanitario

2.3.6.1. Caudal domiciliar

Es el agua que habiendo sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor de retorno, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot \times No.Hab. \times F.R.}{86,400}$$

Donde:

Dot = Dotación (Its/hab/día)

No.Hab. = Número de habitantes

Q_{dom.} = Caudal domiciliar (Its/seg)

F.R. = Factor de retorno

2.3.6.2. Caudal comercial

Es el agua que se desecha de los comercios como: restaurantes, hoteles, etc. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 a 3000 litros/comercio/día.

$$Q_{com} = \frac{No.Com \times Dot}{86,400}$$

Donde:

Q_{com} = Caudal comercial

Dot = Dotación (lts/comercio/día)

$No.Com$ = Número de comercios

Nota: este caudal no se tomó en cuenta en el diseño porque en el barrio Playa Blanca no se encontró ningún comercio.

2.3.6.3. Caudal industrial

Es el agua negra proveniente de las industrias como: fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 16,000 y 18,000 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria.

$$Q_{ind} = \frac{No.Ind. \times Dot}{86,400}$$

Donde:

Q_{ind} = Caudal industrial

Dot = Dotación (lts/industria/día)

$No.Ind$ = Número de industrias

Nota: este caudal no se tomó en cuenta en el diseño porque en el barrio Playa Blanca no se encontró ninguna Industria.

2.3.6.4. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 0.5 a 2.5%.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = \frac{\text{Dot. ilícita} \times \text{No. hab.}}{86,400}$$

Basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), según el capítulo 2 de las normas generales para el diseño de alcantarillado en el inciso 2.8 dice: “caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos por error; por este concepto se agregará un 10 por ciento del caudal doméstico. Sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto”. Para el proyecto del barrio Playa Blanca, se tomo un 25 por ciento del caudal doméstico por carecer de drenaje pluvial.

2.3.6.5. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua y de la profundidad, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica de la construcción. Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería. A esta Se le incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6.00 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km/día.

$$Q_{\text{inf.}} = \frac{\text{Dot.} * (\text{metros.tubo} + \text{No.Casas} * 6\text{metros}) * \frac{1}{1000}}{86,400}$$

Donde:

$Q_{inf.}$ = Caudal de infiltración

Dot. = Dotación (lts/kilómetro/día)

No. Casas = Número de casas

Nota: el caudal de infiltración se considera cero, por ser en su totalidad de PVC la tubería que se utiliza.

2.3.7 Caudal medio

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio ($Q_{med.}$) del área a drenar. Se compone de los diferentes caudales que integran el sistema de alcantarillado sanitario del barrio Playa Blanca. Estos caudales son los siguientes:

$$Q_{med.} = Q_{dom.} + Q_{com.} + Q_{ind.} + Q_{con. Ilícitas} + Q_{inf.}$$

Donde:

$Q_{med.}$ = Caudal medio.

$Q_{dom.}$ = Caudal domiciliar.

$Q_{com.}$ = Caudal comercial.

$Q_{ind.}$ = Caudal industrial.

$Q_{con. Ilícitas}$ = Caudal de conexiones Ilícitas.

$Q_{inf.}$ = Caudal de infiltración.

En el caso del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, no se tomó en cuenta el caudal comercial, caudal industrial y el caudal de infiltración. Esto se debe a que el sistema es únicamente doméstico y la tubería a utilizar en su totalidad será PVC.

2.3.8. Factor de caudal medio

Al distribuir entre el número de habitantes, el caudal medio ($Q_{med.}$) del área a drenar, se obtiene un factor de caudal medio (f_{qm}), el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005. Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano. Por ejemplo, si da un valor menor se toma 0.002, y si fuese mayor se toma 0.005, considerando siempre que este factor no esté demasiado distante de los rangos máximo y mínimo establecidos, ya que podría quedar subdiseñado o sobrediseñado el sistema, según sea el caso. El valor del factor de caudal medio se calculó de la siguiente manera:

$$FQM = \frac{Q_{med.}}{No.Hab.}; \quad 0.002 < f_{qm} < 0.005$$

Donde:

$Q_{med.}$ = Caudal medio

FQM = Factor de caudal medio

No. Hab. = Número de habitantes

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor con base en la experiencia. Tales valores se presentan en la tabla VII.

Tabla VII. Valores permitidos de factor de caudal medio

| FQM | INSTITUCIÓN |
|---------------|----------------------------|
| 0.0046 | INFOM |
| 0.0030 | Municipalidad de Guatemala |
| 0.002 – 0.005 | DGOP |

2.3.9. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde aquella fluya, primero se tendrán que integrar los valores que se describen en la fórmula siguiente:

$$Q_{dis} = No.Hab. * F.H. * FQM$$

Donde:

No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados

FH = Factor de Hardmon

FQM = Factor de caudal medio

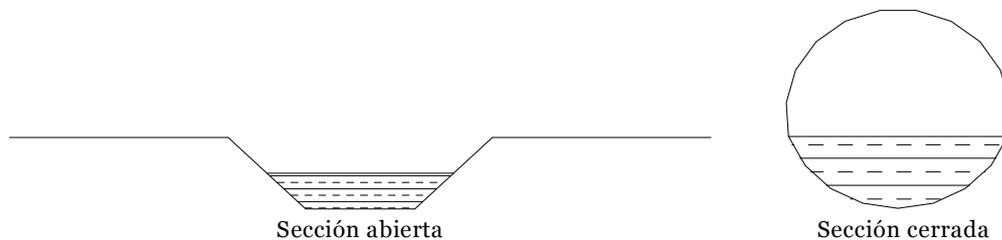
Es importante mencionar que el flujo que se encauzará y circulará dentro de las tuberías al construirse el sistema con la población actual, será menor al que existirá en el sistema, cuando a éste se le incorporen futuras conexiones domiciliarias y otros caudales.

2.3.10. Principios Hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el aire, a los cuales se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

La sección del canal, como se muestra en la figura 2, puede ser abierta o cerrada. En el caso de los sistemas de alcantarillado, se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y, eventualmente, a presiones producidas por los gases que se forman en el canal. Para el diseño de un alcantarillado sanitario se permite que la tubería alcance un 74% del diámetro del tubo.

Figura 2. Sección del canal



2.3.10.1. Especificaciones técnicas de diseño

- **Diseño de secciones y pendientes**

En el diseño, se usarán secciones circulares de PVC funcionando como canales abiertos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la fórmula de Manning.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4 pulg., con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%. Asimismo, debe formar un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo. La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1 metro, más el diámetro del tubo.

- **Diámetros mínimos**

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8 pulgadas para tubos de concreto o de 6 pulgadas para tubos de PVC. En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6 pulgadas en concreto o de 4 pulgadas en PVC. En el último caso se usa un reductor de 4" X 3"

como protección de obstrucciones, a la entrada del registro domiciliario, el cual tendrá un diámetro mínimo de 12 pulgadas.

- **Velocidad máximas y mínimas de diseño**

Los proyectos de alcantarillado de aguas negras deben diseñarse de modo que la velocidad mínima de flujo, trabajando a cualquier sección, sea 0.40 m/seg. No siempre es posible mantener 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 dé la velocidad mínima de 0.40 m/seg., a la descarga máxima estimada. Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo a la tubería. Por tal razón, se recomienda que la velocidad máxima del diseño sea de 4.00 m/seg en tubería de PVC. Las velocidades deberán estar dentro del rango siguiente:

$$0.4 \text{ m/seg} < v < 4 \text{ m/seg}$$

- **Cálculo de cotas invert**

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}CT_f &= CT_i - (DH * S\% \text{ terreno}) \\S\% &= ((CT_i - CT_f)/DH) * 100 = \% \\Et &= (\emptyset * 0.30)/100 = m \\CI &= CT - (H_{\text{mínima}} + Et + \text{diámetro tubo}) \\CIE_2 &= CI - DH_0 * S\%_{\text{tubo}} \\CIE_3 &= CIS_2 - DH_1 * S\%_{\text{tubo}} \\H_{\text{pozo}} &= CT - CIS\end{aligned}$$

Donde:

h_{\min} = Altura mínima, que depende del tráfico que circule por las calles

CI = Cota invert inicial

CT_i = Cota del terreno inicial

CT_f = Cota del terreno final

CIS = Cota invert de la tubería de salida

CIE = Cota invert de la tubería de entrada

DH = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno o tubería

E_t = Espesor de la tubería

- **Factor de rugosidad**

Es un valor adimensional y experimental, que indica cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería que se va a utilizar. Varía de un material a otro y se altera con el tiempo. Los valores de factor de rugosidad de algunas de las tuberías más empleadas en nuestro medio se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. Factores de rugosidad (n)

| MATERIAL | RUGOSIDAD |
|--------------------------------------|---------------|
| Superficie de mortero de cemento | 0.011 – 0.030 |
| Mampostería | 0.017 – 0.030 |
| Tubo de concreto $\varnothing < 24"$ | 0.011 – 0.016 |
| Tubo de concreto $\varnothing > 24"$ | 0.013 – 0.018 |
| Tubería de asbesto cemento | 0.009 – 0.011 |
| Tubería de PVC | 0.006 – 0.011 |

Se utilizó un valor de n igual a 0.009 por ser tubería PVC la que se utilizó en el diseño del proyecto.

- **Profundidad de tubería**

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad en la cual no se vea afectada por las inclemencias del tiempo, principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico; de este modo se evitarán rupturas en los tubos.

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 metros

Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1.20 metros

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

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

Donde:

t = espesor del tubo

D = diámetro del tubo

Cuando la altura de coronamiento de la tubería con respecto a una profundidad mayor a 3m bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar, sobre la principal para las conexiones domiciliarias.

2.3.10.2. Relaciones hidráulicas

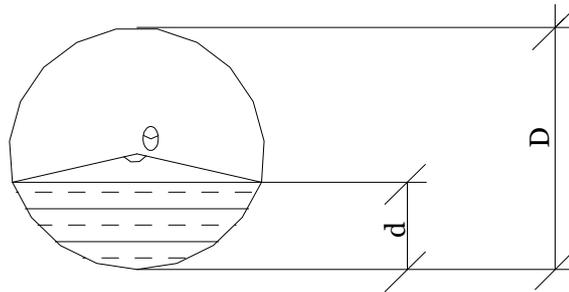
Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. De los resultados obtenidos, se construyen las graficas y las tablas, utilizando para esto la fórmula de Manning.

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas. Se procederá a obtener la relación de caudales, el caudal de diseño entre caudal de sección llena (q/Q). El resultado obtenido se busca en la gráfica en el eje de las abscisas. Desde allí, se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales. El valor de la relación (d/D) se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor obtenido por el diámetro de la tubería. Para el valor de la relación (v/V), velocidad parcial entre velocidad a sección llena, se ubica el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente; se traza una horizontal hasta llegar a intersectar la gráfica de velocidades. En este nuevo punto, se traza una vertical hacia el eje de las abscisas y se toma la lectura de la relación de velocidades. Ésta se multiplica por la velocidad a sección llena y se obtiene la velocidad a sección parcial. De igual manera se calculan las otras características de la sección.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q). El valor se busca en las tablas. Si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a

sección llena y se obtiene así la velocidad a sección parcial. En la tabla IX se muestran las relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular.

Figura 3. Área de sección parcialmente llena



Como se puede observar en la figura, D es el tirante a sección llena, y d es el tirante a sección parcial.

Se deben considerar las siguientes relaciones hidráulicas:

- $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- La velocidad debe estar comprendida entre:
 $0.4 \leq v \leq 4$ (m/seg.)
 $0.40 \leq v$ Para que exista fuerzas de atracción y arrastre de los sólidos.
 $v \leq 4$ Para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por velocidad y la superficie de la tubería.
- El tirante debe estar entre:
 $0.10 \leq d/D \leq 0.75$
 $d/D =$ relación de tirantes.

La relación d/D no se cumple en muchas ocasiones debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas, pero la pendiente lo compensa. Con los anteriores parámetros se evita que la tubería trabaje a presión.

Tabla IX. Relaciones hidráulicas sección circular

| d/D | a/A | v/V | q/Q | d/D | a/A | v/V | q/Q |
|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|
| 0.0100 | 0.0017 | 0.088 | 0.00015 | 0.1025 | 0.05396 | 0.408 | 0.02202 |
| 0.0125 | 0.0237 | 0.103 | 0.00024 | 0.1050 | 0.05584 | 0.414 | 0.02312 |
| 0.0150 | 0.0031 | 0.116 | 0.00036 | 0.1075 | 0.05783 | 0.420 | 0.02429 |
| 0.0175 | 0.0039 | 0.129 | 0.00050 | 0.1100 | 0.05986 | 0.426 | 0.02550 |
| 0.0200 | 0.0048 | 0.141 | 0.00067 | 0.1125 | 0.06186 | 0.432 | 0.02672 |
| 0.0225 | 0.0057 | 0.152 | 0.00087 | 0.1150 | 0.06388 | 0.439 | 0.02804 |
| 0.0250 | 0.0067 | 0.163 | 0.00108 | 0.1175 | 0.06591 | 0.444 | 0.02926 |
| 0.0275 | 0.0077 | 0.174 | 0.00134 | 0.1200 | 0.06797 | 0.450 | 0.03059 |
| 0.0300 | 0.0087 | 0.184 | 0.00161 | 0.1225 | 0.07005 | 0.456 | 0.03194 |
| 0.0325 | 0.0099 | 0.194 | 0.00191 | 0.1250 | 0.07214 | 0.463 | 0.03340 |
| 0.0350 | 0.0110 | 0.203 | 0.00223 | 0.1275 | 0.07426 | 0.468 | 0.03475 |
| 0.0375 | 0.0122 | 0.212 | 0.00258 | 0.1300 | 0.07640 | 0.473 | 0.03614 |
| 0.0400 | 0.0134 | 0.221 | 0.00223 | 0.1325 | 0.07855 | 0.479 | 0.03763 |
| 0.0425 | 0.0147 | 0.230 | 0.00338 | 0.1350 | 0.08071 | 0.484 | 0.03906 |
| 0.0450 | 0.0160 | 0.239 | 0.00382 | 0.1375 | 0.08289 | 0.490 | 0.04062 |
| 0.0475 | 0.0173 | 0.248 | 0.00430 | 0.1400 | 0.08509 | 0.495 | 0.04212 |
| 0.0500 | 0.0187 | 0.256 | 0.00479 | 0.1425 | 0.08732 | 0.501 | 0.04375 |
| 0.0525 | 0.0201 | 0.264 | 0.00531 | 0.1450 | 0.08954 | 0.507 | 0.04570 |
| 0.0550 | 0.0215 | 0.273 | 0.00588 | 0.1475 | 0.09129 | 0.511 | 0.04665 |
| 0.0575 | 0.0230 | 0.271 | 0.00646 | 0.1500 | 0.09406 | 0.517 | 0.04863 |
| 0.0600 | 0.0245 | 0.289 | 0.00708 | 0.1525 | 0.09638 | 0.522 | 0.05031 |
| 0.0625 | 0.0260 | 0.297 | 0.00773 | 0.1550 | 0.09864 | 0.528 | 0.05208 |
| 0.0650 | 0.0276 | 0.305 | 0.00841 | 0.1575 | 0.10095 | 0.533 | 0.05381 |
| 0.0675 | 0.0292 | 0.312 | 0.00910 | 0.1600 | 0.10328 | 0.538 | 0.05556 |

| d/D | a/A | v/V | q/Q | d/D | a/A | v/V | q/Q |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0.0700 | 0.0308 | 0.320 | 0.00985 | 0.1650 | 0.10796 | 0.548 | 0.05916 |
| 0.0725 | 0.0323 | 0.327 | 0.01057 | 0.1700 | 0.11356 | 0.560 | 0.06359 |
| 0.0750 | 0.0341 | 0.334 | 0.01138 | 0.1750 | 0.11754 | 0.568 | 0.06677 |
| 0.0775 | 0.0358 | 0.341 | 0.01219 | 0.1800 | 0.12241 | 0.577 | 0.07063 |
| 0.0800 | 0.0375 | 0.348 | 0.01304 | 0.1850 | 0.12733 | 0.587 | 0.07474 |
| 0.0825 | 0.0392 | 0.355 | 0.01392 | 0.1900 | 0.13229 | 0.696 | 0.07885 |
| 0.0850 | 0.0410 | 0.361 | 0.01479 | 0.1950 | 0.13725 | 0.605 | 0.08304 |
| 0.0875 | 0.0428 | 0.368 | 0.01574 | 0.2000 | 0.14238 | 0.615 | 0.08756 |
| 0.0900 | 0.0446 | 0.375 | 0.01672 | 0.2050 | 0.14750 | 0.624 | 0.09104 |
| 0.0925 | 0.0464 | 0.381 | 0.01792 | 0.2100 | 0.15266 | 0.633 | 0.09663 |
| 0.2200 | 0.1631 | 0.651 | 0.10619 | 0.5900 | 0.6140 | 1.07 | 0.65488 |
| 0.2250 | 0.1684 | 0.659 | 0.11098 | 0.6000 | 0.6265 | 1.07 | 0.64157 |
| 0.2200 | 0.1631 | 0.651 | 0.10619 | 0.5900 | 0.6140 | 1.07 | 0.65488 |
| 0.2300 | 0.1436 | 0.669 | 0.11611 | 0.6100 | 0.6389 | 1.08 | 0.68876 |
| 0.2350 | 0.1791 | 0.676 | 0.12109 | 0.6200 | 0.6513 | 1.08 | 0.70537 |
| 0.2400 | 0.1846 | 0.684 | 0.12623 | 0.6300 | 0.6636 | 1.09 | 0.72269 |
| 0.2450 | 0.1900 | 0.692 | 0.13148 | 0.6400 | 0.6759 | 1.09 | 0.73947 |
| 0.2500 | 0.1955 | 0.702 | 0.13726 | 0.6500 | 0.6877 | 1.10 | 0.75510 |
| 0.2600 | 0.2066 | 0.716 | 0.14793 | 0.6600 | 0.7005 | 1.10 | 0.77339 |
| 0.2700 | 0.2178 | 0.730 | 0.15902 | 0.6700 | 0.7122 | 1.11 | 0.78913 |
| 0.3000 | 0.2523 | 0.776 | 0.19580 | 0.7000 | 0.7477 | 1.12 | 0.85376 |
| 0.3100 | 0.2640 | 0.790 | 0.20858 | 0.7100 | 0.7596 | 1.12 | 0.86791 |
| 0.3200 | 0.2459 | 0.804 | 0.22180 | 0.7200 | 0.7708 | 1.13 | 0.88384 |
| 0.3300 | 0.2879 | 0.817 | 0.23516 | 0.7300 | 0.7822 | 1.13 | 0.89734 |
| 0.3400 | 0.2998 | 0.830 | 0.24882 | 0.7400 | 0.7934 | 1.13 | 0.91230 |

| d/D | a/A | v/V | q/Q | d/D | a/A | v/V | q/Q |
|--------|--------|-------|---------|--------|--------|------|---------|
| 0.3500 | 0.3123 | 0.843 | 0.26327 | 0.7500 | 0.8045 | 1.13 | 0.92634 |
| 0.3600 | 0.3241 | 0.856 | 0.27744 | 0.7600 | 0.8154 | 1.14 | 0.93942 |
| 0.3700 | 0.3364 | 0.868 | 0.29197 | 0.7700 | 0.5262 | 1.14 | 0.95321 |
| 0.3800 | 0.3483 | 0.879 | 0.30649 | 0.7800 | 0.8369 | 1.39 | 0.97015 |
| 0.3900 | 0.3611 | 0.891 | 0.32172 | 0.7900 | 0.8510 | 1.14 | 0.98906 |
| 0.4000 | 0.3435 | 0.902 | 0.33693 | 0.8000 | 0.8676 | 1.14 | 1.00045 |
| 0.4100 | 0.3860 | 0.913 | 0.35246 | 0.8100 | 0.8778 | 1.14 | 1.00045 |
| 0.4200 | 0.3986 | 0.921 | 0.36709 | 0.8200 | 0.8776 | 1.14 | 1.00965 |
| 0.4400 | 0.4238 | 0.943 | 0.39963 | 0.8400 | 0.8967 | 1.14 | 1.03100 |
| 0.4500 | 0.4365 | 0.955 | 0.41681 | 0.8500 | 0.9059 | 1.14 | 1.04740 |
| 0.4600 | 0.4491 | 0.964 | 0.43296 | 0.8600 | 0.9149 | 1.14 | 1.04740 |
| 0.4800 | 0.4745 | 0.983 | 0.46647 | 0.8800 | 0.9320 | 1.13 | 1.06030 |
| 0.4900 | 0.4874 | 0.991 | 0.48303 | 0.8900 | 0.9401 | 1.13 | 1.06550 |
| 0.5000 | 0.5000 | 1.000 | 0.50000 | 0.9000 | 0.9480 | 1.12 | 1.07010 |
| 0.5100 | 0.5126 | 1.009 | 0.51719 | 0.9100 | 0.9554 | 1.12 | 1.07420 |
| 0.5200 | 0.5255 | 1.016 | 0.53870 | 0.9200 | 0.9625 | 1.12 | 1.07490 |
| 0.5300 | 0.5382 | 1.023 | 0.55060 | 0.9300 | 0.9692 | 1.11 | 1.07410 |
| 0.5400 | 0.5509 | 1.029 | 0.56685 | 0.9400 | 0.9755 | 1.10 | 1.07935 |
| 0.5500 | 0.5636 | 1.033 | 0.58215 | 0.9500 | 0.9813 | 1.09 | 1.07140 |

2.3.11. Cálculo hidráulico

Para el diseño del sistema de alcantarillado se debe considerar un aspecto importante, como lo es la pendiente del terreno, ya que de ésta depende la pendiente a la cual se adaptará la tubería. Otro aspecto importante son las cotas invert de entrada y de salida, ya que básicamente determinan la

profundidad de la localización de la tubería, como la profundidad de los pozos de visita. Se presenta el diseño en una hoja de cálculo en el apéndice y los detalles se ejemplifican en el diseño de un tramo a continuación.

2.3.11.1. Ejemplo del diseño de un tramo de alcantarillado

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV-21 a PV-22 el cual se encuentra en la 11ª avenida de la zona 1 del municipio de San Benito, Petén; los datos son los siguientes:

- **Cotas del terreno**

Cota inicial: 97.65 m

Cota final: 95.11 m

- **Distancia entre pozos**

Distancia entre PV-21 a PV-22 = 96.72 m.

- **Pendiente del terreno**

$$P = \left(\frac{\text{cota inicial} - \text{cota final}}{\text{distancia}} \right) \times 100$$

$$P = \left(\frac{97.65 \text{ m} - 95.11 \text{ m}}{96.72 \text{ m}} \right) \times 100$$

$$P = 2.63\%$$

- **Longitud que se va a servir**

Local = 96.72 m

Acumulada = 96.72 m

- **Población de diseño**

Ésta se obtiene dependiendo del número de casas entre el tramo PV-21 a PV-22. Este tramo es inicial, pero siempre se trabaja con el número de casas acumuladas.

Núm. de casas = 4 casas

Núm. de casas acumuladas = 4 casas

Núm. de habitantes por casa = 6 personas

r = tasa de crecimiento poblacional = 4%

n = período de diseño = 30 años

$$\text{Núm.habitantes}_{\text{ Actual}} = \text{Núm.de}_{\text{ casas}_{\text{ acumuladas}}} \times \text{Núm.de}_{\text{ habitantes}_{\text{ por}_{\text{ casa}}}}$$

$$\text{Núm.habitantes}_{\text{ Actual}} = 4 \times 6$$

$$\text{Núm.habitantes}_{\text{ Actual}} = 24 \text{ habitantes}$$

$$\text{Población}_{\text{ futura}} = \text{Núm.habitantes}_{\text{ actual}} * (1 + r)^n$$

$$\text{Población}_{\text{ futura}} = 24 * (1 + 4\%)^{30}$$

$$\text{Población}_{\text{ futura}} = 78 \text{ hab}$$

- **Caudal medio**

$$Q_{\text{med.}} = Q_{\text{dom.}} + Q_{\text{com.}} + Q_{\text{ind.}} + Q_{\text{con. Ilícitas}} + Q_{\text{inf.}}$$

$$Caudal_{doméstico} = \frac{\text{dotación} \times F.R. \times \text{Núm. hab}}{86,400}$$

$$Caudal_{doméstico} = \frac{200 \text{ lts/hab/día} \times 0.90 \times 78 \text{ hab}}{86,400}$$

$$Caudal_{doméstico} = 0.16217 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{comercial} = 0 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{industrial} = 0 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{conexiones \text{ ilícitas}} = 25\% \times Caudal_{doméstico}$$

$$Caudal_{conexiones \text{ ilícitas}} = 0.04054 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{infiltración} = 0 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{medio} = 0.16217 \text{ lts/seg} + 0.04054 \text{ lts/seg}$$

$$Caudal_{medio} = 0.20271 \text{ lts/seg}$$

- **Factor de caudal medio**

$$FQM = \frac{Q_{medio} \text{ lts/seg}}{\text{Núm. hab.}}$$

$$FQM = \frac{0.20271 \text{ lts/seg}}{78 \text{ hab.}}$$

$$FQM = 0.00260417 \text{ lts/hab./seg} ; 0.002 < fqm < 0.005$$

- **Factor de flujo o de *Harmond***

$$F.H. = \left(\frac{18 + \sqrt{\left(\frac{Pob. fut.}{1000} \right)}}{4 + \sqrt{\left(\frac{Pob. fut.}{1000} \right)}} \right)$$

$$F.H. = \left(\frac{18 + \sqrt{\left(\frac{78}{1000} \right)}}{4 + \sqrt{\left(\frac{78}{1000} \right)}} \right)$$

$$F.H. = 4.27179173$$

- **Caudal de diseño**

$$q_{dis.} = FQM \times F.H. \times Pob. fut. acum.$$

$$q_{dis} = 0.00260417 \text{ lts/hab/seg} \times 4.27179173 \times 78 \text{ hab.}$$

$$q_{dis} = 0.86594492 \text{ lts/seg}$$

- **Diseño hidráulico**

Diámetro de tubería: 6"

Pendiente de tubería: 2.63% (se diseña con una pendiente que se pueda trabajar en campo)

Pendiente terreno: 2.63%

- **Velocidad a sección llena**

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

$$V = \frac{0.03429 \times (6")^{\frac{2}{3}} \times (0.0263)^{\frac{1}{2}}}{0.01}$$

$$V = 1.83478115 \text{ m/seg}$$

- **Caudal a sección llena**

Continuidad:

$$Q = A \times V$$

$$Q = \left(\left(\frac{\pi}{4} \right) \times (D^2) \right) \times V$$

$$Q = \left(\left(\frac{\pi}{4} \right) \times ((6" \times 0.0254)^2) \right) \times (1.54 \text{ m/seg}) (1000 \text{ lts/m}^3)$$

$$Q = 33.4717394 \text{ lts/seg}$$

- **Relaciones hidráulicas**

Relación de caudales: $q / Q = \frac{q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sección llena}}}$

$$q / Q = \frac{0.86594492 \text{ lts / seg}}{33.4717394 \text{ lts / seg}}$$

$$q / Q = 0.02587$$

De la tabla de relaciones hidráulicas se obtienen los siguientes resultados:

Relación de velocidades: $v / V = 0.428476$

Relación de tirantes: $d / D = 0.111$

Relación de áreas: $a / A = 0.060648$

- **Velocidad sección parcial**

$$v = v/V \times V$$

$$v = 0.428476 \times 1.83478115$$

$$v = 0.7862 \text{ m / seg.}$$

- **Verificando relaciones hidráulicas**

$q < Q$ $0.8659 \text{ lts / seg} < 33.4717 \text{ lts / seg}$ Sí cumple.

$0.40 < v < 4.00$ $v = 0.7862 \text{ m / seg}$ Sí cumple.

$0.10 < d / D < 0.75$ $d / D = 0.111$ Sí cumple.

2.4. Presupuesto

Tabla X. Resumen del presupuesto del diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.

| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | | | |
|---|----------|----------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| REGLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL(Q) | TOTAL (\$) |
| 1 TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | |
| RÓTULO DE IDENTIFICACIÓN | 1 | GLOBAL | Q4500.00 | Q4500 | \$600.00 |
| BODEGA | 40 | m ² | Q247.88 | Q9,915.20 | \$1322.03 |
| REPLANTEO TOPOGRÁFICO | 4640 | ml | Q1.80 | Q8,352.00 | \$1113.60 |
| TRAZO | 4640 | ml | Q3.00 | Q13,920.00 | \$1856.00 |
| 2 EXCAVACIÓN | | | | | |
| CORTE Y RELLENO | 6977.6 | m ³ | Q200.00 | Q1,395,520.00 | \$186,069.33 |
| 3 COLECTOR | | | | | |
| ALCANTARILLADO SANITARIO | 4640 | ml | Q176.25 | Q817,800.00 | \$109,040.00 |
| 4 POZOS DE VISITA | | | | | |
| POZOS | 37 | UNIDAD | Q8,500.00 | Q314,500.00 | \$41,933.33 |
| 5 CONEXIONES DOMICILIARES | | | | | |
| DOMICILIO | 300 | UNIDAD | Q1800.00 | Q540,000.00 | \$72,000.00 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | Q3,104,507.20 | \$413,934.29 |

Nota: Se aplicó una tasa de cambio de Q7.50 por US\$1.00

El proyecto en quetzales asciende a tres millones ciento cuatro mil quinientos siete con veinte centavos; su equivalente en moneda extranjera (dólares) es de cuatrocientos trece mil novecientos treinta y cuatro con veintinueve centavos de dólar.

Petén, noviembre del 2008

NOTA

En el presupuesto no están contemplados los costos indirectos, e impuestos, por motivo de uso municipal; el dato proporcionado es el costo directo del proyecto.

2.5. Evaluación de impacto ambiental

2.5.1. Definición

Un estudio de evaluación de impacto ambiental es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

2.5.2. Aspectos cubiertos por estudios de impacto ambiental.

- 1-** Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- 2-** Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- 3-** Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- 4-** Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- 5-** Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

2.5.3. Evaluación ambiental de proyectos

La Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente, dictada en 1994, establece exigencias ambientales para los proyectos de inversión y determina cuáles de ellos deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Esta decisión es responsabilidad final de la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, según corresponda, así como también la administración del sistema y la coordinación de los organismos del Estado involucrados para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos requeridos.

2.5.4. Consideraciones técnicas

Desde un punto de vista global, las componentes unitarias de cualquier sistema de tratamiento que potencialmente pudieran provocar en mayor medida la generación de algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a una de las siguientes:

- tratamiento preliminar
- tratamiento primario y/o secundario
- desinfección final
- tratamiento y disposición final de lodos

Al dimensionar las alternativas, deberán considerarse las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen dichas componentes unitarias en el medio ambiente. Adicionalmente, se deberán contemplar todas aquellas consideraciones de tipo técnico que permitan

prevenir riesgos y sus consecuentes impactos negativos, tanto en el entorno, como el sistema de tratamiento propiamente tal, cualquiera que sean las alternativas analizadas. Por ejemplo, se deben considerar los aspectos técnicos que permitan prevenir riesgos de inundación, riesgos de desperfectos de la planta, etc.

2.5.5. Etapa de operación

Los potenciales impactos que pudieran afectar el área de influencia directa del proyecto (el área de influencia indirecta no presentaría impactos negativos al medio ambiente con el proyecto en operación), son los siguientes:

- cuerpo receptor
- calidad de las aguas
- usos
- calidad del aire
- creación de problemas sanitarios
- olores
- aerosoles
- moscas y vectores
- generación de subproductos y residuos
- ruidos

Se debe destacar que los potenciales impactos arriba detallados generan consecuencias en la población circundante en la medida que la planta no sea bien operada.

2.5.6. Etapa de construcción

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de tratamiento como la generación de polvo, aumento de la congestión vehicular, ruidos, etc., es en algún sentido inevitable. En general, el análisis de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que minimicen la alteración de las condiciones medioambientales, en la zona de ubicación de la obra y sectores aledaños.

2.5.7. Seguimiento ambiental.

Es de suma importancia seguir con las condiciones propuestas por el estudio de impacto ambiental, ya que, al darle continuidad se obtendrán mejores resultados día con día. Además, pueden evitarse situaciones que podrían provocar problemas en futuros cercanos. Es por ello que el seguimiento de este estudio es de vital importancia en proyectos de tratamientos de aguas negras.

Tabla XI. Cronograma de ejecución del diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.

| Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | 21 febrero | | 11 abril | | 01 junio | | 21 julio | | 11 septiembre | | 01 noviembre | | 21 diciembre | | | |
|---|----------|--------------|--------------|----------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|---------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| | | | | 15/02 | 08/03 | 29/03 | 19/04 | 10/05 | 31/05 | 21/06 | 12/07 | 02/08 | 23/08 | 13/09 | 04/10 | 25/10 | 15/11 | 06/12 | 27/12 |
| 1 Proyecto alcantarillado barrio Playa Blanca | 240 días | lun 02/03/09 | vie 29/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Trabajos preliminares | 30 días | lun 02/03/09 | vie 10/04/09 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Bodega | 10 días | lun 02/03/09 | vie 13/03/09 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 Replanteo Topográfico | 20 días | lun 09/03/09 | vie 03/04/09 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 Trazo | 25 días | lun 09/03/09 | vie 10/04/09 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 Excavación | 230 días | lun 16/03/09 | vie 29/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 Corte y Relleno | 230 días | lun 16/03/09 | vie 29/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 Colector | 228 días | jue 19/03/09 | mié 20/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 Drenaje | 220 días | jue 19/03/09 | mié 20/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 pozos de visita | 223 días | jue 19/03/09 | lun 25/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 Pozos | 223 días | jue 19/03/09 | lun 25/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 Conexiones domiciliarias | 210 días | jue 02/04/09 | mié 20/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 Domiciliares | 210 días | jue 02/04/09 | mié 20/01/10 | [Barra de actividad] | | | | | | | | | | | | | | | |

3. PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN.

3.1. Descripción del proyecto

En el presente capítulo se desarrollará el diseño del proyecto de pavimentación rígida para calles y avenidas del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén. La consideración de este proyecto como posible solución del problema de la municipalidad y desarrollo del programa de EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha hecho posible la factibilidad de la ejecución. De esta manera, se incrementará el nivel de vida de los pobladores beneficiados, dado que no existe pavimento en el sector. En lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa para pavimento rígido, y una explicación de pavimento flexible.

3.2. Especificaciones técnicas de diseño

Para el proyecto de pavimentación de calles y avenidas del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén, se utilizó el mismo método de topografía que el utilizado en el proyecto de alcantarillado sanitario para el mismo barrio; realizando un levantamiento topográfico de primer orden. En la medición de la planimetría de dicho proyecto se utilizó el método de conservación del Azimut en una poligonal abierta. El método consiste en tomar

un Azimut inicial referido al norte y, fijando éste con una vuelta de campana en la vista atrás, se toma la medida hacia la siguiente estación. Se tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos. La altimetría se realizó con la finalidad de definir las curvas de nivel, las cuales son la representación gráfica de los niveles de la carretera. Por medio de las curvas a nivel del levantamiento, se determinaron las pendientes del terreno, definiendo así la topografía del lugar.

El proyecto consiste en la pavimentación y balastado de 8181.48 metros lineales de camino vecinal, el cual tiene un ancho promedio de 6.00 metros. Además se colocarán los drenajes adecuados y obras de arte necesarias para la conservación del tramo a pavimentar.

3.3. Definición de pavimentos

Un pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y, finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

3.4. Tipos de pavimentos

Existe dos tipos de pavimentos los rígidos y los flexibles. Para este proyecto está estipulado utilizar pavimento rígido.

3.4.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Éstas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual.

3.4.2. Pavimentos rígidos

Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de Cemento Pórtland que se apoya sobre una capa de sub-base. (Se puede omitir esta última capa cuando el material de la sub-rasante es granular.) La losa posee características de viga que le permiten extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

3.5. Estudio de suelos

Para diseñar cualquier tipo de pavimento, es necesario hacer un estudio completo de las características del suelo de la subrasante para determinar qué tan bueno o malo es el material que va soportar el pavimento, cumpliendo con las normas establecidas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los ensayos de suelos deben ejecutarse de acuerdo con la división siguiente:

- Para la clasificación del tipo de suelo
- Para el control de la construcción

- Para determinar la resistencia del suelo

3.5.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentaje. En otras palabras, no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: el ensayo de compactación Próctor, el ensayo de valor soporte (CBR) y los límites de consistencia.

3.5.2. Ensayos para la clasificación del suelo

3.5.2.1. Ensayo de granulometría

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en forma gráfica. 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. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

Figura 4. Procedimiento de tamizado



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 47.

El procedimiento para realizar el ensayo granulométrico es el siguiente:

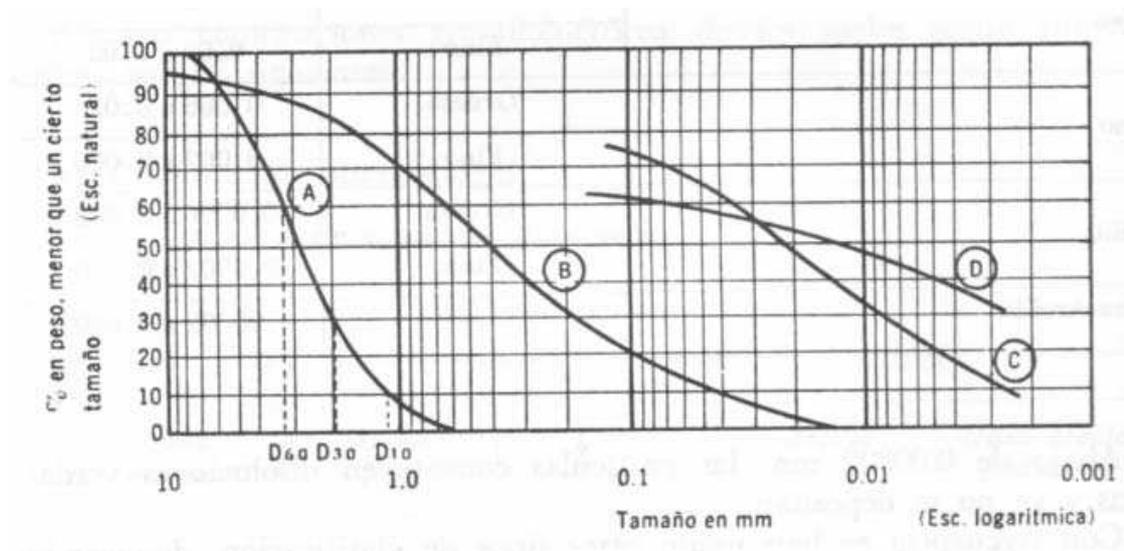
- a) Se toma una muestra representativa de 20 kg y se seca al sol o en horno durante 12 horas.
- b) Por medio de cuarteos a la muestra mencionada, se sacan 2 kg.
- c) Se pasan los 2 Kg. por las mallas de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8" y No. 4, y se pesa el retenido en cada una de dichas mallas. (Ver figura 4).
- d) Del material que pasa la malla No. 4 se toma una cantidad, generalmente 200g, y se coloca en un vaso de agua, dejando que el material se remoje durante 12 horas.

- e) Con un agitador metálico, se agita el contenido del vaso durante un minuto y se vacía luego sobre la malla No. 200. Se vacía nuevamente el material al vaso, lavando de la malla en posición invertida. Se agita nuevamente el agua del vaso y se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario, hasta que no se enturbie el agua al ser agitada.
- f) Se elimina el agua y se pone la muestra a secar en un horno a temperatura constante.
- g) Se pesa y por diferencia a los 200 g se obtiene el porcentaje que pasó la malla No. 200.
- h) Se vacía el material que pasó por la malla No. 4 y se retuvo en la No. 200, para que pase lo correspondiente por las mallas No. 10, 20, 40, 60, 100, y 200 pesando los retenidos.
- i) Conociendo los pesos parciales retenidos desde la malla de 2" hasta la No. 200 se obtienen los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes retenidos acumulativos y los porcentajes pasando.

Es necesario aclarar que los retenidos parciales en cada malla deberán expresarse como porcentajes de la muestra total; y para calcular los porcentajes retenidos en las mallas 10 a 200, se divide el peso en gramos retenido en cada malla entre el peso seco de la muestra para la prueba de lavado (200g generalmente). Luego, se multiplica este cociente por el porcentaje que pasa la malla No. 4, determinado en el análisis del material grueso. El retenido acumulativo en la malla No. 10 se calcula sumando el retenido parcial en dicha malla al retenido acumulativo en la malla No. 4. El retenido acumulativo en la malla No. 20 es igual al retenido acumulativo en la malla No. 10 más el retenido parcial en la malla No. 20. De igual manera se calculan los demás retenidos acumulativos hasta la malla No. 200.

- j) Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas. Por ordenadas, tiene los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.
- k) La curva resultante se compara con las gráficas de especificaciones (ver figura 5). Un suelo que está formado por partículas de un mismo tamaño quedará representado por una línea vertical y un suelo con curva granulométrica bien tendida indicará gran variedad de tamaños.

Figura 5. Representación de curva granulométrica



Fuente: Juárez Badillo. Mecánica de suelos. Tomo 1. Pagina 100.

De estos datos se calculan los siguientes coeficientes:

Coeficiente de uniformidad, que indica la variación del tamaño de las partículas del suelo.

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

Donde :

Cu = Coeficiente de uniformidad

D 60 = Diámetro máximo del 60%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

Coeficiente de graduación, que indica una medida de la forma de la curva entre D 10 y D 60.

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

Donde:

C_g = Coeficiente de graduación

D 30 = Diámetro máximo del 30%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

D 60 = Diámetro máximo del 60%

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 24.91% de arena, 57.89% de grava y 17.20% de finos. El suelo se clasifica como grava con arena limosa color café.

3.5.2.2. Límites de Atterberg

Sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos, están representados por su contenido de humedad, y se conocen como: límite líquido y límite plástico.

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad posee una consistencia semi-líquida. Al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semi-sólido y se agrieta o desmorona al ser deformado. Al intervalo de contenido de humedad, en el cual un suelo posee consistencia plástica, se le denomina intervalo plástico.

3.5.2.2.1. Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25 golpes), se cierre a lo largo de una ranura formada en un suelo moldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa. Para ello se utiliza el aparato propuesto por Artur Casagrande, llamado la copa casagrande.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

En el aparato de Casagrande, debe ajustarse la altura de caída, para producir un impacto estándar, colocando el material sobre el platillo de bronce del aparato, hasta llenarlo aproximadamente 1/3 de su capacidad. Usando la espátula para mezclar, se extiende el material, formando una masa lisa de 1cm de espesor. Con el acanalador se divide la pasta en dos partes, haciendo un trazo firme a lo largo del diámetro, que arranque del centro del soporte, formando un surco claro y bien definido. (Ver figura 6).

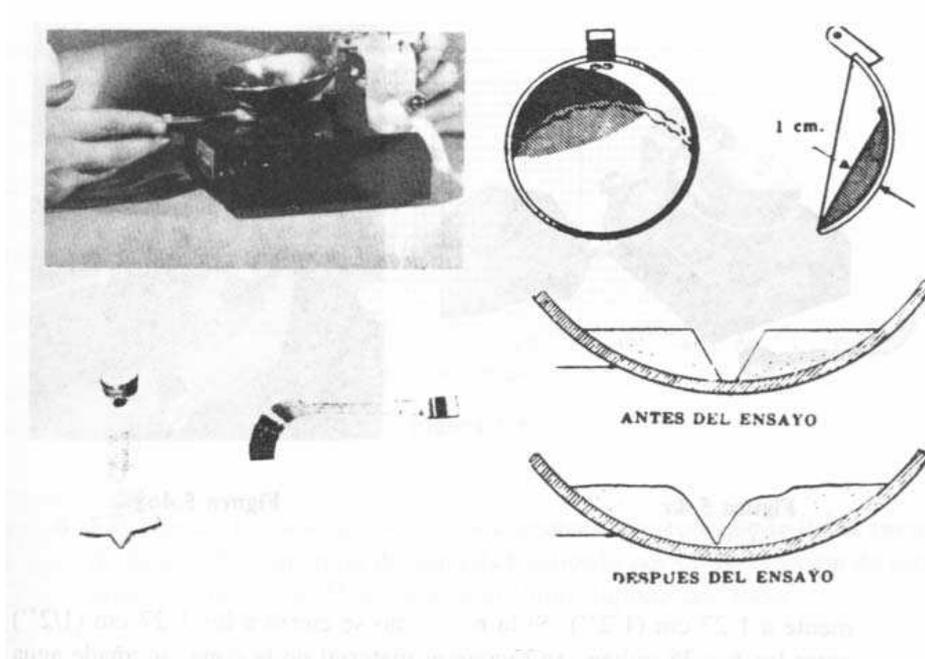
Luego, se determina el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre una longitud de 1/2" aproximadamente. Como en la práctica será difícil conseguir que la muestra se una a los 25 golpes, se registra un punto, con el contenido de humedad que corresponda a menos y otro a más de 25 golpes. Se grafican estos datos en papel semilogarítmico. El contenido de agua se

coloca en la escala aritmética vertical y la cantidad de golpes en la logarítmica horizontal, dando una línea recta. La intersección con la recta a 25 golpes, indica el límite líquido.

$$L.L. = \% H \times \frac{N}{25}$$

Donde: %H = porcentaje de humedad
 N = número de golpes

Figura 6. Ensayo en la copa de Casagrande.



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 71.

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico.

3.5.2.2.2. Límite Plástico

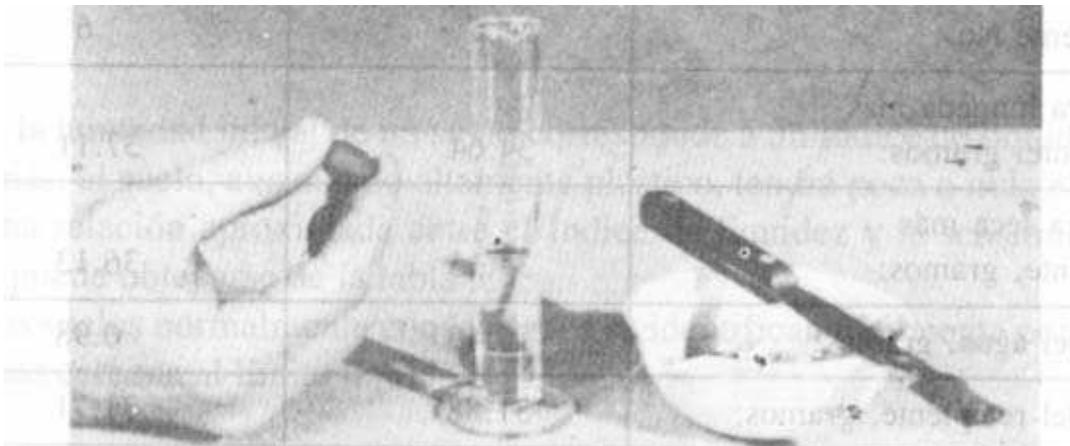
Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de

humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba de límite líquido. A éste se le evapora humedad por mezclado, hasta obtener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Luego, se forma una pequeña bola que deberá rodarse en seguida con la palma de la mano, sobre una superficie lisa como una placa de vidrio, aplicándole presión a efecto de formar filamentos (ver figura 7). Con los filamentos se forma un cilindro de material de 3 mm. (1/8 de pulgada). El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

$$L.P. = \frac{PBH - PBS}{PBS - TARA} \times 100$$

Donde: PBH = peso bruto húmedo
PBS = peso bruto seco

Figura 7. Procedimiento para obtener límite plástico



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Pagina 77.

3.5.2.2.3. Índice plástico

El índice plástico es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo

definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no 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 en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un índice plástico de 2.5%, el suelo se encuentra clasificado en baja plasticidad.

3.5.3. Ensayos para el control de la construcción

3.5.3.1. Ensayo de compactación o próctor modificado

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco disminuyendo sus vacíos.

Para determinar la densidad máxima, se hace por el método proctor. Este método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad y tiene dos formas de ensayo: proctor estándar y proctor modificado.

Proctor estándar (Características):

| | |
|-------------------|----------|
| Peso de martillo | 5.50 lbs |
| Altura de caída | 12 pulg. |
| Capas a compactar | 3 |
| Número de golpes | 25 |

Proctor modificado (características):

| | |
|-------------------|----------|
| Peso de martillo | 10 lbs |
| Altura de caída | 18 pulg. |
| Capas a compactar | 5 |
| Número de golpes | 25 |

El próctor modificado, tiene ventaja sobre el estándar en lo siguiente:

- Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.
- Al tener una humedad óptima más baja, las operaciones de riego son más económicas, lo que facilita la compactación.

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el próctor modificado, según AASHTO T-180. Éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación.

Figura 8. Equipo para ensayo de compactación



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 77.

La masa de los suelos está formada por partículas sólidas y vacíos. Los vacíos pueden estar llenos de agua, aire o ambos a la vez. Si la masa del suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los cuales van reduciéndose hasta llegar a un mínimo conforme el suelo se somete a compactación. De este modo, cuando la masa del suelo alcanza su menor volumen y su mayor peso, se le llama **densidad máxima**. Para alcanzar la densidad máxima es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como **humedad óptima**. Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características:

- Reducción del volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad.
- Incremento en la capacidad del suelo para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación próctor consiste en tomar una cantidad de suelo (de 2 a 3 kilogramos de material secado al aire libre) y pasarlo por el tamiz de $\frac{1}{4}$ ". Es importante conocer la cantidad de agua con la que se inicia el ensayo, dependiendo del tipo de suelo que se tenga. Se suele empezar con un equivalente al 2% del peso del material que se tenga, incrementándolo a 60cc de agua, para suelos arenosos y unos 120cc, para suelos limosos y arcillosos. Teniendo preparada la muestra, se añade agua y se compacta en un molde cilíndrico en cinco capas con un espesor aproximadamente de 2.54cm. cada una, dándole veinticinco golpes uniformemente con un martillo de compactación de 10 libras. Se pesa el material compactado, siendo éste el peso bruto húmedo (PBH). Luego de compactar la muestra, es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad del suelo. Estas muestras deben ser aproximadamente de 100 gramos cada una. Se pesan y se ponen a secar en el horno. Se añade más agua a la muestra, tendiendo a obtener una muestra más húmeda u homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de

compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca contra contenido de humedad.

Figura 9. Procedimiento de compactación



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 101.

Para obtener su contenido de humedad, se toma el promedio de las dos muestras. Para calcular la densidad máxima y la humedad óptima se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$PNH = PBH - TARA$$
$$PUH = \frac{PNH}{V_{Cilindro}}$$
$$\% H = \frac{PNH - PNS}{PNS} \times 100$$
$$PUS = \frac{PUH}{100 \times \% H}$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

PNH = Peso neto húmedo

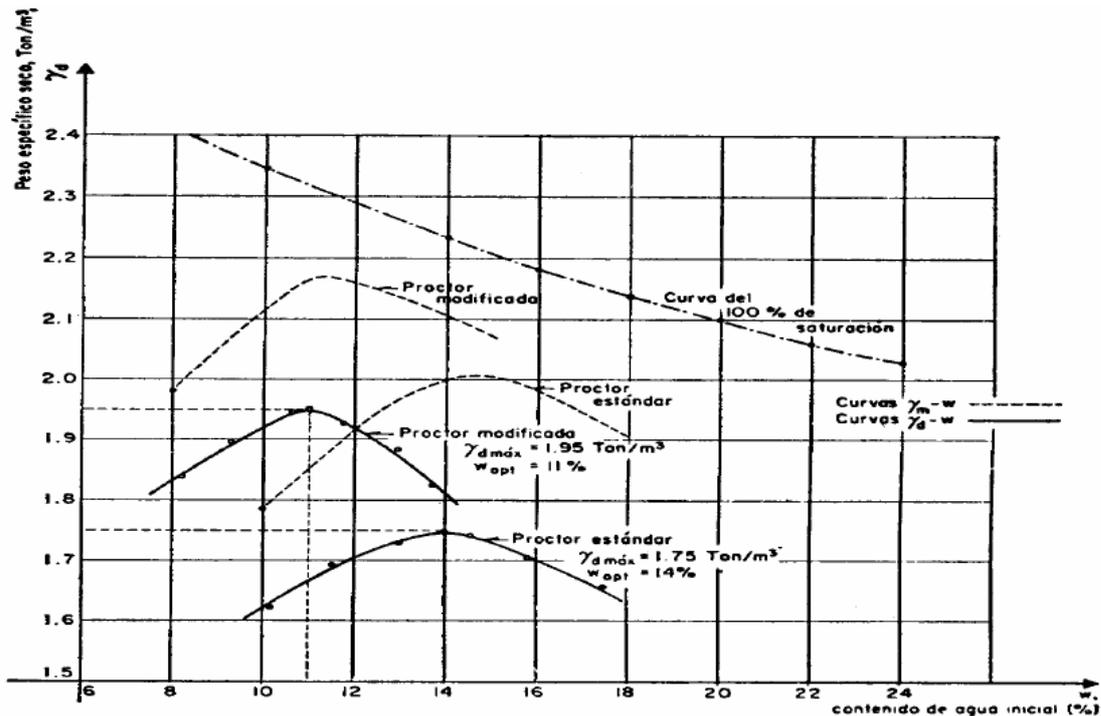
PUH = Peso unitario húmedo

PNS = Peso neto seco

PUS = Peso unitario seco

Al tener los cálculos, se procede a hacer la gráfica %H vrs PUS. En el punto más alto de la curva se encuentra la densidad máxima con su respectiva humedad óptima.

Figura 10. Curvas de Compactación.



Fuente: Juárez Badillo. Mecánica de suelos. Tomo 1. Pagina 579.

3.5.4. Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo

3.5.4.1. Ensayo de valor soporte CBR

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. 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 patrón de piedra triturada bien graduada.

Generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración; es decir, dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000 lbs/pulg.² y uno de 1500 lbs/pulg.² respectivamente. De estos valores se usa el mayor, generalmente de 0.1" de penetración.

Tabla XII. Resistencias a diferentes penetraciones en piedra triturada.

| Penetración | Carga en lb/ plg ² | Carga en lb |
|-------------|-------------------------------|-------------|
| 0.1" | 1000 | 3000 |
| 0.2" | 1500 | 4500 |
| 0.3" | 1900 | 5700 |
| 0.4" | 2300 | 6000 |
| 0.5" | 2600 | 7800 |

Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Pagina 112.

Para realizar este ensayo, se necesita un equipo especial, 3 kg de material, conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo.

$$AGUA(c.c.) = \frac{\% H_{Optima} - \% H_{actual}}{100 + \% H_{actual}}$$

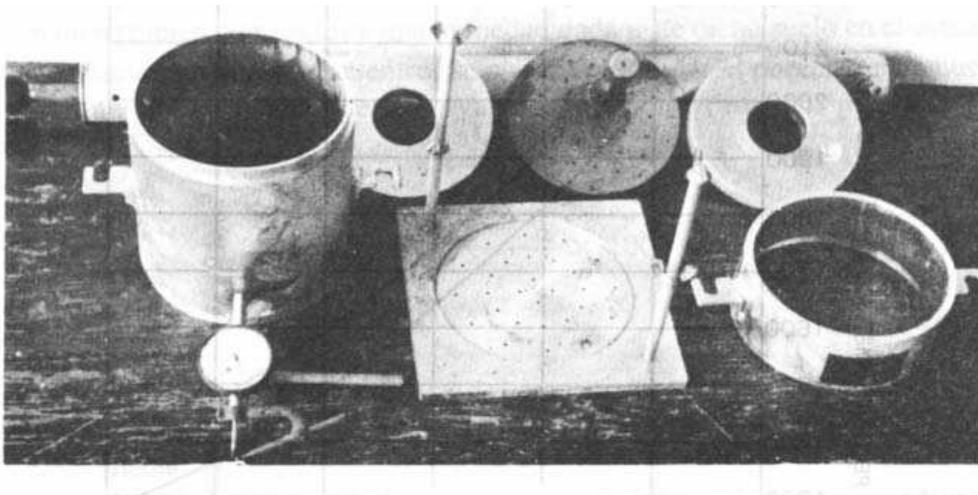
Se utilizan tres cilindros, a los cuales se les coloca una capa de material para luego compactarla con 10, 30 y 65 golpes, respectivamente y así hasta haber compactado cinco capas de material. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193. Luego de compactarlo, se pesa el material que queda en el cilindro, siendo éste el peso bruto húmedo (PBH). Con el peso del cilindro, se obtiene el peso neto húmedo (PNH). Luego se obtiene:

$$PUH = \frac{PNH}{V_{Cilindro}} \qquad PUS = \frac{PNH}{\% H_{Después} + 100}$$

Con los datos anteriores se calcula el porcentaje de compactación:

$$\% C = \frac{PUS_{delCBR}}{PUS_{máximopróctor}}$$

Figura 11. Equipo para ensayo CBR



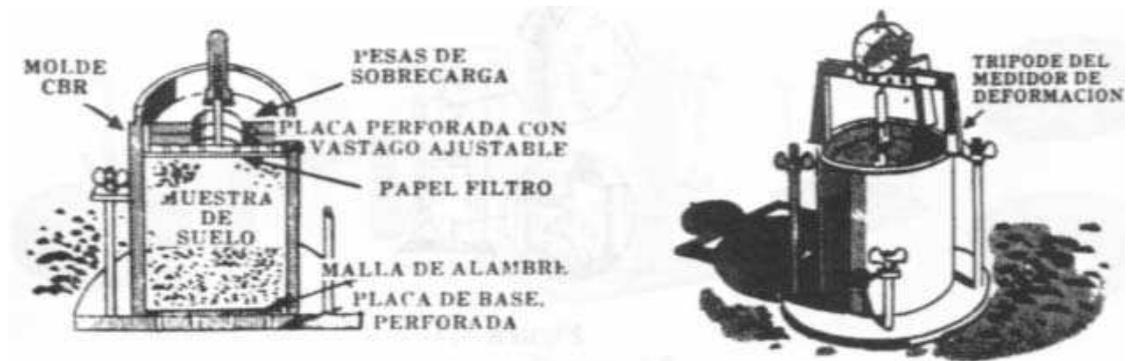
Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 108.

Hinchamiento: A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 libras. Sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero. Luego se sumerge en el agua durante cuatro días tomando lecturas cada 24 horas y controlando la expansión del material. Es importante tener en cuenta que el peso de 10 a 13 libras colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto.

$$\% \text{ Hinchamiento} = \frac{\text{Cambio de altura en el remojo (Plg)}}{5 \text{ Plg}}$$

El objeto de sumergir la muestra durante cuatro días en agua, es para someter los materiales usados en la construcción a las peores condiciones que puedan estar sujetos en un pavimento.

Figura 12. Colocación del medidor de deformación

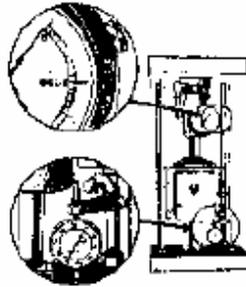


Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 111.

Determinación de la resistencia a la penetración: Luego de haber expuesto la muestra en saturación durante cuatro días, se saca del agua. Con todo cuidado, se acuesta sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos. Se quita la pesa, el disco perforado, el papel filtro y se lleva a la prensa donde se le colocan nuevamente las dos placas de carga y se procede a medir la resistencia a la penetración.

El pistón para la prueba de penetración debe pasar a través de los orificios de las placas hasta tocar la superficie de la muestra. Se aplica una carga inicial que no sea mayor de 10kg e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro de carátula para registrar el desplazamiento vertical del pistón. Se procede a la aplicación lenta de cargas continuas con pequeños incrementos, a una velocidad de penetración de 1.27 centímetros por minuto. Después, se toma la presión, expresada en libras por pulgada cuadrada y se anotan las cargas correspondientes a cada una de las cinco penetraciones indicadas.

Figura 13. Prensa para CBR



Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 112.

Luego se dibuja la curva penetración del pistón vrs carga. La relación de valor soporte de California (CBR) se calcula como:

$$CBR = \frac{\text{Carga a una penetración dada}}{\text{Carga estándar a la misma penetración}} \times 100$$

Se traza la curva CBR vrs. Compactación, para determinar el CBR de diseño de un pavimento a 90%, 95%, 100% de compactación de Proctor modificado.

Con el valor del porcentaje, se puede clasificar el suelo usando la tabla que indica el empleo que puede dársele al material en lo que al CBR se refiere.

Tabla XIII. Clasificación del suelo CBR

| Valores en % de CBR | Clasificación |
|---------------------|----------------------------|
| 0-5 | subrasante muy mala |
| 5-10 | subrasante mala |
| 10-20 | subrasante regular a buena |
| 20-30 | subrasante muy buena |
| 30-50 | sub-base buena |
| 50-80 | base buena |
| 80-100 | base muy buena |

Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Página 113.

3.5.5. Análisis de resultados del laboratorio de suelos

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en el apéndice. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido.

Con base a los ensayos realizados, se determinó que el suelo estudiado tiene ciertas características, las cuales se muestran en el resumen siguiente:

Clasificación P.R.A. = A - 2 - 6

Clasificación S.C.U. = GM

Descripción del suelo = grava con arena limosa color café

Límite líquido = 15.60%

Índice plástico = 2.50%

Densidad seca máxima = 137.40 lbs / pie³

Humedad óptima = 7.30%

C.B.R. = al 92.2% de compactación es de 40.8% aproximadamente.

Como puede apreciarse, el material cumple con los requisitos, dado que su límite líquido no es mayor del 50%. El 95% de compactación se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de Proctor modificado. Además, el CBR es mayor que el 5%. Al 95% de compactación el CBR es de 47% aproximadamente, según la tabla XII se clasifica como una sub-base buena. Ver el apéndice.

3.6. Período de diseño

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar

los costos a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período. De esta forma se invertiría menos en dos dispositivos cuyos períodos de diseño sumen el período del primer dispositivo. En este proyecto de infraestructura se va adoptar un período de diseño de 20 años, y con este dato se diseñará el pavimento.

3.7. Diseño del pavimento

Al realizar el trabajo de campo, se inicia el estudio fijando el eje de la carretera o diseño de la línea de localización. Un trazo óptimo es aquél que se adapta económicamente a la topografía del terreno; éste depende del criterio adoptado, que a su vez obedece al volumen del tránsito y la velocidad de diseño a utilizar. Una vez fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adapten a las condiciones del terreno y que cumplan con los requisitos establecidos. Existen factores que suelen forzar una línea influyendo en la determinación del alineamiento horizontal y vertical de una carretera, por lo que es necesario tomar una serie de normas generales que se adquieren con la práctica y el sentido común.

Es importante mencionar que el pavimento es la estructura que descansa sobre la sub-rasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos. Asimismo, protege al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.

Para el diseño del pavimento se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de cargas para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga.

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

3.7.1. Tránsito promedio diario

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer los siguientes datos.

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

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

El TPDC sólo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

3.7.2. Velocidades de diseño

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V = velocidad

d = distancia

t = tiempo

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente. Esto obliga a trabajar con valores medios de velocidad. Una velocidad que es de suma importancia es la llamada velocidad de diseño, la cual ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. La velocidad de diseño es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino, y es por ello que debe limitarse para obtener costos bajos. Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de diseño. Al hacer esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor. Las velocidades de proyecto recomendadas por la Dirección General de Caminos de Guatemala (D.G.C.G.) se muestran en la tabla siguiente.

Tabla XIV. Estándares de diseño de carretera

| T.P.D. De | Carretera | velocidad de diseño (K.P.H.) | Radio mínimo | Pendiente máxima (%) | ancho de calzada |
|-----------|------------|------------------------------|--------------|----------------------|------------------|
| | Tipo "A" | | | | 2 x 7.20 |
| 3000.00 | Llanas | 100.00 | 375.00 | 3.00 | |
| A | Onduladas | 80.00 | 225.00 | 4.00 | |
| 5000.00 | Montañosas | 60.00 | 110.00 | 5.00 | |
| | Tipo "B" | | | | 7.20 |
| 1500.00 | Llanas | 80.00 | 225.00 | 6.00 | |
| A | Onduladas | 60.00 | 110.00 | 7.00 | |
| 3000.00 | Montañosas | 40.00 | 47.00 | 8.00 | |
| | Tipo "C" | | | | 6.50 |
| 900.00 | Llanas | 80.00 | 225.00 | 6.00 | |
| A | Onduladas | 60.00 | 110.00 | 7.00 | |
| 1500.00 | Montañosas | 40.00 | 47.00 | 8.00 | |
| | Tipo "D" | | | | 6.00 |
| 500.00 | Llanas | 80.00 | 225.00 | 6.00 | |
| A | Onduladas | 60.00 | 110.00 | 7.00 | |
| 900.00 | Montañosas | 40.00 | 47.00 | 8.00 | |
| | Tipo "E" | | | | 5.50 |
| 100.00 | Llanas | 50.00 | 75.00 | 8.00 | |
| A | Onduladas | 40.00 | 47.00 | 9.00 | |
| 500.00 | Montañosas | 30.00 | 30.00 | 10.00 | |
| | Tipo "F" | | | | 5.50 |
| 10.00 | Llanas | 40.00 | 47.00 | 10.00 | |
| A | Onduladas | 30.00 | 30.00 | 12.00 | |
| 100.00 | Montañosas | 20.00 | 18.00 | 14.00 | |

Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala (D.G.C.G.)

3.7.3. Sub-rasante

La sub-rasante es el nivel del terreno. Sobre ella se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera. Se extiende hasta una profundidad en la que no le afecta la carga de diseño, correspondiente al tránsito previsto.

3.7.4. Sub-base

La sub-base es la primera capa del pavimento, y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante. En ningún caso debe ser menor a 10 centímetros ni mayor a 25 centímetros y debe estar compactada a 90% próctor.

Las principales funciones de la sub-base son:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- Servir de material de transición entre la terrecería y la base, así como elemento aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terrecería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terrecería y drenar el agua proveniente de la base hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base, en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas para que éstas drenen fácilmente el agua que aquéllas eliminan.

Los materiales utilizados para sub-base deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- El material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre una muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T-180.

- En el caso de que contenga grava o rocas, éstas no deben ser mayores de 2/3 del espesor de la sub-base.
- El índice plástico no debe ser mayor que 6 (AASHTO T-90-70).
- El límite líquido no debe ser mayor que 25 (AASHTO T-81-68).
- No deberá tener un hinchamiento mayor que 1% (AASHTO T-193-72).
- El equivalente de arena no debe ser menor que 25 (AASHTO T-196).
- El material que pasa el tamiz 200 no debe ser mayor que 2/3 de la fracción que pasa el tamiz No. 40.
- El agregado grueso retenido en el tamiz 10 deberá tener un porcentaje de desgaste de 50% a 500 revoluciones, según el método de Los Ángeles.

3.7.5. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito. Se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible. Si es pavimento rígido o por adoquines, un pavimento semiflexible, está formada por una losa de concreto de cemento Pórtland.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas. Además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

3.8. Construcción de la carpeta de rodadura

La longitud a pavimentar en este proyecto será de 8181.48 metros. El ancho de calle será de 6.00 metros: dos carriles de 3.00 metros cada uno diseñando una carretera tipo "D", según la Dirección General de Caminos de Guatemala (D.G.C.G.). El proyecto se diseñará con cunetas y bordillo integrado.

El método de diseño a utilizar es el método de PCA (Portland Cement Association). Este método es práctico y reduce considerablemente el espesor de las losas para pavimentos de concreto hidráulico. Para este método han sido generadas tablas de diseño, basadas en la distribución compuesta de ejes de carga que representan las diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

Los pasos de diseño son los siguientes:

- a) Estimar el TPDC (Tránsito promedio diario de camiones) en 2 direcciones. Se excluyen camiones de 2 ejes y 4 llantas.
- b) Determinar módulo de ruptura del concreto a los 28 días.
- c) Seleccionar categoría del eje de carga.
- d) Seleccionar pavimento con hombros o bordillos.
- e) Encontrar el espesor de losa.

De acuerdo a observaciones efectuadas y la población aproximada se determinó que el tránsito promedio diario de camiones es de 25 con una carga máxima en eje sencillo de 22000 lb. y 36000 en eje Tandem.

Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, el cual es de 15% f'c. El f'c tiene un valor de 4,000 psi y el módulo de ruptura sería de 600 psi.

Con el tránsito promedio diario de camiones se puede determinar la categoría de la carretera según tabla XV. Para un tránsito promedio diario de camiones (TPDC) de 25 tenemos una carretera de categoría 1, donde se consideran más de 200 vehículos diarios para 20 años.

Luego, se determina el valor de K (módulo de reacción) para el diseño. En este caso la sub-rasante está formada por grava con arena limosa, por lo que le

corresponde un soporte medio con un valor K entre 130 y 170. Se tomará K=130 PCI. (Ver tabla XVI).

Tabla XV. Clasificación de vehículos, según su categoría.

| Categoría | Descripción | Trafico | | | Máxima carga por eje, KIPS | |
|-----------|--|---|--------|----------------|----------------------------|--------|
| | | TPD | TPDC | | Sencillo | Tandem |
| | | | % | Por día | | |
| 1 | Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a 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 500 | 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 120000 para 2 carriles, 3000 a 5000 para 4 carriles o más | 8 a 30 | De 500 a 5000 | 30 | 52 |
| 4 | Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto) | 3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15,000 para 4 carriles o más | 8 a 30 | De 1500 a 8000 | 34 | 60 |

Tabla XVI. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K.

| Tipos de suelo | Soporte | Rango de valores de K Lbs/pulg ³ |
|---|----------|---|
| Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan | Bajo | 75 – 120 |
| Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla | Medio | 130 – 170 |
| Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos | Alto | 180 – 220 |
| Sub-bases tratadas con cemento | Muy alto | 250 - 400 |

En la Tabla XVII se encuentra el valor de K sub-base (KS) con respecto al valor de K para sub-bases no tratadas. Se utilizará un espesor de 4 pulgadas (10 cm.).

Tabla XVII. Efectos de la sub-base no tratada sobre los valores de K.

| Subrasante valores de K PCI | Sub-base valores de K PCI | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|------------|------------|-------------|
| | 4 pulgadas | 6 pulgadas | 9 pulgadas | 12 pulgadas |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 430 |

Con el dato anterior $KS=130$ PCI, utilizando un espesor de 4 pulgadas (10 cm.), se consulta la tabla XVI en donde hay valores para subrasantes aproximados de KS. En este caso tenemos un soporte medio.

Luego, se determina el espesor de losa, según la tabla XVIII. En este caso se halla el espesor de losa para un módulo de ruptura de 600 lb/pulg.² y un concreto con hombros y bordillo.

Primero, se busca en el lado derecho de la tabla concreto con hombros y bordillo para un soporte de sub-rasante sub-base de tipo medio. En la columna del módulo de ruptura a la izquierda se busca el valor de 600 PSI. Se distingue el valor que contenga el TPDC permisible de 25, Este número es de 84 y a él le corresponde un espesor de losa de aproximadamente 6 pulgadas, por facilidad de construcción se dejará de 15cm. de espesor.

Tabla XVIII. Diseño del espesor de losa

| MR | Espesor de losa pulg. | Sin hombros de concreto o bordillo | | | | Espesor de losa pulg. | Con hombros de concreto o bordillo | | | |
|------------|-----------------------|------------------------------------|-------|------|----------|-----------------------|------------------------------------|-------|------|----------|
| | | Soporte Subrasante – subbase | | | | | Soporte Subrasante – subbase | | | |
| | | Bajo | Medio | Alto | Muy Alto | | Bajo | Medio | Alto | Muy Alto |
| 650 PSI | 5.5 | | | | 5 | 5 | | 3 | 9 | 42 |
| | 6 | | 4 | 12 | 59 | 5.5 | 9 | 42 | 120 | 450 |
| | 6.5 | 9 | 43 | 120 | 490 | 6 | 96 | 380 | 700 | 970 |
| | 7 | 80 | 320 | 840 | 1200 | 6.5 | 650 | 1000 | 1400 | 2100 |
| | 7.5 | 490 | 1200 | 1500 | | 7 | 1100 | 1900 | | |
| | 8 | 1300 | 1900 | | | | | | | |
| 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 | 520 | 1400 | 2100 |
| | 8 | 590 | 1900 | | | 7 | 1000 | 1900 | | |
| | 8.5 | 1900 | | | | | | | | |
| 550 PSI | 6.5 | | | 4 | 19 | 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 | | | | | | | | |

3.9. Trabajos preliminares

Hechura de cajuela: antes de proceder al corte del terreno natural, se deberá tener en cuenta la profundidad de los conductos subterráneos existentes utilizados para servicios públicos, como agua potable, drenajes, electricidad y teléfono. Esto se realiza con el fin de evitar su ruptura al momento de iniciar la excavación. Los obstáculos en el proyecto pueden ser alcantarillas, árboles, arbustos, plantas, postes, señales, indicadores y otros. Después se deberá definir la profundidad del corte, tomando en cuenta la diferencia de alturas entre la banquetta y la superficie de rodadura.

3.10. Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento

Para poder dar inicio a los trabajos de construcción de las losas de concreto, el contratista debe someter a prueba el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias. Todas las mezcladoras deben ser diseñadas de forma que aseguren una distribución uniforme de los materiales. No debe usarse ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea inferior a la carga de un saco. Asimismo debe contar con un accesorio que cierre automáticamente el dispositivo de carga, con el fin de evitar que la mezcladora se vacíe antes de que los materiales hayan sido mezclados durante el tiempo mínimo especificado.

Las losas de concreto deben ser construidas sobre las superficies previamente preparadas de conformidad con las especificaciones antes mencionadas. Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se produzcan baches o presiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto. Se llenan con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero. Seguidamente, se conforma y compacta el material con compactadora mecánica de operación manual, efectuándose el control de compactación conforme a lo establecido en los planos. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

Después de pasar el equipo vibra terminador, debe ejecutarse un alisado longitudinal por medio de un flotador o niveladora maniobrada con un movimiento de uno a otro lado de la losa. Para el acabado final, se utiliza una

escoba, colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido de uno a otro lado de losa. El acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, y en los bordes, el acabado debe ser igual al de la superficie. Posteriormente, se aplica algún tipo de curador patentado, o en su defecto agua, con el objeto de evitar un fraguado brusco del concreto.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio de 280 Kg./cm³ (4000 lbs/plg²) a los 28 días de haberse fundido. La resistencia del concreto debe basarse en previas de cilindros fabricados y aprobados de acero con el método AASHTO estipulado. La resistencia a la compresión del concreto se basará en pruebas a los 7 y 28 días. Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora, deben consistir de por lo menos dos y preferentemente tres probetas para cada edad de prueba. Estas muestras deben tomarse no menos de una vez por cada 60 metros cúbicos o fracción de concreto. Las muestras para prueba de resistencia deben tomarse de acuerdo al método AASHTO T 24.

En lo que respecta a las formaletas, éstas no pueden ser retiradas hasta después de transcurridas 12 horas de haber sido colocado el concreto. La operación debe ser hecha con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto.

El material sellante debe colocarse en las juntas previamente secas y limpias, empleando herramientas que penetren en la ranura de las juntas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado, sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe moverse inmediatamente, limpiando la superficie. No se permitirá que queden rebordes o túmulos, especialmente en juntas transversales. Las operaciones de reparación de cualquier daño que se

ocasiona al pavimento antes de su aceptación final, correrán como riesgo del contratista.

El pavimento no debe ser abierto al tránsito sino hasta transcurridos por lo menos 14 días después de la colocación del concreto o que lleguen las probetas de prueba, al ensayarlas a una resistencia de 250 Kg./cm² (3500 lbs/pls²) a compresión. Este tiempo puede ser mejorado utilizando aditivos como acelerantes de fraguado rápido. Los acelerantes de fraguado hacen que el concreto se endurezca rápidamente. No se recomienda su uso, salvo casos especiales con buena supervisión de laboratorio. En tiempo de mucho frío pueden ser útiles ya que el frío retarda el endurecimiento del concreto.

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. Una de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa, por un lado, comprende los defectos del concreto, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados del cemento. Por otro lado, incluye los defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como la inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia entre las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión. La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, sub-rasante y aún terrecería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por ruptura de esquinas o bordes. Por falta del apoyo necesario. Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos casi siempre a que estos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de problemas. Entre las fallas más comunes se

encuentran: grietas por adición de agua, abultamiento por mal acabado, superficie antiderrapante, deficiente curado, rajaduras o asentamientos.

3.11. Especificaciones de construcción

Excavación de cajuela: comprenderá los trabajos de excavación, remoción y disposición de todos los materiales que se encuentren dentro de los límites de construcción. Se hará después de haber definido los límites o cotas máximas a las cuales deberá realizarse el corte.

Quando se inicia la construcción de un pavimento, se limpia la capa vegetal existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar. El reacondicionamiento es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, conformar y compactar la subrasante. En las áreas que se necesite reacondicionamiento, se debe escarificar el suelo de la subrasante hasta una profundidad de 20 cm, eliminando las rocas mayores de 10 cm. Seguidamente, se ajusta y conforma la superficie, efectuando cortes y rellenos no mayores a 20cm de espesor. El suelo de subrasante, en el área a reacondicionarse, debe humedecerse adecuadamente antes de la compactación.

El contratista deberá apegarse estrictamente, como mínimo, a las cotas indicadas y preestablecidas. Si los suelos que se encuentran en el proyecto de pavimentación durante las operaciones de preparación del fondo de las excavaciones o de la sub-rasante, están suaves, húmedos o inestables (baches) por excesiva humedad o por zanjas mal compactadas, deberán ser removidos total o parcialmente por el contratista, a requerimiento de la municipalidad o a juicio del contratista con la previa autorización de ésta. Como mínimo tendrán un CBR de 30%, compactados a un grado de compactación de 95% según el método AASHTO T-180 (ASSTHO Modificado). El contratista no

iniciará la ejecución de ninguna “excavación especial de baches” hasta que el supervisor nombrado por la municipalidad haya aprobado previamente el volumen excavado. La operación de la excavación deberá ejecutarse de modo que el material afuera de los límites de la obra no sea alterado.

Sub-base: el material utilizado para la sub-base deberá ser uniformemente distribuido, mezclado, humedecido, conformado y compactado de acuerdo con las especificaciones en los planos (ver anexo), de modo que su espesor no sea menor del indicado. El material utilizado para la sub-base deberá estar libre de materiales vegetales, tierra negra, terrones de arcilla, etc. La dimensión de cualquier partícula contenida en el material, que no sea posible desintegrar con el equipo de conformación o de compactación, no deberá ser mayor que $\frac{2}{3}$ del espesor especificado en la sub-base. El contenido de humedad de compactación será ajustado a un valor entre el 90% y 95% del contenido de humedad óptima determinado por el ensayo de compactación de laboratorio o de campo del material en cuestión. Las densidades secas de campo se determinarán preferentemente por el método del cono de la arena (AASHTO T-191) u otro aprobado por la municipalidad. En las zonas donde, por inspección, se crea eficiente la compactación, se deberá hacer también ensayos de densidad de campo.

Pavimento rígido con Cemento Pórtland: Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos, como también se les designa, se distinguen de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles en dos aspectos. Primero, difieren en que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura. Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los refuerzos siguientes:

- Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las cargas de las ruedas.

- Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos ya anotados, es notorio que para que estos pavimentos cumplan en forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es necesario que su proyecto esté basado en los factores siguientes:

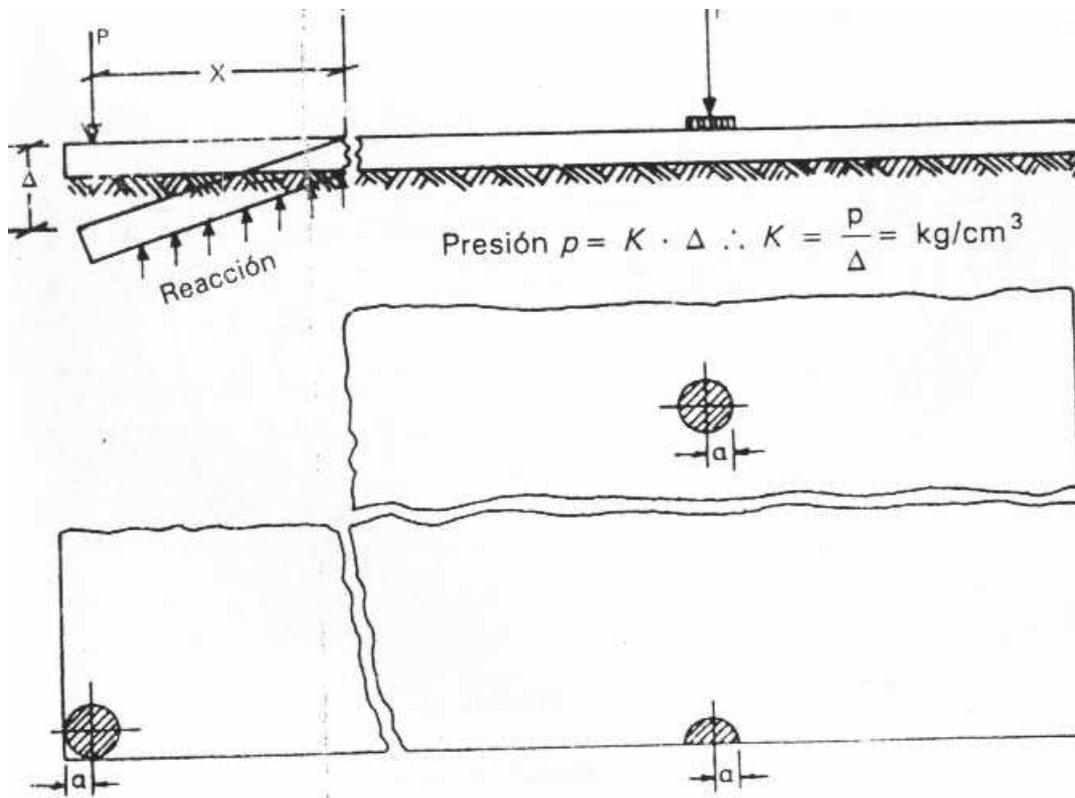
- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- Valor relativo de soporte y características de la sub-rasante.
- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Si en el proyecto de estos pavimentos no se toma en cuenta alguno de los puntos mencionados, el pavimento no será económico. Por ejemplo, si los espesores de las losas de concreto son muy elevados, es decir, que su capacidad de carga es superior a la que realmente soporta, su comportamiento será satisfactorio, pero su costo de construcción será excesivo. Por el contrario, si los espesores son menores que los requeridos para las cargas que soportará, se acortará su vida de servicio o tendrá un costo de conservación muy alto y con un comportamiento poco satisfactorio.

En cuanto a los esfuerzos debidos a las cargas, los de flexión son los más importantes en las losas. Tanto los estudios teóricos, como los ensayos de losas, han demostrado que el punto crítico de una losa de espesor uniforme, es

decir, aquel en que para una carga dada se desarrollan esfuerzos más elevados, es la esquina de la misma, es decir el ángulo conformado por un borde exterior y una junta transversal. El punto crítico se observa en la figura 14.

Figura 14. Punto crítico en una losa de concreto de pavimento rígido.



Fuente: Carlos Crespo. Vías de comunicación. Página 349.

Como se observa en la figura, los esfuerzos con magnitud de orden decreciente que provoca la carga P colocada en la esquina, son de mayor valor que para la posición de la carga en el centro de la losa. Cuando el esfuerzo total es superior al módulo de ruptura del concreto, la losa se rompe. La observación

de los pavimentos de concreto hidráulico en servicio, lleva a las mismas comprobaciones, es decir, que el punto crítico es la esquina de las losas.

Especificaciones para los materiales del concreto:

- **Cemento Pórtland:** el cemento Pórtland debe corresponder a los tipos I y II, de acuerdo a AASHTO M 85-63.
- **Agregado fino:** deberá estar limpio, sano, adecuadamente graduado y libre de materia orgánica que pueda reducir la resistencia del concreto. Debe consistir en arena natural o de trituración, compuesta de partículas duras y durables de acuerdo a AASHTO M6.
- **Agregado grueso:** debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para tomar un agregado clasificado que cumpla con los requisitos de AASHTO M-80. El agregado grueso a utilizar será de 1½. Dado que es bastante resistente al desgaste, es utilizado en pavimentos rígidos.
- **Agua:** El agua que se emplee, tanto en el mezclado como en el curado del concreto, deberá estar libre de materiales perjudiciales como aceites, sales, heces fecales, etc.

Juntas: Las juntas permiten la contracción y dilatación térmica del pavimento debido a los cambios de temperatura. También tienen como objetivo la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas y establecer una unión adecuada entre ellas.

Juntas longitudinales de contracción: Las juntas longitudinales son aquellas que se construyen paralelas al eje del camino con el fin de permitir los movimientos relativos de las diversas losas.

En los caminos, la cantidad de juntas longitudinales depende del ancho de la corona de los mismos, escogiéndose, muy comúnmente, en forma tal que ellas dividan a la corona en el número de las vías necesarias para la circulación. Aunque las juntas longitudinales pueden ser proyectadas y construidas de diferente manera, es muy común que se emplee el tipo macho y hembra.

Juntas transversales de contracción: Las juntas transversales en los pavimentos rígidos tienen por objeto evitar el agrietamiento debido al esfuerzo que se provoca por la contracción y alabeo de las losas. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento. La ranura de las juntas debe tener por lo menos $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa. Las juntas deben estar selladas con material petrificado para evitar la filtración de agua u otros líquidos que puedan dañar la sub-base.

Nota: las juntas transversales serán construidas a cada 4.00 metros y la junta longitudinal a cada 3.00 metros. La pendiente de bombeo será del 2%, así como se indica en los planos. Ver apéndice.

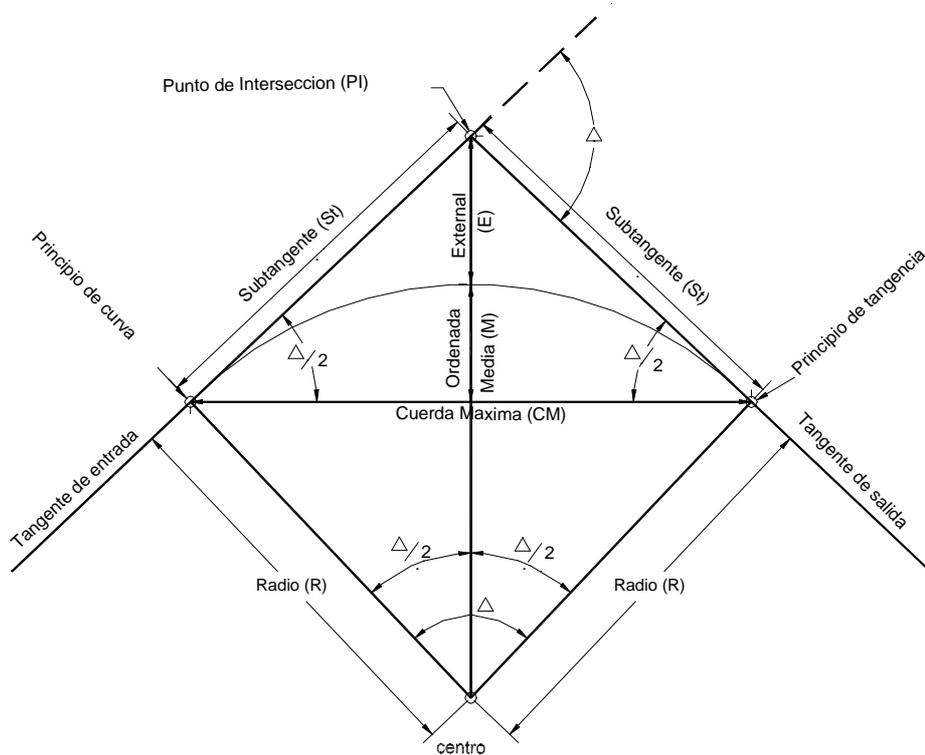
3.12. Elementos geométricos de una carretera

3.12.1. Cálculo de elementos de curva circular horizontal

Al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes se le llama curva circular horizontal. Al calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de la curva que servirán para el trazo de la carretera. Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos. Entre ellos se encuentran la subtangente (St), largo de curva (Lc), radio (R), principio de curva (PC), delta (∇), cuerda máxima (CM) ,

ordenada media (Om), external (E), centro de la curva, punto de intersección (PI), como se muestra en la figura 15.

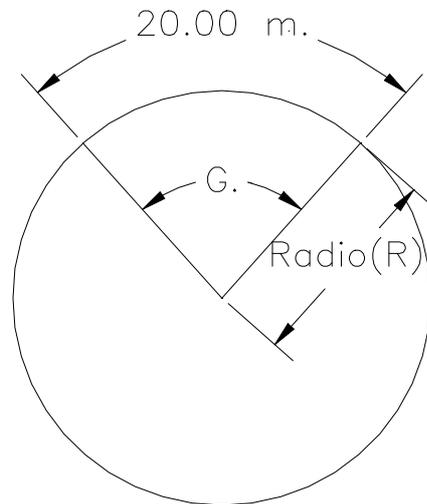
Figura 15. Elementos de curva circular horizontal



Fórmulas para el cálculo de una curva horizontal:

- **Grado de curvatura (G):** se define como el ángulo central, sustentado por un arco de 20 metros. A partir de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular, como se muestra en la figura 16.

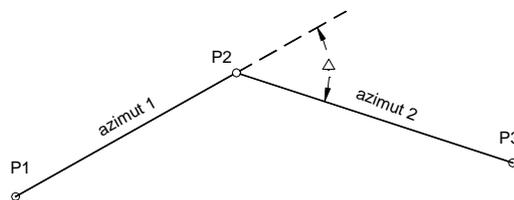
Figura 16. Círculo para cálculo de grado de curvatura.



$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \Rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} = \frac{1145.9156}{G} \Rightarrow G = \frac{1145.9156}{R}$$

- **Deflexión angular (∇):** Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular. Para calcularlo se resta el azimut 2 del azimut 1. El ∇ sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará, mientras mas grande es el ∇ se utiliza un grado de curvatura mayor.

Figura 17. Cálculo de delta (∇).



$$\Delta = Azimut2 - Azimut1$$

- **Cuerda máxima (CM):** es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

$$\text{Sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{Cm/2}{R} \Rightarrow \frac{Cm}{2} = R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2} \Rightarrow Cm = 2 * R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2}$$

- **Longitud de curva (LC):** es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT).

$$\frac{LC}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360} \Rightarrow LC = \frac{2\pi R \Delta}{360}$$

$$LC = \frac{2\pi * \frac{1145.9156}{G} * \Delta}{360} = \frac{2\pi * 1145.9156 * \Delta}{360 * G} = \frac{20 * \Delta}{G}$$

- **External (E):** es la distancia desde el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E}$$

$$R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} + E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R$$

$$E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}$$

$$E = \frac{R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \Rightarrow E = \frac{R(1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2})}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} = R * \text{Sec} \frac{\Delta}{2}$$

- **Ordenada media (OM):** es la distancia entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R - OM}{R}$$

$$R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R - OM$$

$$OM = R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}$$

$$OM = R(1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2})$$

- **Sub-tangente (St):** es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI). Debido a que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual.

$$Tg \frac{\Delta}{2} = \frac{St}{R} \Rightarrow St = r * Tg \frac{\Delta}{2}$$

Para el cálculo de los elementos de una curva circular horizontal, es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, el azimut y el grado de curvatura (G) que el diseñador escogerá de acuerdo al ∇ y la velocidad de diseño.

3.12.2. Alineamiento vertical

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. También la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes. Un alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

Las pendientes pueden ser positivas y negativas. Se entiende por pendiente positiva, aquella en la cual, a medida que se avanza sobre la carretera, se incrementa la altura respecto al punto anterior, es decir se va hacia arriba en determinado tramo. Se entiende por pendiente negativa, aquella en la cual, a medida que se avanza sobre la carretera, decrece la altura respecto al punto anterior, es decir se va hacia abajo en determinado tramo. También existen parámetros que restringen las pendientes, como pendientes máximas y mínimas. La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la

topografía del terreno. Se emplea cuando convenga, desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica. La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula (0%), dado que en ese caso actúa el drenaje transversal.

3.12.2.1. Curva vertical

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales. Su finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en Guatemala por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 18. Curva vertical cóncava.

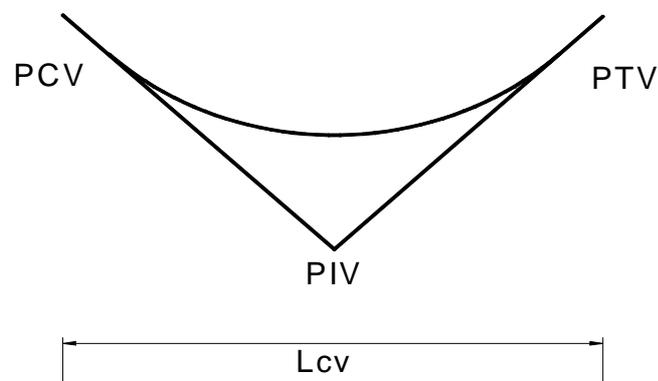
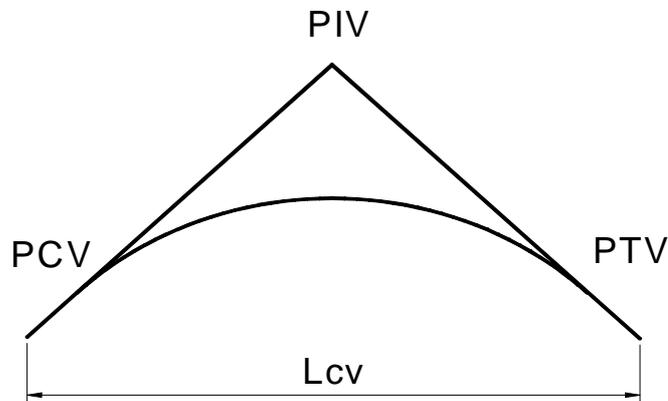


Figura 19. Curva vertical convexa.



Al momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas. De este modo, también se deja la mejor visibilidad posible a los conductores.

Se ha normalizado entre los diseñadores de carreteras para áreas rurales usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

$$L = k * A$$

Siendo:

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje (%).

K = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la Tabla XIX.

Tabla XIX. Valores de K para curvas cóncavas y convexas.

| Velocidad de diseño en K.P.H. | Valores de K, según tipo de curva | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------|
| | Cóncava | Convexa |
| 10 | 1 | 0 |
| 20 | 2 | 1 |
| 30 | 4 | 2 |
| 40 | 6 | 4 |
| 50 | 9 | 7 |
| 60 | 12 | 12 |
| 70 | 17 | 19 |
| 80 | 23 | 29 |
| 90 | 29 | 43 |
| 100 | 36 | 60 |

Las velocidades de diseño van de acuerdo a la velocidad de diseño de la planta. De allí que la Dirección General de Caminos ha tabulado valores constantes k para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y el tipo de curva.

La corrección máxima en la curva vertical es la ordenada media y puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$OM = \frac{P2 - P1}{800} * L.C.V.$$

Donde:

OM = Ordenada media.

P1 = Pendiente de entrada

P2 = Pendiente de salida.

L.C.V.= Longitud de curva vertical.

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la fórmula siguiente:

$$Y = \frac{OM}{\left[\frac{L.C.V.}{2}\right]^2} * D^2$$

$$K = \frac{OM}{\left[\frac{L.C.V.}{2}\right]^2}$$

$$Y = K * D^2$$

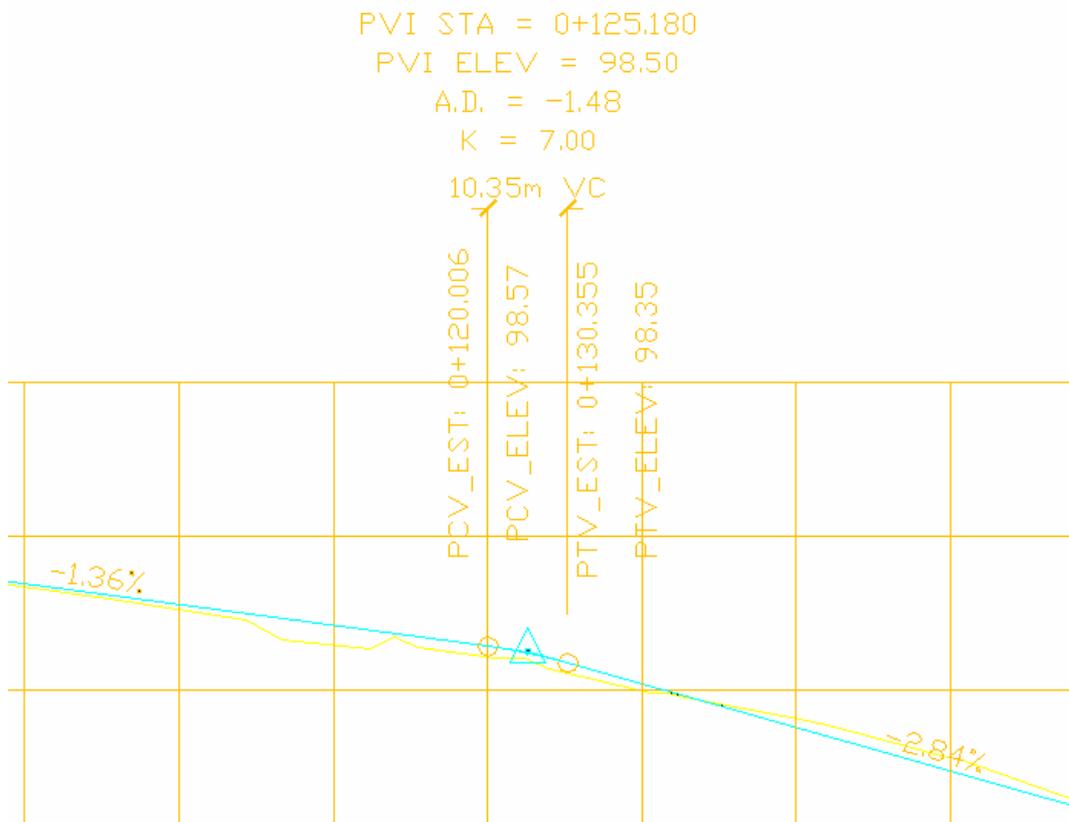
Donde:

Y = corrección en cualquier punto de la curva

D = distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada.

Ejemplo: encontrar las cotas de la rasante corregida de la siguiente curva vertical.

Figura 20. Curva vertical.



Valor de K, según velocidad de diseño $K = 7 \rightarrow$ velocidad de diseño = 50 K.P.H.

Diferencia algebraica $A = -1.36 - (-2.84) = 1.48$

Longitud mínima de la curva vertical: $L = K * A$
 $L = 7 * 1.48 = 10.36$

Ordenada media $OM = \frac{A}{800} * L.C.V = \frac{1.48}{800} * 10.36 = 0.01917$

$$K = \frac{OM}{\left[\frac{L.C.V.}{2}\right]^2} = \frac{0.01917}{\left[\frac{10.36}{2}\right]^2} = 0.0007$$

Tabla XX. Cálculo de corrección de curva vertical.

| Estación | Línea | Pendiente | Rasante | Corrección | Rasante corregida |
|-----------|-------|-----------|---------|------------|-------------------|
| 0+120.006 | PC | -1.36% | 98.57 | 0.0000 | 98.57 |
| 0+122 | | -1.36% | 98.54 | 0.003 | 98.537 |
| 0+124 | | -1.36% | 98.52 | 0.011 | 98.509 |
| 0+125.180 | PI | -1.36% | 98.50 | 0.019 | 98.481 |
| 0+126 | | -2.84% | 98.47 | 0.013 | 98.457 |
| 0+128 | | -2.84% | 98.42 | 0.004 | 98.416 |
| 0+130.355 | PT | -2.84% | 98.35 | 0.0000 | 98.35 |

3.12.3. Cunetas

La cuneta es un canal de sección triangular o trapezoidal destinada a recoger y encausar, hacia fuera del corte, el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes. Éstas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona. Cuando se trata de una sección en balcón, solamente se construye cuneta del lado del corte si es necesario, se construyen cunetas a ambos lados de la corona. Las cunetas deben estar revestidas y con disipadores de energía cuando la pendiente sea mayor del 12%. Generalmente,

no se construyen en curvas y laderas, pues basta con dejar el bombeo hacia un solo lado.

3.13. Presupuesto del proyecto

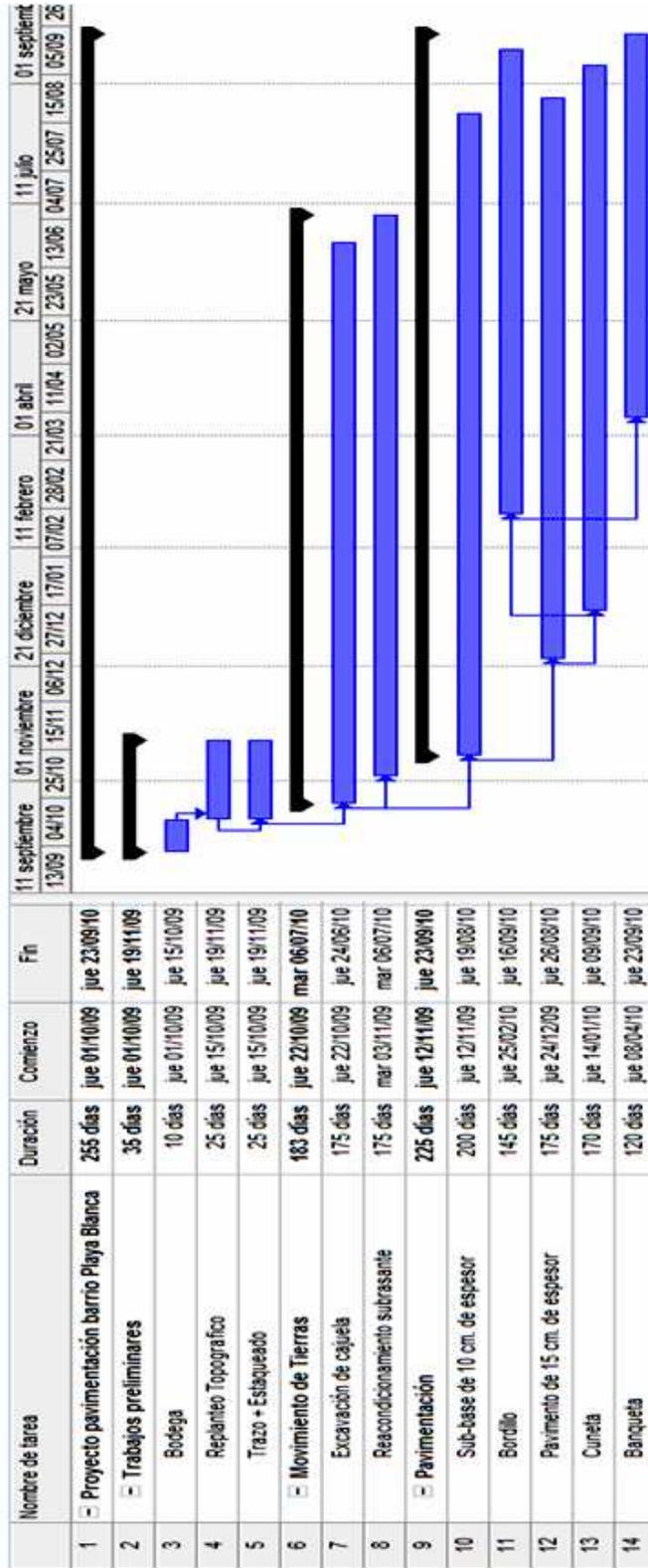
Tabla XXI. Resumen del presupuesto de pavimentación de calles para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.

| PROYECTO: "PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA, EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | | | | |
|--|----------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|--|
| RENGLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL(Q) | TOTAL (\$) | |
| 1 TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | |
| RÓTULO DE IDENTIFICACIÓN | 1 | GLOBAL | Q4500.00 | Q4,500.00 | \$600.00 | |
| BODEGA | 40 | m ² | Q247.88 | Q9,915.20 | \$1,322.03 | |
| REPLANTEO TOPOGRÁFICO | 8181.48 | ml | Q1.80 | Q14,726.66 | \$1,963.55 | |
| TRAZO Y ESTAQUEADO | 8181.48 | ml | Q5.00 | Q40,907.40 | \$5,454.32 | |
| 2 EXCAVACIÓN | | | | | | |
| EXCAVACIÓN DE CAJUELA | 22,600 | m ³ | Q75.00 | Q1,695,000.00 | \$226,000.00 | |
| SUB-RASANTE | 9,818 | m ³ | Q108.00 | Q1,060,344.00 | \$141,379.20 | |
| SUB-BASE | 4,909 | m ³ | Q270.00 | Q1,325,430.00 | \$176,724.00 | |
| 3 PAVIMENTACIÓN | | | | | | |
| FORMALETEADO | 16,363 | ml | Q20.00 | Q327,260 | \$43,634.67 | |
| LOSA DE CONCRETO | 7,364 | m ³ | Q1000.00 | Q7,364,000.00 | \$981,866.67 | |
| COLOCACIÓN DE CONCRETO | 7,364 | m ³ | Q400.00 | Q2,945,600.00 | \$392,746.67 | |
| 4 CUNETAS + BORDILLOS | | | | | | |
| BORDILLOS | 16,400 | UNIDAD | Q40.00 | Q656,000.00 | \$87,466.67 | |
| COLOCACIÓN DE BORDILLOS | 16,400 | ml | Q5.00 | Q82,000.00 | \$10,933.33 | |
| FORMALETEADO | 32,726 | ml | Q20.00 | Q654,520.00 | \$87,269.33 | |
| CONCRETO EN CUNETAS | 1,634 | m ³ | Q1000.00 | Q1,634,000.00 | \$217,866.67 | |
| CONCRETO EN ACERAS | 1,970 | m ³ | Q1000.00 | Q1,970,000.00 | \$262,666.67 | |
| 5 JUNTAS | | | | | | |
| MATERIAL PARA SELLO DE JUNTAS | 26,000 | lb | Q5.00 | Q130,000.00 | \$17,333.33 | |
| SELLADO DE JUNTAS | 12,300 | ml | Q5.00 | Q61,500.00 | \$8,200.00 | |
| 6 ADITIVOS | | | | | | |
| ANTISOL | 2,600 | GALÓN | Q100.00 | Q260,000.00 | \$34,666.67 | |
| APLICACIÓN DE ANTISOL | 49,089 | m ² | Q2.00 | Q98,178.00 | \$13,090.40 | |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | Q20,333,881.26 | \$2,711,184.17 | |

Nota: Se aplicó una tasa de cambio de Q7.50 por US\$1.00

3.14. Cronograma de ejecución

Tabla XX. Cronograma de ejecución del proyecto de pavimentación de calles para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.



CONCLUSIONES

1. Los proyectos de infraestructura que se diseñaron, tienen viabilidad, ya que generarán empleos temporales y cumplen con las expectativas planteadas por el municipio. Por lo tanto, las soluciones propuestas son factibles, de acuerdo con sus necesidades.
2. Con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, se evitará la contaminación ambiental ocasionada por las aguas residuales, y así se dará una solución técnica a este problema.
3. Para el diseño de un pavimento rígido, se requiere de un estudio de suelos, del cual se obtiene el valor soporte del suelo, que es uno de los factores más importantes para obtener el espesor de losa.
4. El pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.
5. A través del programa de Ejercicio Profesional Supervisado, se dio la oportunidad de elaborar los proyectos para el desarrollo de San Benito, Petén. También se convivió con el municipio y se pusieron en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

RECOMENDACIONES

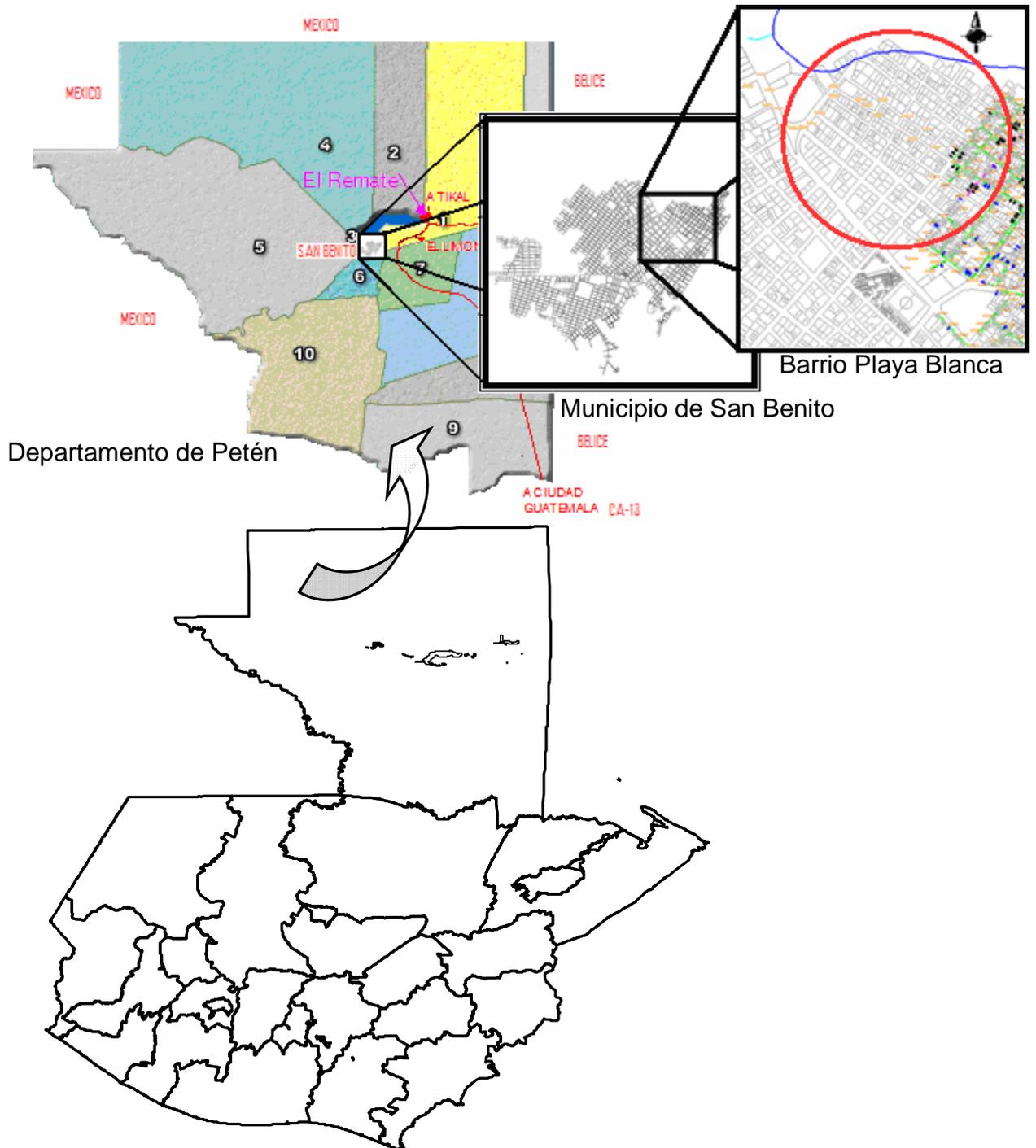
1. Garantizar la supervisión técnica profesional durante la ejecución de los proyectos para que se cumplan con todas las especificaciones y requerimientos contenidos en los planos. Asimismo, es aconsejable verificar que los materiales a utilizar sean de calidad.
2. Dar el mantenimiento respectivo al sistema de alcantarillado sanitario, una vez construido, para que no se acumulen materiales que puedan obstruir el alcantarillado y los pozos de visita.
3. Los materiales de construcción de este proyecto, en su mayoría, lo integra el concreto con una resistencia definida en las especificaciones. Por lo tanto, es necesario un control de calidad estricto en el momento de la fabricación y colocación del concreto.
4. Tomar en cuenta que si la obra no es construida en un corto plazo, se deberán actualizar los precios de los materiales, pues en el mercado actual se dan fluctuaciones constantemente. Se deben estimar correctamente los fondos necesarios para la construcción de la pavimentación.
5. Al constructor y supervisor de las obras, se le sugiere respetar las condicionantes del diseño de los proyectos, con el único objetivo del buen funcionamiento, ya que todo el diseño tiene una razón científica y técnica.
6. La utilización de maquinaria adecuada en la construcción de proyectos reduce el tiempo de ejecución y mejora la calidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) LRFD Bridge design specification. Estados Unidos, edición 2004.
2. Crespo Villalaz, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. México. 4ª edición, 1999. Editorial Limusa.
3. Ingenieros consultores de Centro América, **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes**. Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, edición 2001.
4. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). **Normas generales para diseño de alcantarillados**. Guatemala, edición 2001.
5. Instituto Nacional de Estadística (INE). **XI Censo de población y VI de habitación**, Guatemala. edición 2002.
6. Nilson y Winter. **Diseño de estructuras de concreto**. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Undécima edición, 1994. Editorial McGrawHill.
7. WEISSIG, Dirk. **Fundamentos sobre la compactación de suelos**. WACKER. Alemania, edición 1995.

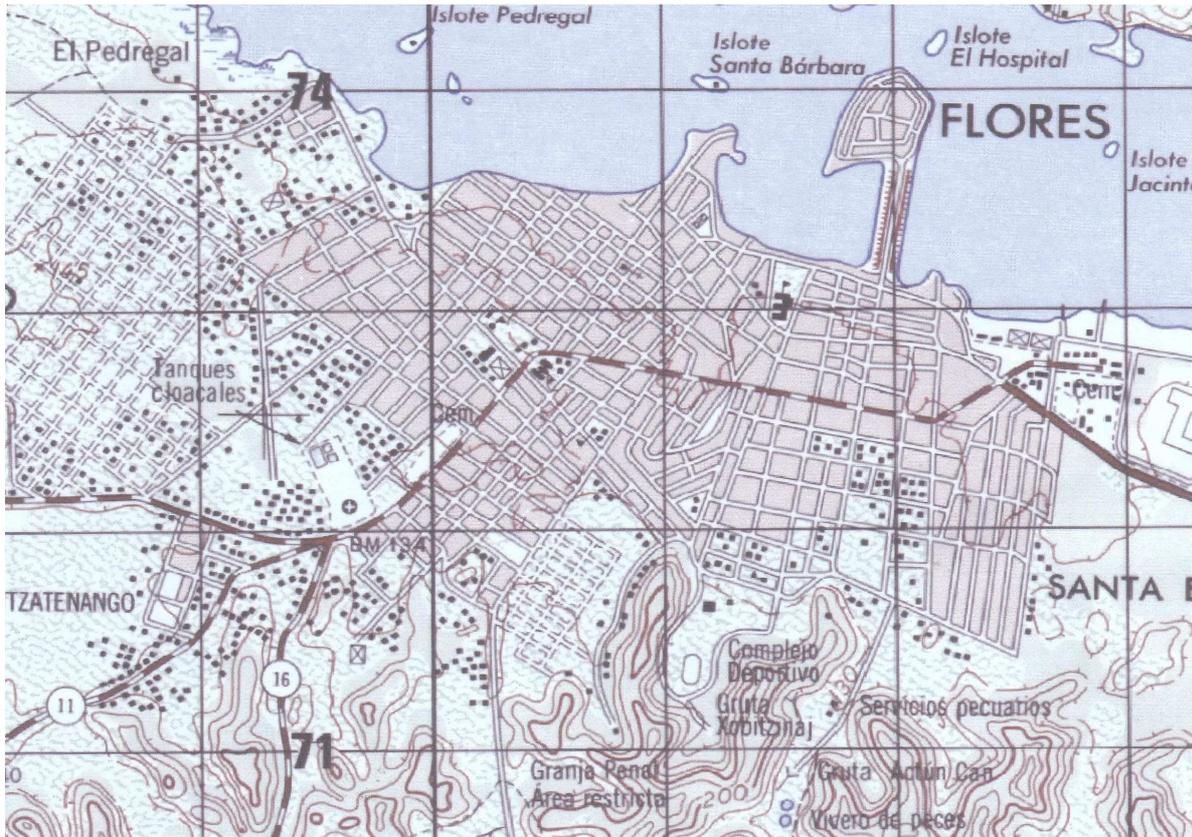
APÉNDICE

Ubicación del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén



Fuente: Enciclopedia Encarta 2008

Localización del barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.
En mapa 1:50,000



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Diseño del alcantarillado sanitario para el barrio Playa Blanca, en el municipio de San Benito, Petén.

| De | A | cota terreno | | DH | Pendiente tubería | No. Casas | No. Casas acumulado | Diámetro (Pulg) | Cota invert | | velocidad a sec. no llena |
|----|-----|--------------|--------|-------|----------------------|--------------|------------------------|--------------------|-------------|--------|------------------------------------|
| | | Inicio | Final | | | | | | Inicio | Final | |
| 25 | 1 | 100.6 | 99.77 | 81.6 | 1.87 | 3 | 3 | 6 | 99.4 | 97.87 | 0.4483 |
| 1 | 2 | 99.77 | 98.3 | 80.03 | 1.46 | 2 | 5 | 6 | 97.77 | 96.6 | 0.4802 |
| 2 | 3 | 98.3 | 97.03 | 62.04 | 1.40 | 6 | 11 | 6 | 96.5 | 95.63 | 0.6002 |
| 30 | 3 | 98.42 | 97.03 | 31.4 | 5.06 | 1 | 1 | 6 | 97.12 | 95.53 | 0.4583 |
| 3 | 4 | 97.03 | 94.65 | 83.89 | 2.60 | 8 | 20 | 6 | 95.43 | 93.25 | 0.8879 |
| 9 | 35 | 95.7 | 95.2 | 54.02 | 1.30 | 5 | 5 | 6 | 94.4 | 93.7 | 0.4628 |
| 35 | 4 | 95.2 | 94.65 | 47.33 | 0.95 | 4 | 9 | 6 | 93.6 | 93.15 | 0.4942 |
| 4 | 5 | 94.65 | 92.69 | 50.07 | 3.32 | 3 | 32 | 6 | 93.15 | 91.49 | 1.1041 |
| 5 | PVE | 92.69 | 91.67 | 50.68 | 1.82 | 4 | 36 | 6 | 91.39 | 90.47 | 0.9242 |
| 29 | PVE | 96.89 | 95.46 | 80.97 | 1.77 | 5 | 5 | 6 | 95.69 | 94.26 | 0.5152 |
| 4 | 34 | 94.65 | 93.79 | 50.66 | 2.68 | 2 | 2 | 6 | 93.45 | 92.09 | 0.4514 |
| 34 | PVE | 93.79 | 92.257 | 64.14 | 1.45 | 6 | 8 | 6 | 91.99 | 91.057 | 0.5547 |
| 10 | PVE | 93.17 | 91.67 | 95.83 | 1.57 | 7 | 7 | 6 | 91.77 | 90.27 | 0.5464 |
| 6 | 7 | 100.43 | 99.52 | 56.76 | 1.60 | 4 | 4 | 6 | 99.23 | 98.32 | 0.4663 |
| 7 | 8 | 99.52 | 98.02 | 61.58 | 3.09 | 4 | 8 | 6 | 98.22 | 96.32 | 0.7194 |
| 30 | 8 | 98.42 | 98.02 | 70.41 | 1.56 | 4 | 4 | 6 | 97.22 | 96.12 | 0.4603 |
| 8 | 9 | 98.02 | 95.7 | 84.82 | 1.79 | 5 | 17 | 6 | 96.02 | 94.5 | 0.7407 |
| 9 | 10 | 95.7 | 93.17 | 93.51 | 2.92 | 4 | 21 | 6 | 94.2 | 91.47 | 0.9368 |
| 19 | 13 | 93.62 | 93.62 | 73.3 | 0.95 | 7 | 7 | 6 | 92.42 | 91.72 | 0.4578 |
| 13 | 10 | 93.62 | 93.17 | 46.2 | 0.76 | 5 | 12 | 6 | 91.62 | 91.27 | 0.4966 |
| 10 | PVE | 93.17 | 90.027 | 64.62 | 3.63 | 1 | 34 | 6 | 91.17 | 88.827 | 1.1591 |
| 13 | PVE | 93.62 | 91.009 | 60.88 | 4.29 | 4 | 4 | 6 | 92.22 | 89.609 | 0.6559 |
| 20 | PVE | 92.6 | 91.009 | 80 | 1.99 | 8 | 8 | 6 | 91.4 | 89.809 | 0.6159 |
| 15 | 16 | 99.46 | 97.99 | 65.55 | 2.24 | 3 | 3 | 6 | 98.26 | 96.79 | 0.4796 |
| 16 | 17 | 97.99 | 97.14 | 41.4 | 1.81 | 3 | 6 | 6 | 96.69 | 95.94 | 0.5472 |
| 8 | 17 | 98.02 | 97.14 | 97.84 | 1.92 | 3 | 3 | 6 | 96.82 | 94.94 | 0.4538 |
| 17 | 18 | 97.14 | 95.11 | 83.95 | 1.11 | 5 | 14 | 6 | 94.84 | 93.91 | 0.5928 |
| 9 | 18 | 95.7 | 95.11 | 100 | 1.29 | 6 | 6 | 6 | 94.3 | 93.01 | 0.4859 |

| De | A | cota terreno | | DH | Pendiente tubería | No. Casas | No. Casas acumulado | Diámetro (Pulg) | Cota invert | | velocidad a sec. no llena |
|-----|-----|--------------|-------|-------|-------------------|-----------|---------------------|-----------------|-------------|-------|---------------------------|
| | | Inicio | Final | | | | | | Inicio | Final | |
| 18 | 19 | 95.11 | 93.62 | 84.98 | 0.93 | 5 | 25 | 6 | 93.01 | 92.22 | 0.6715 |
| 19 | 20 | 93.62 | 92.6 | 56.06 | 1.64 | 4 | 29 | 6 | 92.12 | 91.2 | 0.8376 |
| 20 | PVE | 92.6 | 91.3 | 41.21 | 2.91 | 2 | 31 | 6 | 91.1 | 89.9 | 1.0466 |
| 20 | PVE | 92.6 | 91.59 | 85.92 | 1.18 | 6 | 6 | 6 | 91.3 | 90.29 | 0.4703 |
| 21 | 22 | 97.65 | 95.11 | 96.72 | 2.83 | 4 | 4 | 6 | 96.45 | 93.71 | 0.5687 |
| 17 | 22 | 97.14 | 95.11 | 79.96 | 2.54 | 4 | 4 | 6 | 95.84 | 93.81 | 0.5439 |
| 22 | 23 | 95.11 | 93.98 | 83.2 | 1.24 | 3 | 11 | 6 | 93.61 | 92.58 | 0.5727 |
| 18 | 23 | 95.11 | 93.98 | 87.57 | 1.52 | 4 | 4 | 6 | 93.81 | 92.48 | 0.4579 |
| 23 | 24 | 93.98 | 92.56 | 81.15 | 1.38 | 6 | 21 | 6 | 92.28 | 91.16 | 0.7206 |
| 19 | 24 | 93.62 | 92.56 | 87.77 | 1.21 | 6 | 6 | 6 | 92.32 | 91.26 | 0.4767 |
| 24 | PVE | 92.56 | 91.59 | 48.75 | 1.78 | 3 | 30 | 6 | 91.06 | 90.19 | 0.8734 |
| 21 | 26 | 97.65 | 96.5 | 93.29 | 1.77 | 3 | 3 | 6 | 96.35 | 94.7 | 0.4401 |
| 26 | 27 | 96.5 | 95.33 | 78.42 | 1.11 | 3 | 6 | 6 | 94.6 | 93.73 | 0.4631 |
| 27 | 28 | 95.33 | 93.48 | 36.65 | 3.96 | 0 | 6 | 6 | 93.63 | 92.18 | 0.7193 |
| 28 | 33 | 93.48 | 90.6 | 37.98 | 7.32 | 1 | 7 | 6 | 92.08 | 89.3 | 0.9328 |
| 22 | 31 | 95.11 | 94.25 | 90.88 | 1.17 | 5 | 5 | 6 | 93.91 | 92.85 | 0.4457 |
| 31 | 32 | 94.25 | 92.38 | 67.25 | 2.33 | 7 | 12 | 6 | 92.75 | 91.18 | 0.7370 |
| 32 | 33 | 92.38 | 90.6 | 33.55 | 5.01 | 2 | 14 | 6 | 91.08 | 89.4 | 1.0035 |
| 33 | PVE | 90.6 | 87.57 | 33.06 | 8.86 | 0 | 21 | 6 | 89.2 | 86.27 | 1.3777 |
| 23 | 36 | 93.98 | 91.26 | 72.26 | 3.76 | 6 | 6 | 6 | 92.78 | 90.06 | 0.7081 |
| 36 | 37 | 91.26 | 89.36 | 62.28 | 2.89 | 9 | 15 | 6 | 89.96 | 88.16 | 0.8479 |
| 37 | PVE | 89.36 | 84.85 | 59.58 | 7.40 | 5 | 20 | 6 | 88.06 | 83.65 | 1.2745 |
| 24 | 38 | 92.56 | 87.97 | 85.62 | 5.36 | 8 | 8 | 6 | 91.36 | 86.77 | 0.8678 |
| 38 | PVE | 87.97 | 83 | 95.74 | 5.03 | 11 | 19 | 6 | 86.67 | 81.85 | 1.1008 |
| PVE | 14 | 88.345 | 86.6 | 70.97 | 2.46 | 5 | 5 | 6 | 87.145 | 85.4 | 0.5775 |
| 14 | 12 | 86.6 | 85.73 | 69.77 | 1.10 | 5 | 10 | 6 | 85.3 | 84.53 | 0.5352 |
| PVE | 11 | 90.027 | 87.92 | 55.06 | 3.28 | 3 | 3 | 6 | 88.527 | 86.72 | 0.5473 |
| 11 | 12 | 87.92 | 85.73 | 46.28 | 4.52 | 5 | 8 | 6 | 86.52 | 84.43 | 0.8170 |
| 12 | PVE | 85.73 | 85.69 | 86.19 | 0.51 | 6 | 24 | 6 | 84.33 | 83.89 | 0.5263 |



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



INFORME No. 047 S.S.

O.T. No. 22,692

Interesado: Jorge Mauricio Pontaza Pivaral

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: Barrio Playa Blanca, San Benito, Petén.

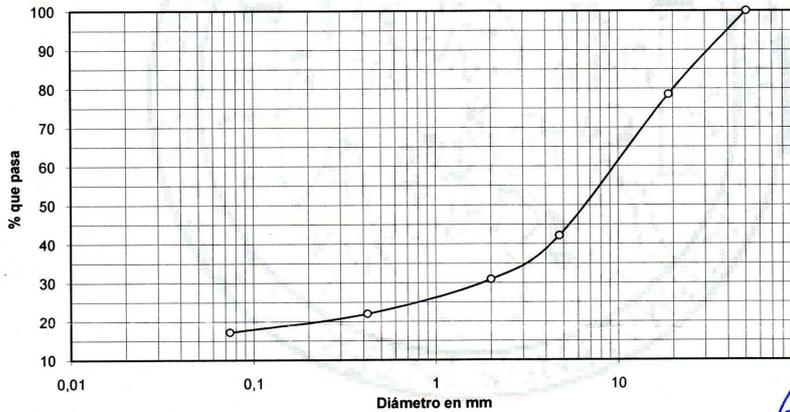
Fecha: 25 de febrero de 2008

| Análisis con Tamices: | | |
|-----------------------|---------------|------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | % que pasa |
| 2,00" | 50,8 | 100,00 |
| 3/4" | 19,00 | 78,50 |
| 4 | 4,76 | 42,11 |
| 10 | 2,00 | 30,87 |
| 40 | 0,42 | 22,08 |
| 200 | 0,074 | 17,20 |

% de Grava: 57,89

% de Arena: 24,91

% de Finos: 17,20



Descripción del suelo: Grava con arena limosa color café.

Clasificación: S.C.U.: GM P.R.A.: A-2-6

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.



Atentamente,

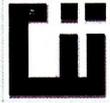
Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez

DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 048 S. S.

O.T.: 22,692

Interesado: Jorge Mauricio Pontaza Pivaral
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

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

Ubicación: Barrio Playa Blanca, San Benito, Petén.

FECHA: 25 de febrero de 2008

RESULTADOS:

| ENSAYO No. | MUESTRA No. | L.L. (%) | I.P. (%) | C.S.U. * | DESCRIPCION DEL SUELO |
|------------|-------------|----------|----------|----------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 15,60 | 2,50 | S.M. | Grava con arena limosa color café. |

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

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CIUSAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



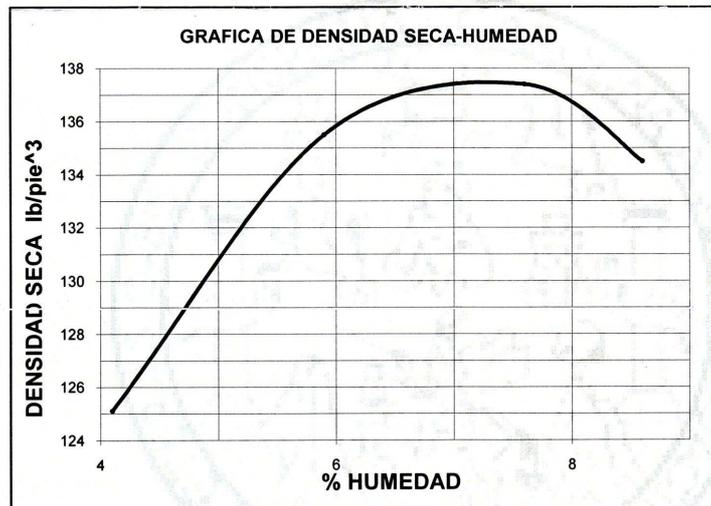
INFORME No. 0045 S.S. O.T.: 22,692

Interesado: Jorge Mauricio Pontaza Pivaral
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: Barrio Playa Blanca, San Benito, Petén.
Fecha: 25 de febrero de 2008



Descripción del suelo: Grava con arena limosa color café.
Densidad seca máxima γ_d : 2201 Kg/m³ 137,4 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 7,3 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CIAUSAC



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



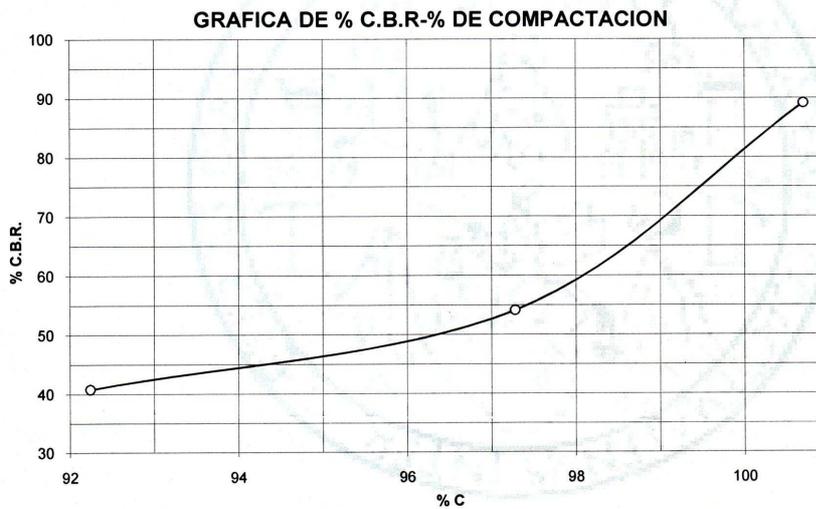
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 0046 S.S. O.T.: 22,692

Interesado: Jorge Mauricio Pontaza Pivaral
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Ubicación: Barrio Playa Blanca, San Benito, Petén.
 Descripción del suelo: Grava con arena limosa color café.
 Fecha: 25 de febrero de 2008

| PROBETA No. | GOLPES No. | A LA COMPACTACION | | C (%) | EXPANSION (%) | C.B.R. (%) |
|-------------|------------|-------------------|-----------------------------------|-------|---------------|------------|
| | | H (%) | γ_d (Lb/pie ³) | | | |
| 1 | 10 | 6,20 | 126,7 | 92,2 | 0,03 | 40,8 |
| 2 | 30 | 6,20 | 133,7 | 97,3 | 0,02 | 54,1 |
| 3 | 65 | 6,20 | 138,4 | 100,7 | 0,00 | 89,2 |



Atentamente,

Vo. Bo.:

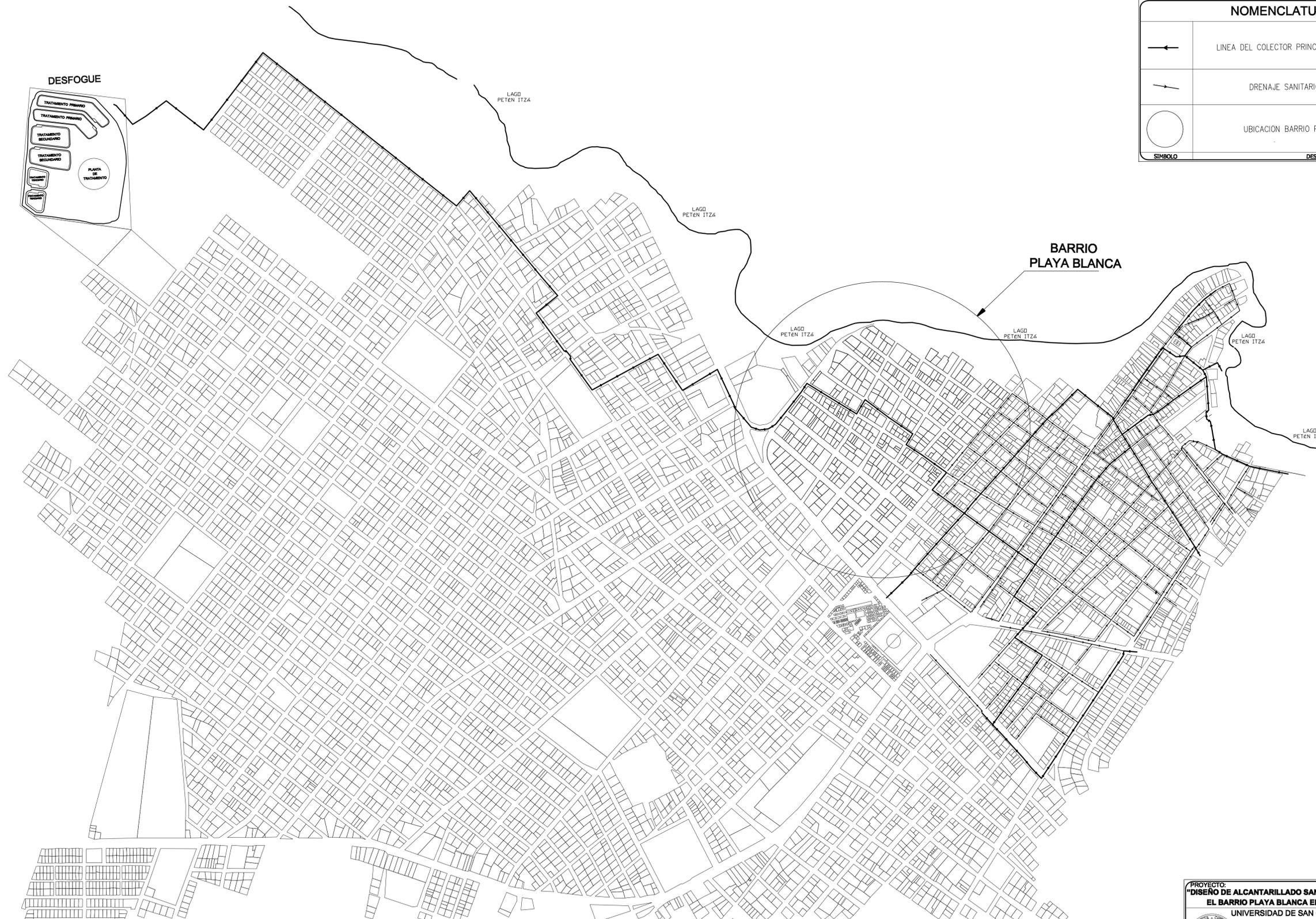
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC



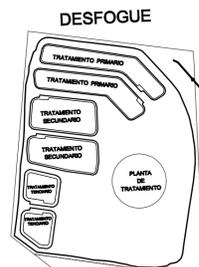
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



MUNICIPIO DE SAN BENITO, PÉTEN



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | LÍNEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | DRENAJE SANITARIO DE 8", EXISTENTE |
| | UBICACIÓN BARRIO PLAYA BLANCA |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



**BARRIO
PLAYA BLANCA**

LOCALIZACIÓN

ESCALA 1 / 6000

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PÉTEN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

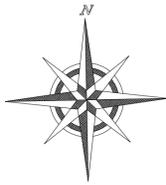
CONTIENE: **LOCALIZACIÓN**

ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL TOPOGRAFIA: ASesor: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PÉTEN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V.o.B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL

1 / 33



CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1/1250

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | | | |
| CONTIENE: CURVAS DE NIVEL | | | | |
| ESCALA: INDICADA | DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | FECHA: NOVIEMBRE / 2008 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 2 <hr/> 33 </div> | |
| LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. | TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ | | PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN. |
| ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. | | V.B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL | | |



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| CSE = 95.250 | COTA SUPERIOR EXISTENTE |
| CIE = 93.677 | COTA INVERT EXISTENTE |
| C = 100.60 | COTA POZO DE VISITA |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA GENERAL, ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA

ESCALA 1 / 1500

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA GENERAL, ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA

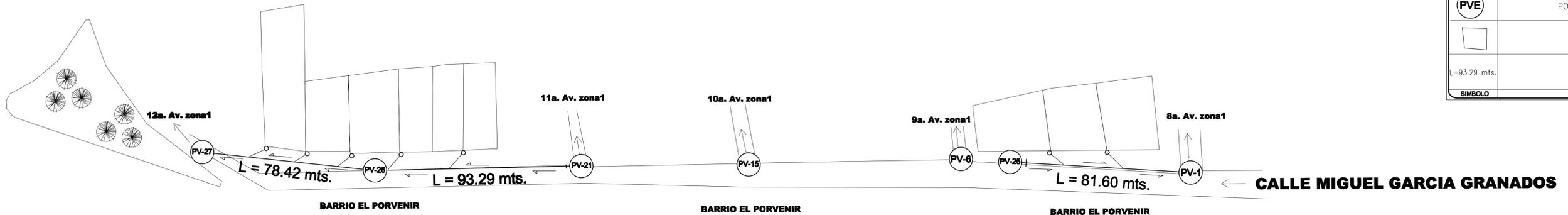
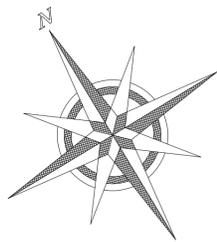
ESCALA: INGENIERIA DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL ASesor: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

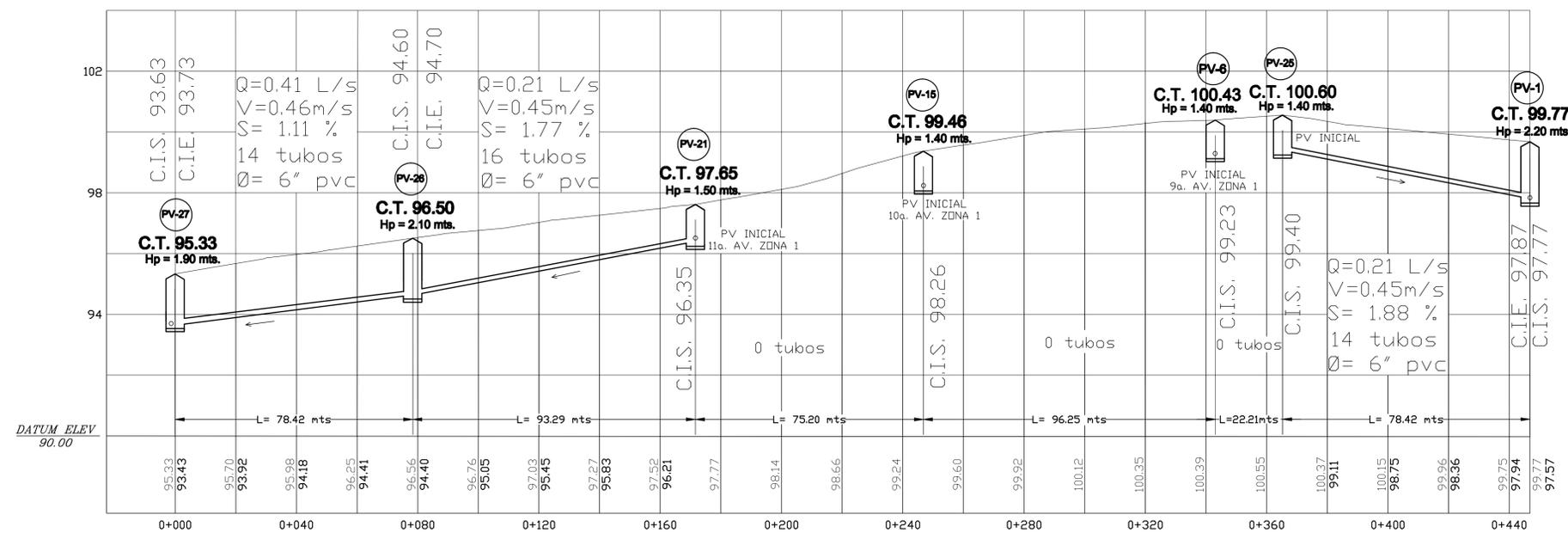
Vo.Bo. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
ALCALDE MUNICIPAL

3
33



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| | INICIO DE TRAMO |
| | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| | LONGITUD DE TRAMO |
| L=93.29 mts. | |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL CALLE MIGUEL GARCIA GRANADOS

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

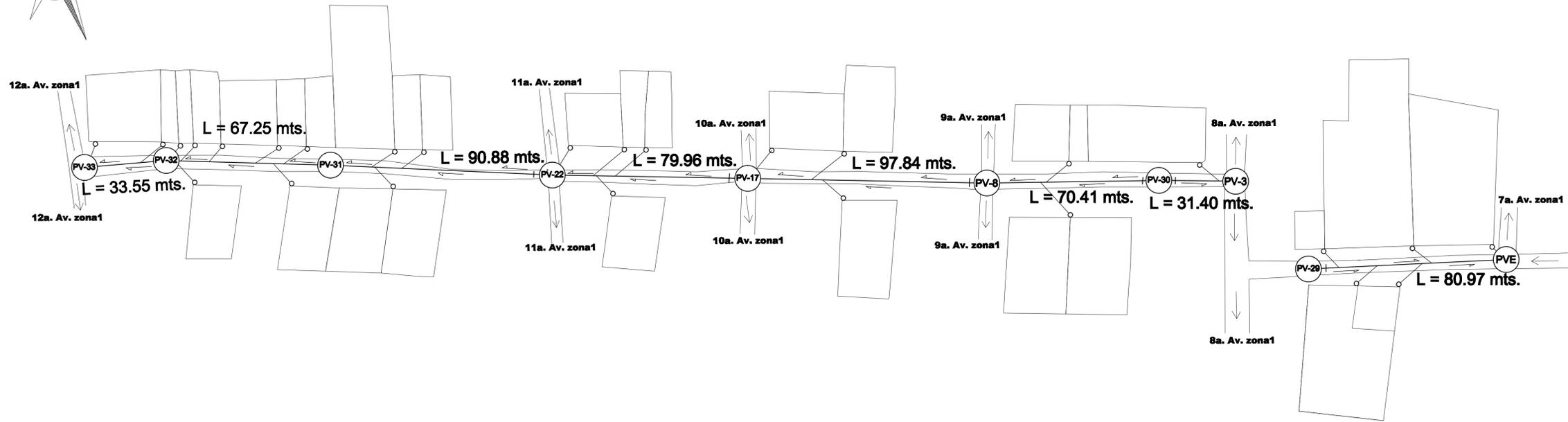
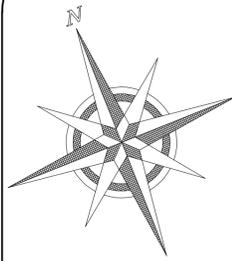
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** MUNICIPIO: **ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Ing. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL



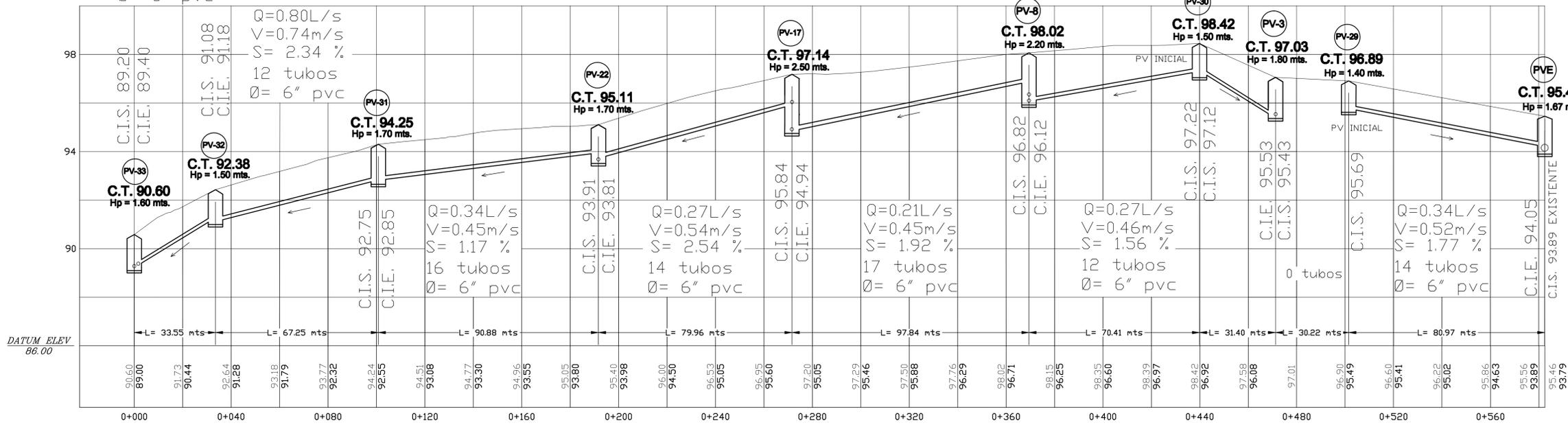
| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| | INICIO DE TRAMO |
| | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| | LONGITUD DE TRAMO |
| L=93.29 mts. | |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

16 calle zona 1

Q=0.93L/s
V=1.00m/s
S= 5.08 %
6 tubos
Ø= 6" pvc

Q=0.07L/s
V=0.46m/s
S= 5.06 %
6 tubos
Ø= 6" pvc

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 16 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 100
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

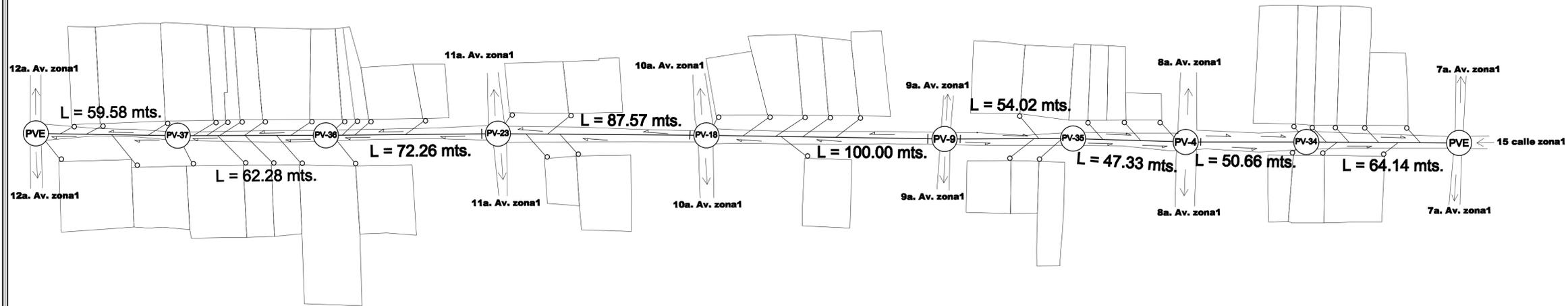
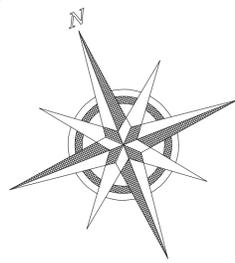
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** TOPOGRAFIA: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

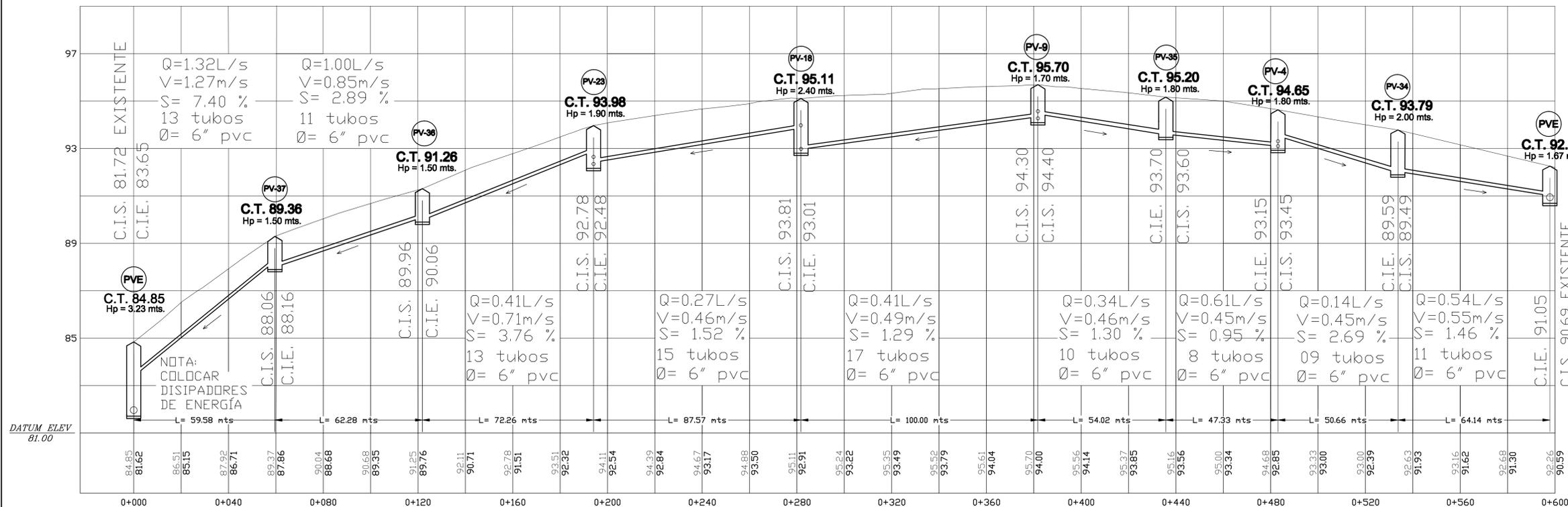
ING. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

5 / 33



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| | INICIO DE TRAMO |
| | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 15 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

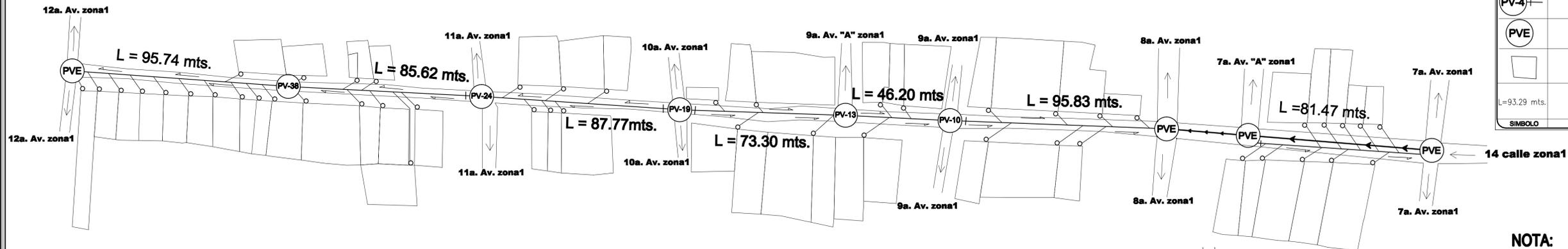
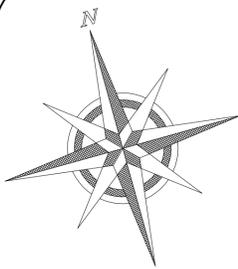
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** MUNICIPIO: **ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

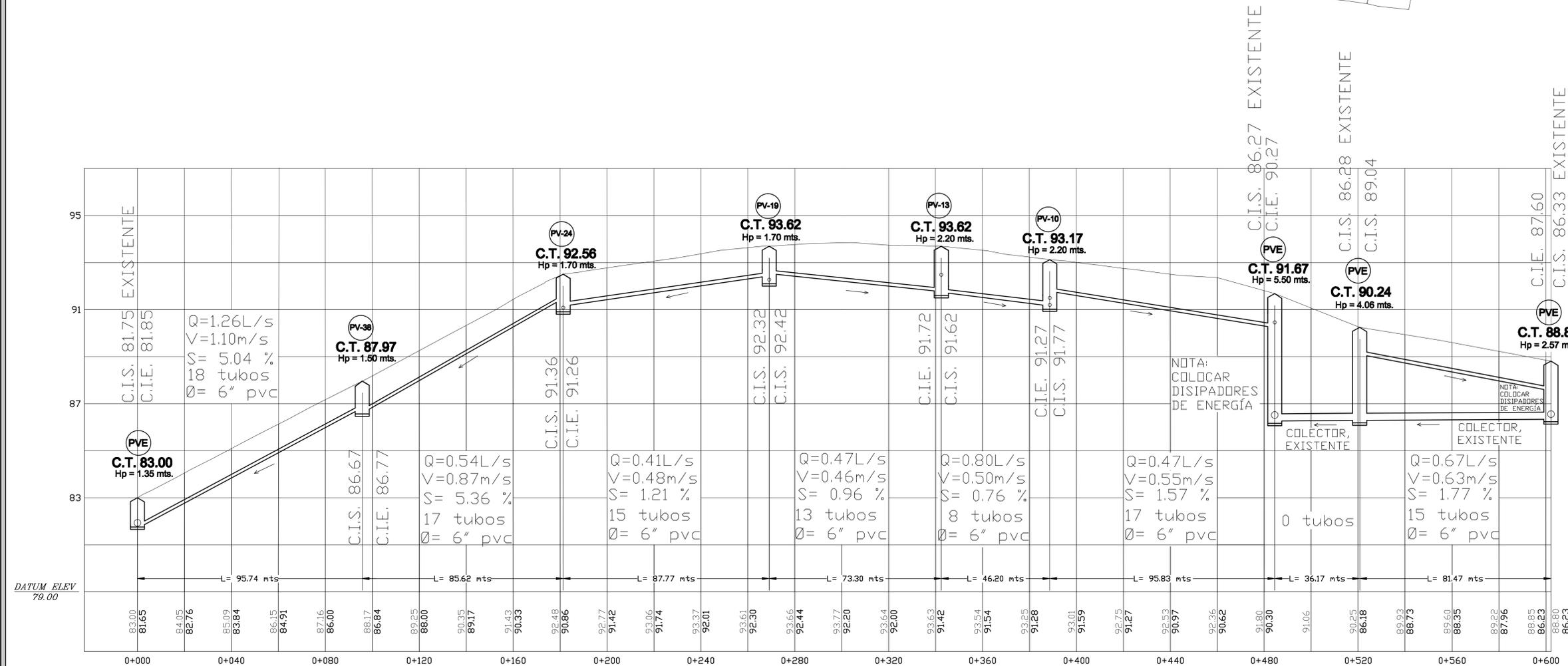
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

ING. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

6 / 33



NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 14 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

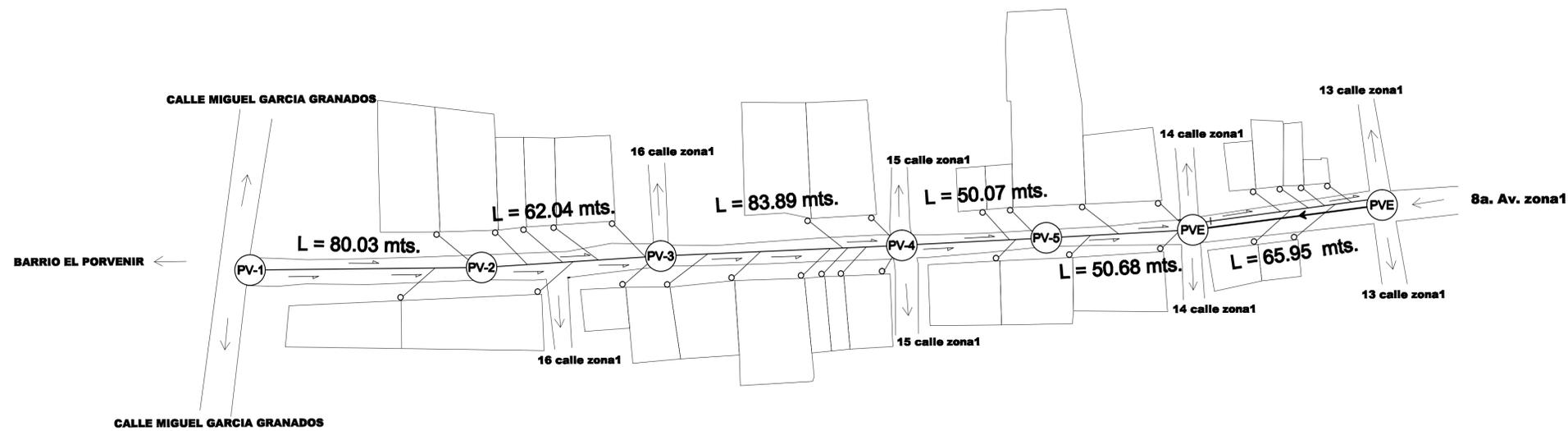
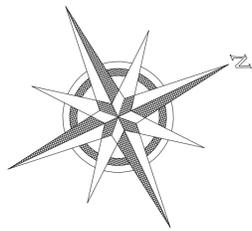
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

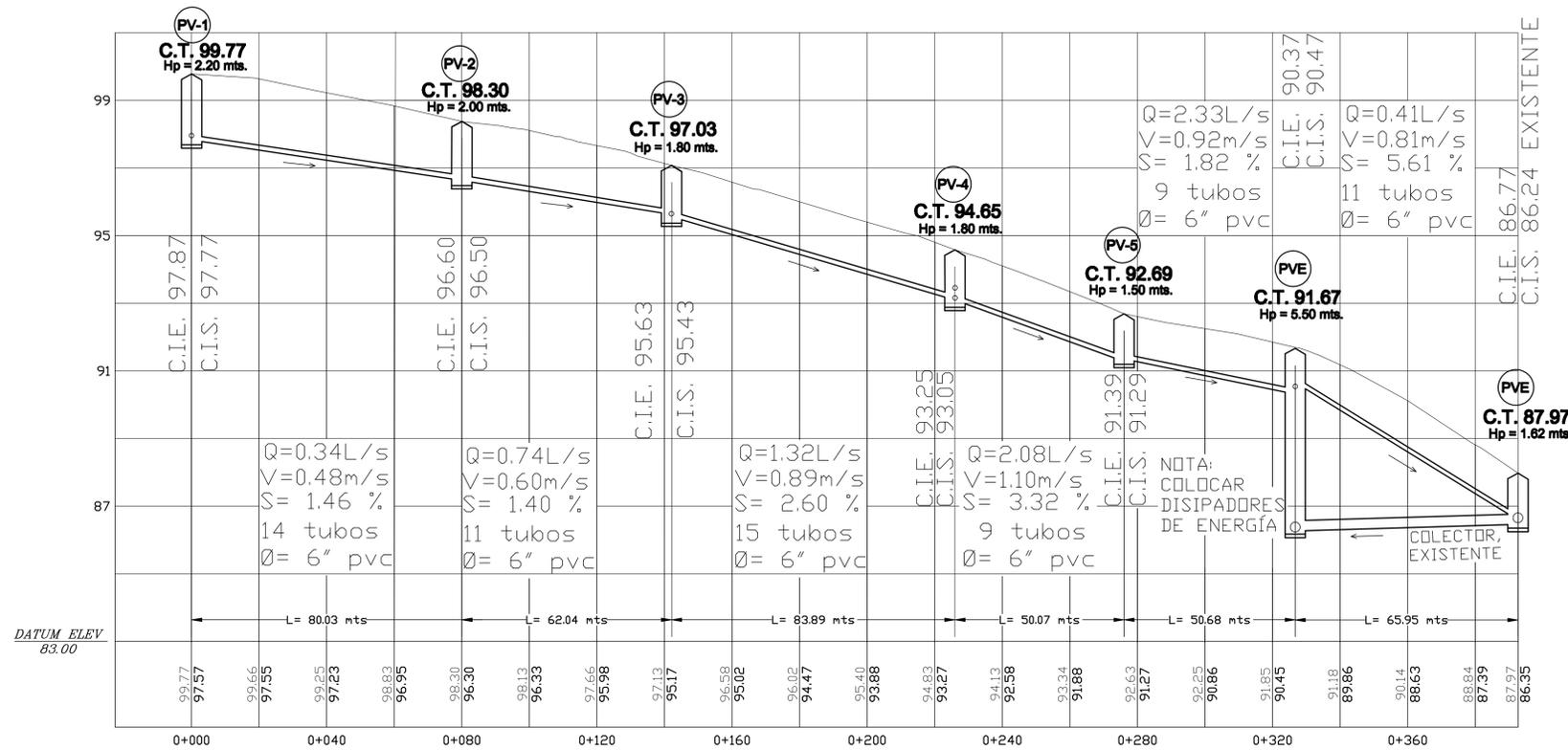
Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
ALCALDE MUNICIPAL

7
33



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| ← | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| ○ | CANDELA DOMICILIAR |
| (PV-4) | INICIO DE TRAMO |
| (PVE) | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| □ | DOMICILIO |
| L=93.29 mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| □ | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| ∅ | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 8a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

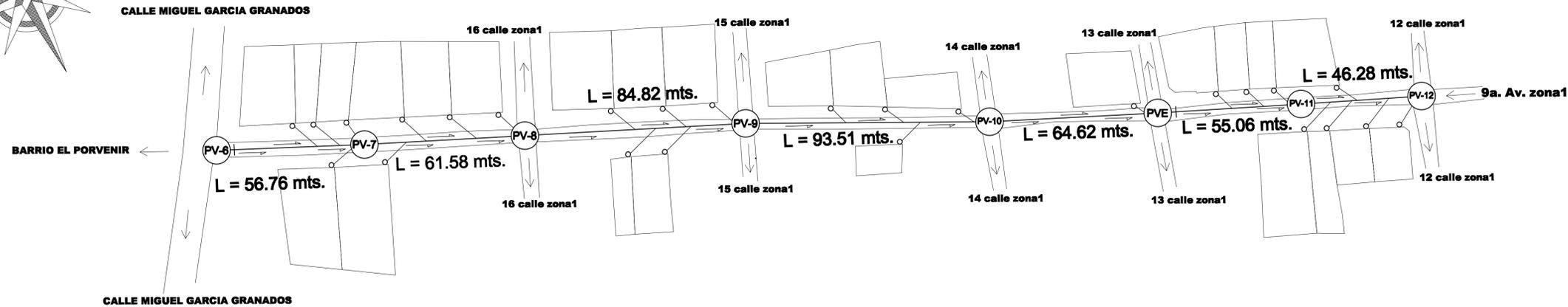
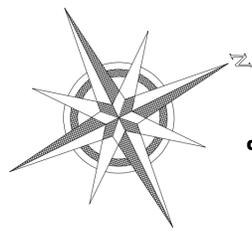
ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
MUNICIPIO: ALFARO VÉLIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

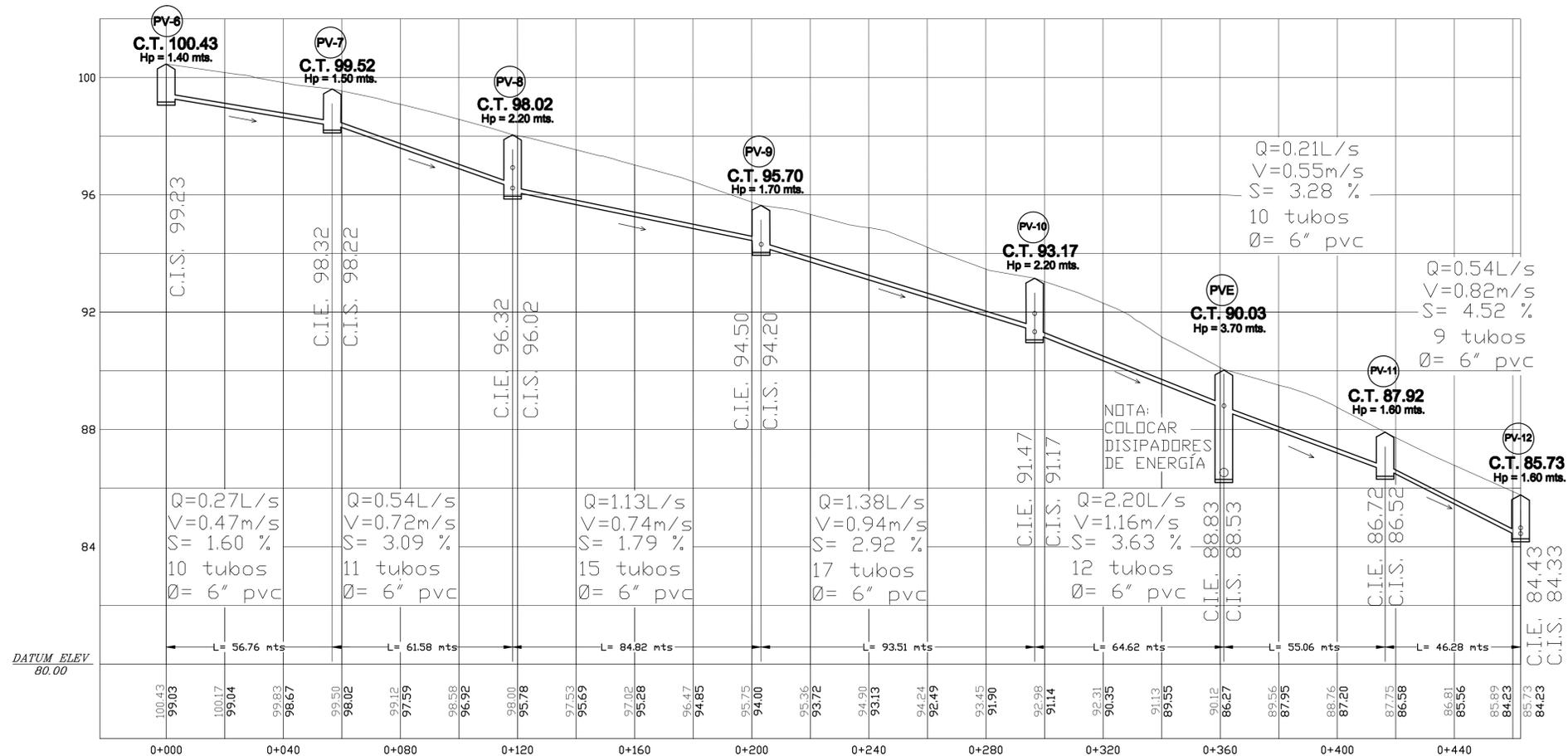
ING. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

9 / 33



| NOMENCLATURA | |
|---------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| (PV-4) | INICIO DE TRAMO |
| (PVE) | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| L=93.29 mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 9a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

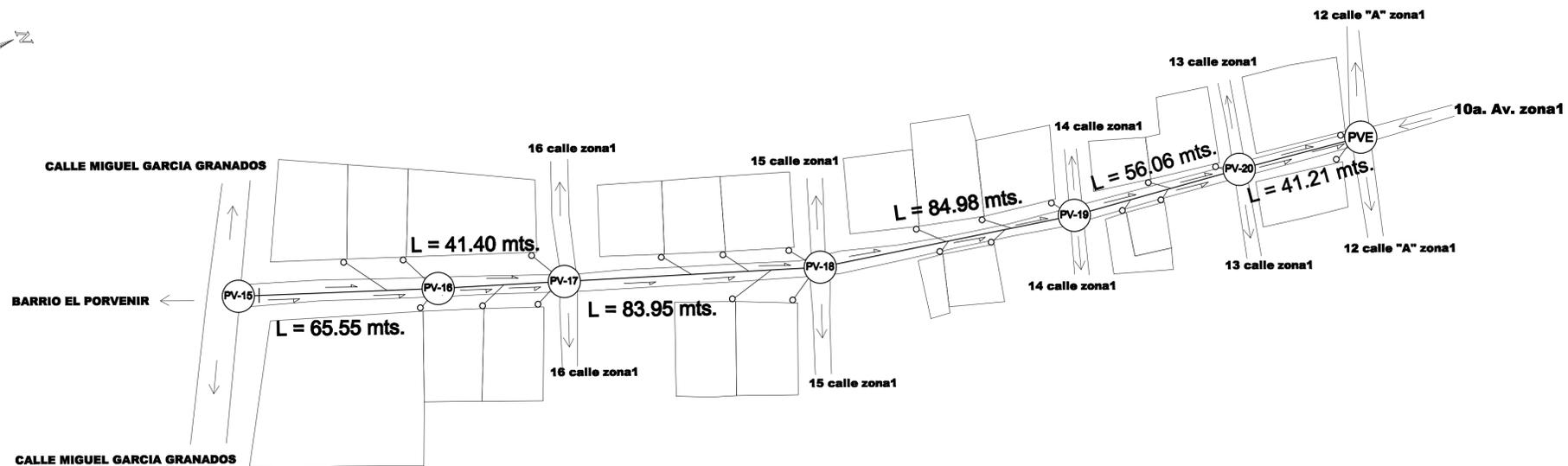
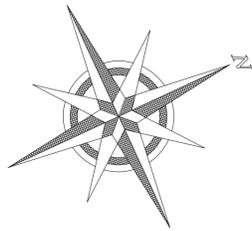
ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
SAN BENITO, PETÉN.
ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

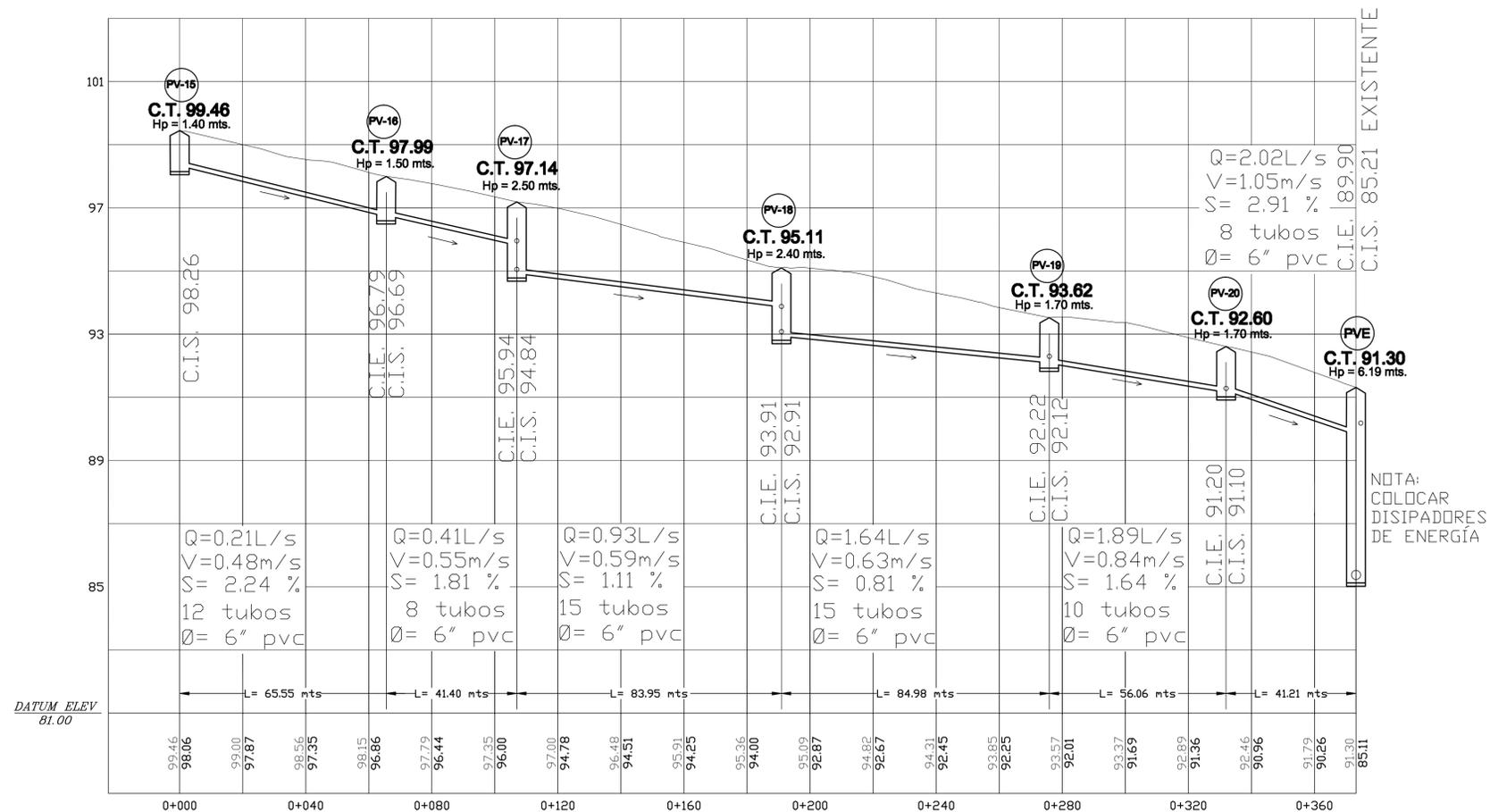
ING. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

10 / 33



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| ← | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| ○ | CANDELA DOMICILIAR |
| (PV-4) | INICIO DE TRAMO |
| (PVE) | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| □ | DOMICILIO |
| L=93.29 mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| □ | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| Ø | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 10a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

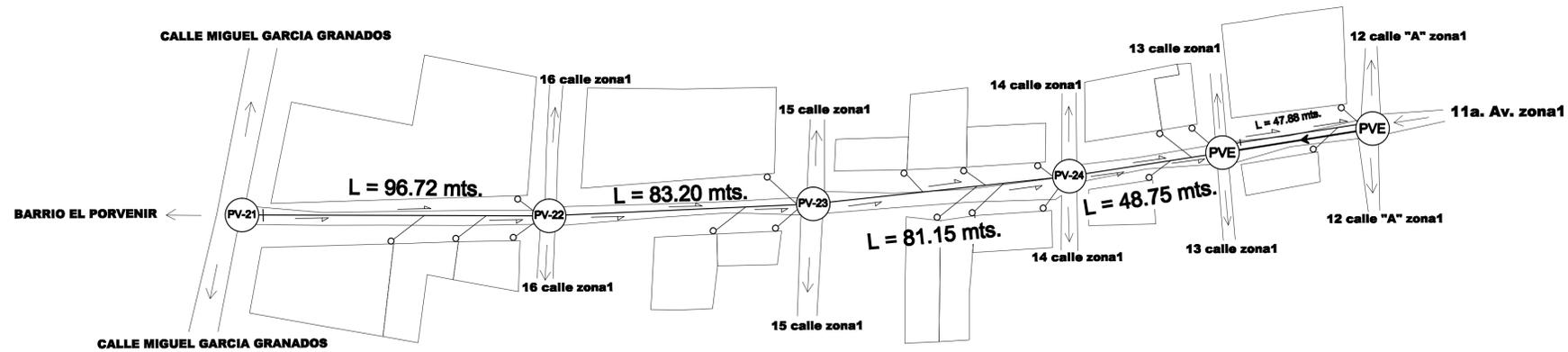
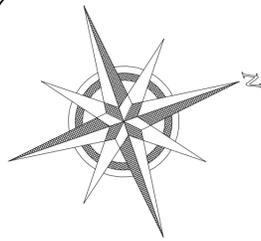
ESCALA: INDICADA
 DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
 FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
 TOPOGRAFIA: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 ASESOR: ALFARO VÉLIZ
 PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

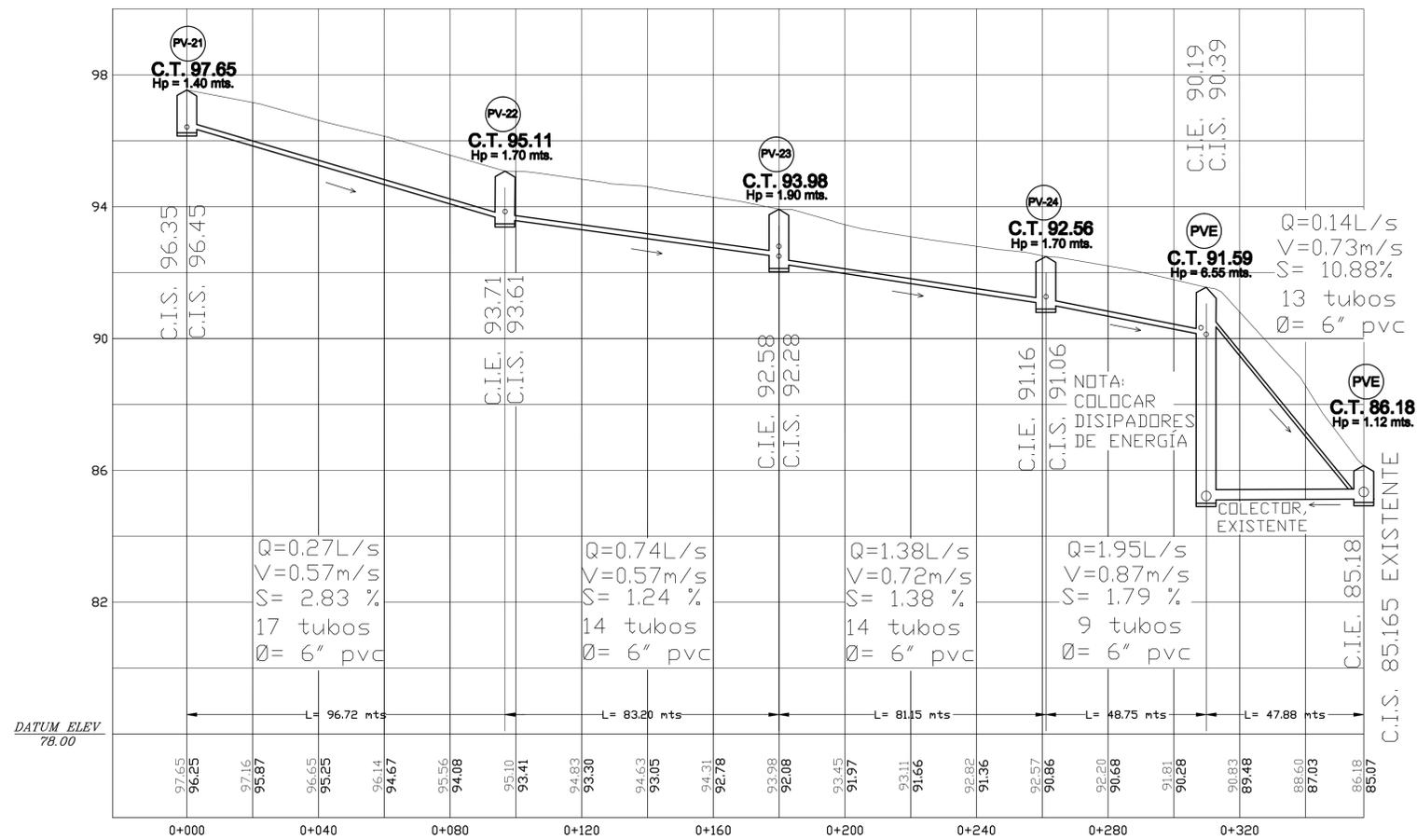
V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
 ALCALDE MUNICIPAL

11 / 33



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| (PV-4) | INICIO DE TRAMO |
| (PVE) | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| L=93.29 mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| \emptyset | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 11a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

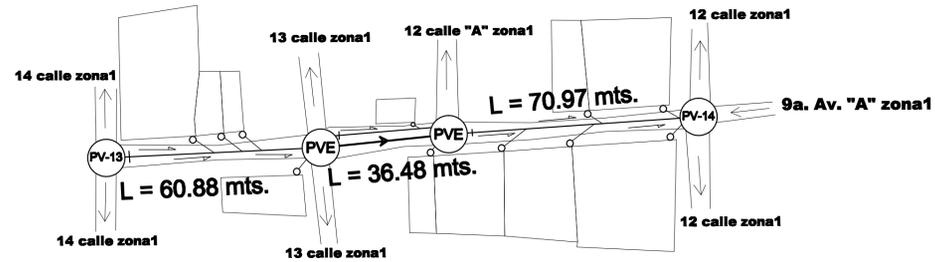
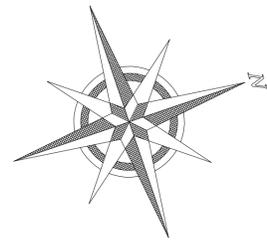
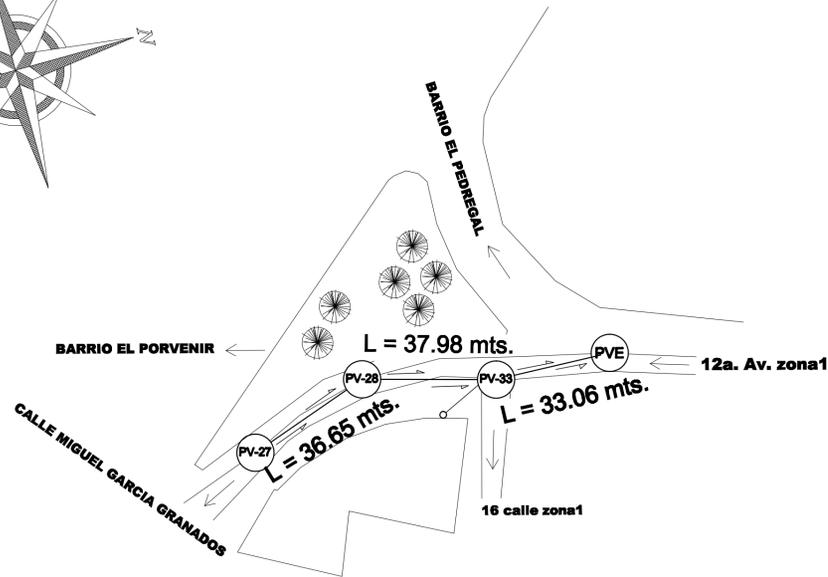
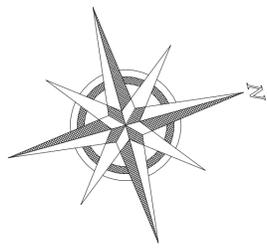
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN. TOPOGRAFIA: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ. ASESOR: ALFARO VÉLIZ. PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.S.

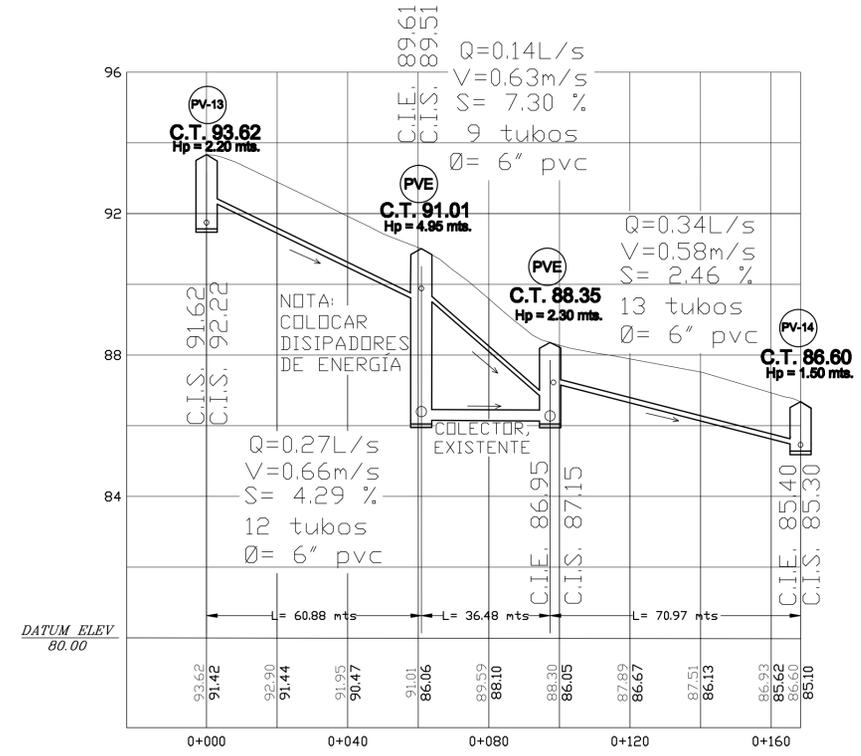
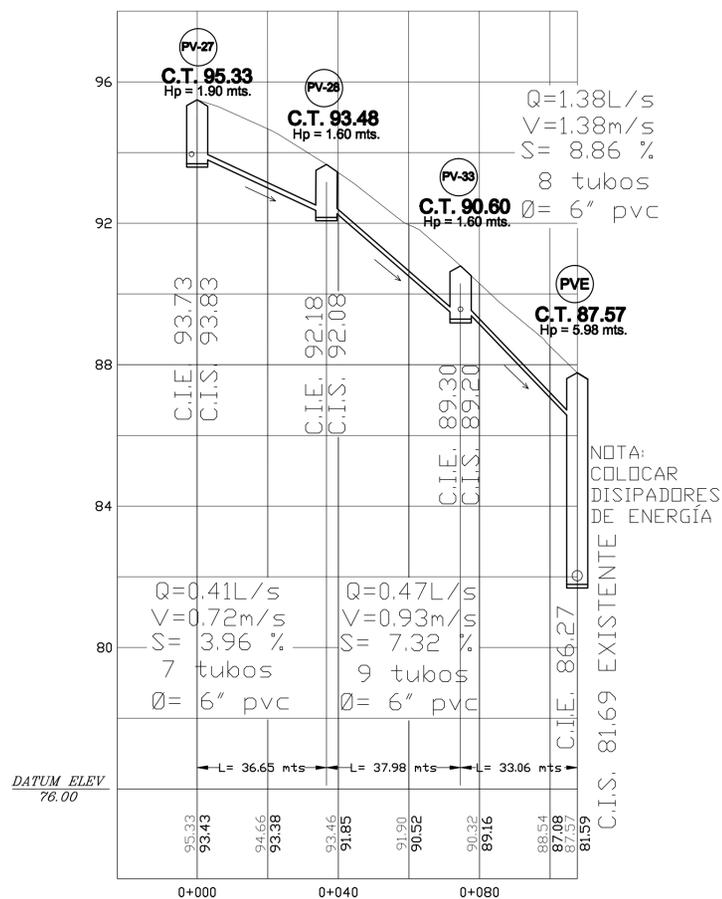
V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
 ALCALDE MUNICIPAL

12 / 33



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| ← | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| ○ | CANDELA DOMICILIAR |
| (PV-4) | INICIO DE TRAMO |
| (PVE) | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| □ | DOMICILIO |
| L=93.29 mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| (PV-1) | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| → | DIRECCION DE FLUJO |
| — | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| □ | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| — | TUBERIA A COLOCAR |
| ∅ | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 9a. AVENIDA "A" ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PLANTA-PERFIL 12a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
FECHA: NOVIEMBRE / 2008

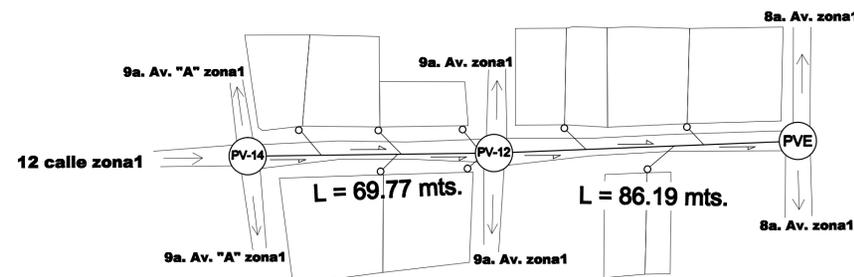
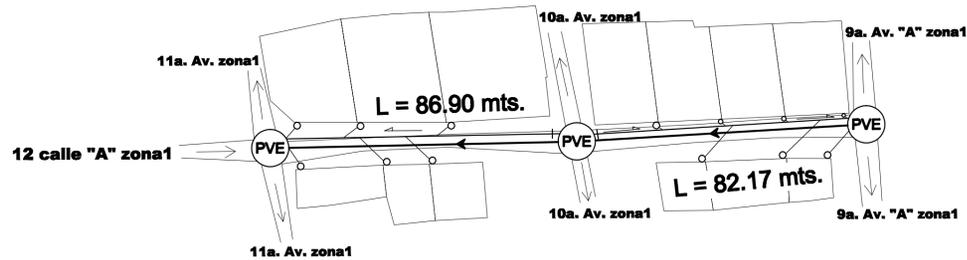
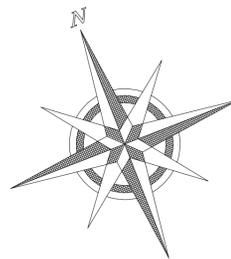
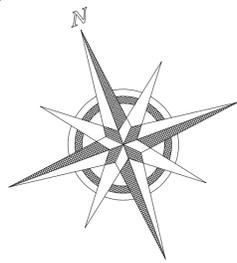
LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
MUNICIPIO: SAN BENITO, PETÉN.
ALFARO VÉLIZ

PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

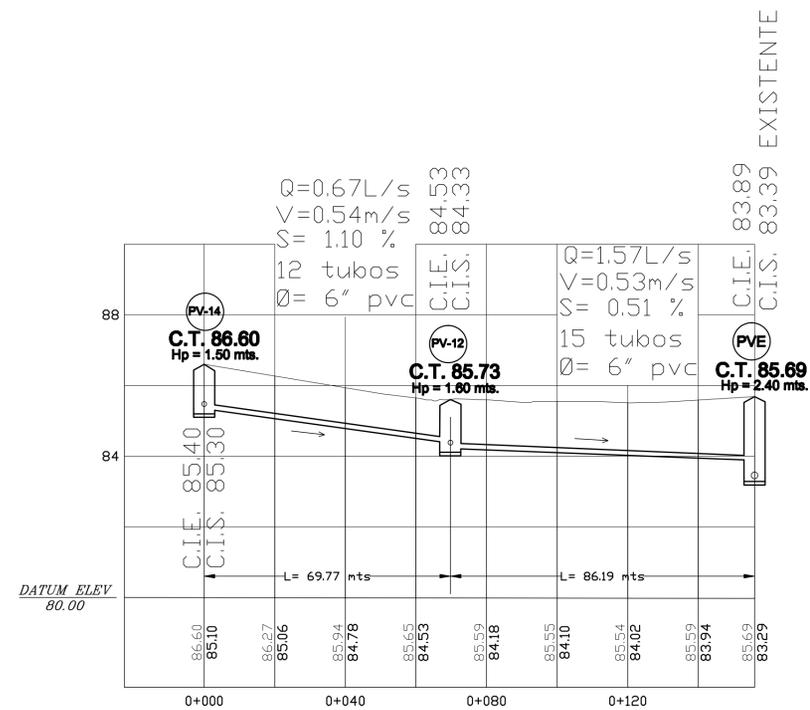
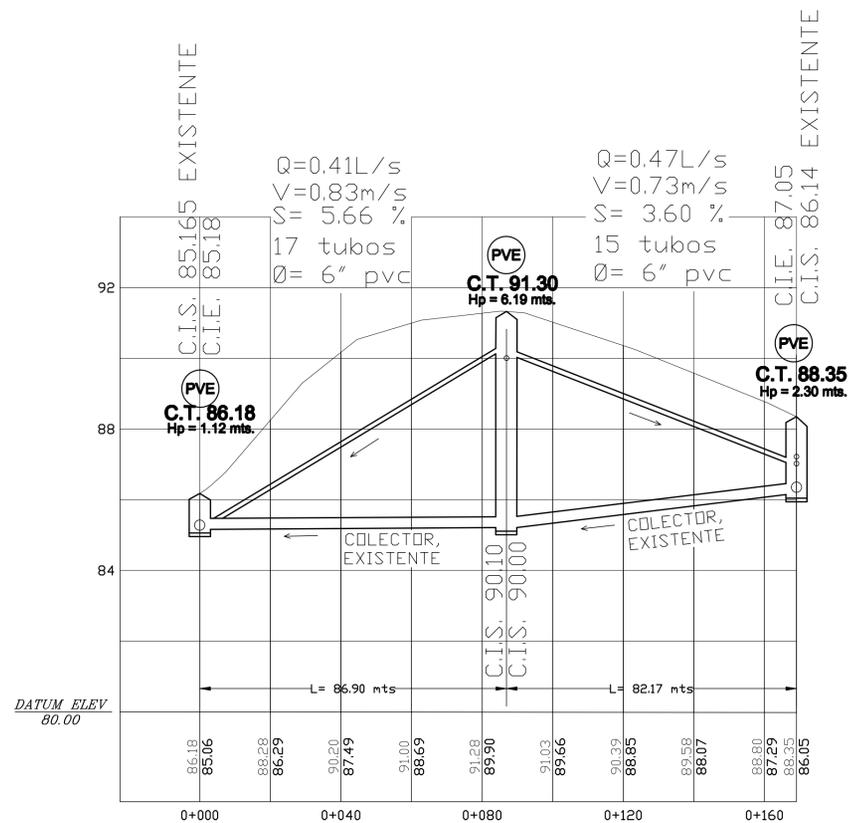
V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

13 / 33



| NOMENCLATURA | |
|----------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| | LINEA DEL COLECTOR PRINCIPAL DE 21", EXISTENTE |
| | CANDELA DOMICILIAR |
| | INICIO DE TRAMO |
| | POZO DE VISITA EXISTENTE |
| | DOMICILIO |
| $L=93.29$ mts. | LONGITUD DE TRAMO |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

NOTA:
LA TUBERÍA A COLOCAR SERÁ
PVC NORMA ASTM 3034



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| | POZO DE VISITA, ALCANTARILLADO SANITARIO |
| | DIRECCION DE FLUJO |
| | PERFIL DE TERRENO NATURAL |
| Q (L/s) | CAUDAL (LITROS POR SEGUNDO) |
| V (m/s) | VELOCIDAD (METROS POR SEGUNDO) |
| C.T. | COTA DE TERRENO |
| Hp | ALTURA DE POZO |
| | POZO DE VISITA A CONSTRUIR |
| C.I.S. | COTA INVERT DE SALIDA |
| C.I.E. | COTA INVERT DE ENTRADA |
| | TUBERIA A COLOCAR |
| \emptyset | DIAMETRO DE TUBERIA |
| S (%) | PENDIENTE |
| SIMBOLO | DESCRIPCION |

PLANTA-PERFIL 12a. CALLE ZONA 1

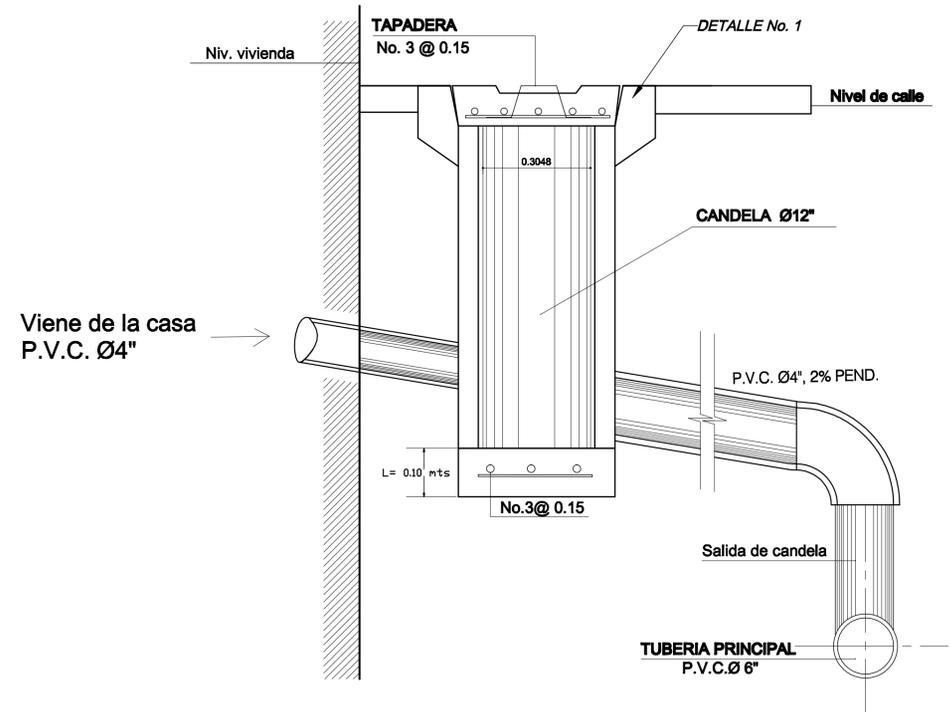
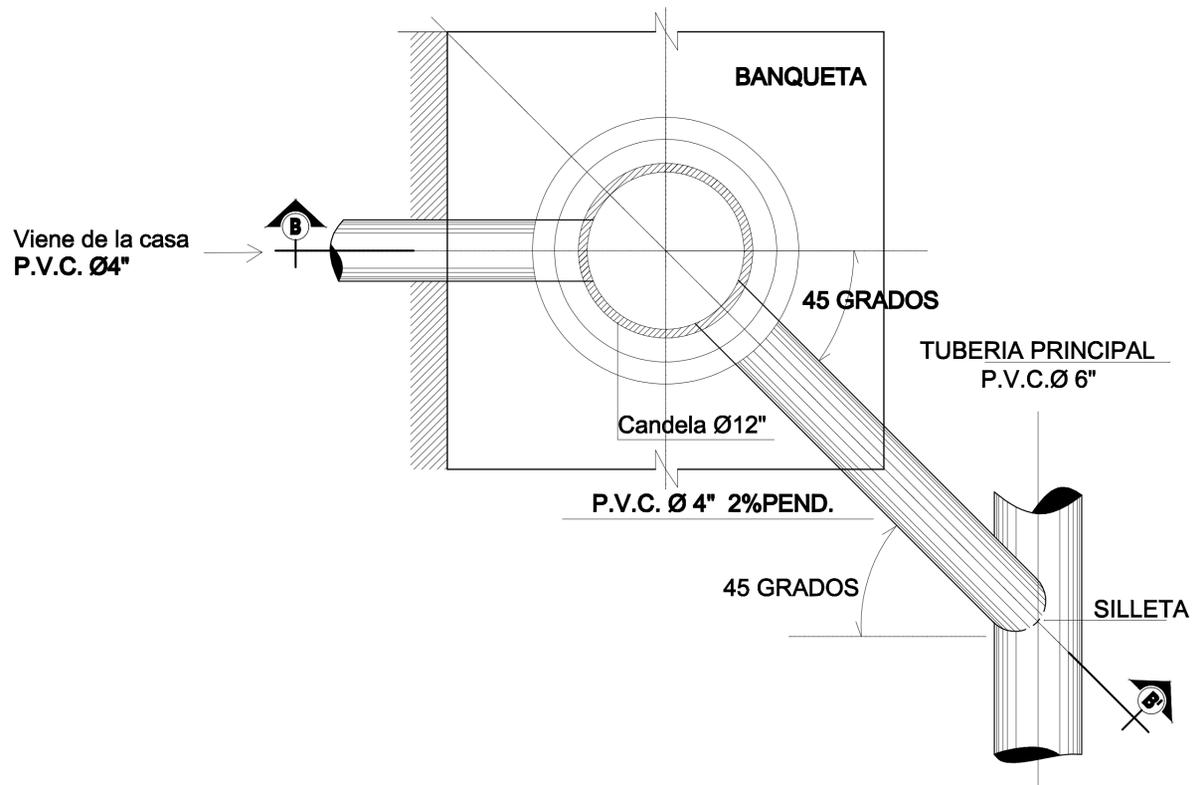
PLANTA-PERFIL 12a. CALLE "A" ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/100

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/100

| | | | | |
|---|--|---|--|---|
| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | | | |
| CONTIENE: PLANTA - PERFIL | | | | |
| ESCALA: INDICADA | DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | FECHA: NOVIEMBRE / 2008 | | |
| LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. | TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ | | PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN. |
| ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.S. | | | | Vº Bº. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN. ALCALDE MUNICIPAL |

14
33

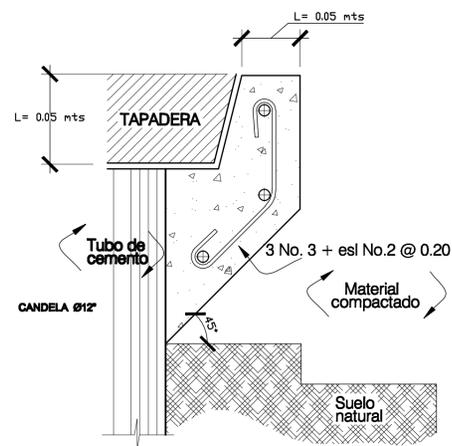


PLANTA CANDELA DOMICILIAR

SIN ESCALA

PERFIL B-B' CANDELA DOMICILIAR

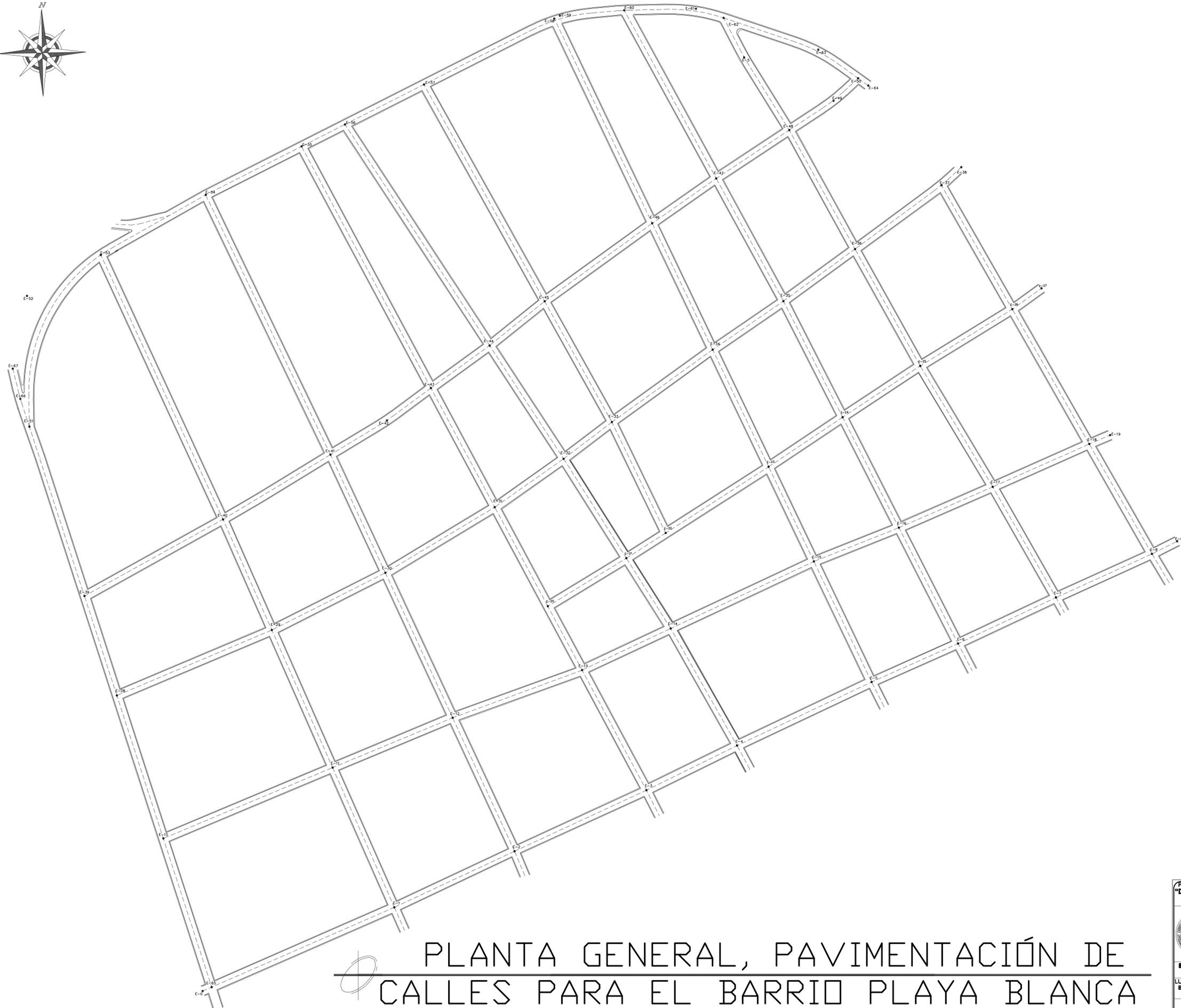
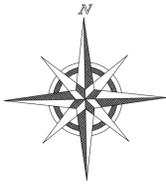
ESCALA 1/10



DETALLE No. 1 CANDELA DOMICILIAR

ESCALA 1/7.5

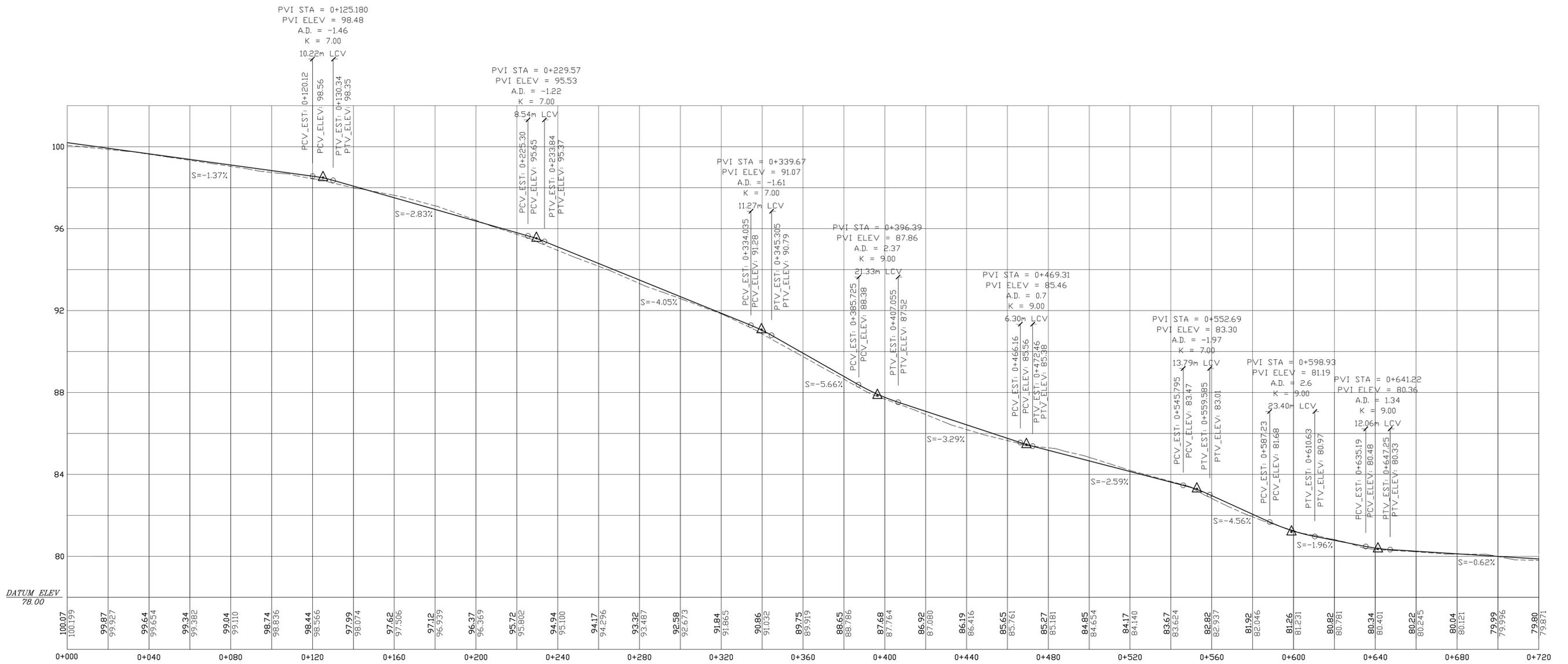
| | | | | | |
|---|---|--|---|----|----|
| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | | | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | | | | |
| CONTIENE: DETALLES | | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">33</td> </tr> </table> | | 16 | 33 |
| 16 | | | | | |
| 33 | | | | | |
| ESCALA: INDICADA | DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | FECHA: NOVIEMBRE / 2008 | | | |
| LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. | TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ | PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN. | | |
| ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.S. | | Vc. Bc. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL | | | |



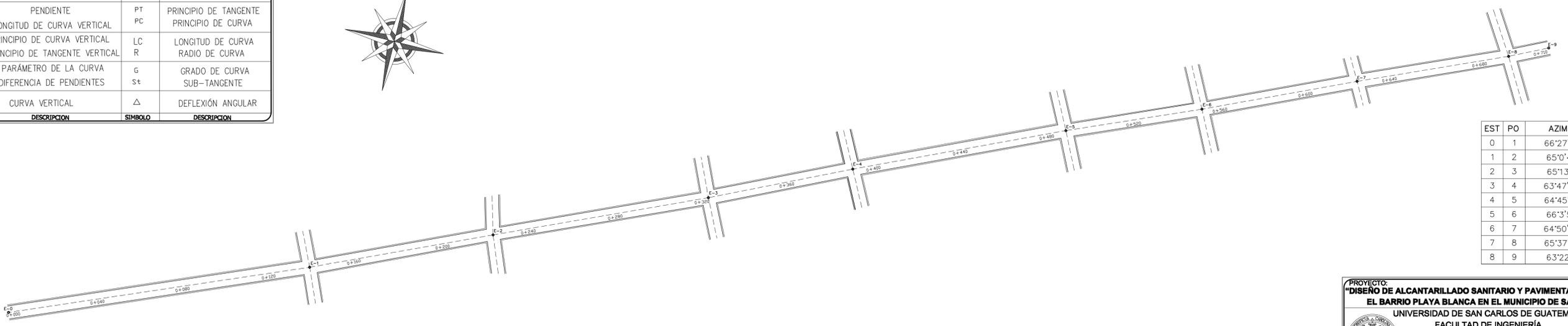
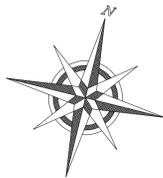
PLANTA GENERAL, PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA

ESCALA 1 / 1250

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | | |
| CONTIENE: PLANTA GENERAL, PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA | | | |
| ESCALA: INDICADA | DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | FECHA: NOVIEMBRE / 2008 |  17 33 |
| LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. | TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ | |
| ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. | | Sr. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL | |



| NOMENCLATURA | | | |
|----------------------------|--------------------------------|----------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARAMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (Δ) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| Δ | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 0 | 1 | 66°27'31" | 138.89 |
| 1 | 2 | 65°0'47" | 84.91 |
| 2 | 3 | 65°13'8" | 99.63 |
| 3 | 4 | 63°47'23" | 67.1 |
| 4 | 5 | 64°45'41" | 98.75 |
| 5 | 6 | 66°3'56" | 62.81 |
| 6 | 7 | 64°50'55" | 71.86 |
| 7 | 8 | 65°37'17" | 69.98 |
| 8 | 9 | 63°22'9" | 18.68 |

PLANTA-PERFIL 8a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** ASesor: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
ALCALDE MUNICIPAL

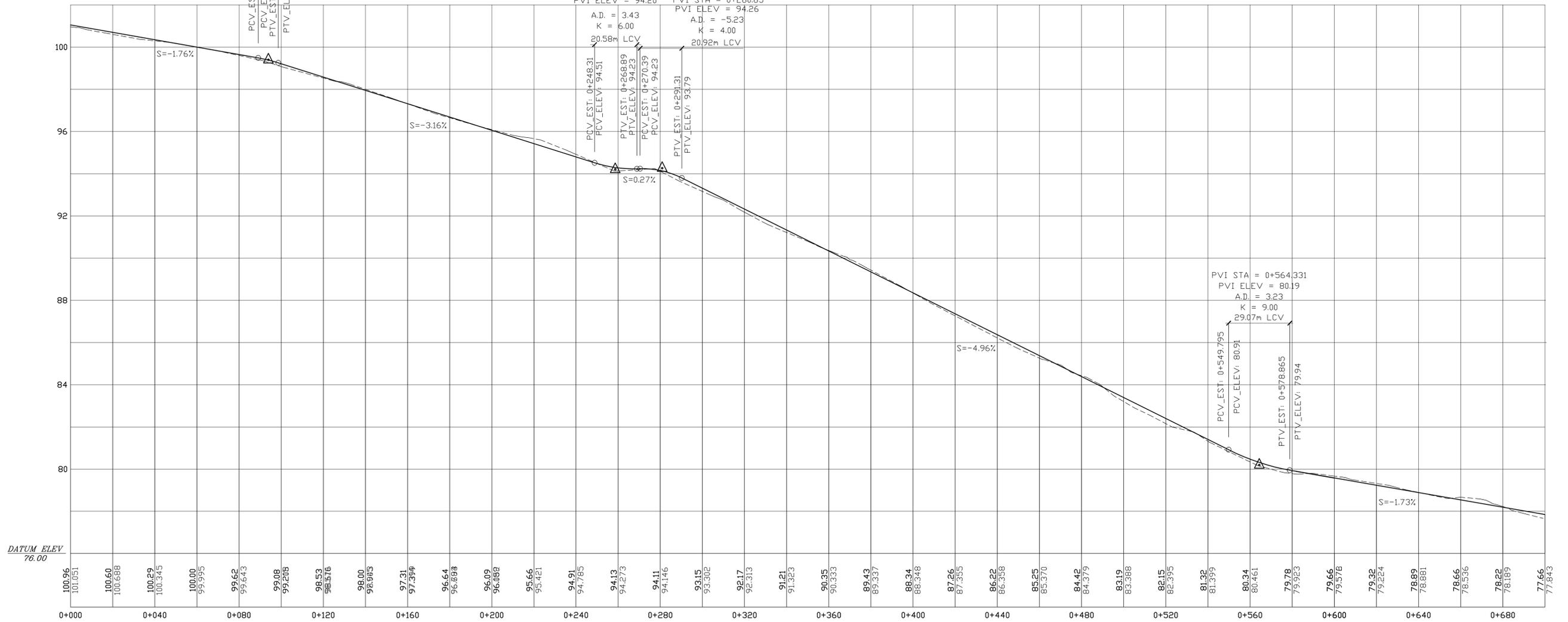
18 / 33

PVI STA = 0+093.94
 PVI ELEV = 99.40
 A.D. = -1.40
 K = 7.00
 9.80m LCV

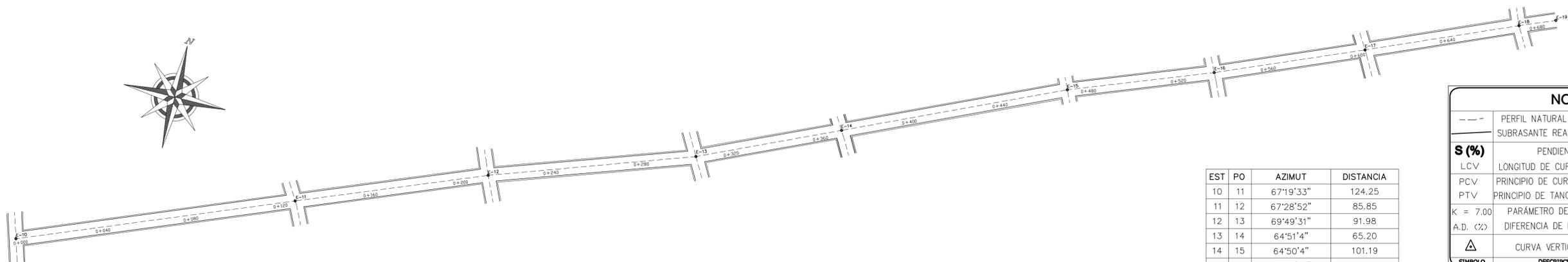
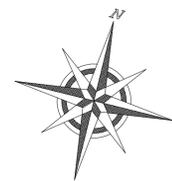
PVI STA = 0+258.60
 PVI ELEV = 94.20
 A.D. = 3.43
 K = 6.00
 20.58m LCV

PVI STA = 0+280.85
 PVI ELEV = 94.26
 A.D. = -5.23
 K = 4.00
 20.92m LCV

PVI STA = 0+564.331
 PVI ELEV = 80.19
 A.D. = 3.23
 K = 9.00
 29.07m LCV



DATUM ELEV
76.00



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 10 | 11 | 67°19'33" | 124.25 |
| 11 | 12 | 67°28'52" | 85.85 |
| 12 | 13 | 69°49'31" | 91.98 |
| 13 | 14 | 64°51'4" | 65.20 |
| 14 | 15 | 64°50'4" | 101.19 |
| 15 | 16 | 68°20'51" | 65.22 |
| 16 | 17 | 66°30'8" | 67.22 |
| 17 | 18 | 66°4'39" | 68.71 |
| 18 | 19 | 66°56'50" | 16.42 |

| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|---------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (‰) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | S± | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

ESCALA: INDICADA
 DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
 FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL
 MUNICIPIO: SAN BENITO, PETÉN.
 ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

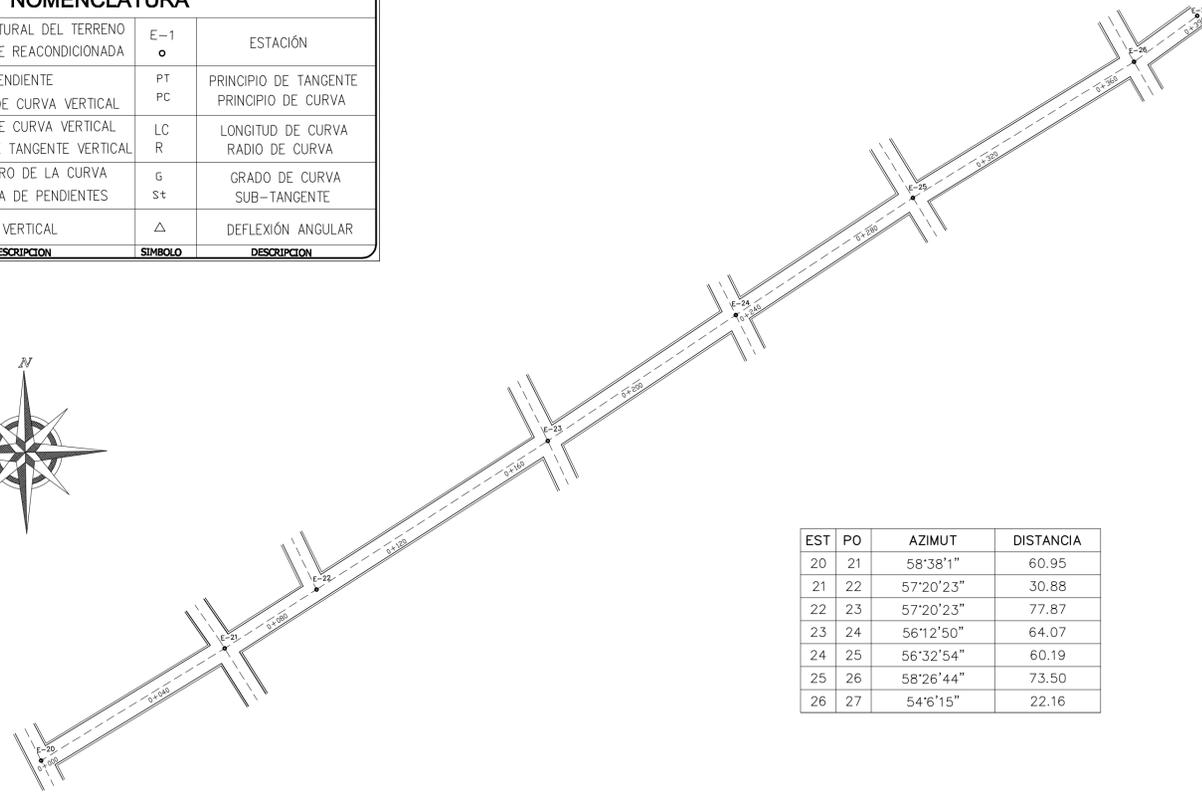
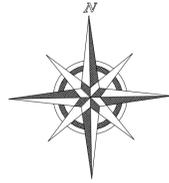
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
 ALCALDE MUNICIPAL

PLANTA-PERFIL 9a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

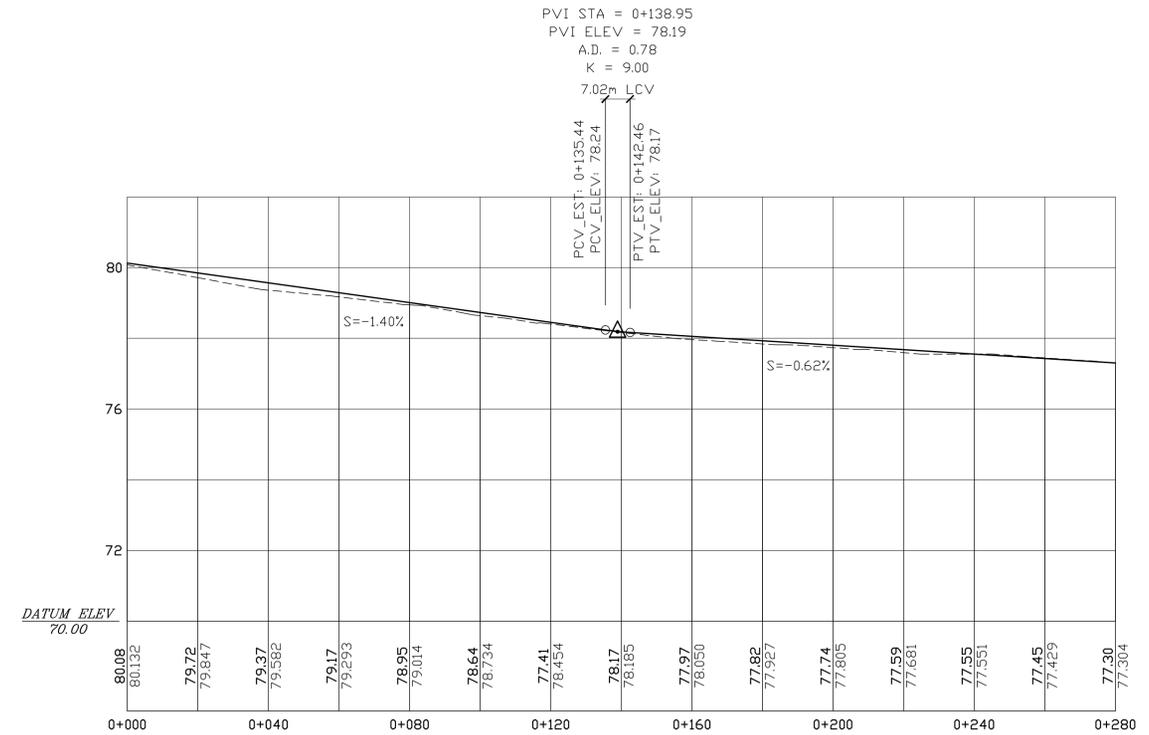
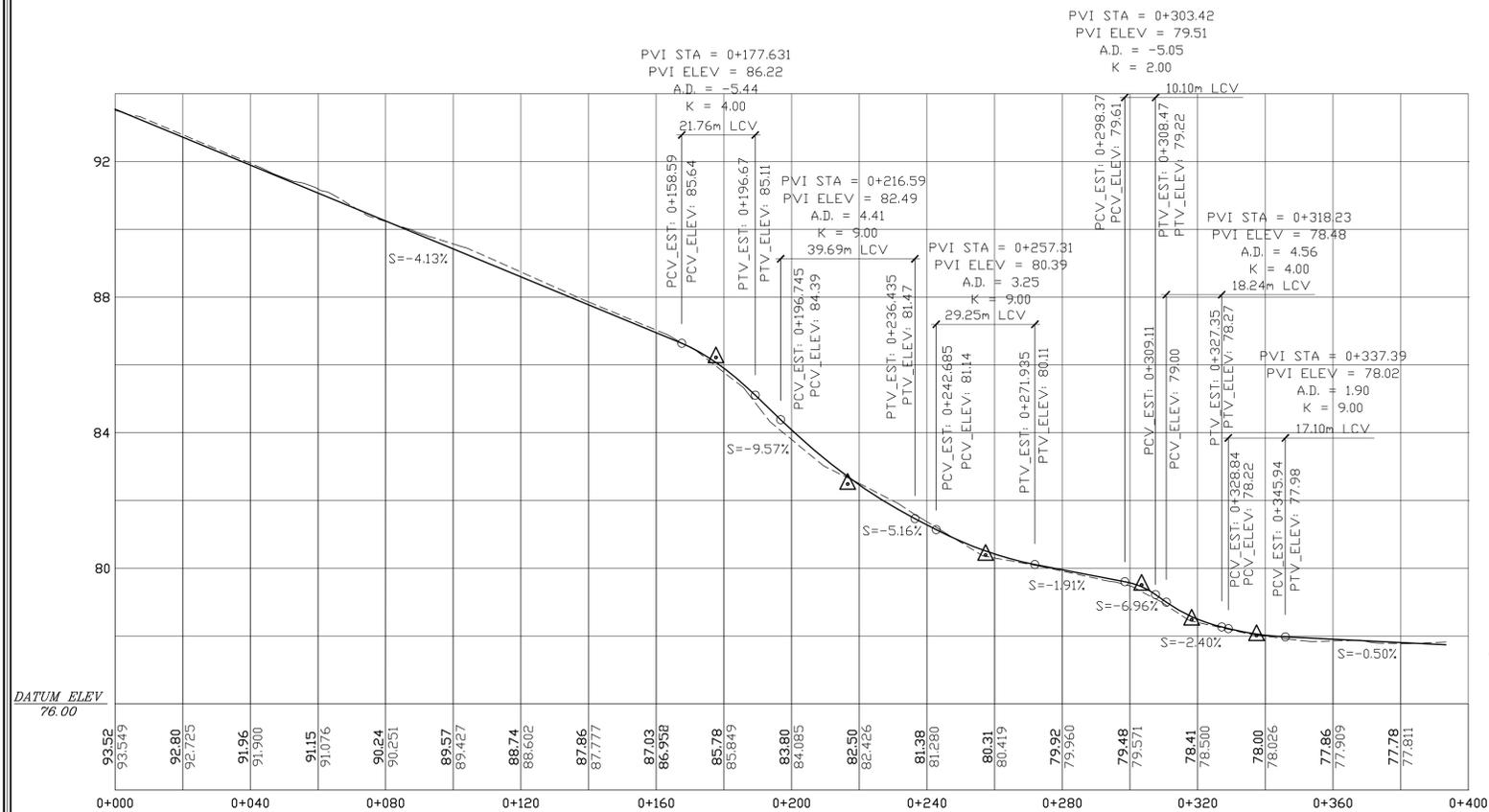
| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|---------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | g | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 20 | 21 | 58°38'1" | 60.95 |
| 21 | 22 | 57°20'23" | 30.88 |
| 22 | 23 | 57°20'23" | 77.87 |
| 23 | 24 | 56°12'50" | 64.07 |
| 24 | 25 | 56°32'54" | 60.19 |
| 25 | 26 | 58°26'44" | 73.50 |
| 26 | 27 | 54°6'15" | 22.16 |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 8 | 18 | 330°15'8" | 83.74 |
| 18 | 26 | 330°15'8" | 103.09 |
| 26 | 37 | 330°15'8" | 94.71 |



PLANTA-PERFIL 9a. CALLE ZONA 1

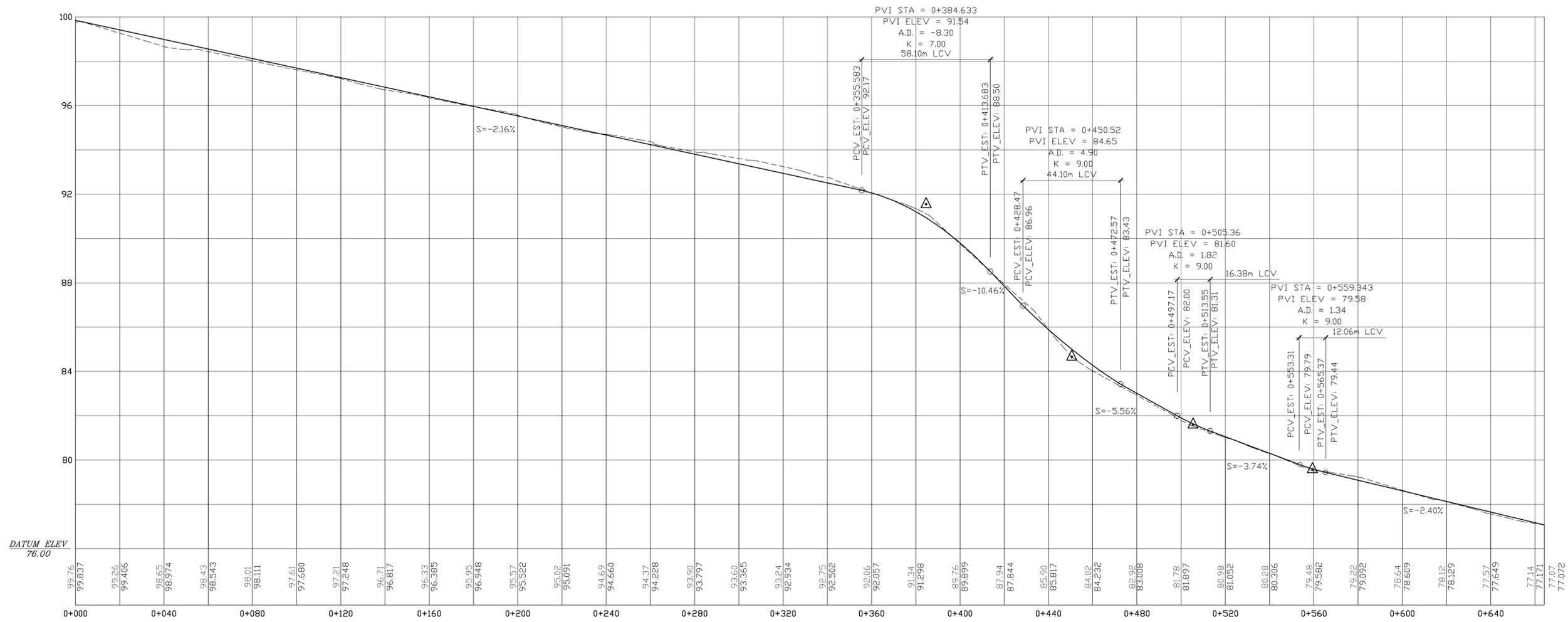
PLANTA-PERFIL 9a. AVENIDA "A" ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

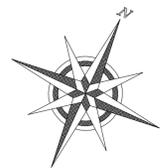
ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**
 ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**
 LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO** TOPOGRAFIA: **ING. LUIS GREGORIO** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**
PONTAZA PIVARAL ALFARO VÉLIZ
 ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN. ALCALDE MUNICIPAL

20 / 33

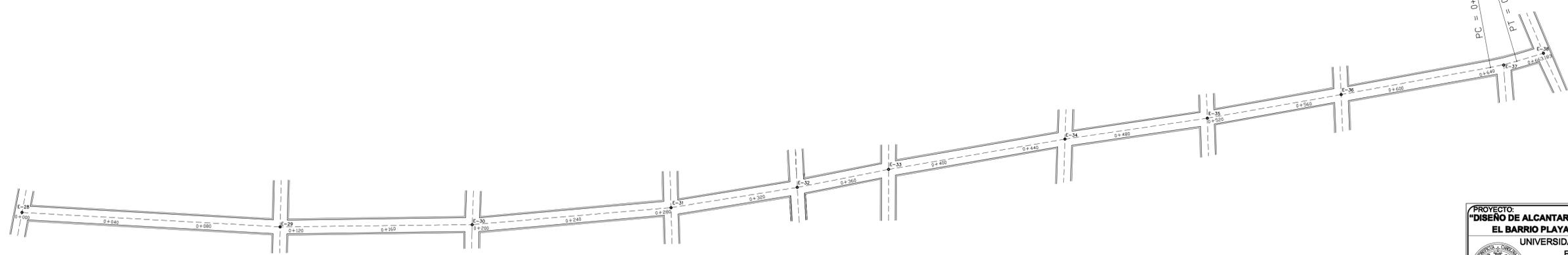


| NOMENCLATURA | | | |
|----------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (Δ) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | S_t | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



G=10°
Lc=11.67m
R=110.00m
St=5.84m
Δ=6°04'49"
Cuerda=11.67m

| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 28 | 29 | 67°10'42" | 111.64 |
| 29 | 30 | 63°20'0" | 82.92 |
| 30 | 31 | 59°7'59" | 86.16 |
| 31 | 32 | 54°55'20" | 55.18 |
| 32 | 33 | 52°52'27" | 40.20 |
| 33 | 34 | 54°17'6" | 77.26 |
| 34 | 35 | 55°40'34" | 62.08 |
| 35 | 36 | 54°1'25" | 58.69 |
| 36 | 37 | 53°42'18" | 71.35 |
| 37 | 38 | 47°37'29" | 17.87 |



PLANTA-PERFIL 10a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 100
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

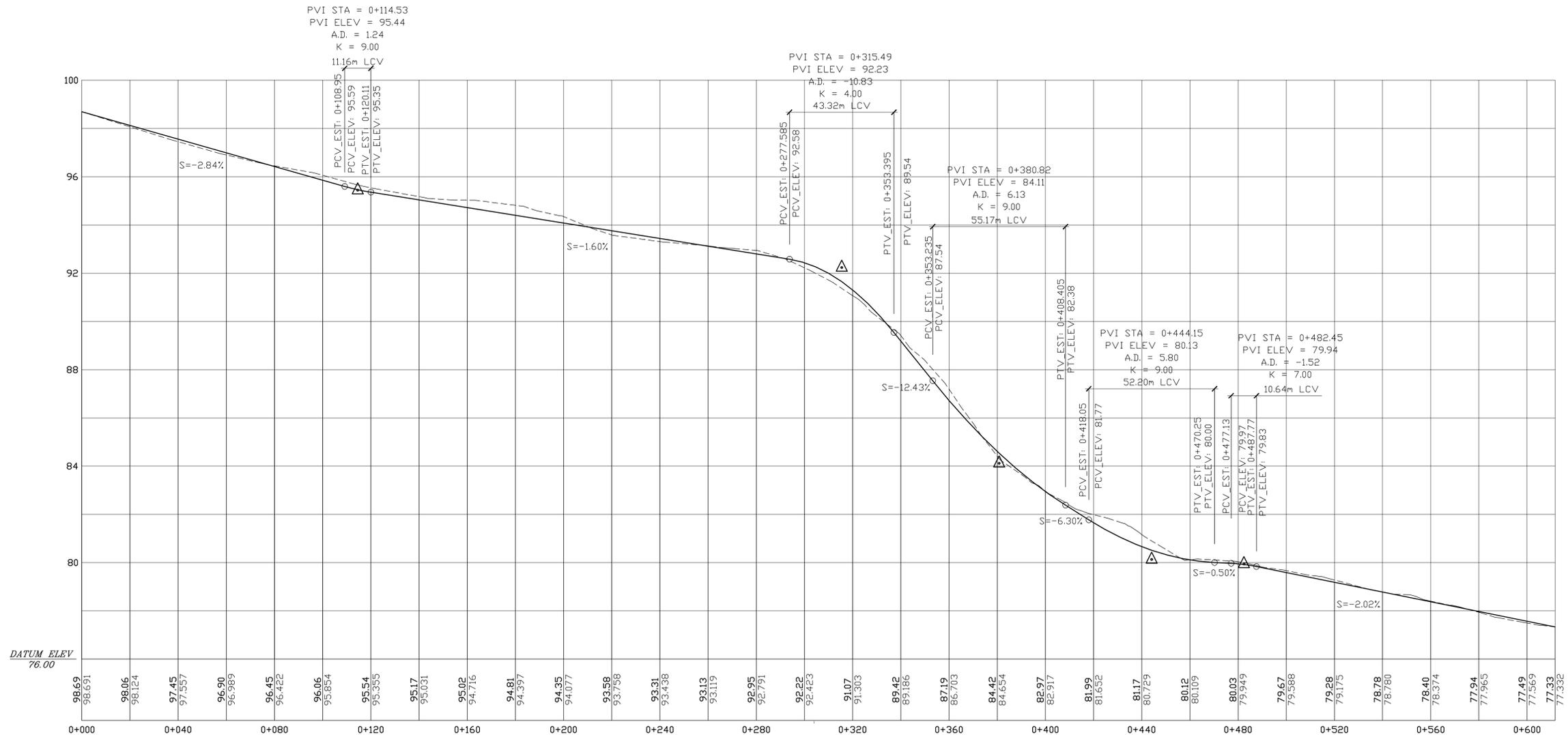
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN.** TOPOGRAFÍA: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
ALCALDE MUNICIPAL

21 / 33

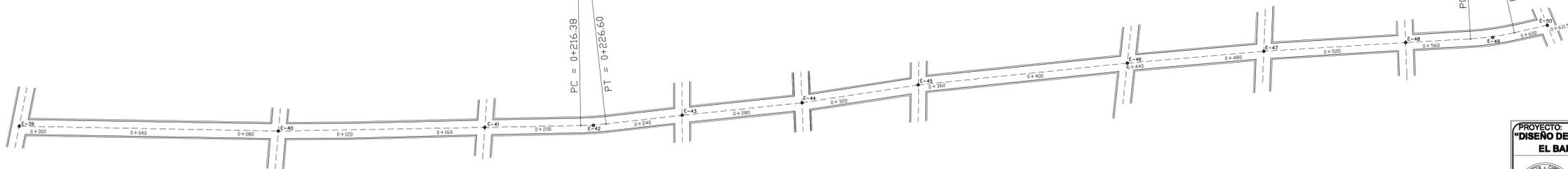


| NOMENCLATURA | | | |
|----------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|
| | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |

G=10°
Lc=10.22m
R=110.00m
St=5.11m
Δ=5°19'23"
Cuerda=10.22m

G=10°
Lc=17.89m
R=110.00m
St=8.97m
Δ=9°19'09"
Cuerda=17.87m

| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 39 | 40 | 61°5'15" | 104.57 |
| 40 | 41 | 58°58'44" | 83.26 |
| 41 | 42 | 58°54'38" | 43.81 |
| 42 | 43 | 53°35'15" | 36.05 |
| 43 | 44 | 54°3'43" | 48.63 |
| 44 | 45 | 51°17'15" | 47.36 |
| 45 | 46 | 54°4'31" | 84.81 |
| 46 | 47 | 55°4'33" | 55.26 |
| 47 | 48 | 56°29'37" | 57.33 |
| 48 | 49 | 56°43'3" | 35.21 |
| 49 | 50 | 47°23'54" | 22.53 |



PLANTA-PERFIL 11a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

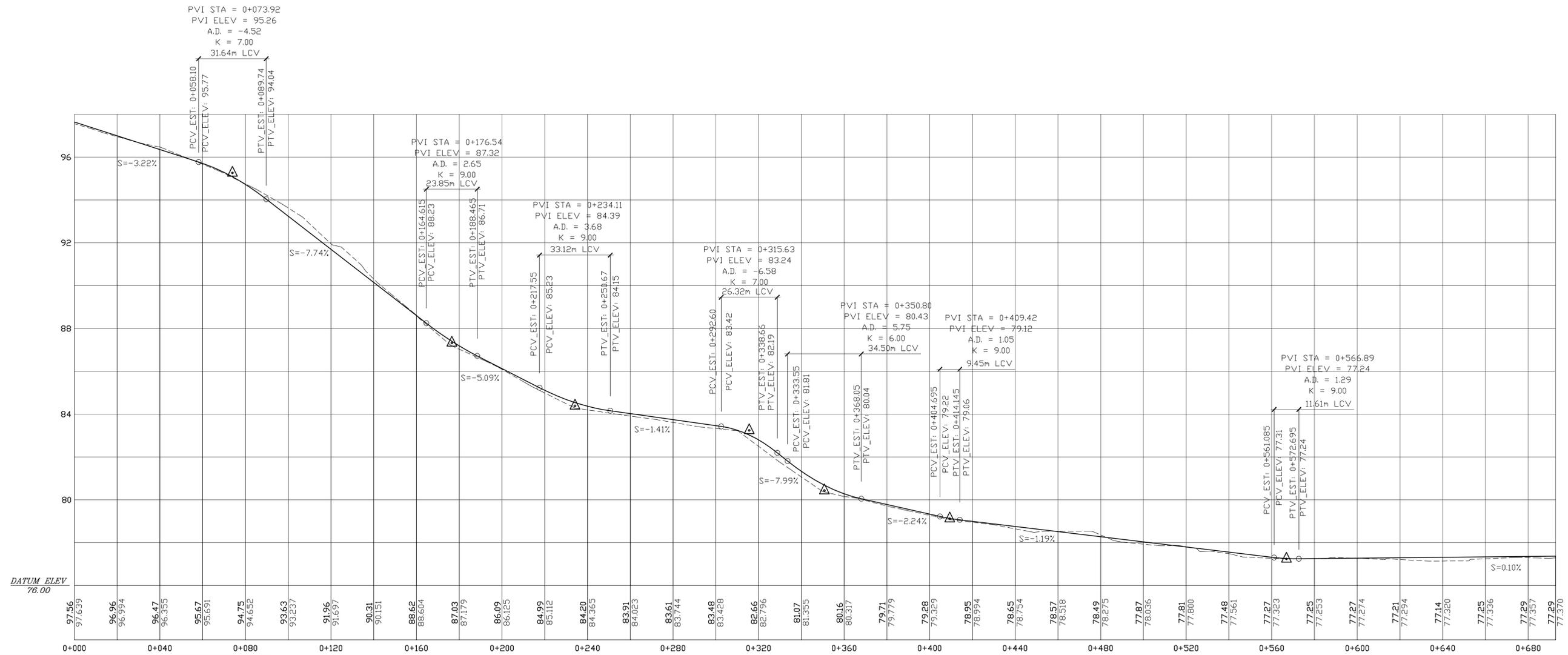
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** MUNICIPIO: **ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

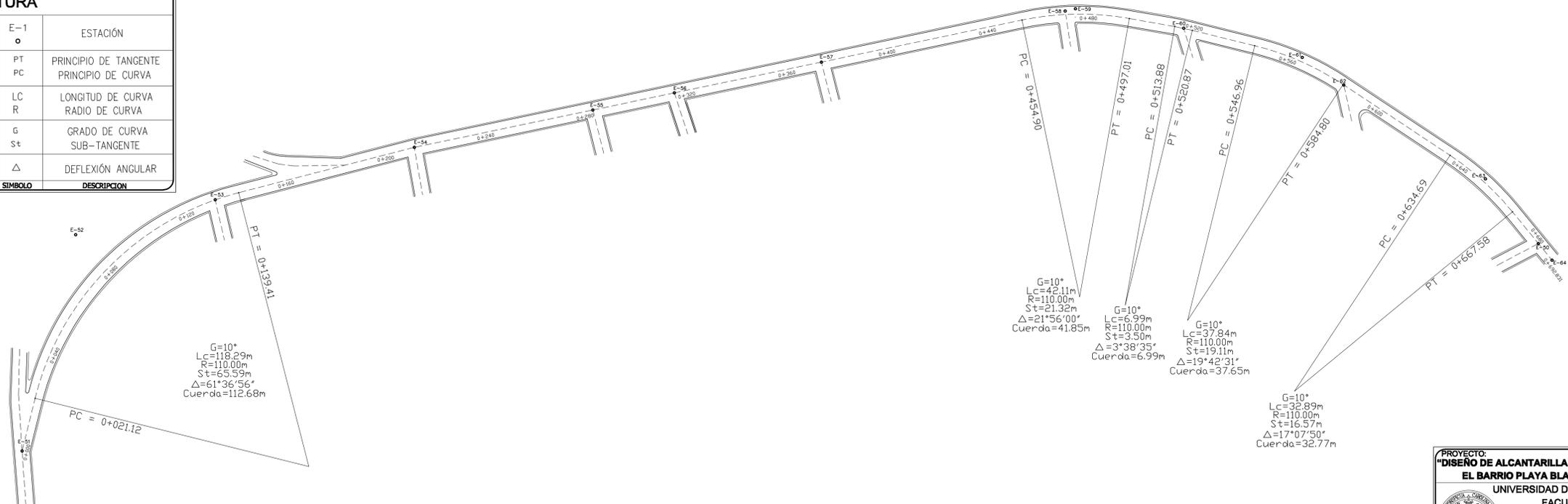
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

ING. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL

22
33



| NOMENCLATURA | | | |
|---------------------------|--------------------------------|----------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (ζ) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| Δ | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 51 | 52 | 358°57'25" | 86.71 |
| 52 | 54 | 60°34'21" | 136.36 |
| 54 | 55 | 63°11'55" | 71.14 |
| 55 | 56 | 63°11'55" | 32.49 |
| 56 | 57 | 63°11'55" | 58.56 |
| 57 | 58 | 63°11'55" | 97.16 |
| 58 | 59 | 63°11'55" | 4.09 |
| 59 | 60 | 85°7'55" | 42.85 |
| 60 | 61 | 88°46'30" | 47.63 |
| 61 | 62 | 108°29'1" | 19.43 |
| 62 | 63 | 108°29'1" | 66.23 |
| 63 | 50 | 125°36'51" | 32.53 |
| 50 | 64 | 125°36'51" | 8.35 |

PLANTA-PERFIL 12a. AVENIDA ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

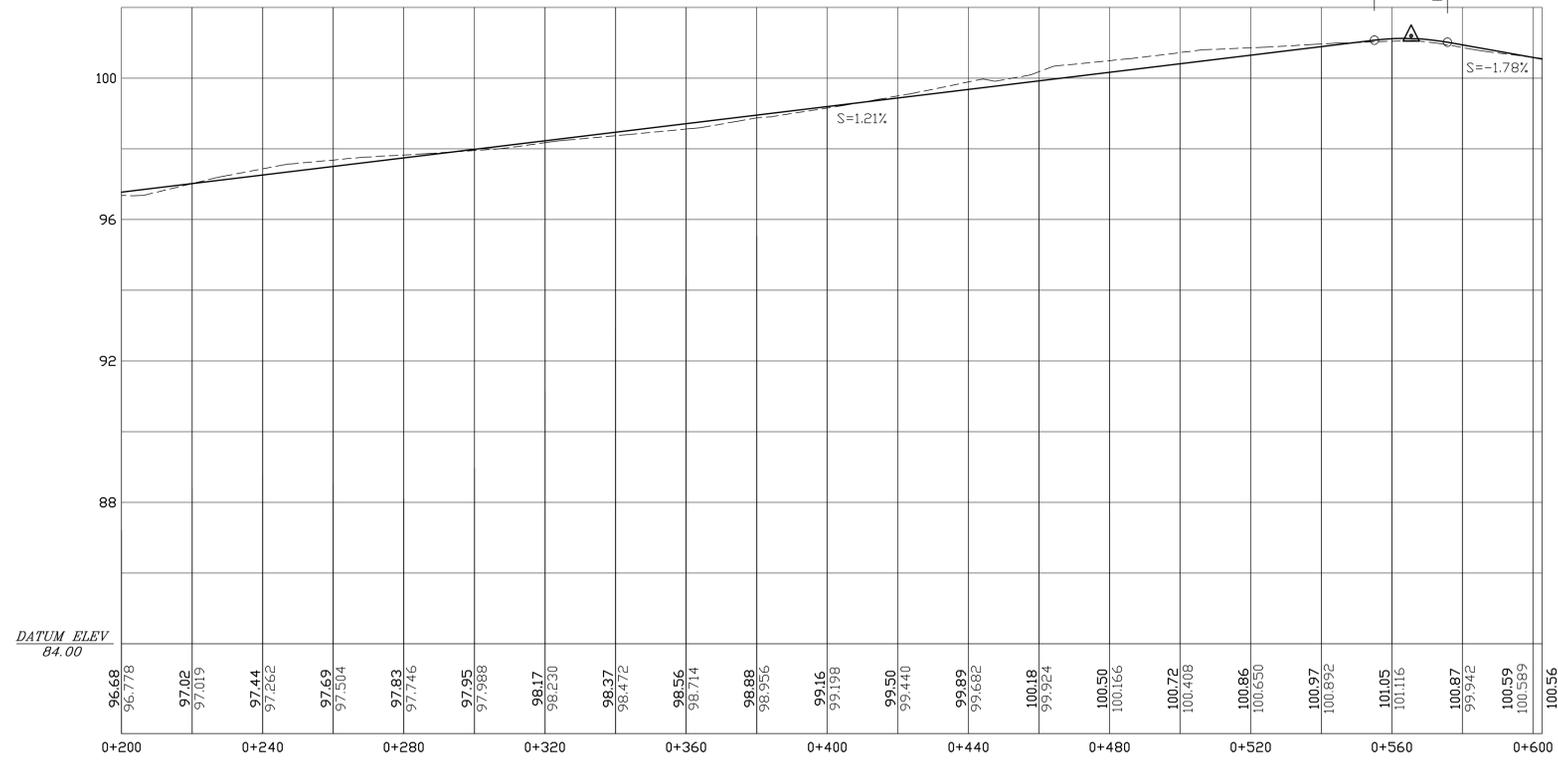
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

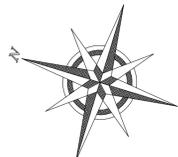
LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO** TOPOGRAFIA: **JORGE MAURICIO** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. Vs. Sr. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN. ALCALDE MUNICIPAL

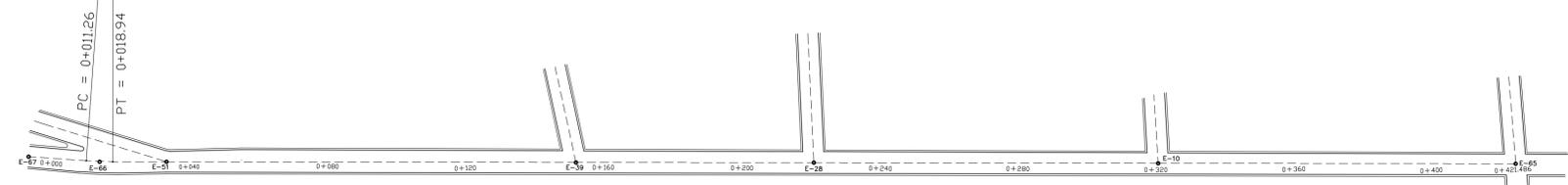
PVI STA = 0+365.44
 PVI ELEV = 101.20
 AD = -2.99
 K = 7.00
 20.93m LCV



| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|---------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| o | SUBRASANTE REACONDICIONADA | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| S (%) | PENDIENTE | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | g | GRADO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | st | SUB-TANGENTE |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| △ | CURVA VERTICAL | | |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



$G=10^\circ$
 $r_{PC} = 7.68m$
 $r_{PT} = 10.00m$
 $r_{LC} = 8.84m$
 $\Delta = 3^\circ 59' 56''$
 Cuerda = 7.68m



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 65 | 10 | 341°57'3" | 103.59 |
| 10 | 28 | 341°57'3" | 99.75 |
| 28 | 39 | 341°57'3" | 68.9 |
| 39 | 51 | 341°57'3" | 118.61 |
| 51 | 66 | 341°57'3" | 19.41 |
| 66 | 67 | 345°56'59" | 20.58 |

PLANTA-PERFIL CALLE MIGUEL GARCIA GRANADOS

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

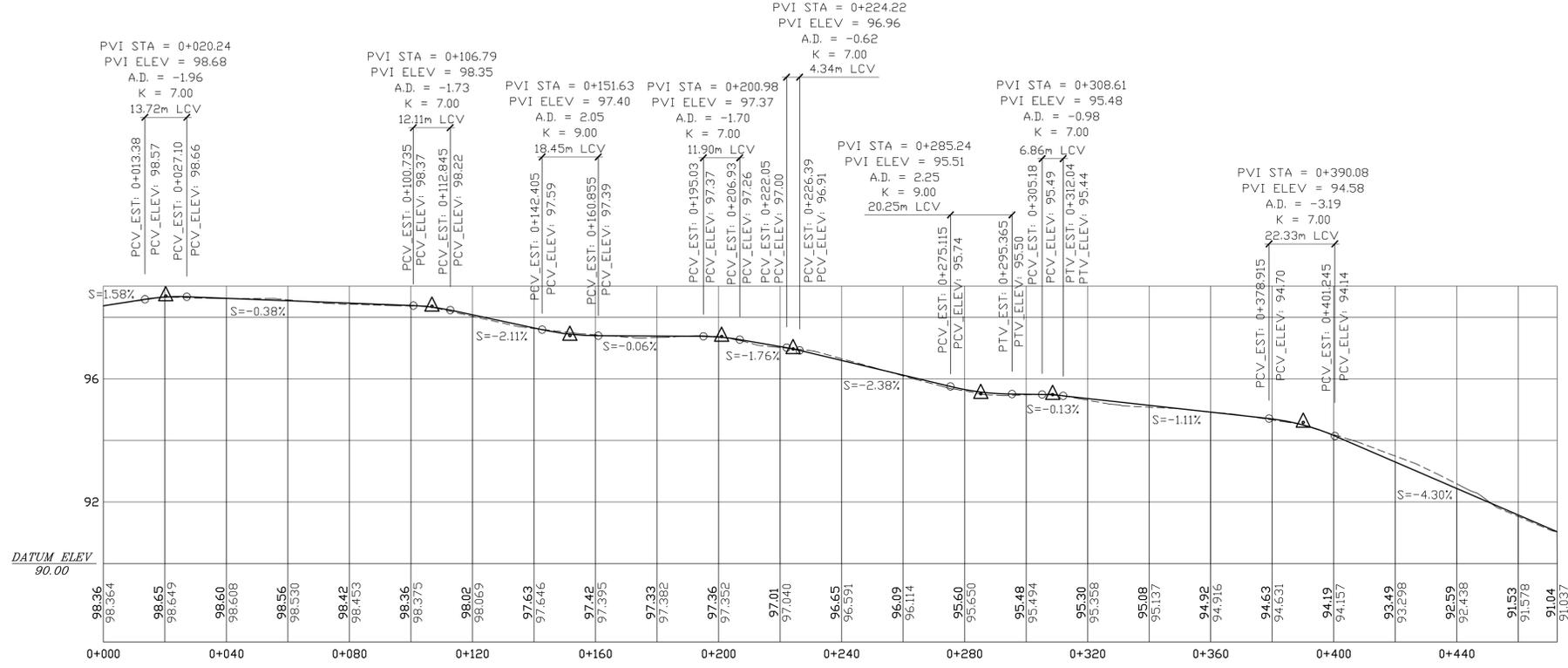
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: INCRUADA DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

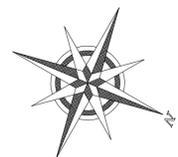
LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL. ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ. PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL

24 / 33



| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| — | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | S _t | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 1 | 11 | 336°8'35" | 101.29 |
| 11 | 29 | 336°8'35" | 99.65 |
| 29 | 40 | 336°8'35" | 80.27 |
| 40 | 53 | 335°9'40" | 193.72 |

PLANTA-PERFIL 16 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

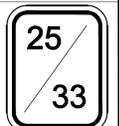
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

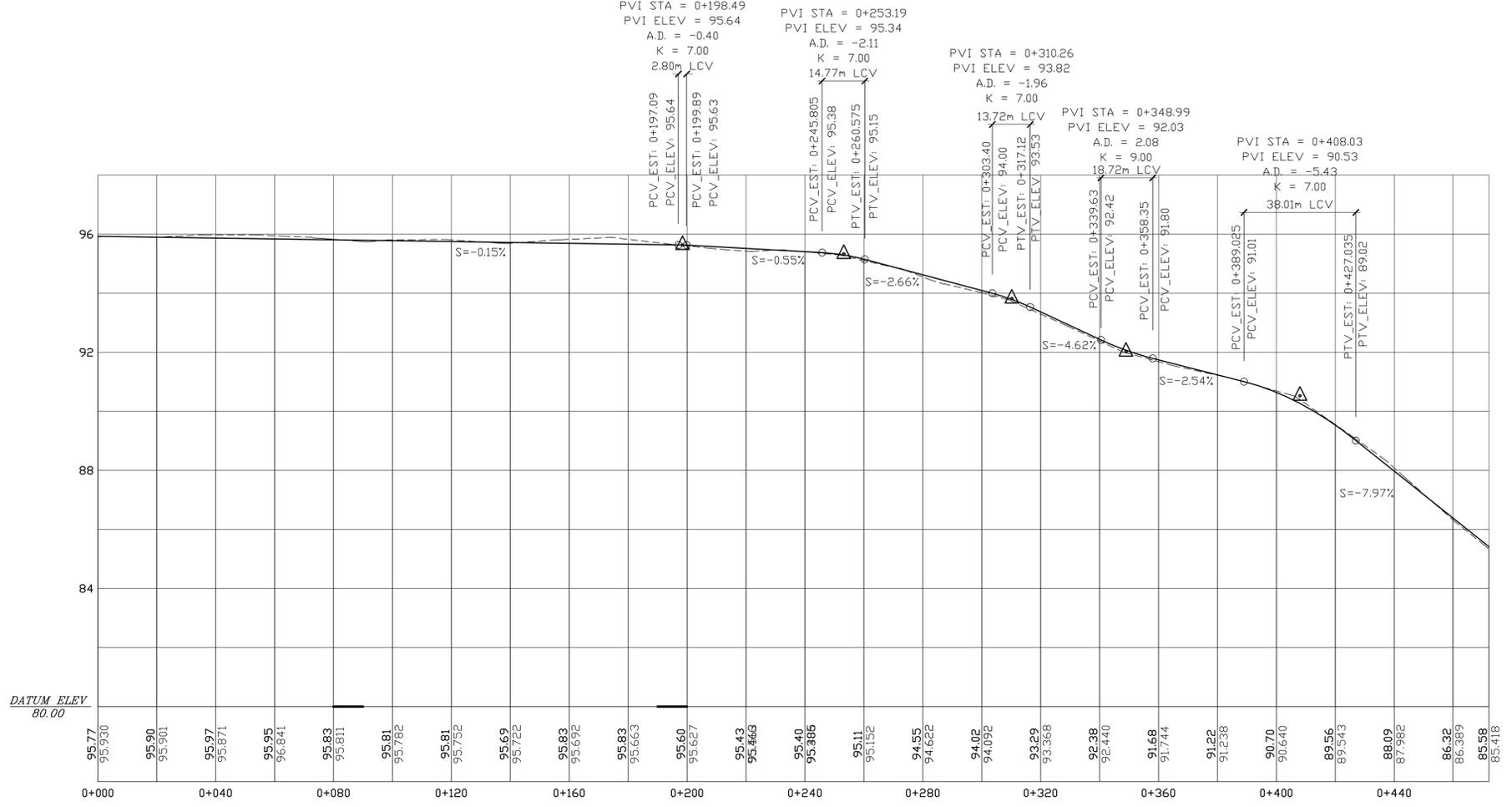
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** MUNICIPIO: **SAN BENITO, PETÉN.** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN. ALCALDE MUNICIPAL





| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|---------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| — | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (<%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|-----------|-----------|
| 2 | 12 | 335°3'19" | 97.66 |
| 12 | 30 | 335°3'19" | 105.82 |
| 30 | 41 | 335°3'19" | 86.49 |
| 41 | 54 | 334°19'2" | 191.14 |

PLANTA-PERFIL 15 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
 ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

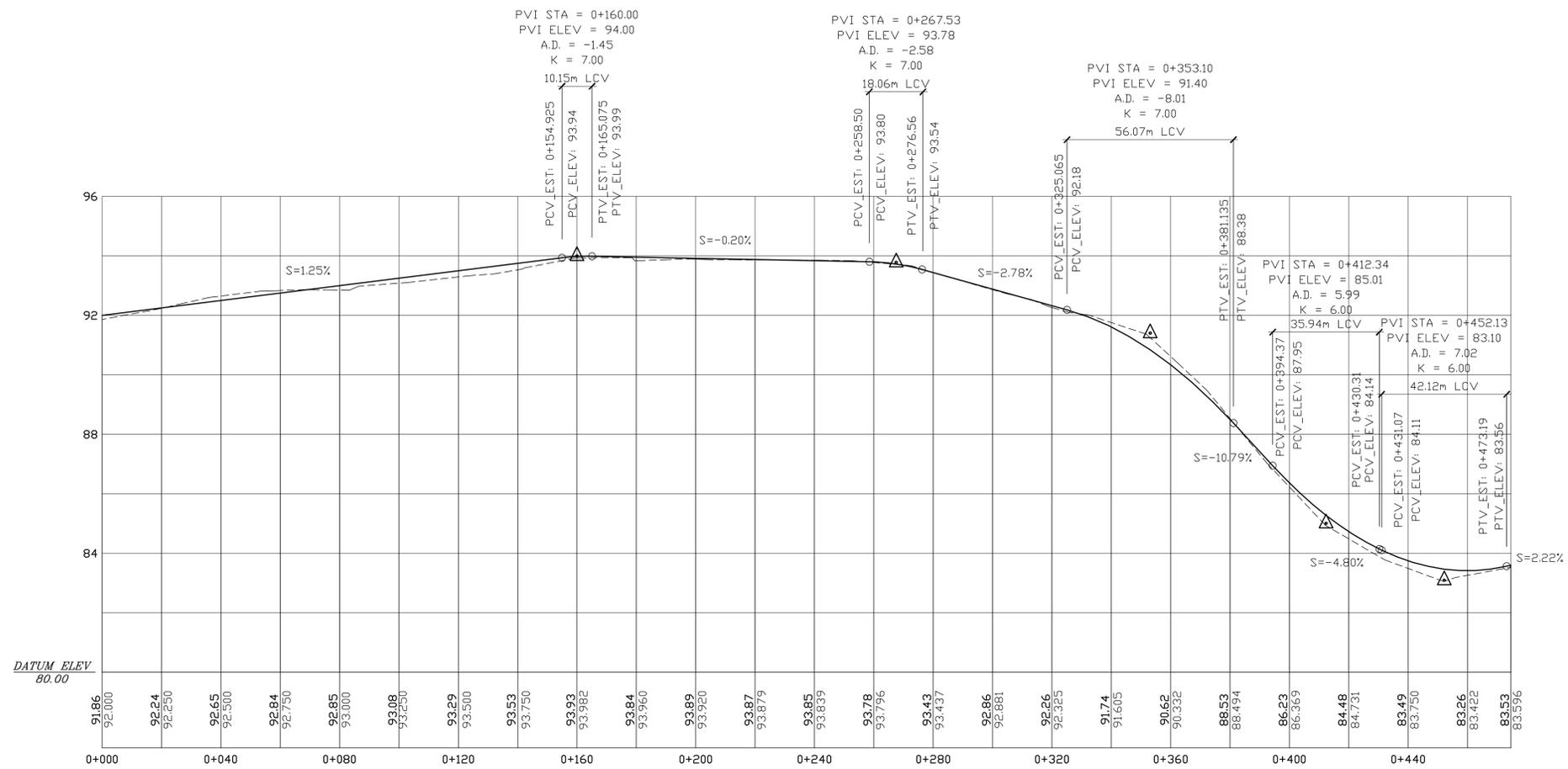
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN.** TOPOGRAFIA: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

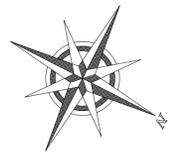
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
 ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

V.B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
 ALCALDE MUNICIPAL

26 / 33



| NOMENCLATURA | | | |
|----------------------------|--------------------------------|----------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (Δ) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | st | SUB-TANGENTE |
| Δ | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 3 | 13 | 331°47'10" | 90.36 |
| 13 | 20 | 331°47'10" | 48.07 |
| 20 | 31 | 331°47'10" | 74.49 |
| 31 | 43 | 331°47'10" | 89.66 |
| 43 | 55 | 331°47'10" | 181.13 |

PLANTA-PERFIL 14 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

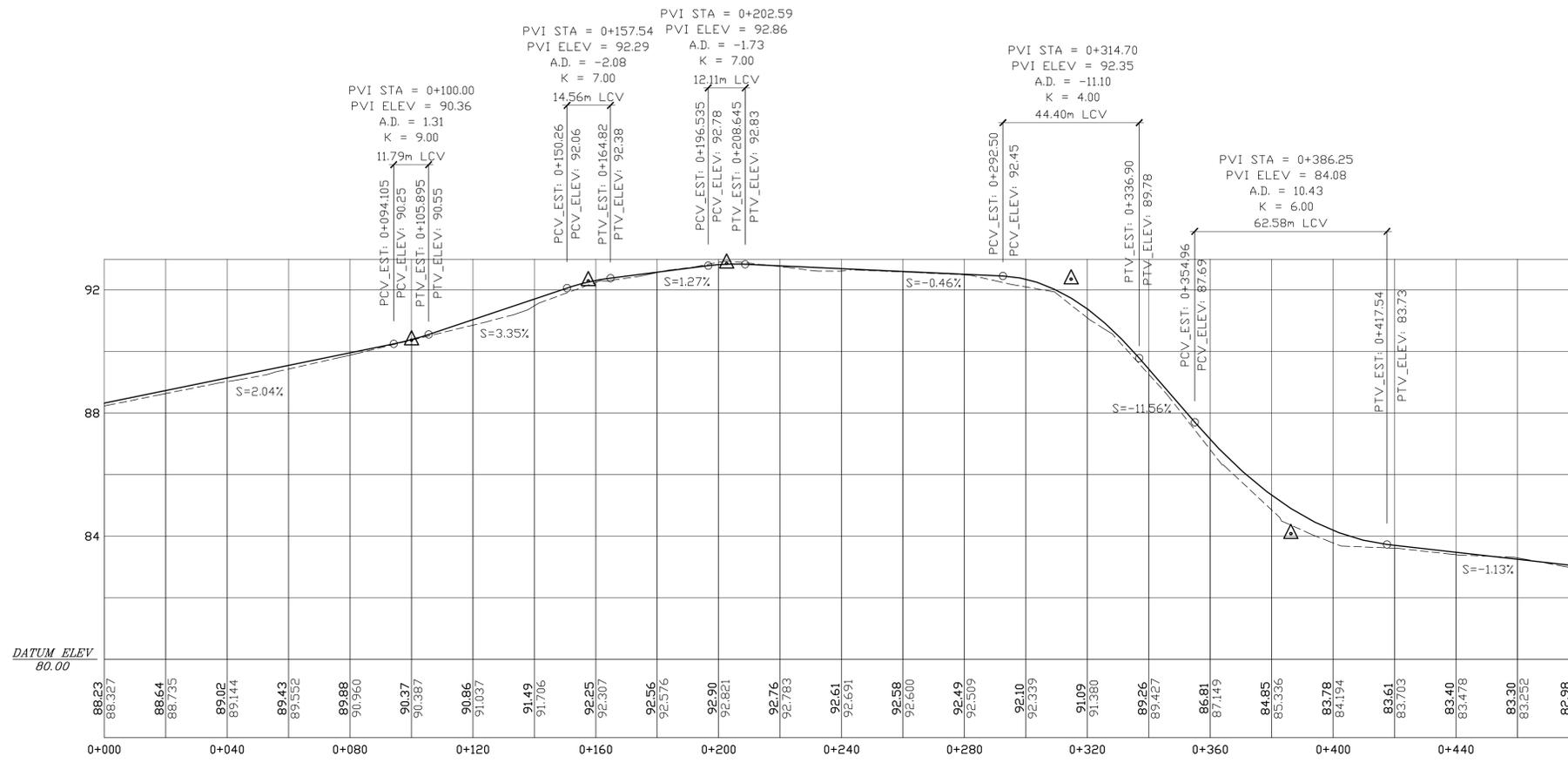
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN.** TOPOGRAFIA: **ING. LUIS GREGORIO PONTAZA PIVARAL** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

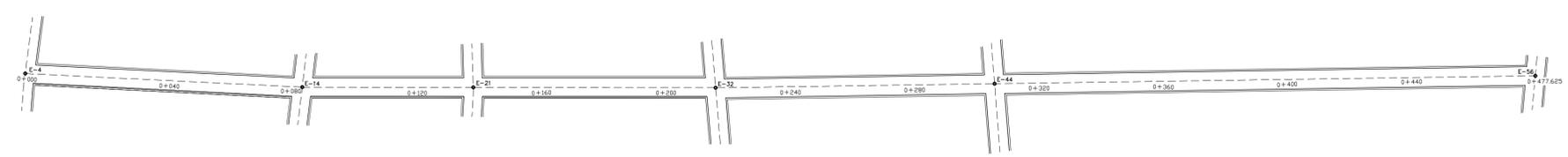
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN.
ALCALDE MUNICIPAL

27 / 33



| NOMENCLATURA | | | |
|----------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | g | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | s+ | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 4 | 14 | 330°24'54" | 89.26 |
| 14 | 21 | 327°42'32" | 55.04 |
| 21 | 32 | 327°42'32" | 78.02 |
| 32 | 44 | 326°46'52" | 89.79 |
| 44 | 56 | 326°46'52" | 174.06 |

PLANTA-PERFIL 13 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 100
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

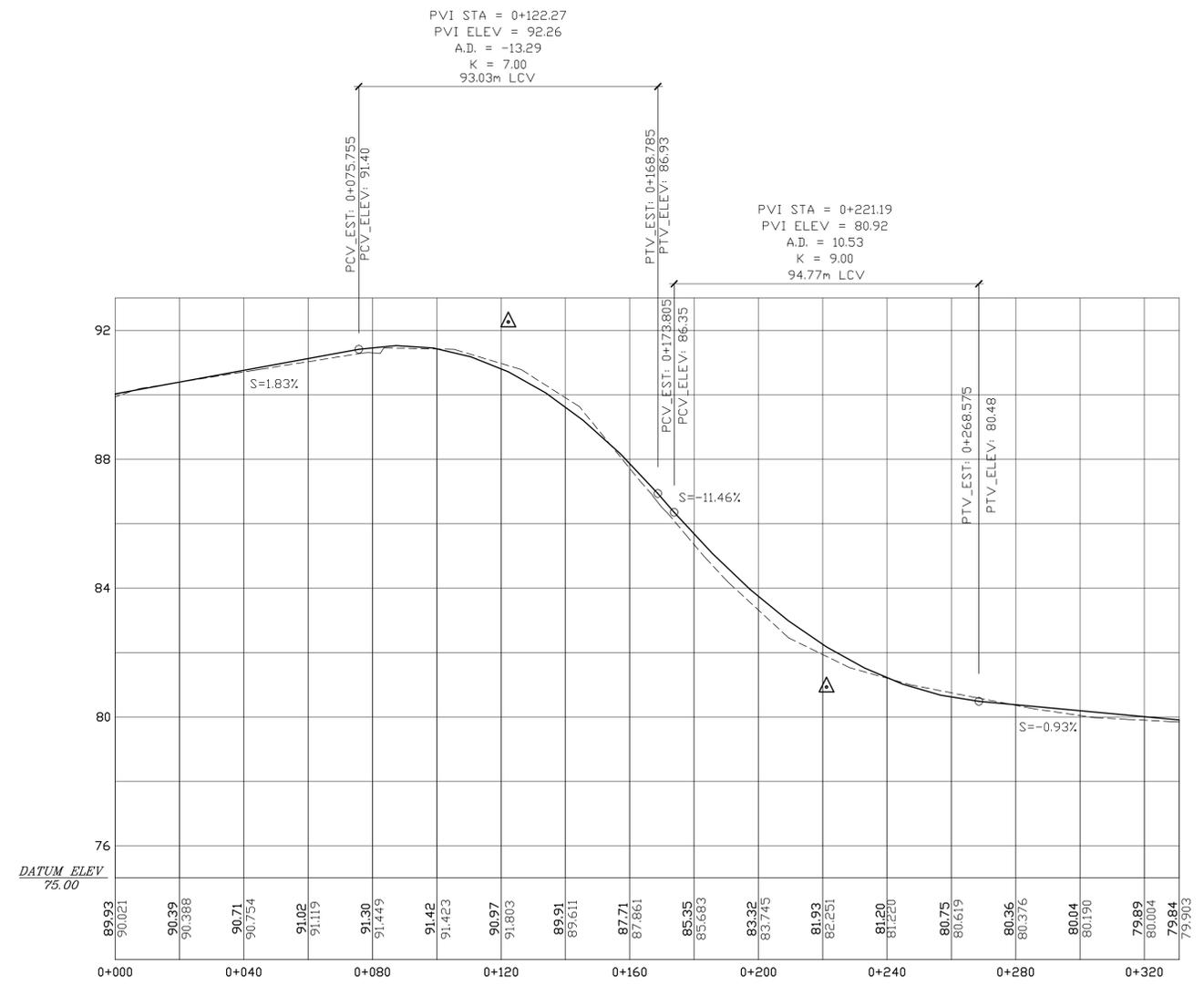
CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

ESCALA: INDICADA DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

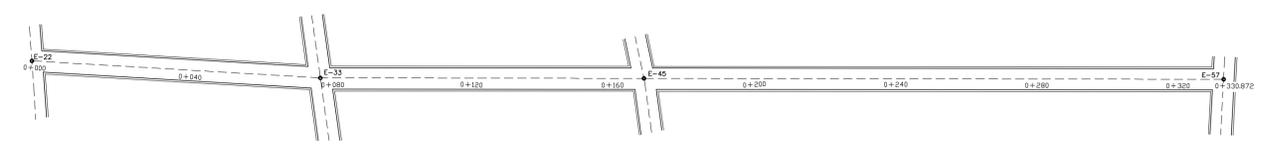
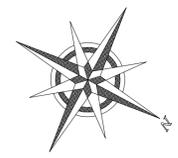
LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN. MUNICIPIO: PONTAZA PIVARAL ALFARO VÉLIZ PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL

28 / 33



| NOMENCLATURA | | | |
|------------------------|--------------------------------|----------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACION |
| — | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARAMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. ($\%$) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | S* | SUB-TANGENTE |
| Δ | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXION ANGULAR |
| SIMBOLO | DESCRIPCION | SIMBOLO | DESCRIPCION |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 22 | 33 | 334°8'3" | 81.9 |
| 33 | 45 | 330°51'13" | 91.68 |
| 45 | 57 | 330°51'13" | 164.26 |

PLANTA-PERFIL 12 CALLE "A" ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

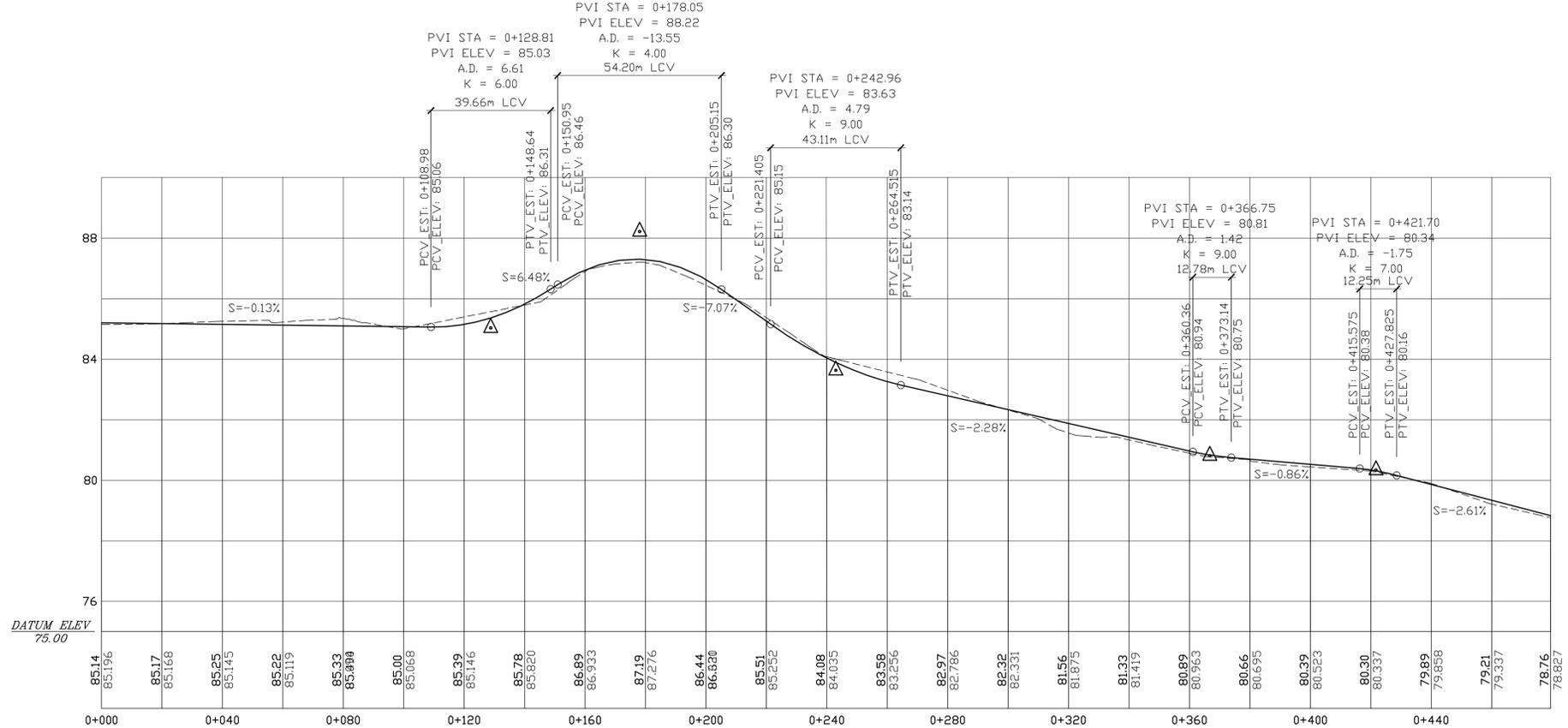
CONTIENE: PLANTA - PERFIL

ESCALA: INCRUADA DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

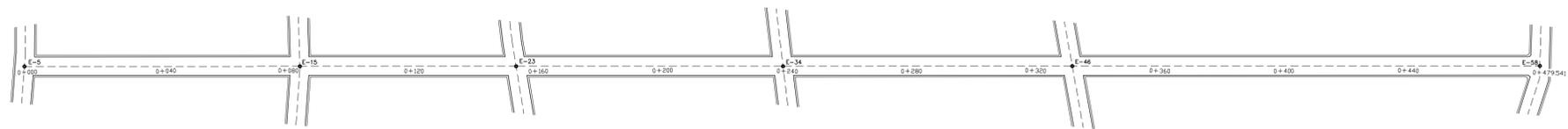
LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V. B. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN ALCALDE MUNICIPAL

29
 33



| NOMENCLATURA | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| — | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | g | GRADO DE CURVA |
| A.D. (Δ) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| Δ | CURVA VERTICAL | Δ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 5 | 15 | 334°24'28" | 88.64 |
| 15 | 23 | 334°24'28" | 69.61 |
| 23 | 34 | 334°24'28" | 85.9 |
| 34 | 46 | 334°24'28" | 93.12 |
| 46 | 58 | 334°24'28" | 150.5 |

PLANTA-PERFIL 12 CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

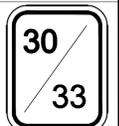
CONTIENE:
PLANTA - PERFIL

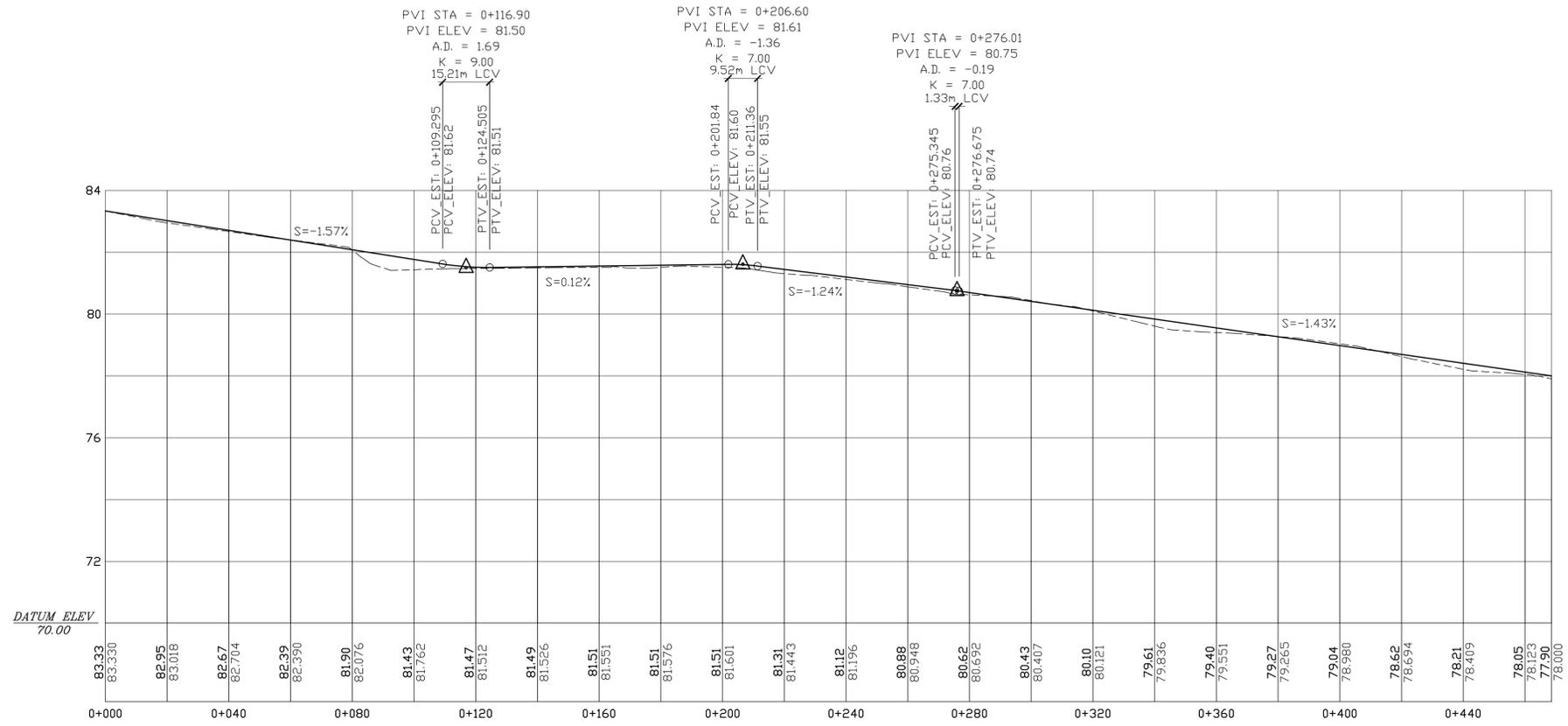
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL. ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ. PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

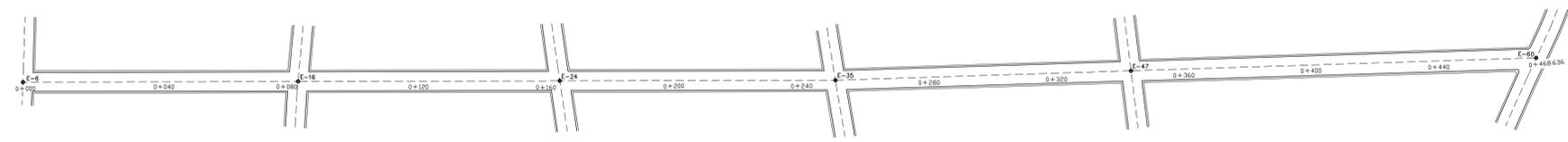
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Vs. Bn. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL





| NOMENCLATURA | | | |
|----------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | g | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | st | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 6 | 16 | 332°57'13" | 86.31 |
| 16 | 24 | 332°57'13" | 82.13 |
| 24 | 35 | 332°57'13" | 86.46 |
| 35 | 47 | 331°15'48" | 92.8 |
| 47 | 60 | 331°15'48" | 127.22 |

PLANTA-PERFIL 11a. CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

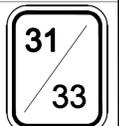
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

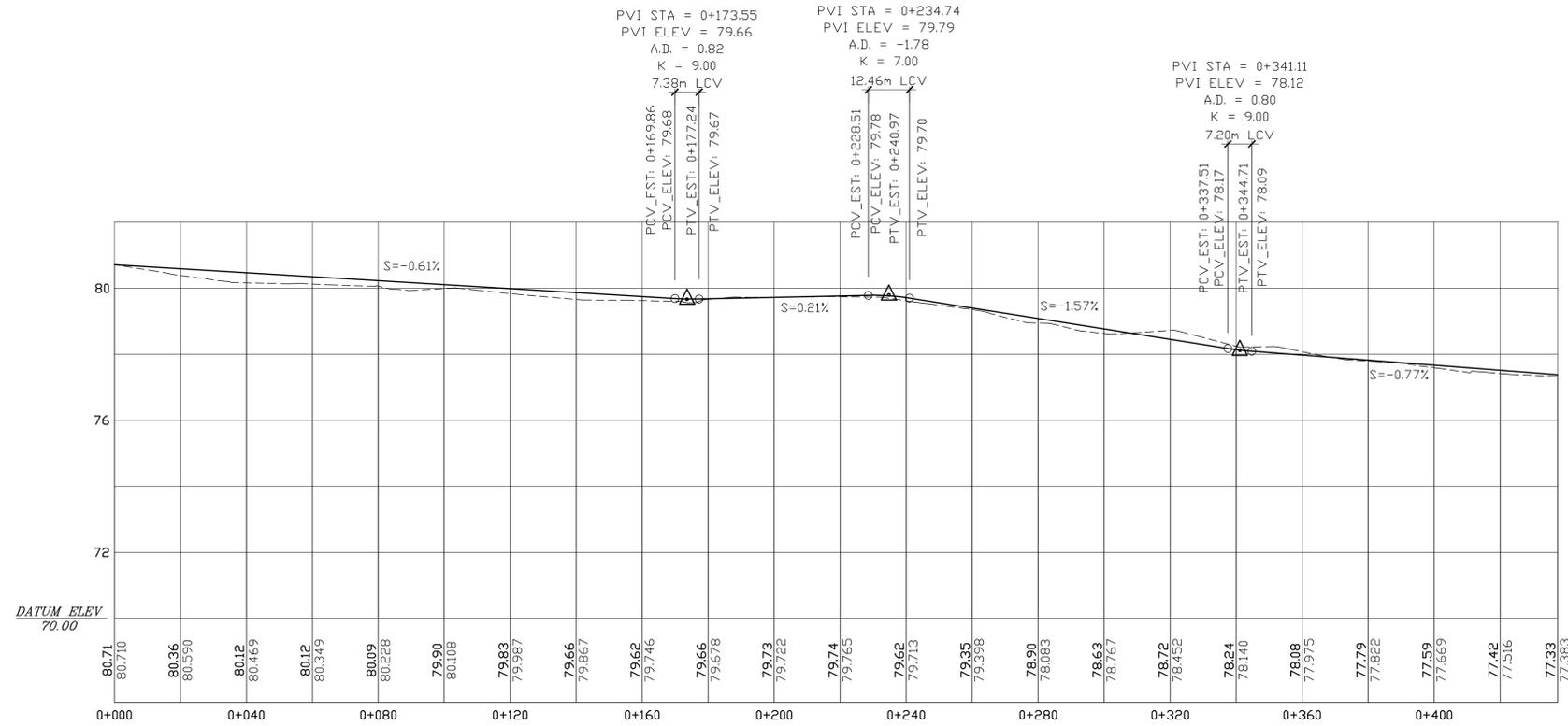
ESCALA: **INDICADA** DISEÑO: **JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL** FECHA: **NOVIEMBRE / 2008**

LUGAR: **BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO SAN BENITO, PETÉN.** TOPOGRAFIA: **PONTAZA PIVARAL** ASESOR: **ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ** PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.**

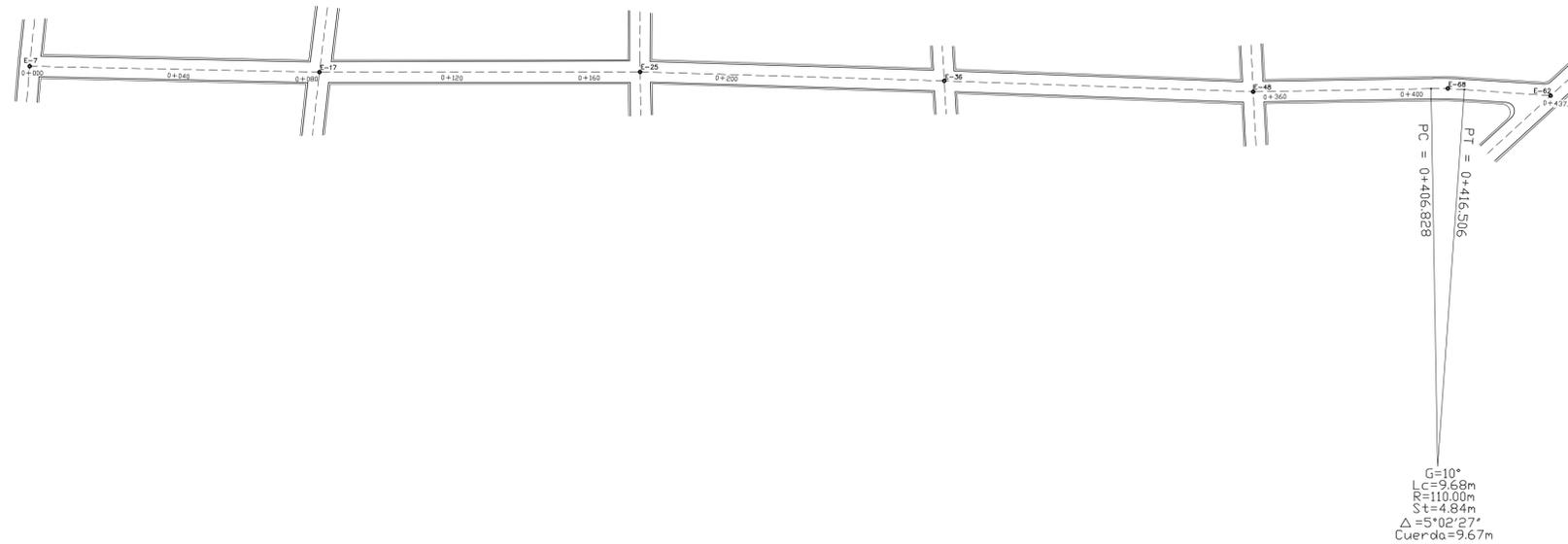
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ
ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B.

Ing. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN
ALCALDE MUNICIPAL





| NOMENCLATURA | | | |
|--------------|--------------------------------|---------|-----------------------|
| --- | PERFIL NATURAL DEL TERRENO | E-1 | ESTACIÓN |
| --- | SUBRASANTE REACONDICIONADA | o | |
| S (%) | PENDIENTE | PT | PRINCIPIO DE TANGENTE |
| LCV | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | PC | PRINCIPIO DE CURVA |
| PCV | PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL | LC | LONGITUD DE CURVA |
| PTV | PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL | R | RADIO DE CURVA |
| K = 7.00 | PARÁMETRO DE LA CURVA | G | GRADO DE CURVA |
| A.D. (%) | DIFERENCIA DE PENDIENTES | St | SUB-TANGENTE |
| △ | CURVA VERTICAL | △ | DEFLEXIÓN ANGULAR |
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |



| EST | PO | AZIMUT | DISTANCIA |
|-----|----|------------|-----------|
| 7 | 17 | 330°11'10" | 84.55 |
| 17 | 25 | 328°58'14" | 93.52 |
| 25 | 36 | 330°43'49" | 88.75 |
| 36 | 48 | 331°1'23" | 90.19 |
| 48 | 68 | 328°3'9" | 56.74 |
| 68 | 62 | 333°5'36" | 30.05 |

PLANTA-PERFIL 10a. CALLE ZONA 1

ESCALA HORIZONTAL 1 / 100
ESCALA VERTICAL 1 / 100

PROYECTO:
"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

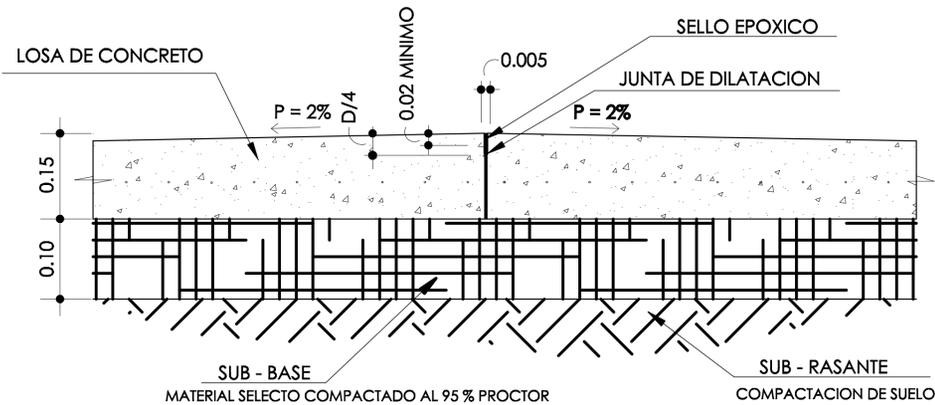
CONTIENE: **PLANTA - PERFIL**

ESCALA: INDICADA DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL FECHA: NOVIEMBRE / 2008

LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN.

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. V.Bo. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN, ALCALDE MUNICIPAL

32
33



DETALLE DE JUNTA DE DILATACIÓN

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RIGIDO

CONCRETO:
EL CONCRETO DEBE SER CLASE 28 (4,000) CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 psi (AASHTO T-22, ASTM C39) Y UNA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE 650 psi (AASHTO T-97, ASTM C78) ENSAYADOS A LOS 28 DÍAS. DEBERA COLOCARSE A UNA TEMPERATURA DE 20+-10°C. DEBERA TENER UN ASENTAMIENTO DE 40+-20mm (AASHTO T-119) Y UNA RELACIÓN AGUA-CEMENTO MÁXIMA DE 0.49

AGREGADO FINO:

DEBE DE ESTAR LIMPIO, SAND, ADECUADAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA QUE PUEDAN REDUCIR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. SE EMPLEARA ARENA NATURAL O DE TRITURACIÓN, COMPUESTA DE PARTÍCULAS DURAS Y DURABLES DE ACUERDO A AASHTO M6.

AGREGADO GRUESO:

DEBE CONSISTIR EN GRAVA O PIEDRA TRITURADA, PROCESADA ADECUADAMENTE PARA TOMAR UN AGREGADO CLASIFICADO QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE AASHTO M-80. EL AGREGADO GRUESO A UTILIZAR VA A SER DE 1½ DADO QUE ES BASTANTE RESISTENTE AL DESGASTE, Y POR ESO ES UTILIZADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.

MATERIAL SELECTO:

LA MÁXIMA DIMENSIÓN DE CUALQUIER PARTICULA CONTENIDA EN EL MATERIAL Y QUE NO SEA POSIBLE DESINTEGRAR CON EL EQUIPO DE CONFORMACION DE COMPACTACION NO DEBERA SER MAYOR A 1/3 DEL ESPESOR ESPECIFICADO EN LA SUB-BASE.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN:

SON JUNTAS PARALELAS AL EJE LONGITUDINAL DEL PAVIMENTO ESTAS JUNTAS SE COLOCARAN PARA PREVENIR LA FORMACION DE GRIETAS LONGITUDINALES. LAS CUALES SE REALIZARAN DE FORMA MECANICA. LA PROFUNDIDAD DE LA RANURA SUPERIOR DE ESTA JUNTA, NO DEBE SER INFERIOR DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN:

TIENEN POR OBJETO EL EVITAR EL AGRIETAMIENTO DEBIDO AL ESFUERZO QUE SE PROVOCA POR LA CONTRACCION Y ALABEO DE LAS LOSAS. LA RANURA DE LA JUNTA DEBE POR LO MENOS TENER UNA PROFUNDIDAD DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE BANQUETA DE CONCRETO:

EN EL CONCRETO SE VA A UTILIZAR CEMENTO DE 2,000 psi Y EL CONCRETO POR MEDIO DE LA RELACION 1:2.5:3 VA A LLEGAR A UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 2,000 psi EN 28 DIAS.

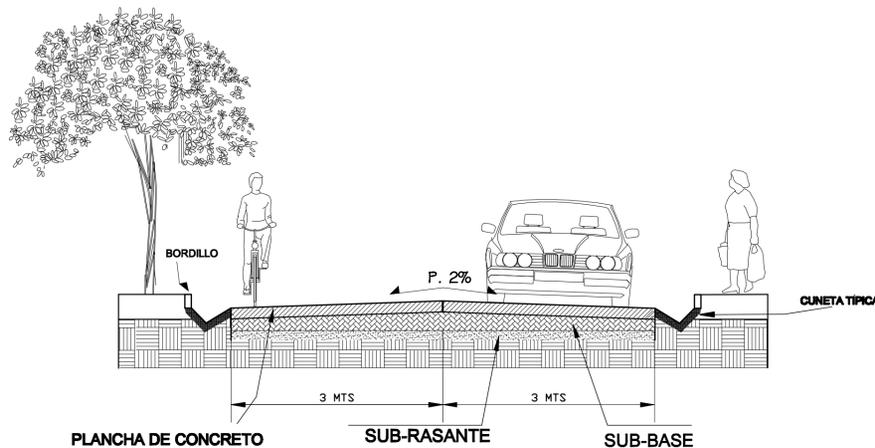
ESPECIFICACIONES DE BORDILLO Y CUNETAS:

EN EL CONCRETO SE VA A UTILIZAR CEMENTO DE 3,000 psi Y EL CONCRETO POR MEDIO DE LA RELACION 1:2:2 VA A LLEGAR A UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 3,000 psi EN 28 DIAS.

NOTA:

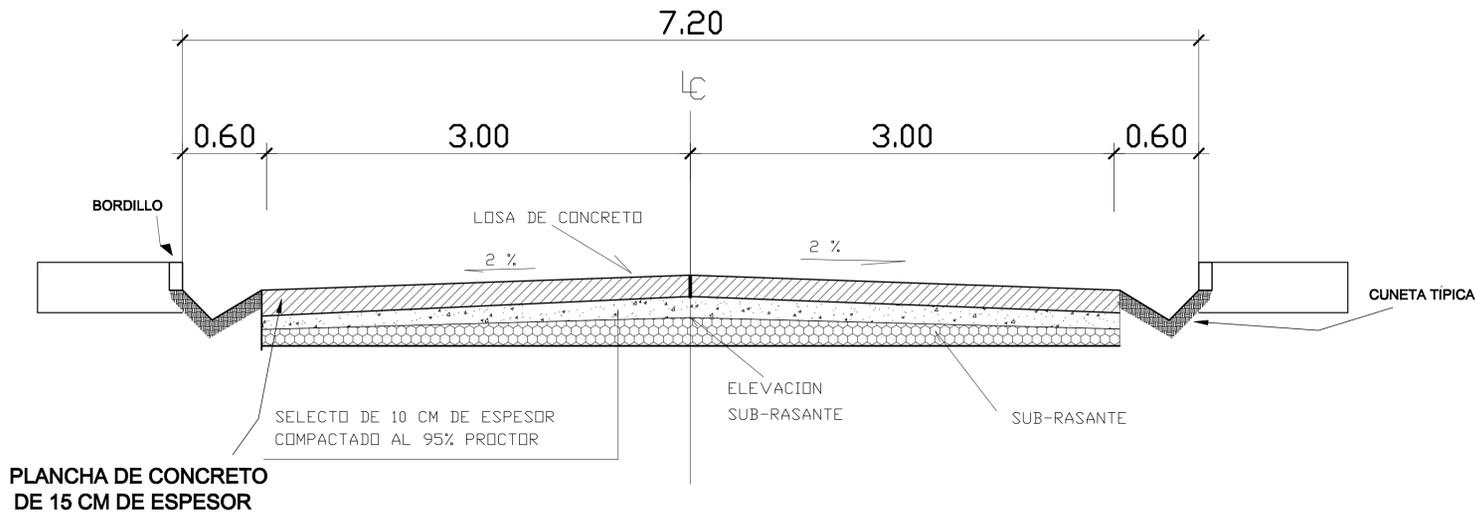
EL PAVIMENTO SERA RIGIDO DE CONCRETO. EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 15 cm. Y SE COLOCARA SOBRE UNA BASE DE MATERIAL SELECTO EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 10 cm. SE COLOCARA UNA CUNETA A LO LARGO DEL PAVIMENTO, ESTA CUNETA SERA DE CONCRETO FUNDIDO INSITU. TENDRA UNA DIMENSION DE 60 X 15 cm LA CUAL CONTARA CON TOPES PARA QUITAR PRESION AL AGUA PLUVIAL QUE SE TRANSPORTARA DEBIDO A LA PENDIENTE NATURAL DEL TERRENO. SE COLOCARAN BORDILLOS SEGUIDOS DE LAS CUNETAS PARA DIVIDIR EL PASO VEHICULAR Y PEATONAL, ESTE BORDILLO SERVIRA DE REFERENCIA PARA LA ELABORACION DE LAS BANQUETAS. LA TUBERIA EXISTENTE DE CONDUCCION EN LOS PASOS DE AGUA EN ESQUINA SON TUBOS DE CEMENTO DE 18" DE DIAMETRO.

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN



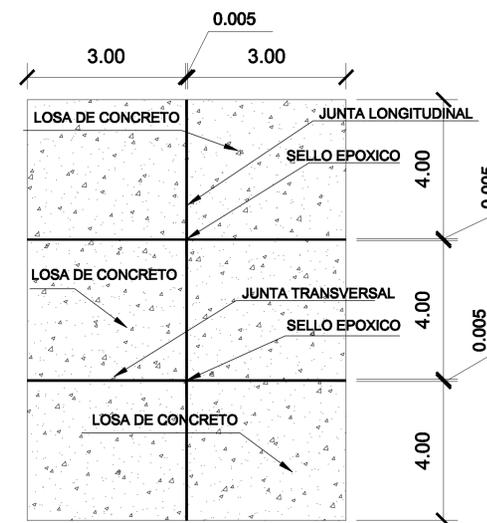
DETALLE DE GABARITO

ESCALA HORIZONTAL 1 / 50



SECCIÓN TÍPICA

ESCALA HORIZONTAL 1 / 25



PLANTA DE PLANCHAS DE CONCRETO

| | | | |
|---|--|--|--|
| PROYECTO: "DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE CALLES PARA EL BARRIO PLAYA BLANCA EN EL MUNICIPIO DE SAN BENITO, PETÉN" | | | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | | |
| CONTIENE: DETALLES | | 33 33 | |
| ESCALA: INGENIERIA | DISEÑO: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | FECHA: NOVIEMBRE / 2008 | |
| LUGAR: BARRIO "PLAYA BLANCA", SAN BENITO, PETÉN. | TOPOGRAFIA: JORGE MAURICIO PONTAZA PIVARAL | ASESOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ | PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN BENITO, PETÉN. |
| ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ ASESOR, SUPERVISOR DE E.P.B. | | Vc. Sr. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARROQUÍN. ALCALDE MUNICIPAL | |