



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

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA  
COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO  
DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA,  
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

**Leonardo Roselino Revolorio Lázaro**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA  
COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO  
DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA,  
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.**

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

POR

**LEONARDO ROSELINO REVOLORIO LÁZARO**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

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 Leon  
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón  
VOCAL IV: Br. José Miltón De León Bran  
VOCAL V: Br. Isaac Sultan Megía  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
EXAMINADOR: Ing. Alejandro Castañón López  
EXAMINADOR: Ing. Juan Merck Cos  
EXAMINADOR: Ing. Ángel Roberto Sic García  
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:

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA  
COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA  
CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA,  
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 08 de noviembre de 2006.

Leonardo Roselino Revolorio Lázaro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 6 de noviembre de 2008.  
Ref.EPS.D.1006.11.08.

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

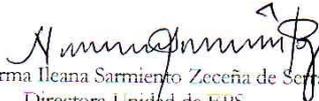
Estimado Ingeniero Samuels Milson.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RIO, ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Leonardo Roselino Revolorio Lázaro**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ingeniero Angel Roberto Sic Garcia**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Soriano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 6 de noviembre de 2008.  
Ref.EPS.D.1006.11.08.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Leonardo Roselino Revolorio Lázaro** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199911058**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RIO, ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

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



c.c. Archivo  
ARSG/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
6 de noviembre de 2008

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 **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO, ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Leonardo Reselino Revolorio Lázaro, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
13 de noviembre de 2008

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 **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Leonardo Roselino Revolorio Lázaro, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Leonardo Roselino Revolorio Lázaro, titulado PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2008.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.471.08

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PRADOS DEL RIO, ESCUINTLA Y DEL TRAMO CARRETERO DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA, DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario, Leonardo Roselino Revolorio Lázaro, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Rosales  
Decano



Guatemala, noviembre de 2008

/cc  
cc. archivo

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **Dios Todopoderoso:**

Por haberme dado la vida y el privilegio de finalizar mi carrera.

### **Mis padres:**

Por su gran apoyo y sacrificios que me brindaron durante mi carrera

### **Los ingenieros:**

Ángel Roberto Sic García, Manuel Alfredo Arrivillaga, por el apoyo técnico brindado y su valiosa asesoría en el presente trabajo de graduación

**ACTO QUE DEDICO A:**

**Mis padres**

Horacio Revolorio D. E. P.  
Paula V. Avelarde Ángel

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Todos mis familiares y amigos que siempre me apoyaron.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

### 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar	1
1.1.1 Aspectos históricos	1
1.1.1.1 Origen del nombre	1
1.1.2. Aspectos físicos	2
1.1.2.1. Extensión territorial	2
1.1.2.2 Ubicación geográfica	2
1.1.2.3 Distancia relativa	3
1.1.2.4 Colindancias	3
1.1.2.5 Clima	4
1.1.2.6 Actividades económicas	5
1.1.3 Servicios	6
1.1.3.1 Vías de acceso	6
1.1.3.2 Agua potable	6
1.1.3.3 Drenaje.	7
1.1.3.4 Centros educativos	7
1.1.3.5 Centros de salud.	8
1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio	9

1.2.1. Descripción de las necesidades	9
1.2.2. Justificación social	9
1.2.3. Justificación económica	10
1.2.3.1 Priorización de las necesidades	10

## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

<b>2.1. Diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Prados del Río</b>	<b>11</b>
2.1.1. Descripción del proyecto	11
2.1.2. Reconocimiento del lugar	11
2.1.3. Fuente de agua	12
2.1.4. Aforo de la fuente	12
2.1.5. Análisis de calidad del agua de la fuente	13
2.1.6. Levantamiento topográfico	13
2.1.6.1. Planimetría	14
2.1.6.2. Altimetría	14
2.1.7. Cálculo y dibujo topográfico	15
2.1.8. Diseño hidráulico	15
2.1.8.1. Período de diseño	15
2.1.8.1.1. Factores de diseño	18
2.1.8.1.2. Factor de hora máximo (FHM)	18
2.1.8.1.3. Factor de día máximo (FDM)	19
2.1.8.2. Población	19
2.1.8.3. Dotación de agua	21
2.1.8.4. Bases de diseño	23
2.1.8.5. Línea de conducción 1	24
2.1.8.5.1. Línea de conducción 2	33

2.1.8.6 .Tanque de distribución	38
2.1.8.7. Sistema de desinfección	39
2.1.8.8. Conexiones domiciliarias	42
2.1.8.9. Red de distribución	43
2.1.8.10. Programa de operación y mantenimiento	49
2.1.8.11. Cálculo de tarifa	51
2.1.9. Evaluación de impacto ambiental	55
2.1.10. Elaboración de planos	60
2.1.11. Evaluación económica	60
2.1.11.1. Valor presente neto	61
2.1.11.2. Tasa Interna de Retorno	64
2.1.12. Presupuesto del proyecto	66
2.1.13. Cronograma de ejecución	71

<b>3. DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA</b>	<b>73</b>
3.1. Descripción del proyecto	73
3.2 .Reconocimiento del lugar	73
3.3. Análisis de tránsito en la carretera	74
3.3.1. Vehículos de diseño	74
3.3.2. Los volúmenes de tránsito	77
3.3.3. El tránsito promedio anual (TPDA)	78
3.4. Las velocidades	79
3.4.1. Velocidad de operación	80
3.4.2. Velocidad de diseño	80
3.4.3. Velocidad de ruedo	82
3.5. Teoría sobre pavimentos	83

3.5.1. Generalidades	83
3.5.2. Definición de pavimentos	84
3.5.3. Tipos de pavimentos	84
3.5.3.1. Pavimento flexible	84
3.5.3.2. Pavimento rígido	86
3.5.3.3. Tipos de pavimentos rígidos	87
3.6. Elementos estructurales de los pavimentos	87
3.6.1. Sub-rasante	87
3.6.2. Sub-base	89
3.6.3. Sub-base estabilizada	92
3.7. Base	97
3.7.1. Base de grava o piedra triturada	98
3.7.2. Base granular	102
3.7.3. Base estabilizada con cemento	102
3.7.4. Base negra	102
3.8. Capa de rodadura	103
3.8.1. Capa de desgaste	103
3.8.2. Superficie rasante	103
3.8.3. Determinación de las propiedades del suelo	104
3.8.3.1. Generalidades	104
3.8.3.2. Características físicas de los suelos	104
3.8.3.3. Capacidad de carga de los suelos	106
3.8.3.4. Ensayo de laboratorio de suelos	108
3.8.3.4.1. Ensayo de contenido de humedad	109
3.8.3.4.2. Análisis granulométrico	109
3.9. Límites de consistencia	111
3.9.1. Límite líquido (Ll)	111
3.9.2. Límite plástico (Lp)	112
3.9.3. Índice de plasticidad (Ip)	113

3.9.4. Ensayo del peso unitario de densidad	113
3.9.5. Ensayo y compactación o proctor modificado	114
3.9.6. Ensayo de California (CBR)	114
3.9.7. Análisis de resultados	116
3.10. Sistema de drenaje pluvial para una carretera	117
3.10.1. Alcantarillas	117
3.10.2. Cunetas	118
3.10.3. Contra cunetas	118
3.10.4. Bombeo	119
3.10.5. Pendiente longitudinal	119
3.10.6. Drenaje superficial de carreteras	119
3.10.6.1. Estudio hidrológico	120
3.10.6.2. Precipitación pluvial	120
3.10.6.3. Escurrimiento superficial	120
3.11. Determinación y estudio del área de drenaje	122
3.11.1. Método de Talbot	123
3.11.2. Método Racional	126
3.12. Estudio hidráulico	128
3.12.1. Fórmula de Mannign	129
3.12.2. Fórmula de Chézy	131
3.12.3. Fórmula de Kutter	132
3.13. Determinación de los factores de diseño utilizado en el tramo carretero de la calzada Centro América	134
3.13.1. Memoria e informe técnico	135
3.13.2. Evaluación de impacto ambiental	136
3.13.3. Medidas de mitigación para construcción	137
3.13.4. Medidas de mitigación para operación y Mantenimiento	139
3.14. Maquinaria a utilizar en el proyecto	139

3.15. Planos	142
3.16. Presupuesto del proyecto	142
3.17. Cronograma de ejecución	146
<b>CONCLUSIONES</b>	147
<b>RECOMENDACIONES</b>	149
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	151
<b>ANEXO</b>	153

## ÍNDICE DE ILUSTACIONES

### FIGURAS

1	Mapa de ubicación del municipio de Escuintla.	4
2	Diagrama de flujo	63

### TABLAS

I	Período de diseño	17
II	Dotaciones	22
III	Red de distribución de agua potable de Prados del Río	46
IV	Continuación red de distribución de agua potable de Prados del Río	47
V	Presiones en los puntos de consumo de la red de distribución	48
VI	Presupuesto de la red de distribución de Prados del Río	66
VII	Resumen de los costos unitarios de la red de agua potable	71
VIII	Cronograma de ejecución	72
IX	Cronograma de inversión	72
X	Dimensiones de los vehículos de diseño	76
XI	Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño	77
XII	Porcentaje por peso retenido en los tamices	94
XIII	Graduación de la granza	95
XIV	Tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación para el material bituminoso a utilizarse como estabilizador	97

XV	Tipos de graduación para material de capa de base de grava o piedra triturada	99
XVI	Valores mínimos de C. B. R.	116
XV	Coeficiente c del terreno drenado	125
XVI	Coeficiente de rugosidad de Manning	130
XVII	Rangos estimados en porcentajes de vehículos pesados	
XVIII	y promedios de pesos brutos que podrían emplearse	138
XIX	Porcentaje total de vehículos pesados en le carril de diseño	138
XX	Factores de ajuste al numero de transito inicial (NTI)	139
XXI	Presupuesto del tramo carretero avenida Centro América	149
XXII	Cronograma de ejecución	152
XXIII	Cronograma de inversión	152

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>CDT</b>	Carga dinámica total
<b>C.B.R.</b>	Ensayo de razón soporte California
<b>C.S.U.</b>	Clasificación sistema unificado
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetros cuadrados
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetros cúbicos
<b>Cc</b>	Concentración de cloro al 65%
<b>Ct</b>	Costo de tratamiento
<b>Ca</b>	Costo de administración
<b>Cr</b>	Costo de reserva
<b>Co</b>	Costo de operación
<b>Cm</b>	Costo de mantenimiento
<b>Dimp</b>	Diámetro de impulsión
<b>D</b>	Diámetro interno de la tubería en (cm)
<b>e</b>	Eficiencia
<b>E</b>	Estación
<b>Et</b>	Módulo de elasticidad del material en (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Ea</b>	Módulo de elasticidad del agua (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>F</b>	Valor futuro de la inversión
<b>FH</b>	Factor de Harmond

<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>h</b>	Sobre presión por golpe de ariete (m)
<b>hab</b>	Habitantes
<b>Hfs</b>	Pérdidas por succión en (m/s)
<b>Hfi</b>	Pérdidas por impulsión en (m/s)
<b>Hfvel</b>	Pérdidas por velocidad en (m/s)
<b>Hfmen</b>	Pérdidas menores en (m/s)
<b>HP</b>	Caballos de fuerza
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>i</b>	Taza de interés ponderado
<b>I.P.</b>	Índice plástico
<b>L</b>	Longitud del tramo en metros
<b>L.L.</b>	Límite líquido
<b>L.P.</b>	Límite plástico
<b>L/hab/día</b>	Litros habitante día (l/s)
<b>mm</b>	Milímetros
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>mca</b>	Metros columna de agua
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo

<b>Nc</b>	Número de conexiones domiciliarias
<b>NTI</b>	Número de transito inicial
<b>NTD</b>	Número de transito diario
<b>P</b>	Período de diseño
<b>Pf</b>	Población futura
<b>Pac</b>	Población actual
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>P. U.</b>	Precio unitario
<b>Pj</b>	Pago de jornalero por día
<b>Pot</b>	Potencia de la bomba
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo rígido
<b>Qm</b>	Caudal medio diario en (l/s)
<b>QDM</b>	Caudal día máximo en (l/s)
<b>QHM</b>	Caudal hora máximo en (l/s)
<b>Qb</b>	Caudal de Bombeo en (l/s)
<b>Q</b>	Signo de moneda quetzal
<b>Rac</b>	Relación agua cloro en una parte por millar
<b>S</b>	Segundo
<b>t</b>	Tiempo de concentración en minutos
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>TPDA</b>	Transito promedio diario anual
<b>V</b>	Velocidad del fluido en (m/s)

<b>v</b>	Velocidad del agua en la tubería (m/s)
<b>Vol</b>	Volumen del tanque de distribución
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b><math>\Delta q</math></b>	Factor de corrección del caudal

## GLOSARIO

<b>Azimut</b>	Ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. Este se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
<b>Accesorios</b>	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, como por ejemplo, codos, niples, tees, coplas, etc.
<b>Aforo</b>	Es la medición de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Es el agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos del ser humano.
<b>Análisis químico</b>	Examinar el agua con los elementos que los constituyen con el propósito de establecer un diagnóstico de pureza.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que consiste en hacer mediciones de alturas.
<b>Banco de marca</b>	Punto en la altimetría, cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
<b>Bases de diseño</b>	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño; como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.

<b>Bombeo</b>	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
<b>Carril</b>	Superficie de rodamiento, que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
<b>Caudal</b>	Cantidad de un agua que fluye en un determinado lugar por unidad de tiempo
<b>Compactación del suelo</b>	Es la fase que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte de cargas.
<b>Contaminación</b>	Es la alteración irreversible de la materia, que no es posible regresar a su estado original.
<b>Consumo</b>	Volumen de agua que es utilizado por el ser humano. Depende de una serie de serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece, por lo que varía de una población a otra.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce el agua desde la línea principal a la parte del interior de la vivienda, hasta la grifo.
<b>Cuneta</b>	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.

<b>Curva circular Simple</b>	Es un arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.
<b>Desinfección</b>	Acción y efecto de desinfectar una cosa, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
<b>Especificaciones</b>	Normas que rigen el diseño geométrico de las carreteras y el de agua.
<b>Fórmula de Manning</b>	Fórmula para determina la velocidad de un flujo en un canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
<b>Factor de hora máximo</b>	El número de veces que se incrementa el caudal medio diario para satisfacer la demanda en las horas de mayor consumo.
<b>Factor de día máximo</b>	Este se define como la relación que existe entre el valor de consumo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año.

<b>Golpe de ariete</b>	Son ondas de presión generadas en un sistema de tuberías por un cambio de velocidad por el líquido en movimiento.
<b>Grado máximo de curvatura</b>	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva a usarse. Éste debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.
<b>Impureza</b>	Es la mezcla de sustancias extrañas a un cuerpo o materia. Materia que, en una sustancia, deteriora algunas de sus funciones.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que consiste en hacer mediciones horizontales de una superficie.
<b>Presión</b>	Es la carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa como la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
<b>Sedimento</b>	Partículas que, habiendo estado suspendidas en un líquido, se posan en el fondo por la acción de la gravedad.
<b>Sección típica</b>	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes y componentes de una carretera.
<b>Superficie de rodadura</b>	Área designada a la circulación de vehículos.

<b>Tanque</b>	Es una estructura de gran tamaño, normalmente cerrado, que se utiliza para contener líquidos o gases.
<b>Talud</b>	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica; que delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.
<b>Terracería</b>	Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.
<b>Topografía</b>	Es la parte de la geodesia que tiene por objetivo representar el terreno sobre papel de la manera más exacta posible. Las representaciones graficas de un terreno se llaman planos topografía.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la ONG Pan Internacional INC. En el departamento de Escuintla. En la cabecera municipal se realizó un diagnóstico de las necesidades existentes de las cuales se procedió a clasificar las de mayor prioridad.

Entre estas están la planificación y diseño del sistema de agua potable para la comunidad Prados del Río y de la ampliación del tramo carretero de la calzada Centro América, del municipio de Escuintla.

El informe siguiente presenta la solución, planificación y diseño de los proyectos antes mencionados, para lo cual el estudiante de Ingeniería tiene la preparación y además es asesorado por el departamento del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, logrando de esta manera proyectar la labor social del estudiante hacia el pueblo de Guatemala.



## **OBJETIVOS**

### **Generales**

1. Planificar y diseñar el sistema de agua potable para la comunidad Prados del Río, Escuintla. Contribuyendo así de esta manera a mejorar su nivel de vida de la población.
2. Diseñar el tramo carretero de la avenida Centro América del municipio de Escuintla, con esto se contribuirá a desarrollar la cabecera municipal del departamento de Escuintla.

### **Específicos:**

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de servicios básicos e infraestructura de la cabecera departamental de Escuintla.
2. Capacitar a los miembros del comité comunitario de desarrollo, de las comunidades sobre conocimientos técnicos de los sistemas de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Escuintla del departamento de Escuintla. El departamento de Escuintla está ubicado en el extremo sur de la república de Guatemala, en el litoral del Pacífico y dista de la capital de la república, (ciudad de Guatemala) cincuenta y seis (56) kilómetros sobre vía totalmente asfaltada, que es la carretera internacional del Pacífico, Ruta C-A-9.

En la cabecera municipal, se realizó un diagnóstico de las necesidades existentes de las cuales se procedió a clasificar las de mayor prioridad.

Entre estas están la planificación y diseño del sistema de agua potable para la comunidad Prados del Río y del tramo carretero de la calzada Centro América, del municipio de Escuintla.

El informe siguiente presenta la solución, planificación y diseño de los proyectos antes mencionados, para lo cual el estudiante de ingeniería tiene la preparación y además es asesorado por el departamento del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, logrando de esta manera que se proyecte la labor social hacia el pueblo.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía de la cabecera municipal de Escuintla**

### **1.1.1 Aspectos históricos**

La antigua ITZCUINTLAN, capital de IZQUINTEPEQUE, asiento del señorío PIPIL, fue un rico e importante territorio en la época pre-colonial. Su conquista y su misión solo fueron posibles cuando ya los españoles, preocupados por la brava resistencia de los Pipiles, decidieron incendiar sus poblaciones y cultivos, obligándolos de esta manera a su rendición a los dominós de su Majestad Don Carlos, Rey de España; allá por el año de 1527.

Al decretarse la primera construcción política del Estado de Guatemala el 11 de octubre de 1825, fue reconocida la “POBLACIÓN DE ESCUINTLA”, la cual fue luego elevada a la categoría de Villa el 12 de noviembre de 1825 y más tarde, el 19 de febrero de 1887 elevada a la categoría de ciudad.

#### **1.1.1.1 Origen del nombre**

Decir Escuintla es evocar una tierra plena de palmeras, golondrinas, costas, playas, ceibas, conacastes y cabezas colosales de la Democracia, que

guardan una de las grandes incógnitas de nuestras raíces culturales. El nombre de esta pujante tierra, recuerda la antigua contracción “IZCUINTEPEQUE”. Que se traduce como “Cerro de los Perros”.

Durante el período precolombino este lugar estaba lleno de tepezcuintles que es un animal parecido al perro, que era engordado, para consumir su carne.

## **1.1.2 Aspectos físicos**

### **1.1.2.1 Extensión territorial**

El municipio de Escuintla pertenece al departamento del mismo nombre, cuenta con una extensión territorial de trescientos treinta (330) kilómetros cuadrados.

### **1.1.2.2 Ubicación geográfica**

El municipio de Escuintla, sede de la cabecera departamental está ubicado hacia, el norte del departamento.

### **1.1.2.3 Distancia relativa**

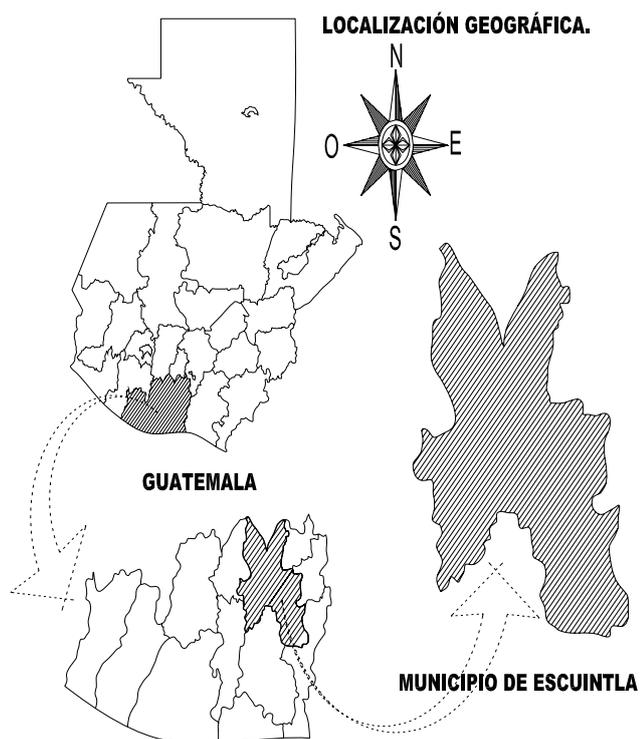
El departamento de Escuintla está ubicado en el extremo sur de la república de Guatemala, en el litoral del pacífico y dista de la capital de la república, (ciudad de Guatemala) cincuenta y seis (56) kilómetros sobre vía totalmente asfaltada, que es la carretera internacional del Pacífico, Ruta CA-9

### **1.1.2.4 Colindancias**

El municipio de Escuintla, sede de la cabecera departamental está ubicado al norte del departamento. Su extensión territorial es de trescientos treinta (330) kilómetros cuadrados, con los siguientes límites:

- Al Norte, los municipios de Alotenango, (departamento de Sacatepéquez), Yepocapa (departamento de Chimaltenango) y Palín, de Escuintla.
- Al Este, el municipio de Guanagazapa del departamento de Escuintla.
- Al Oeste, los municipios de Siquinalá y Santa Lucia Cotzumalguapa, ambos del departamento de Escuintla.
- Al Sur, los municipios de Masagua y de La Democracia (Escuintla).

**Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Escuintla.**



### **1.1.2.6 Clima**

El municipio de Escuintla cuenta con un clima cálido en la mayor parte de este departamento, registrando temperaturas de 26/30 grados centígrados; a excepción de los municipios de Palín, San Vicente Pacaya y la parte alta de Guanagazapa, con temperaturas de 18/24 grados centígrado.

### **1.1.2.7 Actividades económicas**

Funcionan en esta jurisdicción varias plantas industriales de gran importancia. La mayoría aprovecha materias primas propias de la región entre éstas, PROAGRO (Productos Agroindustriales, S. A.) Elaboración de aceites y grasas vegetales; Industrias de Escuintla S. A. (IODESA), también elaboradora de aceites y grasas vegetales; la fabrica de jabones y detergentes KONG HERMANOS; ingenios azucareros SANTA ANA, SAN DIEGO, CONCEPCION, MADRE VIEJA, todos estos de alta producción, pues como es sabido el municipio de Escuintla es el mayor productor del país.

Funcionan además varios beneficios de café, aserraderos, (Santizo y del Sur) una fábrica de capas de hule, la planta destazadora y varias fabricas de artículos de cemento y numerosas industrias pequeñas y talleres de artesanía y otros.

Recuento anterior se infiere la importancia que tiene la INDUSTRIA en la economía de este municipio, máxime que muchas de estas son industrias integrales cuyo beneficio económico es mayor.

El turismo es un importante factor, gracias al atractivo natural y a los pintorescos y modernos balnearios con que cuenta este lugar.

### **1.1.3 Servicios**

#### **1.1.3.1 Vías de acceso**

Existe carretera totalmente asfaltada que conduce de la ciudad capital hacia la cabecera municipal, por la ruta internacional hacia el Pacífico CA-9. Se puede ingresar al municipio por la carretera antigua o por la autopista Palin-Escuintla. Asimismo la zona cuenta con caminos de tercería que de la cabecera municipal conducen hacia las distintas aldeas, los cuales son transitables, tanto en época de verano como de invierno.

#### **1.1.3.2 Agua potable**

Este servicio tiene una cobertura de 86,678 usuarios en el área urbana aunque posee grandes dificultades ya que en época de verano tiende a escasear. Por eso se ha visto la necesidad de racionar la designación del vital líquido.

En la mayoría de comunidades de Escuintla poseen servicio de agua potable entubada, con servicios proporcionados por medio de extracción de pozo mecánico o bien por gravedad.

Para el área rural, el servicio de agua potable entubada está cubierto con un total de 33,219 usuarios.

Se puede mencionar que el servicio en su mayoría es deficiente a causa que se ha agotado el tiempo de vida útil de los proyectos por el crecimiento poblacional y por deterioro debido a desastres naturales.

### **1.1.3.3 Drenaje**

Este servicio es prestado por la municipalidad para la mayoría de comunidades del municipio de Escuintla, la cual atiende aproximadamente a 125,999 de usuarios.

En el municipio, no se cuenta con planta de tratamiento para destinar las aguas servidas.

### **1.1.3.4 Centros educativos**

La educación formal del municipio esta constituida de la siguiente forma:

- Escuelas Nacionales de instrucción pre-primaria
- Escuelas Nacionales de instrucción primaria

- Colegios Privados
- Instituto Nacional de Estudios Básicos
- Instituto Nacional de Ciencias Comerciales para Diversificado
- Centro Universitario CUNSUR para estudios superiores
- Centro Universitario Galileo
- Centro Universitario Rafael Landívar
- Centro Universitario Mariano Galvez.

#### **1.1.3.5 Centro de salud**

El municipio de Escuintla cuenta con un centro de salud que presta atención de lunes a viernes de 8:00 a 17:00 horas. También con el Hospital Nacional de Escuintla el cual presta servicio de consulta externa, medicina en general de lunes a viernes en horario de 8:00 a 17:00 horas, emergencias las 24 horas todo el año.

Además, tiene varios centros de convergencia que prestan servicios para campañas de vacunación materno-infantil en varias comunidades del municipio.

Con respecto a las clínicas medicas, el municipio cuenta con varias de estas que prestan los servicios en diferentes especialidades.

## **1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicios**

### **1.2.1 Descripción de las necesidades**

Por medio de entrevistas realizadas por el epesista a representantes de las diferentes comunidades y de realizar una evaluación personal de las condiciones en las que se encuentran muchas comunidades, se pudo constatar que las necesidades circulaban en torno a dificultades con el servicio de agua potable, salud, drenajes, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, mejoramiento de calles.

### **1.2.2 Justificación social**

El diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Prados del Río, municipio de Escuintla, departamento de Escuintla, tiene como beneficiarios a toda la comunidad que tiene alrededor de 3,550 personas en la actualidad, y el proyecto posee un período de vida útil de 21 años, esto quiere decir que en un futuro beneficiara a alrededor de 7,864 personas.

El diseño de la ampliación de la calzada Centro América del municipio de Escuintla beneficiará a la mayoría de la población porque los carriles actuales ya no soportan el flujo vehicular que circula por tan importante tramo carretero. El tramo de diseño tiene un período de vida útil de 20 años.

### **1.2.3 Justificación económica**

El diseño de la introducción del sistema de agua potable de la comunidad Prados del Río del municipio de Escuintla tiene como finalidad ser auto sustentable a través del cobro por el servicio, esto se logra por medio de la colocación de contadores que regularicen el servicio de esta manera se determina una cota razonable.

El diseño de la ampliación de la calzada Centro América del municipio de Escuintla es un proyecto que surgió ya que los dos carriles actuales ya no cubren el flujo vehicular que circula por tan importante tramo carretero, de tal manera se llegó a la conclusión de ampliar dicho tramo a cuatro carriles, logrando de esta manera un ahorro de tiempo que se verá reflejado monetariamente en el costo.

#### **1.2.3.1 Priorización de las necesidades**

Considerando la situación de la cabecera departamental de Escuintla y al momento de realizar el EPS., se llegó a concluir que era importante el diseño y planificación del sistema de introducción de agua potable de la comunidad Prados del Río, así también el diseño y planificación de la ampliación del tramo carretero de la calzada Centro América, dando de esta manera un enfoque como proyecto de tesis.

## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1 Diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Prados del Río**

#### **2.1.1 Descripción del proyecto**

La planificación y diseño del sistema de agua potable de Prados del Río, se debe a que el actual sistema a red abierta no cumple con su objetivo de abastecer a la totalidad de población para la comunidad en mención. El nuevo sistema contará con una red cerrada que si cumpla con el objetivo de abastecer a la población, esta red será diseñada por el método de Hardy Cross, y contará con sistema de desinfección, así como un programa de mantenimiento y operaron del mismo.

#### **2.1.2 Reconocimiento del lugar**

La comunidad de Prados del Río, se localiza a 4 kilómetros de la cabecera del departamento de Escuintla. Tiene una extensión territorial de 1.5 kilómetros cuadrados. Colinda al norte con el camino a la finca el Salto y Río Michatoya, departamento de Escuintla; al sureste con ciudad de Escuintla; al oeste con la lotificación San Jorge y Cerro de Paja, departamento de Escuintla; y al sur, Finca Cañera y Granjas de la Colonia Voladores. Dicha comunidad esta situada a 346 metros sobre el

nivel del mar. Es accesible en todo momento ya que cuenta con camino asfaltado; incluyendo su entrada principal, la cual consiste en una calzada de dos vías. Las calles de la comunidad son de tercería.

### **2.1.3 Fuente de agua**

Para consumo humano solo existen dos tipos de fuentes de agua, fuentes superficiales, tales como los lagos, ríos y captación de agua de lluvia y fuentes subterráneas, las cuales incluyen pozos, galerías horizontales y manantiales.

Para dotar a la comunidad Prados del Río del agua potable, se hará por medio de un pozo mecánico el cual esta ubicado en la misma comunidad.

### **2.1.4 Aforo de la fuente**

Es el medio por el cual se hace la medición del caudal que determinada fuente provee.

Este es un procedimiento necesario porque de esta manera se verificará que la fuente tendrá la capacidad de abastecer a la población durante el período para el cual se diseñará el sistema, el que se utilizó

para el presente proyecto fue el volumétrico, y se realizó en época de verano. Este consiste en determinar el tiempo en que se llena un recipiente de volumen conocido, por medio de la fórmula:

$$CAUDAL = \left( \frac{VOLUMEN}{TIEMPO} \right) \quad [1]$$

Para la fuente del presente caso se realizó un aforo cuyo dato se presenta a continuación:

$$AFORO : Q \approx 18.48 \text{ l/s}$$

### **2.1.5 Análisis de calidad de agua de la fuente**

El análisis se encuentra en el anexo, al final del trabajo de graduación, en el cual se detallan los resultados de un análisis fisicoquímico y un análisis bacteriológico; los cuales indican que el agua de la fuente es apta para el consumo humano.

### **2.1.6 Levantamiento topográfico**

Al efectuar el levantamiento en las diferentes avenidas y calles de dicha comunidad se efectuaron secciones transversales con el objetivo de identificar la topografía en el lugar.

En el levantamiento, colaboró la OMP de Escuintla proporcionando el equipo de topográfica de la Municipalidad.

- Humanos: 1 estudiante de E.P.S., 1 estudiante de practica laboral, 1 topógrafo y 1 cadenero.
- Físicos: un equipo de topografía con teodolito, estadal y libreta topográfica.
- Materiales: un bote de pintura en spray, para marcar los puntos o estaciones.

#### **2.1.6.1 Planimetría**

Este levantamiento planimétrico se efectuó como una poligonal abierta, para el efecto se utilizó el método de conservación de azimut con vuelta de campana.

#### **2.1.6.2 Altimetría**

Se realizó la nivelación por el método de taquimetría (lectura de hilos) por medio del teodolito.

### **2.1.7 Cálculo y dibujo topográfico**

Después del trabajo de campo, se procedió al cálculo de la libreta, se realizó el ploteo de las coordenadas topográficas, todo esto dio como resultado la planta de donde se muestran las condiciones topográficas del terreno (ver anexo).

### **2.1.8 Diseño hidráulico**

La línea de conducción será por bombeo, la distribución por gravedad por medio de una red cerrada la cual se calculara utilizando el método de Hardy Cross.

La presión hidrométrica deberá estar comprendida en un intervalo de 10 y 60 metros columna de agua para garantizar un buen diseño.

#### **2.1.8.1 Período de diseño**

Este es el período de tiempo en años para el cual un sistema de abastecimiento de agua entra en servicio hasta sobrepasar la vida útil de diseño.

Es importante también mencionar que los aspectos que intervienen para determinar un período de diseño son:

- Cobertura
- Vida útil de los materiales
- Costos y tasas de interés
- Factibilidad de obtención de financiamiento
- Capacidad de las fuentes
- Comportamiento de la obra en los primeros años
- Población de diseño
- Otros

El buen funcionamiento de todo sistema de abastecimiento de agua potable dependerá de la calidad y durabilidad de los materiales, equipo empleados en la construcción de dicho sistema, ya que están expuestos a condiciones de intemperie como desgaste, corrosión, extracción, etc. Así mismo el mantenimiento que se le proporcione contribuirá a prolongar la vida útil del sistema.

Este período prolongado es diferente para cada tipo de material y equipo instalado ya que en los períodos muy largos las propiedades físicas de los materiales disminuyen haciéndolos vulnerables, de tal manera se hacen insuficientes para cumplir con su labor de tal manera debe diseñarse un sistema escalonado o por etapas en casos especiales, tomando en cuenta todos los aspectos anteriores para brindar un servicio de calidad que si cubra las necesidades de la población.

Según normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales UNEPAR y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se recomiendan los siguientes períodos de diseño:

**Tabla I. Período de diseño**

COMPONENTES	PERÍODO DE DISEÑO
Para fuentes de abastecimiento	20 años
Estaciones de bombeo (equipo)	5 años
Líneas de conducción	20 años
Tanque de almacenamiento	20 años mínimo
Líneas y red de distribución	20 años mínimo
Plantas purificadoras	20 años mínimo

Fuente: Normas generales para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable INFOM 1,979. Pág. 16.

Para el presente caso en estudio y según condiciones previstas se consideró factible un período de 21 años.

#### **2.1.8.1.1 Factores de diseño**

Son parámetros de variación que determinan el grado de seguridad para todo diseño, como se sabe el consumo de agua no es uniforme en todas las horas del día, se puede citar como ejemplo que en las noches es casi nulo y al transcurrir de las horas se va modificando el valor de consumo. En las poblaciones pequeñas es más frecuente esta variación. Es decir que a mayor población, corresponde un factor de hora máximo de menor valor y viceversa, entre estos factores están los siguientes:

#### **2.1.8.1.2 Factor de hora máximo (FHM)**

Es el número de veces que se incrementa el caudal medio diario para satisfacer la demanda en las horas de mayor consumo.

Según la Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales (UNEPAR), y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se tienen los siguientes parámetros:

Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes FHM = 2.0

Para poblaciones menores de 1,000 habitantes FHM = (2.0 a 3.0)

Para el presente caso en estudio se utilizará un factor de hora máximo de 2.

### **2.1.8.1.3 Factor de día máximo**

Este se define como la relación que existe entre el valor de consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año.

Según las instituciones mencionadas anteriormente, se tienen los siguientes parámetros:

Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes FDM = 1.2

Para poblaciones menores de 1,000 habitantes FDM = 1.5

Para el presente caso en estudio se utilizará un factor de día máximo de 1.2.

### **2.1.8.2 Población**

Para estimar la proyección de la población de diseño se aplicó el método o modelo geométrico por ser el que más se ajusta al crecimiento de poblaciones en vías de desarrollo. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

### Método geométrico

$$Pf = Pac * \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^n \quad [ 2 ]$$

donde:

P f = Población futura

Pac = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño en años

La población para el presente caso en estudio se proyectara a 21 años. Para la obtención de la información de Prados del Río se tomara criterios debido a que la información del Instituto Nacional de Estadística (INE), según registros para el área urbana de Escuintla la tasa de crecimiento corresponde a un 1.5%. Para la población actual se tomará el criterio de 5 habitantes por vivienda de esta manera se obtiene según criterio:

$$Pac = 676 * 5 = 3380 \text{ habitantes}$$

$$r = 1.5 \%$$

$$n = 21 \text{ años}$$

$$Pf = 3,380 * \left( 1 + \frac{1.5}{100} \right)^{21} = 4,620.65 \quad [ 2 ]$$

$$Pf = 4,621 \text{ habitantes}$$

### 2.1.8.3 Dotación de agua

Es la estimación del consumo de agua en un día para que una persona cubra sus necesidades personales, se expresa en litros por habitante por día, (l/hab/día).

Esta demanda debe de ser una cantidad adecuada de agua para que la población pueda cubrir sus actividades diarias y varia dependiendo de los hábitos higiénicos, nivel y desarrollo de vida.

Para poder establecer una dotación se deben de tomar en cuenta factores como: clima, tipo de abastecimiento y actividad productiva. De acuerdo con especificaciones de la Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales (UNEPAR) y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), establece que los servicios de conexiones domiciliar con opción a varias unidades o grifos por vivienda, se les calcule la dotación dentro de un parámetro de : 90 a 170 litros por habitante por día.

Según registro de las instituciones mencionadas anteriormente, se establece las siguientes dotaciones por servicio:

**Tabla II. Dotaciones**

TIPO DE SERVICIO	DOTACIÓN
Servicio a llena cantaros	40 a 60 litros
Servicio mixto: llena cantaros-conexiones prediales	60 a 90 litros
Servicio exclusivo: conexiones prediales fuera del domicilio	60 a 120 litros
Servicio de conexiones domiciliarias con opción a varios grifos por vivienda	90 a 170 litros
Servicio de pozo excavado, con bomba de mano	30 litros máximo

Fuente: Normas generales para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable INFOM 1,979. Pág. 15

Para el presente proyecto en estudio y tomando todos estos factores, parámetros y siendo el clima cálido tropical con un caudal por bombeo alto se asume una dotación de 125 litros/ habitante/ día.

#### 2.1.8.4 Bases de diseño

Basándose en factores y parámetros de análisis se tomaron como bases para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Prados del Río, los siguientes datos:

Fuente 1	Pozo 1 Existente
Fuente 2	Pozo 2 Pendiente
Sistema	Bombeo
Aforo	18.94 l/seg
Periodo de diseño	21 años
Tipo de distribución	Conexiones domiciliar
Dotación	125 l/hab/día
Población actual	3,380 habitantes
Población futura	4,621 habitantes
Viviendas actuales	676 viviendas
Habitantes por vivienda	5
Tasa de crecimiento	1.5 %
Caudal medio diario	13.36 l/s (dos pozos)
Caudal día máximo	16.02 l/s
Caudal hora máximo	18.94 l/s
Factor de día máximo	1.2
Factor de hora máximo	2
Factor de gasto	0.015
Presión máxima	35.15 m.c.a.
Presión mínima	24.78 m.c.a.

### 2.1.8.5 Línea de conducción No. 1

Línea de conducción uno ya se encuentra diseñada e instalada por medio de bombeo esta comprende desde el pozo existente hasta el tanque de almacenamiento que está ubicado en la parte más alta del terreno .

- **Caudal medio diario (Qm)**

Es la cantidad de agua consumida por la población durante un día este se calcula por la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{Población futura} * 1 \text{ Dia}}{86,400 \text{ s}} \quad [3]$$

$$Q_m = \frac{125 \text{ l / hab / dia} * 4,621 \text{ hab} * 1}{86,400 \text{ s}}$$

$$Q_m = 6.68 \text{ l / s}$$

- **Caudal de día máximo (QDM)**

Este caudal define como el consumo máximo de agua durante 24 horas, observado en el período de un año, y es el que sirve para diseñar la línea de conducción se calcula de la siguiente fórmula:

$$QDM = Qm * FDM \quad [4]$$

$$QDM = 6.68 \text{ l/s} * 1.2$$

$$QDM = 8.01 \text{ l/s}$$

- **Caudal hora máximo (QHM)**

Este caudal se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día, es el que sirve para diseñar la red de distribución, se calcula por medio de la fórmula:

$$QHM = Qm * FHM \quad [5]$$

$$QHM = 6.68 * 2 \text{ l/s}$$

$$QHM = 13.36 \text{ l/s}$$

- **Caudal de bombeo (Qb)**

Este caudal define como la cantidad de agua a bombear desde el fondo del pozo hasta el tanque de almacenamiento y este varia dependiendo de la cantidad de horas al día que se conectara la bomba, para el presenté proyecto en estudio se conectara durante un período de 12 horas al día. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Qb = \left( \frac{24 \text{ horas}}{Na \text{ horas}} \right) * QDM [6]$$

$$Qb = \left( \frac{24 \text{ horas}}{12 \text{ horas}} \right) * 8.01$$

$$Qb = 16.02 \text{ // s.}$$

- **Velocidad del fluido**

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido para poder determinar si esta se encuentra en los límites permisibles. Es importante porque de esta depende que no se formen sedimentos y no existan desgastes. Según INFOM, la velocidad del líquido en condiciones forzadas,

para que no existan sedimentación o desgastes, está entre 0.3 m/seg como mínimo y 3.0 m/seg como máximo y calcula con la siguiente fórmula:

$$V = 1.974 * \frac{QH M}{(D imp)^2} \quad [8]$$

$$V = 1.974 * \frac{13.36}{(6)^2}$$

$$V = 0.74 \frac{m}{s}$$

Nota:

Para efectos de diseño se tomará el diámetro de fabrica de "6" pulgadas, por economía del proyecto, y por diferencia de altura se usará tubería de PVC de 160 PSI.

- **Diámetro de tubería de impulsión**

Este es el diámetro de tubería que se utilizará para conducir el agua del pozo al tanque de almacenamiento, se calcula con la siguiente fórmula:

$$D_{imp} = \sqrt{\frac{1.974 * Q_{bom}}{Vel}} \quad [7]$$

$$D_{imp} = \sqrt{\frac{1.974 * 16.02}{0.74}}$$

$$D_{imp} = 6.53 \text{ "}$$

- **Integración de pérdidas**

- Pérdidas por altura entre la profundidad del pozo y el sello sanitario

Es la diferencia de altura entre la profundidad del pozo y de donde se coloca el sello sanitario, en nuestro caso es de 55.90 m = hf1

- Pérdidas por altura en la conducción del pozo y la descarga del sello sanitario.

En nuestro caso es la cota del tanque de almacenamiento menos cota sello sanitario es de 6.42 + 15.00 = 21.42m = hf2.

- Pérdidas por fricción en tubería de succión

$$H_f = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(L) * (Q)^{1.85}}{(D)^{4.87} * (C)^{1.85}} \right) \quad [9]$$

donde:

- $H_f$  = Pérdida de carga por fricción en mca
- $L$  = Longitud del tramo en m
- $Q$  = Caudal en l/s
- $D$  = Diámetro de la tubería en pgl
- $C$  = Coeficiente de rugosidad

$$H_{fs} = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(55.90) * (16.02)^{1.85}}{(4)^{4.87} * (100)^{1.85}} \right) = 3.85 \text{ m}$$

- Pérdidas por fricción en tubería de impulsión:

$$H_{fi} = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(125.99) * (16.02)^{1.85}}{(6)^{4.87} * (150)^{1.85}} \right) = 0.56 \text{ m}$$

- Pérdidas por velocidad.

$$H_{f \text{ vel}} = \left( \frac{V^2}{2 * g} \right) \quad [10]$$

donde:

- $V^2$  = Velocidad al cuadrado
- $g$  = Constante gravitacional

$$H_{f \text{ vel}} = \left( \frac{0.74^2}{2 * 9.8} \right) = 0.027 \text{ m} \quad [10]$$

- Pérdidas por accesorios o menores  $K = 8.2$ :

$$Hf \text{ menores} = K * \left( \frac{V^2}{2 * g} \right) = 8.2 * \left( \frac{0.74^2}{2 * 9.8} \right) = 0.22 \text{ m} \quad [11]$$

- Carga dinámica total CDT =  $\sum$  de integración de pérdidas  
 $CDT = hf_1 + hf_2 + hf_s + hf_i + hf_{vel} + hf_{menor}$

$$CDT = 55.90\text{m} + 21.42 \text{ m} + 3.85 \text{ m} + 0.56 \text{ m} + 0.027 \text{ m} + 0.22 \text{ m}$$

$$CDT = 81.79 \text{ m}$$

- **Potencia de la bomba**

La potencia de la bomba, garantiza el buen funcionamiento del sistema ya que es parte importante del rendimiento del sistema y se obtiene de la siguiente manera:

$$Pot = \frac{CDT * Q_b}{76 * e} \quad [12]$$

donde:

$e = \text{eficiencia}$        $e = 0.70 \text{ cte.}$

$$Pot = \frac{81.79 * 16.02}{76 * 0.70} = 24.63 \text{ HP}$$

Para cálculos del proyecto, se tomara la bomba comercial que es de 30 HP que es la que se encuentra instalada.

- **Golpe de ariete:**

El golpe de ariete es una sobre presión que existe en la bomba debido a una honda expansiva que se crea en un instante determinado, en el cual la bomba deja de bombear agua y crea espacios con aire y cierta cantidad de agua se precipita por efecto de la gravedad y llega a la bomba con una gran cantidad de energía que daña la bomba y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$h = \frac{145 * v}{\sqrt{1 + \frac{Ea * D}{Et * e}}} \quad [13]$$

donde:

h = Sobre presión por golpe de ariete (m)

v = Velocidad del agua en la tubería (m/s.)

D = Diámetro interno de la tubería (cm)

e = Espesor de la tubería (cm)

Et = Módulo de elasticidad del material (kg/cm<sup>2</sup>)

Ea = Módulo de elasticidad del agua ( kg/cm<sup>2</sup>)

Sustituyendo valores en la ecuación anterior se tiene que:

$$h = \frac{145 * 0.74 \text{ m/seg}}{\sqrt{1 + \left( \frac{20670 \text{ kg/cm}^2 * 15.53 \text{ cm}}{28100 \text{ kg/cm}^2 * 0.65} \right)}} = 25.23 \text{ m} \quad [14]$$

En caso extremo:

$$\text{Presión} = \text{CDT} + h$$

$$\text{Presión} = 81.79 + 25.23$$

$$\text{Presión} = 107.02$$

Nota:

Para este caso se requiere de una válvula de alivio de 160 Psi y diámetro de 6" ya que 160 PSI es equivalente a 112 metros columna de agua.

### 2.1.8.5.1 Línea de conducción No. 2

- Caudal medio diario (Qm)

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{Población futura} * 1 \text{ Dia}}{86,400 \text{ s}} \quad [3]$$

$$Q_m = \frac{125 \text{ l/hab/día} * 4,621 \text{ hab} * 1}{86,400 \text{ s}}$$

$$Q_m = 6.68 \text{ l/s}$$

- Caudal de día máximo (QDM)

$$QDM = Q_m * FDM \quad [4]$$

$$QDM = 6.68 \text{ l/s} * 1.2$$

$$QDM = 8.01 \text{ l/s}$$

- **Caudal hora máximo (QHM)**

$$QHM = Qm * FHM \quad [5]$$

$$QHM = 6.68 * 2 \quad // s$$

$$QHM = 13.36 \quad // s.$$

- **Caudal de bombeo (Qb)**

$$Qb = \left( \frac{24 \text{ horas}}{\text{No. horas}} \right) * QDM \quad [6]$$

$$Qb = \left( \frac{24 \text{ horas}}{12 \text{ horas}} \right) * 8.01$$

$$Qb = 16.02 \quad // s.$$

- **Diámetro de tubería de impulsión**

$$D_{imp} = \sqrt{\frac{1.974 * Q_{bom}}{Vel}} \quad [7]$$

$$D_{imp} = \sqrt{\frac{1.974 * 16.02}{0.74}}$$

$$D_{imp} = 6.53 \text{ "}$$

Nota:

Para efectos de diseño se tomará el diámetro de fábrica de 6" pulgadas, por economía del proyecto, y por diferencia de altura se usará tubería de PVC de 160 PSI.

- **Velocidad del fluido**

$$V = 1.974 * \frac{QH_M}{(D_{imp})^2} \quad [8]$$

$$V = 1.974 * \frac{13.36}{(6)^2}$$

$$V = 0.74 \text{ m/s}$$

- **Integración de pérdidas**

- Pérdidas por altura entre la profundidad del pozo y el sello sanitario

Tomando con referencia el pozo No.1 se tiene la diferencia de altura entre la profundidad del pozo y de donde se coloca el sello sanitario, en nuestro caso es de 55.90 m = hf1

- Pérdidas por altura en la conducción del pozo y la descarga del sello sanitario.

En nuestro caso es la cota del tanque de almacenamiento menos cota sello sanitario es de 15.00 = 15.00m = hf2.

- Pérdidas por fricción en tubería de succión

$$Hfs = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(55.90) * (16.02)^{1.85}}{(4)^{4.87} * (100)^{1.85}} \right) = 3.85 \text{ m } [9]$$

- Pérdidas por fricción en tubería de impulsión:

$$Hfi = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(15) * (16.02)^{1.85}}{(6)^{4.87} * (150)^{1.85}} \right) = 0.06 \text{ m}$$

- Pérdidas por velocidad.

$$Hf_{vel} = \left( \frac{V^2}{2 * g} \right) = \left( \frac{0.74^2}{2 * 9.8} \right) = 0.027 \text{ m} \quad [10]$$

- Pérdidas por accesorios o menores K = 8.2:

$$Hf_{menores} = K * \left( \frac{V^2}{2 * g} \right) = 8.2 * \left( \frac{0.74^2}{2 * 9.8} \right) = 0.22 \text{ m} \quad [11]$$

- Carga dinámica total CDT =  $\Sigma$  de integración de pérdidas

$$CDT = hf_1 + hf_2 + hf_s + hf_i + hf_{vel} + hf_{menor}$$

$$CDT = 55.90 \text{ m} + 15.00 \text{ m} + 3.85 \text{ m} + 0.06 \text{ m} + 0.027 \text{ m} + 0.22 \text{ m}$$

$$CDT = 75.05 \text{ m}$$

- **Potencia de la bomba**

$$Pot = \frac{75.05 * 1602}{76 * 0.70} = 22.60 \text{ HP}$$

- **Golpe de ariete:**

$$h = \frac{145 * 0.74 \text{ m/seg}}{\sqrt{1 + \left( \frac{20670 \text{ kg/cm}^2 * 15.53 \text{ cm}}{28100 \text{ kg/cm}^2 * 0.65} \right)^2}} = 25.23 \text{ m} \quad [14]$$

Nota:

Para este caso se requiere de una válvula de alivio de 160 Psi y diámetro de 6" ya que 160 PSI es equivalente a 112 metros columna de agua.

#### **2.1.8.6 Tanque de distribución**

Para todo tipo de sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo, es necesario un tanque de distribución que cumpla con las condiciones adecuadas por entidades como UNEPAR e INFOM y su función es compensar las horas de mayor demanda.

Estas instituciones rigen un parametro para sistemas por bombeo, el cual oscila entre 35% a 50% del consumo medio diario.

- **Volumen del tanque de distribución**

$$Vol = \frac{40\% * Qm * 86,400 \text{ seg}}{1,000} = \frac{0.40 * 6.68 * 86,400}{1,000} = 230.86 \text{ m}^3 \quad [15]$$

Para el presente caso en estudio construir un tanque elevado con capacidad de 230.86 m<sup>3</sup> sería poco rentable su construcción, por lo que se recomienda la construcción de uno con la capacidad mínima del 25% que equivale a 115 m<sup>3</sup>: Para el cual se detalla la cantidad de material a utilizar en el presupuesto y en los anexos el diseño y predimensionamiento del mismo (ver plano de detalles de tanque elevado).

#### **2.1.8.7 Sistema de desinfección**

Es el proceso indispensable para generar agua sanitariamente segura, cumpliendo con los límites mínimos de potabilidad establecidas.

Para garantizar la calidad del agua, en todos los sistemas de abastecimiento de agua potable, se deberá someter a desinfección preferiblemente a base de cloro siendo este el método más común para el proceso.

Como la cloración es de fácil aplicación, de bajo costo y no es dañino o inocuo para el hombre en las dosis utilizadas en la desinfección del agua, además de mucha facilidad para mantener un cloro residual en la red de distribución y su efectiva acción, hacen que éste sea el sistema de mayor uso en los sistemas de abastecimiento de agua potable, y es el que se propone para el presente caso en estudio.

#### Descripción:

Este consiste en un artefacto con flotador que sostiene un elemento de toma para la captación de la solución, posteriormente por medio de un elemento flexible, dotado con un regulador de control, se aplica el hipoclorito en solución, gota a gota en el tanque de distribución.

El equipo va situado en la parte interna de un artefacto inmune al cloro, y su principal función es el almacenamiento de la solución. El equipo consta de los siguientes componentes:

#### Mezcla y alimentación de la solución:

Para este proceso se utiliza un cilindro de asbesto cemento o cualquier otro tipo de material aproximadamente de 500 litros de capacidad, con el

propósito de mezclar y almacenar la solución por un período máximo de ocho días.

Con la finalidad de evitar taponamientos por sedimentos se coloca una lámina de asbesto cemento en posición vertical dentro del tanque, lo que evitará que el residuo de la mezcla obstruya orificios de toma y demás componentes del sistema.

Dosificador:

Este artefacto esta construido de un niple corredizo y deslizante de PVC de 1/2 " con un orificio perforado de recolección.

Flotador:

Este artefacto puede ser construido de corcho, madera, duroport, acrílico, etc. Pero el material que se utiliza con frecuencia y el que se recomienda para su fabricación es de PVC.

Lavado:

Para retirar el material de residuo o sedimento, se debe colocar una llave de compuerta de PVC de 1/2 ", en la parte inferior de la pared del tanque justo en la zona de mezcla de la solución.

Preparación del concentrado y aplicación:

Se vierte en una cubeta grande de plástico el hipoclorito en la cantidad indicada al operador de cada sistema, para preparar la solución concentrada, se agrega el agua necesaria para formar una pasta, luego se agrega más agua, hasta completar  $\frac{3}{4}$  de la cubeta y se agita, se repite el procedimiento anterior y por último se desecha el sedimento que queda.

Se termina de llenar el dosificador hasta donde indique el regulador, posteriormente con una conexión directa a la fuente, se distribuye quedando listo para que funcione.

#### **2.1.8.8 Conexiones domiciliarias**

La función principal de este sistema es permitir la conexión desde la línea de distribución hasta el principio de la finca o lote donde se encuentra la propiedad, de esta manera se pueden hacer varias conexiones dentro y fuera de la vivienda, facilitando el aprovechamiento del agua potable y las condiciones de vida para la población.

Esta instalación se hará con tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC), con un diámetro de  $\varnothing = \frac{1}{2}$ " de 315 PSI, asegurándose de esta manera que la presión de diseño no exceda la presión de trabajo de la tubería, los componentes a utilizar para cada conexión son:

- Abrazadera o tee reductora, dependiendo de los diámetros a utilizar y existentes en el mercado con reductor si fuera necesario.
- Llave de cheque
- Contador
- Llave de compuerta
- Dos cajas, para contador y válvulas respectivamente.

Para el caso en estudio se estimaron 700 conexiones domiciliarias.

#### **2.1.8.9 Red de distribución**

La red de distribución se diseñó usando el método de Hardy Cross que es un método de aproximaciones sucesivas, que consiste en suponer los caudales de todos los tramos de la red, balanceando las pérdidas de carga en los mismos. Se hará cumplir la condición de que las pérdidas por cualquier ruta que llegue a un punto de consumo sean iguales, de esta manera se asegura que los caudales en cada tramo sean los correctos.

Para el presente caso en estudio se tiene un caudal de hora máximo (QHM) de 18.94 l/s que entra en la red en la estación o punto de consumo E-11 cota de terreno 106.34, distribuyendo mayor caudal en los tramos de tubería donde hay mayores consumos.

El procedimiento a seguir para el diseño de la red aplicando este método es el siguiente:

1. Definir los puntos de consumo y sus respectivos consumos conociendo además sus elevaciones.
2. Suponer caudales iniciales par cada tramo y verificar que se cumpla el principio de continuidad en cada nodo (los caudales que llegan sean iguales en valor a la suma de los caudales salientes).
3. Definir la distancia horizontal para cada tramo.
4. Asumir los diámetros, considerando la velocidad máxima de las tuberías, las presiones disponibles y la pérdida de carga tolerada en la red.
5. Para cada tramo se calcula la pérdida de carga por fricción usando la fórmula de Hazen-William:

$$H_f = 1743 \cdot 811141 * \left( \frac{(L) * (Q)^{1.85}}{(D)^{4.87} * (C)^{1.85}} \right) \quad [9]$$

Para el presente caso en estudio se trabajara con tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC), para el cual el fabricante especifica el valor de  $C = 150$  para tuberías nuevas.

6. Se suman las pérdidas de carga en cada circuito, asumiendo que el flujo de caudal será positivo a favor de las agujas del reloj y negativo en sentido contrario.( si la suma de las pérdidas de carga fuera nula, o casi nula, los caudales que provocan esta situación son los correctos).
7. Se suman los valores de  $H_f/Q$ , y se calcula a continuación la corrección de los caudales de cada circuito con la siguiente fórmula:

$$\Delta q = \frac{\sum H_f}{1.85 * \sum H_f / Q} \quad [16]$$

donde:

H = pérdida de carga en metros

Q = caudal, en l/s

$\Delta q$  = factor de corrección de caudal

8. Se corrige el caudal de cada una de las tuberías con la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal Corregido} = Q - \Delta q \quad [17]$$

9. Se continuará en forma sucesiva, hasta que los valores de las correcciones sean despreciables o hasta que el valor de las correcciones no varíen en mas del 5% del caudal inicial de la iteración.

**Tabla III. Red de distribución de agua potable de Prados del Río Escuintla**

TUBERIA No.	DE NODO	A NODO	LONGITUD (M)	DIAMETRO (PLG)	DIAMETRO (MM)	COEFICIENTE HWC	CAUDAL (LPS)	VELOCIDAD (MPS)	PERDIDA DE CARGA (M)
1	0	11	455.11	6"	155.32	150	18.95	1	2.62
2	11	12	116.66	4"	105.51	150	7.36	0.84	0.76
3	12	13	113.38	4"	105.51	150	7.23	0.83	0.71
4	13	14	58.19	3"	82.04	150	6.47	1.22	1.01
5	14	15	156.1	3"	82.04	150	5.68	1.07	2.13
6	15	16	45	3"	82.04	150	4.71	0.83	0.37
7	16	17	51.7	3"	82.04	150	3.65	0.69	0.31
8	17	18	46.8	3"	82.04	150	2.63	0.5	0.15
9	18	19	47.3	2.5"	67.45	150	1.7	0.48	0.18
10	19	20	49.9	1.5"	44.55	150	0.75	0.48	0.32
11	11	21	61.61	3"	82.04	150	7.63	1.44	1.45
12	21	22	58	3"	82.04	150	7.19	1.36	1.22
13	22	23	58	3"	82.04	150	7.08	1.34	1.19
14	23	24	36.5	3"	82.04	150	6.82	1.29	0.7
15	24	24.1	62.25	1.25"	38.91	150	0.38	0.32	0.22
16	24.1	24.2	118.99	1"	30.35	150	0.24	0.34	0.61
17	24	25	34.5	3"	82.04	150	6.34	1.2	0.58
18	25	26	20.5	3"	82.04	150	6.3	1.19	0.34
19	26	27	51	3"	82.04	150	5.67	1.07	0.7
20	27	28	47.5	3"	82.04	150	4.9	0.93	0.49
21	28	29	58	3"	82.04	150	3.34	0.63	0.3
22	29	30	45	3"	82.04	150	3.49	0.66	0.25
23	30	31	51.7	3"	82.04	150	2.7	0.51	0.18
24	31	32	45.8	3"	82.04	150	1.93	0.37	0.08
25	32	33	47.3	2.5"	67.45	150	1.24	0.35	0.1
26	33	34	49.89	1.5"	44.55	150	0.51	0.32	0.15
27	11	35	36.35	2.5"	67.45	150	3.84	1.07	0.62
28	35	36	75.09	2.5"	67.45	150	3.78	1.06	1.25
29	36	37	64.72	2.5"	67.45	150	3.86	1.08	1.12
30	37	38	61.66	2"	55.7	150	3.25	1.44	2.17
31	38	39	57.86	2"	55.7	150	2.46	0.94	0.93
32	39	40	50.96	2"	55.7	150	2.16	0.82	0.64
33	40	41	48.03	1"	30.35	150	1.38	1.91	6.08
34	41	42	45	2"	55.7	150	1.72	0.66	0.38
35	42	43	51.7	2"	55.7	150	1.58	0.6	0.37
36	43	44	36.4	2"	55.7	150	1.4	0.64	0.21
37	44	45	9.4	1.25"	38.91	150	0.39	0.33	0.03
38	45	46	26.06	2"	55.7	150	0.81	0.31	0.05
39	46	47	21.44	1"	30.35	150	0.1	0.15	0.02
40	47	48	15.11	1"	30.35	150	0.29	0.4	0.11
41	48	49	34.58	1"	30.35	150	0.54	0.75	0.78
42	38	50	81.12	1.5"	44.55	150	1.34	0.86	1.49
43	50	51	72.76	1.5"	44.55	150	1.65	1.06	1.98
44	51	52	31.46	1"	30.35	150	1	1.39	2.21
45	52	53	34.19	1"	30.35	150	1.03	1.43	2.53
46	53	54	15.39	1"	30.35	150	0.7	0.97	0.57
47	54	55	19.5	1"	30.35	150	0.7	0.97	0.7
48	55	56	25.5	1"	30.35	150	0.48	0.66	0.46
49	56	57	10.9	1"	30.35	150	0.71	0.99	0.41
50	57	58	40.8	1"	30.35	150	0.47	0.66	0.72
51	58	59	36.4	1"	30.35	150	0.34	0.46	0.34
52	59	60	35.4	1"	30.35	150	0.12	0.17	0.05
53	60	61	36.55	1"	30.35	150	0.12	0.17	0.05
54	61	62	20.65	1"	30.35	150	0.39	0.54	0.26
55	63	64	35.58	1"	30.35	150	0.49	0.68	0.67
56	64	65	40.02	1"	30.35	150	0.68	0.94	1.37
57	65	66	37.16	1"	30.35	150	0.64	0.89	1.14
58	66	67	39.01	1"	30.35	150	0.55	0.76	0.9
59	67	68	50.22	1"	30.35	150	0.52	0.72	1.04

**Tabla IV. Continuación de la red de distribución de agua potable de Prados del Río de Escuintla**

TUBERIA No.	DE NODO	A NODO	LONGITUD (M)	DIAMETRO (PLG)	DIAMETRO (MM)	COEFICIENTE HWC	CAUDAL (LPS)	VELOCIDAD (MPS)	PERDIDA DE CARGA (M)
60	68	69	61.8	1"	30.35	150	0.36	0.49	0.64
61	69	70	53.94	1"	30.35	150	0.13	0.19	0.09
62	70	71	20.58	1"	30.35	150	0.07	0.1	0.01
63	51	63	108.67	1"	30.35	150	0.59	0.82	2.86
64	52	64	104	1"	30.35	150	0.4	0.55	1.33
65	53	65	92.28	1"	30.35	150	0.14	0.19	0.16
66	55	66	79.45	1"	30.35	150	0.06	0.09	0.03
67	57	67	66.39	1"	30.35	150	0.1	0.14	0.07
68	58	68	76	1"	30.35	150	0.25	0.34	0.39
69	59	69	120.59	1"	30.35	150	0.26	0.36	0.7
70	60	70	166.11	1"	30.35	150	0.23	0.31	0.74
71	62	71	187.79	1"	30.35	150	0.16	0.22	0.44
72	39	60	55.24	1"	30.35	150	0.35	0.49	0.56
73	40	52	134.96	1"	30.35	150	0.64	0.89	4.13
74	41	54	134.5	1"	30.35	150	0.32	0.45	1.17
75	42	56	134.56	1"	30.35	150	0.43	0.59	1.96
76	43	58	134.5	1"	30.35	150	0.51	0.71	2.73
77	44	59	134.5	1"	30.35	150	0.53	0.73	2.86
78	46	60	134.5	1"	30.35	150	0.52	0.72	2.83
79	48	61	134.5	1"	30.35	150	0.52	0.72	2.79
80	21	36	82.57	1"	30.35	150	0.25	0.34	0.44
81	22	37	109.62	1"	30.35	150	0.19	0.26	0.35
82	23	38	132.88	1"	30.35	150	0.36	0.51	1.36
83	26	39	74.57	1"	30.35	150	0.34	0.51	0.7
84	27	40	73.5	1"	30.35	150	0.33	0.52	0.66
85	28	41	74	1"	30.35	150	1.11	1.54	6.28
86	30	42	132	1"	30.35	150	0.8	1.11	6.15
87	31	43	132	1"	30.35	150	0.82	1.13	6.37
88	32	45	132	1"	30.35	150	0.83	1.16	6.55
89	33	47	132	1"	30.35	150	0.83	1.16	6.49
90	34	49	130.6	1"	30.35	150	0.77	1.07	5.67
91	13	22	113.67	1"	30.35	150	0.37	0.51	1.27
92	14	23	117.6	1"	30.35	150	0.4	0.56	1.52
93	24.2	29	60	1"	30.35	150	0.59	0.82	1.58
94	15	24.2	54.5	1"	30.35	150	0.48	0.67	0.99
95	16	30	114.5	1"	30.35	150	0.54	0.75	2.56
96	17	31	114.5	1"	30.35	150	0.53	0.74	2.48
97	18	32	114.5	1"	30.35	150	0.53	0.73	2.45
98	19	33	114.5	1"	30.35	150	0.52	0.72	2.39
99	20	34	114.5	1"	30.35	150	0.5	0.69	2.22

Nota:

El 10% de las velocidades en los tramos 39, 52, 53, 61, 62, 65, 66, 67, 71, 81, no cumplen el rango de diseño pero se justifican ya que los diámetros son los mínimos de diseño y las presiones son altas en estos puntos.

**Tabla V. Presiones en los puntos de consumos de la red de distribución**

<b>NODO No.</b>	<b>CAUDAL (LPS)</b>	<b>ELEVACION (M)</b>	<b>COTA PIEZOMETRICA (M)</b>	<b>PRESION (M C A)</b>	<b>PRESION (PSI)</b>
0	18.94	138.6	138.6	0	0
11	-0.116	106.34	135.98	29.64	42.39
12	-0.136	107.1	135.22	28.12	40.21
13	-0.387	104.8	134.51	29.71	42.49
14	-0.387	102.37	133.5	31.13	44.52
15	-0.484	98.58	131.37	32.79	46.89
16	-0.522	98.29	131	32.71	46.78
17	-0.484	97.11	130.69	33.58	48.02
18	-0.406	96.29	130.54	34.25	48.98
19	-0.426	95.21	130.36	35.15	50.26
20	-0.252	93.94	130.04	36.1	51.62
21	-0.194	104.8	134.53	29.73	42.51
22	-0.29	103.64	133.3	29.66	42.41
23	-0.31	102.27	132.11	29.84	42.67
24	-0.097	101.36	131.41	30.05	42.97
24.1	-0.136	101.9	131.2	29.3	41.90
24.2	-0.136	98.78	130.38	31.6	45.19
25	-0.039	101.14	130.83	29.69	42.46
26	-0.29	100.3	130.5	30.2	43.19
27	-0.445	99.52	129.8	30.28	43.30
28	-0.445	98.79	129.09	30.3	43.33
29	-0.445	99.1	128.8	29.7	42.47
30	-0.522	97.22	128.44	31.22	44.64
31	-0.484	95.83	128.11	32.28	46.16
32	-0.387	95.1	128.09	32.99	47.18
33	-0.426	94.71	127.97	33.26	47.56
34	-0.232	94.04	127.82	33.78	48.31
35	-0.058	105.8	135.36	29.56	42.27
36	-0.174	104.3	134.09	29.79	42.60
37	-0.29	103.13	132.95	29.82	42.64
38	-0.31	101.86	130.75	28.89	41.31
39	-0.29	99.58	129.81	30.23	43.23
40	-0.464	99	129.17	30.17	43.14
41	-0.445	97.67	123.09	25.42	36.35
42	-0.522	96.5	122.29	25.79	36.88
43	-0.484	95.61	121.84	26.23	37.51
44	-0.484	94.75	121.63	26.88	38.44
45	-0.406	94.29	121.54	27.25	38.97
46	-0.387	93.39	121.49	28.1	40.18
47	-0.445	92.07	121.48	29.41	42.06
48	-0.31	92.97	121.38	28.41	40.63
49	-0.232	91.99	122.15	30.16	43.13
50	-0.039	99.5	129.25	29.75	42.54
51	-0.058	98.85	127.27	28.42	40.64
52	-0.213	97.57	125.04	27.47	39.28
53	-0.194	97	122.51	25.51	36.48
54	-0.329	95.9	121.93	26.03	37.22
55	-0.155	95.31	120.78	25.47	36.42
56	-0.194	95	120.33	25.33	36.22
57	-0.136	94.49	119.92	25.43	36.36
58	-0.406	94.33	119.11	24.78	35.44
59	-0.484	93.22	118.77	25.55	36.54
60	-0.29	92.27	118.66	26.39	37.74
61	-0.252	91.31	118.58	27.27	39.00
62	-0.232	90.75	118.33	27.58	39.44
63	-0.097	97.48	124.41	26.93	38.51
64	-0.213	96.07	123.71	27.64	39.53
65	-0.174	95.06	121.8	26.74	38.24
66	-0.155	94.7	120.75	26.05	37.25
67	-0.136	93.5	119.85	26.35	37.68
68	-0.406	92.58	118.72	26.14	37.38
69	-0.484	90.49	118.07	27.58	39.44
70	-0.29	89.16	117.92	28.76	41.13
71	-0.232	90.5	117.91	27.41	39.20

#### **2.1.8.10 Programa de operación y mantenimiento**

Para que el sistema de agua potable pueda cumplir con un servicio satisfactorio es necesario un programa de operación y mantenimiento que garantice el buen funcionamiento. De esta manera se cuenta con el COCODE y la OMP, de la municipalidad de Escuintla, pueden resolver de manera inmediata los problemas técnicos operativos. Para el presente caso se sugieren las siguientes actividades de operación y mantenimiento:

En la parte de conducción:

- Realizar la limpieza y chapeo de la maleza vegetal cada tres meses en el terreno adyacente al pozo.
- Se deberá de aforar cada tres meses el caudal del pozo para observar si ha disminuido su capacidad.
- Se debe revisar el sello sanitario del pozo, observando que no haya fisuras, o aberturas a su alrededor que pudieran permitir el acceso al pozo de agua superficial.
- Verificar anualmente el área de influencia del pozo (aproximadamente un círculo de 50 metros de radio alrededor del pozo), para asegurarse que no hay contaminaciones por construcción de corrales, aguas negras, pozos sépticos u otra fuente de contaminación.
- Revisar la estructura del tanque cada seis meses.

En la distribución se sugieren las siguientes:

- Hacer la inspección en las vías en que se encuentra enterrada la red de distribución con el fin de detectar fugas u otras anomalías. Si es posible reemplazarlas.
- Para cada período de seis meses revisar si hay fugas o daños en los componentes visuales de la red, verificar el funcionamiento de las válvulas haciéndolas girar lentamente, las válvulas deben de abrir y cerrar fácilmente. Visualizar si hay fugas en las válvulas y si sus piezas están completas y en buen estado, corregir los defectos si es necesario o cambiar toda la válvula.
- Se deberá de pintar con pintura anticorrosiva, las válvulas y accesorios que están a la vista en la red de distribución, cada período de seis meses.
- Se deberá de abrir y cerrar varias veces las válvulas con el fin de eliminar los depósitos que se hayan podido acumular en el asiento de la compuerta.
- Comprobar que el número de vueltas y el sentido de rotación (al cerrar o abrir) coincide. Comprobar el estado de la empaquetadura del prensa-estopa y reemplazarla si hay dificultades en el manejo de la válvula o si hay fugas que no se eliminan apretando el prensa estopa. Limpiar las cajas de las válvulas, tapaderas y reemplazar las que estén rotas.

En la parte de conexiones domiciliarias:

- Se deberá revisar las conexiones por área del sistema (diariamente)

- Se deberá revisar los empaques de las llaves de los grifos mensualmente
- Se deberá revisar las llaves de paso y posibles fugas en las conexiones trimestralmente.
- Se deberá revisar las válvulas de flote de los inodoros en cada casa por posibles fugas, trimestralmente.

#### **2.1.8.11 Cálculo de tarifa**

Su función principal es obtener los recursos económicos necesarios para poder cubrir el mantenimiento sostenible del mismo y de esta manera poder brindar un servicio de calidad. Este recurso puede adquirirse a través del pago de una tarifa mensual por el usuario, el cual se calcula para el presente proyecto analizando los costos siguientes:

- Costo de operación:

Este costo de operación ( $C_o$ ), contempla un pago mensual a un fontanero para que realice revisiones constantes al sistema y operar el sistema de cloración. Este cálculo se efectúa tomando en cuenta que un fontanero revisa periódicamente más de 30 conexiones domiciliarias:

$$C_o = \left( \frac{L}{3} + \frac{Nc}{20} \right) * (Pj) * (1.43) \quad [18]$$

donde:

L = Longitud de la tubería en Km.

Nc = Número de conexiones

Pj = Pago de jornalero por día

1.43 = Factor que representa (aguinaldo, bono 14, indemnización)

$$Co = \left( \frac{7.6}{3} + \frac{676}{20} \right) * (65) * (1.43) = Q4,785.38/mes$$

- Costo de mantenimiento:

El costo de mantenimiento (Cm), se estima el cuatro por millar, del monto total del proyecto presupuestado para el período de diseño, y este servirá para la compra de materiales cuando haya necesidad de mejorar o cambiar los existentes. y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Cm = 0.004 * \left( \frac{M}{P} \right) \quad [19]$$

donde:

M = Monto total del proyecto

P = Período de diseño

0.004 = Corresponde al cuatro por millar

$$C_m = 0.004 * \left( \frac{1918,506.680}{20} \right) = Q 383.78 / mes \quad [19]$$

- Costo de tratamiento:

Este costo (Ct), es específicamente la compra de hipoclorito de calcio y se determina de la siguiente manera:

$$C_t = \left( \frac{30 * Chc * Q_{dm} * Rac * 86400}{45,400 * Cc} \right) \quad [20]$$

donde:

Chc = Costo de 100 libras de hipoclorito de calcio

Q<sub>dm</sub> = Caudal día máximo

Rac = Relación agua cloro en una parte por millar

Cc = Concentración de cloro al 65%

30 = Días al mes

86,400 = Segundos de un día

$$C_t = \left( \frac{30 * 1,800 * 9.48 * 0.001 * 86400}{45,400 * 0.65} \right) = Q 1,495.65 / mes$$

- Costo de administración:

El costo administrativo (Ca), representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima que es el 20% de la suma de los tres anteriores:

$$Ca = 20\% * (Co + Cm + Ct) = Q 1,332.96 / mes \quad [21]$$

- Costo de reserva:

Costo de reserva se le denomina a una reserva de dinero para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será del 15% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$Cr = 20\% * (Co + Cm + Ct) = Q 999.56 / mes \quad [22]$$

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido el número de viviendas.

$$Tarifa = 4,785.38 + 383.78 + 1,495.65 + 1,332.96 + 999.56 = Q 8,996.04 / mes$$

$$Tarifa = \frac{8,996.04}{676} * (2) = Q 26.60 / mes / vivienda$$

Nota:

La tarifa se puede ajustar de conformidad con las características del proyecto.

### **2.1.9 Evaluación de impacto ambiental**

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es el proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa a la implantación de políticas y programas, o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

- **Impactos negativos potenciales**

Si bien un sistema de abastecimiento de agua potable tiene sin lugar a dudas un impacto sumamente positivo que negativo en la salud y el bienestar de muchas personas, sin embargo la construcción de sus diversos componentes y la mala operación del sistema pueden generar impactos negativos, entre los cuales están:

La erosión de los terrenos por donde se instalara la tubería y se construirán los distintos componentes del sistema.

Un desmedido incremento de enfermedades de origen hídrico, debido a la mala operación y mantenimiento de las estructuras y por falta de desinfección del agua.

En áreas adyacentes contaminación por la inadecuada disposición de los desechos líquidos, debido al aumento del caudal servido por la construcción del proyecto.

- **Medidas de mitigación**

Toda medida de mitigación se considera como la opción técnica más adecuada y de menor costo de acuerdo con la magnitud del proyecto. Tales medidas se pondrán en marcha durante la ejecución: a) se hará de su conocimiento al ente responsable de la ejecución de normas de seguridad y de medidas de conservación del medio ambiente ya establecidas, b) durante el funcionamiento la Oficina Municipal de Planificación (OMP) capacitará a el COCODE de la comunidad que se beneficiará con el proyecto para el correcto funcionamiento, administración y mantenimiento del sistema garantizando la conservación del medio ambiente y vida del proyecto.

- **Durante el desarrollo del proyecto**

La entidad responsable de la construcción, tendrá que conocer las normativas sanitarias necesarias para evitar todo tipo de riesgo para la salud de los trabajadores.

La entidad responsable de la construcción tiene la obligación de prever a sus trabajadores de los servicios de agua potable y de instalaciones sanitarias temporales durante la construcción del proyecto.

La entidad responsable de la construcción velará porque su personal siga las medidas de higiene antes del consumo de alimentos en cada tiempo de comida para prevenir riesgos de enfermedades de origen estomacal, así mismo tendrá la responsabilidad de proporcionar mascarías al personal para evitar enfermedades respiratorias por la presencia de polvo originado por la cal, cemento, tierra, ripio o inhalaciones como thinner, o solventes para pegar tubería PVC.

La entidad responsable de la empresa ejecutora, velar por el manejo adecuado de los materiales, que se utilizarán en la construcción.

- **Normas de seguridad**

La entidad responsables de la construcción tendrá que contar con un profesional para la dirección técnica, que velará por el buen mantenimiento y ejecución de la obra y deberá instruir adecuadamente al personal encargado de manipular los materiales y herramientas peligrosas; piedras, blocks, cemento, cal, varillas o herramientas punzo cortantes, señalar las áreas de peligro, coordinando con los miembros del COCODE, para evitar riesgos de accidentes graves. La entidad responsable de la construcción se asegurará que todos los restos de materiales utilizados en la obra: alambres, clavos, estacas, ripio, maderas, etc., para que sean retirados al finalizar la construcción y evitar molestias con la actividad de la población.

- **Medidas de conservación del medio ambiente**

En la medida posible tratar de no utilizar maquinaria pesada para evitar excavaciones en períodos de vientos fuertes. Rellenar y nivelar áreas removidas y restaurar vegetación afectada ya que el terreno plano se presta para ello.

Manejar adecuadamente los desechos sólidos como; bolsas de cal y cemento, recipientes de vidrio y plásticos, para evitar la contaminación por sobrantes de la construcción.

Permitir la supervisión de INFOM-UNEPAR y la información requerida para el buen funcionamiento de sus funciones.

- **Durante el desarrollo del proyecto**

Con el fin de evitar erosionar lugares por donde se construirán los diferentes componentes del sistema debido al chapeo y destronque se propone reforestar estas áreas como las adyacentes. Para tratar de evitar el incremento de enfermedades de origen hídrico por el mal funcionamiento, administrativo y mantenimiento de los componentes del sistema, la OMP deberá lograr comunicación con las entidades de INFOM-UNEPAR y con la empresa ejecutora del proyecto para capacitar al o los operadores del sistema como para el COCODE, y de esta manera poder cumplir con el programa de operación y mantenimiento preventivo.

- **Impactos ambientales positivos**

Se da un incremento económico debido a que se genera empleo para la localidad de manera permanente.

Mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Se mejora las condiciones de salud y bienestar de la población, porque con la construcción de este sistema, se distribuirá agua de mejor manera y de

buena calidad, que repercute en la disminución de enfermedades de origen hídrico.

#### **2.1.10 Elaboración de planos**

Los planos contienen la representación grafica necesaria para la ejecución, fueron elaborados por el epeista con la ayuda de programas de computadora, como; Loop, AutoCad y Autodesk Land Destop 3 ver Anexo.

#### **2.1.11 Evaluación económica**

La principal función de una evaluación económica es aquella que identifica los meritos propios del proyecto, independientemente de la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros que necesite y de como se distribuyan los excedentes o utilidades que genera. Si bien el objetivo de cualquier ente responsable ejecutor es encontrar una ganancia real que supere los costos de inversión total para llevar acabo un proyecto, antes que el ente responsable tome la decisión de llevar a cabo la ejecución debe de evaluar si realmente generara ganancias para la misma.

Los métodos que se utilizan para realizar una evaluación económica son el Valor Presente Neto que toma como base la inversión reconoce que la moneda tiende a devaluarse con el paso del tiempo, es decir, que una inversión actual valdría más que una futura de esta manera cualquiera que no tome en

cuenta lo anterior no puede evaluar correctamente un proyecto. El otro método es la Tasa Interna de Retorno y se describe como un descuento al método del valor presente neto.

Y para el presente proyecto en estudio se realizó la aplicación de ambos métodos ya mencionado, para determinar la rentabilidad del proyecto.

#### **2.1.11.1 Valor presente neto (VPN)**

Es el valor actual de la inversión total de un proyecto VPN como se le conoce, este depende de los flujos procedentes del proyecto y del costo de oportunidad del capital, el valor presente neto de una inversión se puede determinar cuando todos los ingresos y egresos a lo largo de un período analizado se trasladan a la actualidad o a un punto en común.

El correspondiente análisis se realizará de diversas maneras para poder obtener la mayor certeza de que la inversión a realizar es la correcta o la más adecuada y se hará de la siguiente forma. La herramienta a utilizar para este análisis será la fórmula matemática de valor presente neto, la cual es la siguiente:

$$F = P*(1+i)^N \quad [23]$$

donde:

F = Valor futuro de la inversión a realizarse en la actualidad

P = Valor presente de la inversión a realizarse en la actualidad

i = Taza de interés ponderado

N = Número de períodos a evaluar en el proyecto

Esta fórmula para realizar su aplicación directamente en nuestro análisis es necesario simplificarla quedando de la siguiente manera:

$$P = (F) * \frac{1}{(1+i)^N} \quad [24]$$

En lo referente a la tasa de interés que se utilizará en este análisis se considero que como en nuestro país esta tasa es variable se realizará una ponderación de la misma por lo que se utilizará la siguiente tasa de interés:

Para analizar el proyecto se propone una tasa del 5% anua debido a que el proyecto es de carácter social y no lucrativo.

La cantidad del costo del proyecto es de Q 1, 103,894.05, pero como todo proyecto de desarrollo social debe de contar con cierto aporte por parte de los beneficiados, en este caso se propone que la municipalidad cobre una cuota

simbólica a los pobladores por motivo de conexión domiciliar la cual se propone sea el 50% de monto total del proyecto:

Q1, 103,894.05/2 = Q 551,947.25 para el total de vivienda pagados a un año.

**Figura 2. Diagrama de flujo.**



Presenta dado a un futuro:

$$P = \frac{551,947.03}{(1+0.05)^1} = 525,663.85$$

$$P = A * \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

A = Costo de mantenimiento anual del proyecto.

$$P = 107,952.48 * \left[ \frac{(1 + 0.05)^{40} - 1}{0.05 * (1 + 0.05)^{40}} \right] = 1,852.365.93$$

Este valor presente es el mismo para los ingresos como para los egresos por lo cual al realizar la sumatoria algebraica se elimina mutuamente.

$$V.P.N. = -1,103,894.05 + 525,663.85 = -578,230.21$$

El V.P.N. es negativo al futuro dado, esto nos indica que el proyecto no es rentable.

### **2.1.11.2 Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea cero, es decir que es la tasa que iguala la suma de los descontados a la inversión inicial.

El valor presente neto se puede expresar en términos de tasa interna de retorno debido a la relación que tiene entre si.

Tenemos un V.P.N. = -1,103,894.05 y necesitamos otro V.P.N. positivo el cual se obtiene de la siguiente manera.

Usamos una tasa de -60%

$$P = \frac{551,947.03}{(1 - 0.60)^1} = 1,379,867.58$$

$$\text{V.P.N.} = -1,103,894.05 + 1,379,867.58 = +275,973.53$$

Encontrando los dos V.P.N. positivo y negativo procedemos a encontrar la TIR de la siguiente manera.

$$5\% \quad \text{VPN} = -578,230.21$$

$$\text{TRI} \quad \text{VPN} = 0$$

$$-60\% \quad \text{VPN} = 275,973.53$$

$$TIR = \left[ \frac{(5 - (-60))(0 - (275,973.53))}{(-578,230.21 - (275,973.53))} \right] + (-60) \quad [25]$$

$$TIR = -39.00$$

La tasa interna de retorno del proyecto es -39.00 lo que indica que no es rentable, debido a que la tasa es negativa. No obstante el proyecto es rentable desde el punto de vista social, ya que elevará el nivel de vida de los pobladores de la comunidad.

## 2.1.11.2 Presupuesto del proyecto

**Tabla VI Presupuesto de la red de agua potable de Prados del Río**

### Línea de conducción PVC 160 PSI de 6"

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 6"	UNIDAD	1	Q1,151.90	Q1,151.90
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q1,369.40</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.2	Q25.00	Q5.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q45.00</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)				Q2.25
--------------------------------	--	--	--	-------

Costo directo	Q1,416.65
Costo Indirecto	Q609.16
Sub Total	Q2,025.81
IVA	Q243.10
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q2,268.91</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q113.45</b>
-----------------------	----------------

### Red de distribución PVC 160 PSI de 4"

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 4"	UNIDAD	1	Q509.61	Q509.61
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q727.11</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)				Q2.32
--------------------------------	--	--	--	-------

Costo directo	Q775.68
Costo Indirecto	Q333.55
Sub Total	Q1,109.23
IVA	Q133.11
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q1,242.34</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q62.12</b>
-----------------------	---------------

### Continuación de tabla VI...//...

#### Red de distribución PVC 160 PSI de 3"

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 3"	UNIDAD	1	Q309.24	Q309.24
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q526.74</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q2.32
--------------------------------	-------

Costo directo	Q575.31
Costo Indirecto	Q247.39
Sub Total	Q822.70
IVA	Q98.73
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q921.43</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q46.08</b>
-----------------------	---------------

#### Red de distribución PVC 160 PSI de 2 1/2"

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 2 1/2"	UNIDAD	1	Q207.06	Q207.06
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q424.56</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q2.32
--------------------------------	-------

Costo directo	Q473.13
Costo Indirecto	Q203.45
Sub Total	Q676.58
IVA	Q81.19
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q757.77</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q37.89</b>
-----------------------	---------------

#### Red de distribución PVC 160 PSI de 2 "

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 2"	UNIDAD	1	Q141.28	Q141.28
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q358.78</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q2.32
--------------------------------	-------

Costo directo	Q407.35
Costo Indirecto	Q175.17
Sub Total	Q582.52
IVA	Q69.91
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q652.43</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q32.63</b>
-----------------------	---------------

### Continuación de tabla VI...//...

<b>Red de distribución PVC 160 PSI de 1 1/2 "</b>
---

Materiales

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 1 1/2"	UNIDAD	1	Q90.67	Q90.67
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q308.17</b>

Mano de obra

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q2.32
--------------------------------	-------

Costo directo	Q356.74
Costo Indirecto	Q153.40
Sub Total	Q510.14
IVA	Q61.22
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q571.36</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q28.57</b>
-----------------------	---------------

<b>Red de distribución PVC 160 PSI de 1 "</b>
---

Materiales

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 160 PSI de 1"	UNIDAD	1	Q51.16	Q51.16
Pegamento para PVC	Galon	0.5	Q435.00	Q217.50
			<b>TOTAL</b>	<b>Q268.66</b>

Mano de obra

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Excavación	M3	0.25	Q40.00	Q10.00
Colocación de tubería	ML	1	Q30.00	Q30.00
Relleno	M3	0.25	Q25.00	Q6.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q46.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q2.32
--------------------------------	-------

Costo directo	Q317.23
Costo Indirecto	Q136.41
Sub Total	Q453.64
IVA	Q54.44
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q508.08</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q25.41</b>
-----------------------	---------------

**Continuación de tabla VI...//...**

**Accesorios para tubería PVC**

Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Válvula de compuerta de 6"	UNIDAD	1	Q4,610.85	Q4,610.85
Válvula de compuerta de 3"	UNIDAD	2	Q480.00	Q960.00
Válvula de compuerta de 2"	UNIDAD	15	Q270.00	Q4,050.00
Válvula de compuerta de 1"	UNIDAD	8	Q128.00	Q1,024.00
Adaptador macho de 6"	UNIDAD	2	Q287.07	Q574.14
Adaptador macho de 3"	UNIDAD	2	Q38.59	Q77.18
Adaptador macho de 2"	UNIDAD	8	Q25.59	Q204.72
Adaptador macho de 1"	UNIDAD	6	Q6.97	Q41.82
Reducidor de 6" a 4"	UNIDAD	1	Q405.00	Q405.00
Reducidor de 6" a 3"	UNIDAD	1	Q375.00	Q375.00
Reducidor de 2" a 1 1/2"	UNIDAD	1	Q41.50	Q41.50
Tee de 6"	UNIDAD	1	Q830.95	Q830.95
Tee de 3"	UNIDAD	16	Q85.99	Q1,375.84
Tee de 1 1/2"	UNIDAD	10	Q40.40	Q404.00
Tee de 1"	UNIDAD	40	Q18.18	Q727.20
Cruz PVC de 3"	UNIDAD	8	Q245.03	Q1,960.24
Cruz PVC de 1"	UNIDAD	25	Q45.39	Q1,134.75
Codo 90° de 4"	UNIDAD	2	Q92.49	Q184.98
Codo 45° de 4"	UNIDAD	2	Q118.40	Q236.80
Codo 90° de 3"	UNIDAD	15	Q78.71	Q1,180.65
Codo 45° de 3"	UNIDAD	14	Q78.04	Q1,092.56
Codo 90° de 1"	UNIDAD	9	Q9.63	Q86.67
Codo 45° de 1"	UNIDAD	20	Q8.22	Q164.40
Tapón hembra de 3"	UNIDAD	10	Q48.21	Q482.10
Tapón hembra de 2"	UNIDAD	10	Q7.62	Q76.20
Tapón hembra de 1"	UNIDAD	20	Q3.86	Q77.20
Yee PVC de 3"	UNIDAD	4	Q165.55	Q662.20
Yee PVC de 2"	UNIDAD	6	Q48.42	Q290.52
Yee PVC de 1"	UNIDAD	3	Q45.53	Q136.59
Pegamento para PVC	Galón	10	Q435.00	Q4,350.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q27,818.06</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Colocación de accesorios PVC	UNIDAD	262	Q10.00	Q2,620.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q2,620.00</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)			Q131.00
--------------------------------	--	--	---------

Costo directo	Q30,569.06
Costo Indirecto	Q13,144.70
Sub Total	Q43,713.76
IVA	Q5,245.66
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q48,959.42</b>

### Continuación de tabla VI...//...

<b>Conexiones domiciliars de 1" a 1/2"</b>
--

	RENDIMIENTO	5	UNIDAD/DIA	
Materiales				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Tubería PVC 315 PSI de 1/2"	Tubo	1	Q32.80	Q32.80
Reducidor de 1" a 1/2"	UNIDAD	1	Q11.04	Q11.04
Tee PVC de 1"	UNIDAD	1	Q18.18	Q18.18
Válvula de compuerta de 1/2"	UNIDAD	1	Q120.00	Q120.00
Válvula de cheque de 1/2"	UNIDAD	1	Q55.00	Q55.00
Caja de concreto para contador	UNIDAD	1	Q314.68	Q314.68
Pegamento para PVC	Galón	0.125	Q435.00	Q54.38
			<b>TOTAL</b>	<b>Q606.08</b>

Mano de obra				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Instalación de conexión domiciliar	UNIDAD	1	Q200.00	Q200.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q200.00</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q10.00
--------------------------------	--------

Costo directo	Q816.08
Costo Indirecto	Q350.92
Sub Total	Q1,167.00
IVA	Q140.04
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q1,307.04</b>

<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q261.41</b>
-----------------------	----------------

<b>RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS</b>
------------------------------------

REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	TOTAL
Línea de conducción PVC 160 PSI de 6"	ML	462.00	Q113.45	Q52,413.90
Red de distribución PVC 160 PSI de 4"	ML	230.04	Q62.12	Q14,290.09
Red de distribución PVC 160 PSI de 3"	ML	2034.00	Q46.08	Q93,726.72
Red de distribución PVC 160 PSI de 2 1/2"	ML	377.54	Q37.89	Q14,305.00
Red de distribución PVC 160 PSI de 2"	ML	373.43	Q32.63	Q12,185.03
Red de distribución PVC 160 PSI de 1 1/2"	ML	112.54	Q28.57	Q3,215.27
Red de distribución PVC 160 PSI de 1"	ML	5082.00	Q25.41	Q129,133.62
Accesorios para tubería PVC	GLOBAL	1.00	Q48,959.42	Q48,959.42
Conexiones domiciliars de 1" a 1/2"	UNIDAD	700.00	Q261.41	Q182,987.00
Tanque elevado	UNIDAD	1.00	Q552,678.00	Q552,678.00
			<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Q1,103,894.05</b>

El monto total del proyecto ascendería a la cantidad de un millón ciento tres mil ochocientos noventa y cuatro con cinco centavos Q 1, 103,894.05.

No se incluye dentro del presupuesto el costo de la bomba y el costo de perforación del pozo.

### 2.1.13. Cronograma de inversión y ejecución

**Tabla VIII. Cronograma de ejecución del sistema de agua potable**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**PROYECTO: CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RIO  
MUNICIPIO DE ESCUINTLA.**

CRONOGRAMA												
No.	REGLÓN	MES 1			MES 2			MES 3				
1	COFORMACIÓN DEL TERRENO	■	■	■								
2	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES TRANSVERSALES		■	■	■	■	■					
3	CONFORMACIÓN Y PREP. SUB-RASANTE			■	■	■	■					
4	CONFORMACIÓN Y PREP. BASE				■	■	■	■	■	■		
5	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA							■	■	■		
6	SEÑALIZACIÓN									■		

**Tabla IX. Cronograma de inversión**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA, ESCUINTLA.

CRONOGRAMA EJECUCIÓN E INVERSIÓN						
No.	REGLÓN	MES 1	MES 2	MES 3	TOTAL REGLÓN	
1	TRABAJOS PRELIMINARES	Q275,973.51				Q275,973.51
2	COLOCACIÓN DE TUBERIAS	Q82,792.05				Q82,792.05
3	COLOCACIÓN DE ACCESORIOS	Q24,837.62	Q24,837.62			Q49,675.24
4	COLOCACIÓN DE CAJAS DE CONCRETO		Q77,272.58			Q77,272.58
5	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN			Q198,700.93		Q198,700.93
6	CONEXIONES DOMICILIARES			Q419,479.74		Q419,479.74
	INVERSIÓN POR MES	Q358,765.56	Q102,110.20	Q618,180.67		
	INVERSIÓN ACUMULADA	Q358,765.56	Q460,875.76	Q1,079,056.43		Q1,103,894.05

### **3. DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA CALZADA CENTRO AMÉRICA DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA**

#### **3.1 Descripción del proyecto**

El diseño de la ampliación de la avenida Centro América del municipio de Escuintla, consta de la construcción de dos nuevos carriles los cuales serán adaptados a los dos ya existentes, dando de esta manera la transformación de una carretera tipo B a una tipo A, las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carreteras con excepción de la tipo A, en donde el ancho es el doble, la sección típica incluye una isla central de 1.50m. de ancho y un ancho de calzada de  $2 * 7.20m$ . Además de carriles nuevos se agregaran cunetas laterales tipo “v” para drenar el agua de lluvia. Para la construcción de los nuevos carriles será necesario la estabilización de la sub-rasante con material de préstamo ya que los ensayos realizados determinaron que no es un material no adecuado para sub-base y base respectivamente.

#### **3.2 Reconocimiento del lugar**

El municipio de Escuintla, sede de la cabecera departamental está ubicado al norte del departamento. Su extensión territorial es de trescientos treinta (330) kilómetros cuadrados, con los siguientes límites: al norte, los municipios de Alotenango, (departamento de Sacatepéquez), Yepocapa (departamento de

Chimaltenango) y Palín de Escuintla; al sur, los municipios de Masagua y de La Democracia (Escuintla) y al Oeste, los municipios de Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa, ambos del departamento de Escuintla.

### **3.3 Análisis de tránsito en la carretera**

#### **3.3.1 Vehículo de diseño**

La variedad de los vehículos automotores que circulan por las carreteras regionales y del casco urbano de Escuintla, admiten que en primer término, se ubiquen en un extremo los vehículos livianos que son los más numerosos en la corriente vehicular e incluyen los automóviles compactos y subcompactos, los jeeps, las camionetas agrícolas y los pick-ups siendo todos ellos representados por el automóvil tipo p, (ver tabla XI); mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación, no admiten una sola representación sino que requieren ser desglosados para su correcta identificación como elementos condicionantes de algunos aspectos del diseño geométrico de las carreteras, (ver tabla XIX).

Se toman sus características muy propias, merecen las combinaciones de vehículos que operan en el transporte por ser esta una carretera de acceso a la zona costera por el transporte de productos de exportación e importación, así como los de la región se hace mención de la caña de azúcar hacia los ingenios de temporada de zafra, operando en las carreteras dentro de áreas restringidas a su zona de influencia. Se trata de la combinación de una unidad

de tracción de gran potencia, que arrastra enganchados dos pesados remolques hasta de 40 pies de longitud, provisto cada uno de cuatro ejes, o un semirremolque con un remolque. La configuración de la sección transversal de estos remolques se ensancha desde la base hacia arriba, para facilitar la operación de carga de las unidades e incrementar su capacidad de carga viva, reduciendo de paso el espacio libre de los carriles contiguos y, con su movimiento bamboleante, aportando su cuota de inseguridad a la circulación del tránsito general por dichas carreteras.

En correspondencia con la simbología que utiliza la AASHTO en su manual de diseño geométrico, cabría seleccionar cinco vehículos tipo para el diseño de las carreteras regionales.

El vehículo tipo P corresponde a la categoría de vehículos livianos, que representa el automóvil.

El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo, representado por el autobús sencillo, corresponde al tipo BUS. El camión de tres ejes no aparece en la clasificación de la AASHTO, pero puede asimilarse al camión sencillo de dos ejes identificado como SU, por ser más restrictivo que los vehículos articulados.

En la categoría de vehículos articulados de carga se puede escoger para diseño, por semejanza, el vehículo tipo WB-19 (Semirremolque Interestatal), que utiliza su semirremolque de 14.6 metros de largo (48 pies) y fue adoptado como vehículo de diseño según la ley federal norteamericana de Transporte por

Superficie de 1982, aunque igualmente se puede considerar el vehículo tipo WB-20 que esta provisto de un semirremolque de 16.2 metros de longitud (53 pies), que en algunas esporádicas ocasiones ha hecho presencia en la carreteras de la región.

Según un rango intermedio entre los dos tipos extremos de vehículos para el transporte de carga, se puede considerar el vehículo identificado como WB-15, que puede cargar contenedores de 6.1 y 9.1 metros de longitud (20 y 30 pies). Conforme la tabla X de la AASHTO, siendo oportuno destacar que los vehículos pesados, de pasajeros o de carga, tienen ya un ancho máximo de diseño de 2.6 metros, mientras el Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras de 1958, en proceso de revisión, limita el mismo a 2.5 metros.

**Tabla X. Dimensiones de los vehículos de diseño (metros)**

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ancho	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Longitud	5.8	12.1	9.1	16.7	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9	2.1	1.2	0.9	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5	2.4	1.8	0.6	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4	7.6	6.1	6.1	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1	12.8	14.3

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos .Capitulo 3.2, 002. Pág.23

Los radios mínimos de giro para dichos vehículos de diseño, giros que deben realizarse a velocidades menores de 15 kilómetros por hora, se muestra en la tabla XI.

**Tabla XI. Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros)**

VEHÍCULO – TIPO	RADIO INTERIOR (m)	RADIO DE DISEÑO (m)
Automóvil, P	4.2	7.3
Autobús Sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión Sencillo, SU	8.5	12.8
Camión Articulado, WB-15	5.8	13.7
Camión Articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión Articulado, WB-20	0	13.7

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos .Capitulo 3.2,002. Pág.27

### 3.3.2 Los volúmenes de tránsito

Para el diseño de una estructura de pavimento es necesario conocer movimiento vehicular que pasan y pasarán hasta la finalización del período de diseño, sea que se trate de una nueva carretera o de una carretera existente que se propone reconstruir o ampliar. Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

Para la medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtienen normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, lo mismo que mediante investigaciones de Origen y Destino (O/D), que, dependiendo de la metodología utilizada, arrojarán datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes. En las intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los accesos a las mismas, durante períodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

### **3.3.3 El tránsito promedio anual (TPDA)**

El elemento primario para el diseño de las carreteras es el volumen del tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el

TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

### **3.4 Las velocidades**

La velocidad de una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores distintos, los que particularizan al conductor y su vehículo, que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales para el control del flujo vehicular.

Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte, ponderándose su importancia en términos de tiempos de recorrido, de costos de viaje, de la combinación de los dos factores anteriores y de la conveniencia de los usuarios.

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades, la de operación, la de diseño y la de ruedo.

#### **3.4.1. Velocidad de operación**

Esta es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección de dicha carretera.

#### **3.4.2 Velocidad de diseño**

Conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

Las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando en cuenta las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo,

donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseño por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta apropiada para aplicar en la categoría superior de los sistemas de carreteras. Este es el límite superior recomendado para Centroamérica.

Se admite que en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la debida consideración de las condiciones topográficas del terreno, se reduzcan en forma gradual las velocidades recomendadas para diseño, hasta límites prácticos y razonables. En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de ruedo sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora.

La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la calzada, los hombros y las distancias a que deben estar los muros y las restricciones laterales a la vía, no dependen directamente de la velocidad de diseño, se asume que a mayores velocidades de diseño los

elementos deben ser mejorados dentro de los límites prácticos y compatibles con el cambio.

Para la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos.

1. Distribución de las velocidades
2. Tendencias de las velocidades
3. Tipo de área
  - Rural
  - Urbana
4. Condiciones del terreno
  - Plano
  - Ondulado
  - Montañoso
5. Volúmenes de tránsito
6. Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias
7. Condiciones ambientales

### **3.4.3 Velocidad de ruedo**

Esta es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir

paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario.

En las carreteras de bajos volúmenes de tránsito, las velocidades promedios de ruedo se aproxima a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas.

A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestionamiento que, deseablemente, deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial.

### **3.5 Teoría sobre pavimentos**

#### **3.5.1 Generalidades**

Hoy por hoy se puede decir que no existe una terminología única para designar las diferentes partes que forman un pavimento. Sin embargo, comúnmente, un pavimento, en su forma más completa se construye de varias capas teniendo cada una de ella su función específica.

### **3.5.1. Definición de pavimento**

Es una estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sub-rasante, formada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del mismo.

El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

### **3.5.3 Tipos de pavimentos**

- Pavimento flexible o de asfalto
- Pavimento rígido o de concreto hidráulico.

#### **3.5.3.1 Pavimento flexible**

El pavimento de asfalto o pavimento flexible, es una estructura formada por varias capas (sub-base, base y carpeta asfáltica), con el fin de satisfacer los siguientes propósitos:

1. Debe de resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. Un pavimento de asfalto debe estar constituido de tal manera que las cargas que sobre el se apliquen no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la sub-rasante sobre la cual ésta colocado, y a la vez, se impida la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tránsito. Por lo tanto, un pavimento de asfalto debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.

2. Deberá tener la impermeabilidad necesaria. El pavimento debe tener la suficiente impermeabilidad para impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso provoca la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte. De esto se deduce que siempre será buena práctica ingenieril el que se cuente con suficiente drenaje al proyectarse un pavimento, ya que aunado a ello la impermeabilidad necesaria del pavimento en si, redundará en una obra estable.

3. Soportar la acción destructora de los vehículos. La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento. También el tránsito provoca cierta acción de molienda y amasado. De ahí que el pavimento deba resistir estos efectos.

4. Contar con la resistencia a los agentes atmosféricos. Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman. Es de tener en cuenta que hay materiales que resisten mejor que otros, estos efectos y por lo tanto la vida económica y útil del pavimento será mayor cuando los materiales que lo formen tengan más capacidad de resistencia a los agentes físicos y químicos.

### **3.5.3.2 Pavimento rígido**

Pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos como también se les designa, difieren de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles, primero, 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 esfuerzos siguientes:

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- e) 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:

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

### **3.5.3.3 Tipos de pavimentos rígidos**

- a) Pavimentos de concreto simple, sin varillas pasa juntas.
- b) Pavimentos de concreto simple, con varillas pasa juntas.
- c) Pavimentos de concreto reforzado (refuerzo continuo).

Uno de los problemas más comunes para pavimentos de concreto, son las juntas que se tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por cambios de temperatura.

## **3.6. Elementos estructurales de los pavimentos**

### **3.6.1 Sub-rasante**

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

Reacondicionamiento de subrasante es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida, efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20 centímetros de espesor; con el objeto de regularizar, mejorando mediante estas operaciones las condiciones de la sub-rasante, como cimiento de la estructura del pavimento.

- **Material inapropiado para sub-rasante**

1. Suelos clasificados como A-8 según AASHTO M 145, que son altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales, parcialmente carbonizadas o fangosos; su clasificación se basa en inspección visual y no depende de pruebas de laboratorio; se componen de materia orgánica parcialmente podrida; generalmente tienen textura fibrosa; color café oscuro o negro y olor a podredumbre; son altamente compresibles y tienen muy baja resistencia. Además, basura o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación del pavimento.
2. Las rocas aisladas, mayores de 10 centímetros, que se encuentran incorporadas en los 30 centímetros superiores de la capa de suelo de sub-rasante.

- **Material apropiado para sub-rasante**

Suelos de preferencia granulares con menos de 3% de hinchamiento en ensayo AASHTO T 193, que no tengan características inferiores a los suelos

que se encuentran en el tramo o sección que se esta reacondicionando y que además, no sean inadecuados para sub-rasante.

### •Compactación

La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad, hasta lograr el 95% de compactación con respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

### 3.6.2 Sub-base

Capa parte de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar; absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de sub-base; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas, una sub-base del espesor compactado requerido, sobre la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada.

La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

La capa de sub-base, debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

- **Valor soporte.** El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimos de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190, mayor de 50.
- **Piedras grandes y exceso de finos.** El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 7 centímetros.

El material de sub-base no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 40 (0.425 mm.), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.0075 mm.).

- **Plasticidad.** La porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm.), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- **Equivalente de arena.** No. debe ser menor de 25, determinado por el método AASHTO T 176.
- **Impurezas.** El material de sub- base debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.
- **Selección del material.** Seleccionar los bancos de materiales, que llenen los requisitos de calidad establecidos y acompañando los resultados de los ensayos que haya efectuado.
- **Tendido.** El material de sub-base, debe ser tendido en capas no mayores de 30 centímetros ni menores de 10 centímetros. Si el espesor de sub-base requerido, es mayor de 30 centímetros, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 10 centímetros, no perdiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material suelto de sub-base colocado, debe corresponder en cantidad, el espesor de la capa a tender el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de sub-base, medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de 4 kilómetros.

- **Mezcla.** Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use maquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor mediante la

utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con moto niveladora, escarificadora, estabilizadora, arado de discos o por otro método que produzca una mezcla homogénea.

- **Valor soporte.** Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos, y seguidamente un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos colocados.
- **Granulometría.** Se debe efectuar ensayo de granulometría, por cada 500 metros cúbicos de los primeros 3,000 metros cúbicos producidos al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente se debe efectuar un ensayo cada 3,000 metros cúbicos colocados de material de sub-base.
- **Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos de material de sub.-base colocado.

### **3.6.3 Sub - base estabilizada**

Esta es la capa de la sub-base preparada y construida aplicando la técnica de estabilización de suelos, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada; suelos seleccionados de bancos aprobados, para utilizarse, ya sea en su estado natural, mezclando varios de

ellos, o en combinación con los suelos de la sub-rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 centímetros, materiales vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

No deben utilizarse para la sub-base estabilizada, los suelos que estén comprendidos dentro de los materiales inapropiados para sub-rasante, a menos que se trate de estabilización con cal; ni los que tengan un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, mayor de 20, ni más de 70% de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.075 mm.), según AASHTO T 11 cuando se usa cal o cemento.

Estos límites se reducen a un máximo de 15 de índice de plasticidad y a no más de 50% de partículas más finas que el tamiz 200 (0.075 Mm.) cuando se usa material bituminoso. Cantidades que afecten la adecuada estabilización.

Los materiales estabilizadores pueden ser: cal, cemento port-land, materiales bituminosos y otros productos que llenen los requisitos siguiente:

- Cal hidratada. De preferencia debe utilizarse cal hidratada que llene los requisitos de AASHTO M 216, tipo I.
- Lechada de Cal. Debe llenar los requisitos siguientes.
  1. Composición química. El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 70% en peso, de óxidos de calcio y magnesio.

2. Residuo. El porcentaje por peso del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites siguientes, (ver tabla XII).

**Tabla XII. Porcentaje por peso retenido en los tamices**

TAMIZ No.	ESTÁNDAR mm	MÁXIMO RESIDUO RETENIDO
6	3.35	0.0%
10	2.00	1.0%
30	0.600	2.5%

Fuente: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes .Sección 551-4

- **Grado de la lechada.** Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

Grado 1. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 31% del peso total de la lechada.

Grado 2. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 35% del peso total de la lechada.

- **Granza de cal.** Si se usa granza de cal, que consiste en una mezcla de cal hidratada no refinada con partículas de arena y polvillo, debe llenar los requisitos siguientes: por lo menos el 50% en peso.

Debe ser cal hidratada de conformidad con AASHTO M 216 Tipo I; y la graduación de la granza determinada por el método AASHTO T 27 debe estar dentro de los límites estipulados en la tabla XIII.

**Tabla XIII. Graduación de la granza determinado por el método AASHTO T 27**

TAMIZ No.	STANDARD mm	PORCENTAJE POR PESO, QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA
3/8	9.5	100
No. 40	0.425	60
No. 200	0.075	45

Fuente: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes .Sección 304-3

Además la granza de cal debe estar libre de impurezas como fragmentos de madera, grumos de arcilla y sustancias que afecten su efectividad como material estabilizador.

- **Cal viva.** Si las disposiciones especiales así lo establecen expresamente y en casos especiales, puede utilizarse cal viva, debiéndose efectuar previamente la preparación correspondiente de la misma, pulverizándola e hidratándola adecuadamente. El tamaño máximo de los grumos no debe

ser mayor de ¼ pulgada (6.3 mm.). El proceso de hidratación no debe durar menos de 24 horas.

- **Cemento Pórtland.** Debe utilizarse cemento Pórtland que llene los requisitos de la norma AASHTO M 85-63 para el tipo especificado. Con la aprobación previa por escrito del Ingeniero puede utilizarse otras clases de cemento o cemento a granel.
- **Materiales bituminosos.** El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación para el material bituminoso a utilizarse como estabilizador, debe ser uno de los establecidos en la tabla siguiente, a menos que lo indiquen de otra forma las disposiciones especiales.

**Tabla XIV. Tipo, grado, especificación y temperatura de la aplicación para el material bituminoso a utilizarse como estabilizador**

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		GRADOS FAHRENHEIT	GRADOS CENTÍGRADOS
1. Asfaltos líquidos RC 250	AASHTO M 81	80 – 150	27 – 65
MC 250, SC 250	AASHTO M 82, M 141	140 – 170	60 – 77
RC 800, MC 800 SC 800	AASHTO M 81, M 82 M 141	150 – 200	65 - 93
2. Emulsiones Asfálticas SS-1, CSS-1	AASHTO M 140, M 208	75 - 130	24 - 55
SS 1h, CSS 1h	AASHTO M 140, M 208	75 - 130	24 - 55
3. Alquitranes RT-5, RT-6	AASHTO M 52	80- 150	27 - 65
RT-7, RT-8, RT-9	AASHTO M 52	150 - 225	65 - 105

Fuente: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes .Sección 307-4.

### **3.7. Base**

Esta es la capa constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas subyacentes y sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

### 3.7.1 Base de grava o piedra triturada

Este material de base debe consistir en piedra o grava de buena calidad, trituradas y mezcladas con material de relleno, de manera que el producto obtenido, corresponda a uno de los tipos de graduación aquí estipulados y llene además los requisitos siguientes:

**a. Valor Soporte.** El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190 mayor de 85.

**b. Abrasión.** La porción de agregado, retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm.), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, según AASHTO T 96.

**c. Caras fracturadas, y partículas planas o alargadas.** No menos de 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 (4.75 mm.) deben de tener por lo menos una cara fracturada; ni más del 20% en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

**d. Impurezas.** El material de base de grava o piedra triturada debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base, pueden causar a criterio profesional, fallas en el pavimento.

**e. Graduación.** El material para capa de base de grava o piedra trituradas, debe llenar los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 27 Y T 11, para uno de los tipos que se establecen a continuación.

**Tabla XV. Tipos de graduación para material de capa de base de grava o piedra trituradas**

TAMIZ No.	STANDAR D mm	PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA AASHTO T 27					
		TIPO "A" 2" máximo		TIPO "B" 1 ½ " máximo		TIPO "C" 1" máximo	
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
2	50	100	100				
1 ½	37.5			100	100		
1	25.0	65-85	70-90	70-95	70-100	100	100
¾	19.0	50-80	50-75	55-85	60-90	70-100	70-100
3/8	9.5				45-75		50-80
No.4	4.75	30-60	29-60	30-60	30-60	35-65	35-65
10	2.00				20-50		25-50
40	0.425	10-25	7-30	10.25	10-30	15-25	15-30
200	0.075	3-10	0-15	3-10	5-15	3-10	5-15

Fuente: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes .Sección 305-2.

**f. Plasticidad y Cohesión.** El material de base de grava o piedra trituradas, en el momento de ser colocado en la carretera, debe tener en la fracción que pasa el Tamiz No. 4 (4.75 mm.), incluyendo el material de relleno, las características siguientes:

1. Plasticidad. La porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm), no debe tener un índice de plasticidad, AASHTO T 90, mayor de 3, ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos sobre nuestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 6.

2. Material más fino de 0.075 mm. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm), debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm).

3. Equivalente de Arena. No debe ser menor de 40, determinado según AASHTO T 176.

**g. Material de relleno.** Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe ser libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, limo inorgánico, polvo de roca, u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen el tamiz No. 10 (2.00 mm).

**h. Colocación y tendido.** El material de base debe depositarse sobre la sub-base previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con moto niveladora; o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación, en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 30 centímetros ni menor de 10 centímetros. La distancia máxima a que puede ser colocado el material

para capa de base, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 4 kilómetros.

**i. Mezcla.** El material de base que haya sido tendido, debe mezclarse adecuadamente en el espesor completo de la capa, con moto niveladora, mezcladora móvil o por otro método que produzca una mezcla uniforme. En caso de utilizarse equipo especial para tender el material previamente humedecido sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

**j. Riego de agua.** Previamente a la compactación de la capa de base, debe humedecerse adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo debe determinarse secando el material o por el método de carburo, AASHTO T 217. El humedecimiento del material puede efectuarse en la planta, antes de ser acarreado y tendido, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada.

**k. Conformación y compactación.** La capa de base de grava o piedra triturada, debe conformarse ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación, y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. Cuando el espesor de capa a compactar exceda de 30 centímetros, el material de base debe ser tendido conformado y compactado en dos o más capas, nunca menores de 10 centímetros.

### **3.7.2 Base granular**

Capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

### **3.7.3 Base estabilizada con cemento**

Capa parte de la base, constituida de materiales pétreos y/o suelos mezclados con cemento Pórtland y agua, aplicando la técnica de estabilización, con el objeto de mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

### **3.7.2 Base negra**

Capa que forma la base, constituida de materiales granulares pétreos, recubiertos con material bituminoso, con el objeto de mejorar sus condiciones de resistencia a la humedad y estabilidad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

### **3.8 Capa de rodadura**

Capa sobre la cual se aplican directamente, las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y esta formada por una mezcla bituminosa si el pavimento es flexible y por una losa de concreto de cemento si es pavimento rígido.

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.

#### **3.8.1 Capa de desgaste o sello**

Esta capa se coloca sobre la capa de rodadura y esta formada por un riego bituminoso con arena o piedra menuda, esta capa es optativa, no se coloca si la de rodadura es resistente al desgaste.

#### **3.8.2 Superficie rasante**

Esta es la capa que soportara el tránsito de los vehículos automotores. No siempre un pavimento se compone de todas la capas anteriormente indicadas. La ausencia de una o varias de ellas.

Depende de la capacidad soporte de la sub-rasante de la clase de materiales a usarse, del tipo de pavimento, de la intensidad del tránsito, de la carga de diseño, etc.

### **3.8.3 Determinación de las propiedades del suelo**

#### **3.8.3.1 Generalidades**

Para la construcción de vías terrestres es indispensable la aplicación de los principios de la mecánica de suelos ya que la investigación de las propiedades de los suelos, no puede ser ajena a ninguna de las etapas de su proyecto.

En la planificación y construcción de carreteras para economizar recursos es esencial proyectar basándose en el conocimiento de las propiedades de los suelos encontrados en el lugar donde ésta se construirá.

#### **3.8.3.2 Características físicas de los suelos**

##### **a. Tamaño de las partículas**

El tamaño de las partículas es básico para hacer una clasificación de suelos. El tamaño de las partículas lo determina la composición minera-lógica que posee un determinado suelo.

### **b. Peso específico**

El peso específico de un material es la relación que existe entre el peso de los sólidos del material y el peso del volumen de agua que dichos sólidos desalojan.

### **c. Estructura**

La estructura de un suelo es determinante en su comportamiento mecánico, sobre todo cuando se trata de arcillas, ya que éstas bajo condiciones de humedad y la acción de fuerzas exteriores pueden modificar su estructura y alterar su volumen de vacíos dando como resultado una reducción de la estabilidad del suelo.

### **d. Distribución de las diferentes partículas**

De la distribución de las diferentes partículas que componen un suelo, como piedra, grava, arenas, limos y arcillas, depende el mayor o menor volumen de vacíos del suelo. El procedimiento para determinar los diferentes porcentajes de material granular y fino que contiene un suelo se denomina análisis granulométrico, que se lleva a cabo por medio de tamices.

### **e. Contenido de humedad**

Se puede decir que es relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra seca.

### **f. Porosidad y contenido de vacíos**

Además de las partículas sólidas, los suelos contienen un porcentaje de vacíos que pueden estar llenos de aire y/o agua.

#### **g. Dureza o porcentaje de desgaste**

Es muy importante conocer la forma como se comportan los agregados bajo la acción del tránsito, por lo que las rocas trituradas, las gravas naturales y las gravas trituradas, deben de someterse a una prueba de desgaste, la que se efectúa con el equipo denominado máquina de desgaste de Los Ángeles.

#### **h. Permeabilidad**

Es la propiedad que tiene un suelo de permitir el paso del agua por sus poros.

#### **i. Capilaridad**

Se puede decir que se basa en el principio de ascensión capilar, caracterizada porque dicha ascensión es inversamente proporcional al diámetro de los tubos formados por los vacíos de los suelos y en la construcción o mantenimiento de pavimentos.

Esta condición se debe tomar en cuenta, ya que, un gran porcentaje de suelos, están formados por arcillas o limos arcillosos.

### **3.8.3.3 Capacidad de carga de los suelos**

Para la construcción de una capa de sub-rasante debe cumplirse con los requisitos siguientes.

1. Hacer un estudio de suelo para determinar las características del terreno natural y la posibilidad de utilizarlo como material de relleno.
2. Adaptar la característica geométrica de la capa de apoyo ancho, profundidad y pendiente lateral a la característica del suelo que se va utilizar. La sección transversal debe incluir un drenaje adecuado.
3. Se deben considerar los efectos de humedad ya que una condición esencial para la estabilidad del suelo y la capa de apoyo, es que estén libre de humedad excesiva.
4. La condición gradual de humedad durante el proceso de compactación disminuye la tensión superficial entre los granos del suelo, permitiendo que las partículas se consoliden más estrechamente aumentando la densidad y la estabilidad del suelo, con mayor resistencia al corte y menos espacio para la humedad. Agregando agua después de una cantidad ideal de humedad, se llega a un punto en que las partículas se separan dando lugar a una capa menos densa y menos estable. La cantidad ideal de humedad se llama humedad óptima y el punto de máxima densidad por peso seco se llama también, densidad óptima.
5. Diseñar un buen sistema de drenaje ya que éste es sin duda el factor más importante que contribuye a la estabilidad, debido a que se requiere que el agua se mantenga lejos de la estructura de la capa de apoyo.

Es necesario entonces colocar alcantarillas, cunetas revestidas y sub-drenajes, para evacuar el agua rápidamente, evitándose estancamientos cercanos que puedan provocar saturación en la estructura de apoyo del pavimento.

#### **3.8.3.4 Ensayos de laboratorio de suelos**

Estos ensayos de suelos están muy asociados con los proyectos de carreteras.

Un buen programa de estudio de suelos deberá abarcar:

- a. Toma de muestras de materiales representativos;
- b. Realizar los ensayos respectivos; y,
- c. Proveer los datos obtenidos para el proyecto.

También es importante identificar los suelos, porque se logrará mucho si los materiales están adecuadamente identificados desde el principio.

La persona encargada del estudio, decidirá los tipos de suelos de los que han de tomarse muestras, su número, cómo y cuando han de ser tomadas.

Los procedimientos de ensayo se hacen para la clasificación general de los suelos, para el control de la construcción y para determinar la resistencia del suelo.

Ensayos generales, se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados, adecuadamente. Estos ensayos son: ensayo del peso específico, análisis granulométrico y ensayos de consistencia.

Ensayos para inspección o control, se usan para asegurar que los suelos se compacten, adecuadamente, durante la construcción, de modo que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto, éstos son: ensayo del contenido de humedad, determinación del peso unitario o densidad y ensayo de compactación para el contenido de humedad.

Ensayos de resistencia, se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y son adecuados para usarlos en la construcción; el más importante es el California Bearing Ratio, C.B.R.

#### **3.8.3.4.1 Ensayo de contenido de humedad**

Esta humedad o contenido de agua de una muestra de suelo, es la relación del peso del agua contenida en la muestra, al peso de la muestra ya seca, expresada como tanto por ciento.

#### **3.8.3.4.2 Análisis granulométrico**

Es la granulometría una propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. En la clasificación de los suelos

para el uso en ingeniería se utiliza el tipo de análisis granulométrico, este ensayo constituye una parte de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis generalmente se hace en dos etapas.

- a. La primera se realiza por medio de una serie de tamices convencionales para suelos de granos grandes y medianos o suelos granulares como: piedra triturada, grava y arenas. El análisis consiste en pasar la mezcla que se analizará por mallas de aberturas conocidas, después se pesa el material retenido en cada una de las mallas y la información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, para poder comparar el suelo y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños gruesos presentes como una masa total. Los tamaños inferiores a la malla # 200 se consideran finos.
- b. La segunda por un proceso de vía húmeda para suelos de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este análisis mecánico vía húmeda se basa en el comportamiento de material granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse. Para suelos excesivamente finos se deberá usar el método del hidrómetro, pero este caso no es muy aplicado a carreteras, pues los materiales finos son materiales poco recomendables para bases y sub-bases de pavimentos. Solamente en el caso de que más del 12% de la muestra pase a través del tamiz # 200.

Es necesario el procedimiento de la granulometría por hidrómetro según AASHTO T 88. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27.

### **3.9 Límites de consistencia**

Estos sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad.

#### **3.9.1 Límite líquido (L.L)**

Es cuando el estado del suelo se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de casa grande, se cierre 1.27 cm. a lo largo de una ranura formada en un suelo remoldado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

El límite líquido fija la división ante el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son

algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

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 obligatoriedad al hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

### **3.9.2 Límite plástico (L.P.)**

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 de un fluido viscoso.

El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm (1/8 de pulgadas) de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

### **3.9.3 Índice de plasticidad (I.P.)**

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 (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, es suelo 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.

### **3.9.4 Ensayo del peso unitario de densidad**

El peso unitario húmedo a densidad húmeda es el peso por metro cúbico o bien por centímetro cúbico del material "in situ" incluyendo el agua que contiene. Este ensayo se usa para controlar la compactación de terraplenes y capas de base.

Para controlar la compactación de suelos gravosos, en el campo, se debe obtener la densidad seca del material que pasa el tamiz  $\frac{1}{4}$ ", a fin de que se pueda comparar con la densidad hallada en la compactación de laboratorio.

### **3.9.5 Ensayo de compactación o Proctor Modificado**

La compactación es todo proceso por medio del cual, se aumenta el peso volumétrico de un material.

La densidad que se puede obtener de un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad), se llama “contenido óptimo de humedad” para aquel método de compactación. En general, ésta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

### **3.9.6 Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)**

Es el valor relativo de soporte de un suelo (C.B.R.), es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración, en una muestra estándar de piedra triturada.

En este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así, poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo.

Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa.

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.

Expansión.

A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 lb. 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 a cada 24 hrs, controlando la expansión del material.

Determinación de la resistencia a la penetración:

Después de haber tenido la muestra en saturación durante cuatro días, se saca del agua escurriéndola durante quince minutos, se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente sobre la muestra, el peso, el extensómetro ajustado a cero con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, y se toman las lecturas de deformación.

Ya con las lecturas tomadas, se procede a encontrar por medio de fórmula, la carga correspondiente a cada una de éstas, haciendo por último el gráfico que representa nuestro suelo.

**Tabla XVI. Valores mínimos de C.B.R.**

C.B.R.	CLASIFICACIÓN
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
11 - 20	Subrasante regular o buena
21 - 30	Subrasante muy buena
31 - 50	Subrasante buena
51 - 80	Base buena
81 - 100	Base muy buena

Fuente: Carlos Crespo Villalaz. Vías de comunicación, tercera edición. México 2000. Pág. 11

### **3.9.7 Análisis de resultados**

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

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación: S.C.U.      ML      P.R.A.      A-4

Descripción = Arena limosa con grava color café oscuro

Peso unitario seco máximo = 98.9 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 24.4 %

C.B.R. = 23.6 %

L.L. = material plástico

I.P. = material plástico

Nota:

Como se puede observar, este material cumple con los requisitos de base muy buena.

### **3.10 Sistema de drenaje pluvial para una carretera**

#### **3.10.1 Alcantarillas**

Son los conductos que se construyen por debajo de la sub-rasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

### **3.10.2 Cunetas**

Son canales abiertos que sirven para interceptar el agua superficial que proviene de la plataforma y de los taludes cuando existe corte.

Las cunetas pueden ir colocadas al centro de la calzada o lateralmente a ella dependiendo de la clase de carretera.

Pueden ser de sección transversal, triangular, rectangular, trapezoidal etc.

### **3.10.3 Contra cunetas**

A diferencia de las cunetas van colocadas a una cierta distancia del borde de un corte que da paso a una carretera.

Por su posición, se les conoce como cunetas de cresta. El mantenimiento de este tipo de cunetas se hace a veces muy difícil, cuando se encuentran colocadas a alturas grandes y podrán incluso dar lugar a filtraciones que dañen el talud hasta provocar el deslizamiento del mismo.

#### **3.10.4 Bombeo**

Es la pendiente transversal de una carretera. Dependiendo del tipo de pavimento o superficie de rodadura, se usa generalmente el 2 ó 3% y en algunos casos valores mayores. Ésta pendiente transversal sirve para remover el agua que cae directamente sobre la calzada.

#### **3.10.5 Pendiente longitudinal**

La pendiente longitudinal al igual que el bombeo sirve para remover el agua que cae directamente sobre la plataforma de la carretera, pero en el sentido longitudinal.

Con el objeto de que una carretera tenga mayor capacidad de drenaje, es que existen especificaciones acerca de pendiente mínimas.

#### **3.10.6 Drenaje superficial de carreteras**

Para la planificación y el diseño de drenajes intervienen la hidrológica y la hidráulica como rama de la ciencia, ayudadas por la topografía, la geología de la zona, razones estructurales, etc.

### **3.10.6.1 Estudio hidrológico**

La hidrología es la ciencia que trata de la precipitación y del escurrimiento encima y debajo de la superficie de la tierra.

La secuencia de los acontecimientos que representan los varios movimientos de agua, recibe el nombre de ciclo hidrológico. Estos acontecimientos son: precipitación, infiltración, evaporación, transpiración, intercepción, escurrimiento superficial, escurrimiento subterráneo y almacenaje.

### **3.10.6.2. Precipitación pluvial**

Este consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto en este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de las clase de suelo de dicha área. Los tres últimos datos se pueden determinar en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, más no así la precipitación pluvial la cual es necesario conocer su valor máximo en un número bastante grande de años.

### **3.10.6.3. Esguurrimiento superficial**

La función del drenaje en los caminos, es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua por peligro de derrumbes o deslizamientos según el tipo de material del corte, y debe evitarse además, que el agua subterránea reblandezca la subrasante con su consiguiente peligro.

Como puede observarse, el prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados.

Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables unos e impermeables otros, obligando ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas.

La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha ensañado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que ha sufrido.

### **3.11 Determinación y estudio del área de drenaje**

En toda planificación y diseño de drenajes, debemos de estimar el volumen de agua que deberá ser drenada. Éste volumen de agua recibe el nombre de descarga de diseño, y su determinación debe hacerse con la mayor precisión posible, para hacer un diseño económico.

Se han utilizado numerosos métodos para el cálculo de descarga de diseño. Todos ellos están basados en uno de los siguientes criterios.

1. Registro de corrientes individuales y observación de estructuras existentes.
2. Uso de fórmulas empíricas o semiempíricas, para determinar la máxima descarga.
3. Uso de fórmulas, empíricas o semiempíricas para determinar directamente el área de desagüe requerida.

Por su fácil aplicación, y su uso tan extendido se estudiarán la fórmula de Talbot y la fórmula Racional.

### 3.11.1 . Método de Talbot

Para el año 1887, Talbot, profesor de la Universidad de Illinois, publicó su bien conocida fórmula, para determinar directamente el área para una alcantarilla. En este trabajo se adaptará para la obtención del área de cunetas para carreteras.

Para la derivación de su fórmula, Talbot hizo uso de la fórmula de Burki – Ziegler, la cual da la descarga “q”, en pies cúbicos por segundo por acre drenado, así:

$$q = CI \sqrt[4]{\frac{S}{A}} \quad [ 26 ]$$

donde:

A: área de drenaje, en acres.

S: pendiente promedio del terreno en pies por 1000 pies.

I: precipitación promedio, en pulgadas por hora, durante la mayor lluvia.

C: coeficiente que depende de la impermeabilidad del terreno.

La derivación de la fórmula de Talbot fue hecha de la siguiente forma: puesto que según Burki – Ziegler la descarga varía inversamente con la cuarta

potencia del área drenada, La descarga total variará como  $1/A$  o también como  $3/4 A$ .

Asumiendo que la velocidad del agua a través de la alcantarilla es la misma que aguas arriba en el canal, la abertura de la alcantarilla variará de la misma manera.

Ésta hipótesis es verdadera cuando la pendiente de la alcantarilla sea la misma que aguas arriba en el canal y cuando la disminución del coeficiente de fricción en la alcantarilla, en relación con el del canal, sea contrarrestada por la resistencia en la entrada de la alcantarilla.

Se puede escribir entonces:

$$a = C \sqrt[4]{A^3} \quad [ 27 ]$$

donde:

a: área de desagüé, en pies cuadrados

A: área de drenaje, en acres

C: coeficiente adimensional:

En unidades métricas la fórmula se escribe así:

$$a = 0.183 * C \sqrt[4]{A^3} \quad [ 28 ]$$

donde:

a: área de desagüé, en metros cuadrados

A: área de drenaje, en hectáreas

C: coeficiente adimensional.

El coeficiente C depende de la naturaleza del terreno drenado. Para diversas condiciones se recomiendan los valores siguientes, (ver tabla XVII).

**Tabla XVII. Coeficiente c el terreno drenado**

CONDICIONES DEL TERRENO	C
Terrenos rocosos con pendientes abruptas	1
Terrenos quebrados con pendientes moderadas	0.66
Valles irregulares, muy anchos en comparación con su largo	0.50
Terrenos agrícolas ondulados, siendo el largo del valle tres o cuatro veces el ancho	0.33
Zonas planas	0.20

Fuente: Víctor L. Streete. Mecánica de fluidos, novena edición. Mexico 2001. Pág. 367

Para la obtención del área contribuyente se puede hacer uso de fotografías aéreas, mapas topográficos, etc.

### 3.11.2 Método Racional

Para este método se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria contribuye con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional esta representado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad [ 29 ]$$

donde:

Q = Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s.

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

C = Coeficiente de escorrentía (consultar tabla XVII)

Para la intensidad de lluvia, consultar en el INSIVUMEH para la región en estudio.

La intensidad estará dada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{a}{t + b} \quad [ 30 ]$$

donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

a y b = Varían en cada región, datos proporcionados por INSIVUMEH.

t = Tiempo de concentración en minutos.

$$t = \left[ \frac{0.86 * L^3}{H} \right]^{0.385} * 60 \quad [ 31 ]$$

donde:

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud de cauce principal

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal; se da en metros.

### 3.12 Estudio hidráulico

Un canal abierto se define como un conducto por el que circula agua con una superficie libre. Como canales abiertos, se clasifican los conductos de agua descubiertos y los cerrados cuando trabajan parcialmente llenos.

En el drenaje de carreteras, los canales son utilizados como zanjas laterales y de coronación, canales de desviación, cunetas y alcantarillas que trabajan parcialmente llenos.

Los elementos de un canal son los siguientes:

Área (A): el área de la sección transversal.

Perímetro mojado (P): es la longitud de la línea de intersección del plano de la sección transversal, con la superficie mojada del canal.

Radio hidráulico (R): Es la relación entre el área y el perímetro mojado.

Desde el punto de vista de las propiedades hidráulicas de un canal, la sección transversal de máximo rendimiento es la que con un área y pendientes dadas, tiene capacidad máxima. Esta sección es la de mínimo perímetro mojado.

Por otra parte, como la sección de máximo rendimiento para cualquier caudal dado es la de área mínima, será también la de construcción más económica.

### 3.12.1 Fórmula de Manning

Esta fórmula es una de las más usadas actualmente para flujo en canales abiertos, es la de Robert Manning. Como resultado de muchas experiencias, Manning determinó que el valor C era directamente proporcional a  $R^{1/6}$ . Otros científicos encontraron que este factor de proporcionalidad era similar al valor recíproco de n (coeficiente de rugosidad en la fórmula de Kutter). La fórmula obtenida experimentalmente por Manning es la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [32] \quad \text{Sistema métrico}$$

donde:

V: velocidad en metros por segundo

n: coeficiente que depende del material y estado del cauce

R: radio hidráulico en metros

S: pendiente

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [33] \quad \text{Sistema inglés}$$

donde:

V: velocidad en pies por segundo

R: radio hidráulico en pies

En términos de Q podemos expresar la ecuación de la siguiente manera

$$Q = A * V \quad [ 34 ]$$

**Tabla XVIII. Coeficientes de rugosidad de Manning**

TIPO DE SUPERFICIE	N
Canales y zanjas de tierra, rectos y uniformes	0.020
En roca, lisos y uniformes	0.030
En roca, ásperos e irregulares	0.040
Canales sinuosos y de corriente lenta	0.025
Canales excavados de tierra	0.028
Canales revestidos de concreto	0.014
Canales revestidos de grama y bien mantenidos	0.050

Fuente: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes .Sección 608-1

### 3.12.2 Fórmula de Chézy

Para el año de 1775 Chézy propuso que la velocidad en un canal abierto era directamente proporcional a  $\sqrt{RS}$  de donde:

$$V = C\sqrt{RS} \quad [35]$$

Esta fórmula ha sido usada tanto para canales abiertos como para tuberías bajo presión. Para el valor de C se tiene que:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{f}} \quad [36]$$

donde:

g: Gravedad en metros por segundo

f: Factor de fracción

A pesar de la simplicidad de esta fórmula se tiene que C no es un número adimensional, teniendo las dimensiones de  $L^{1/2} T^{-1}$ .

Para el uso de esta fórmula en el sistema inglés se debe de transformar el coeficiente C, a las dimensiones correspondientes.

### 3.12.3 Fórmula de Kutter

La fórmula de Kutter sirve para la determinación del coeficiente C de la fórmula de Chézy:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left( 41.7 + \frac{0.00155}{S} \right)} \quad [ 37 ] \quad \text{Sistema métrico}$$

$$C = \frac{41.7 + \frac{0.00281}{S} + \frac{1.81}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left( 41.7 + \frac{0.00281}{S} \right)} \quad [ 38 ] \quad \text{Sistema inglés}$$

### 3.13 Determinación de los factores de diseño utilizados en el tramo carretero de la calzada Centro América del municipio de Escuintla

Para determinar la proyección de vehículos se cuenta la siguiente clasificación:

1. Automóviles, paneles y jeeps
2. Pick-ups
3. Camiones medianos de 2 ejes
4. Vehículos de tres ejes
5. Microbuses
6. Buses
7. Vehículos de 4 ejes o más.

**Tabla XIX. De proyección del tránsito**

AÑO	TIPO DE VEHICULO							PERIODO DE ANALISIS
	1	2	3	4	5	6	7	
1,998	1,496	2,111	1,863	2,047	167	1,101	123	1 Año
CONS 2,006	1,555							
1,999	1,618							5 años
2,000	1,682							
2,001	1,750							10 Años
2,002	1,820							
2,003	1,892							15 Años
2,004	1,968							
2,005	2,046							20 Años
2,006	2,128	3,005	2,539	2,604	237	1,500	197	
Tasa de crecimiento	4%	4%	3.50%	3.50%	4%	3.50%	2.50%	

Fuente: Dirección general de caminos departamento técnico.

Las cargas del tránsito fueron estimadas como se indico al principio, en función de los ejes equivalentes a un eje sencillo de 8.2 toneladas (ESAL) se acumulan en el período de vida útil, los cálculos fueron desarrollados en la tabla de proyección del tránsito XIX y tabla de los ejes equivalentes XX.

**Tabla XX. De ejes equivalentes**

ANO	TIPO DE VEHICULO							PERIODO DE ANALISIS	ESAL DE DISEÑO
	1	2	3	4	5	6	7		
CONS 2,006								10 Años	358,283
2,008									
2,010									
2,012									
2,014									
2,016									
2,018									
2,020									
2,024									
2,026									
Tasa de crecimiento	4%	4%	3.50%	3.50%	4%	3.50%	2.50%		

Fuente: Dirección general de caminos departamento técnico.

Con los resultados de los ensayos de laboratorio de suelos (ver anexo), y a la guía para el diseño de estructuras de pavimentos se AASHTO, se tiene un número estructural (SN), para todo el tramo de:

Ensayo de Razón Soporte California C.B.R.	19.0
SN	4.25

### 3.13.1 Memoria e informe técnico

En base a los factores se obtiene del la guía de estructura de pavimento AASHTO, los siguientes datos:

Período de diseño utilizado	20 años
% de crecimiento vehicular	Variable (ver tabla XIX)
ESAL (ejes equivalentes a 18,000 lbs)	45, 473,895
Confiabilidad	85%
Serviciabilidad inicial	4.5
Serviciabilidad final	2.0
Desviación estándar	0.45
Coefficiente de capa de sub-base granular	0.11
Factor de drenaje de capa de sub-bse granular	0.9
Coefficiente de capa de base triturada	0.14
Factor de drenaje capa de base triturada	1.00
Coefficiente de capa de concreto asfáltico	0.41
Factor de drenaje de concreto asfáltico	1.00

Se determina por medio de tablas de la guía de estructuras para pavimentos AASHTO, los siguientes espesores:

Capa de rodadura de concreto asfáltico	= 10.00 cm.
Capa de Base triturada ó grava	= 10.00 cm.
Capa de Sub-base granular	= 15.00 cm.
<hr/>	
Total	= 35.00 cm.

### **3.13.2 Evaluación de impacto ambiental**

Para todos los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada uno tiene sus respectivos impactos ambientales adversos, entonces deberá considerarse el establecimiento de políticas o estrategias ambientales, la aplicación adicional de equipo, si el caso así lo amerita; sistemas, acciones y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios de la opción del proyecto, dando prioridad a aquellos particularmente significativos.

Para un proyecto de carreteras, se pueden utilizar diversas medidas de mitigación, que van desde obras de infraestructura, hasta barreras vivas y barreras muertas, u otras sencillas construidas con materiales propios del lugar.

- **Medidas de mitigación recomendadas**

No debe de realizarse la quema de material vegetal por ningún motivo, por efectos de combustión sobre la atmósfera, sobre el suelo que pierde humedad y la flora, fauna, microflora y micro fauna que se ven afectadas en la alteración de su ciclo biológico, destrucción de su hábitat, contaminación de suelos y ríos, por partículas que lleva el agua o viento.

La manera de la remoción del material vegetal debe realizarse, de forma que no perjudique las especies decorativas de la región o escasez relativa de la misma.

### **3.13.3 Medidas de mitigación para construcción**

Todos los materiales del corte del terreno, se deberán depositar en sitios ubicados a más de 100 m. de un cuerpo de agua superficial, en caso que se deposite en sitios donde este expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes, y/o gaviones de piedra sostenidos con malla de alambre para que desempeñen la función de muro de retención, y que establezcan especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.

El manejo del suelo y agregados pétreos, deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podría causar problemas de salud a la población asentada en el área, usuarios de la carretera durante su construcción, y los propios trabajadores del proyecto.

La construcción de estructuras de drenajes transversales es importante, debido a que el tipo de terreno, o parte de la sub-cuenca, drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura.

La tubería de drenaje transversal, será de diámetro adecuado y a intervalos convenientes, con un mínimo de 3 por km.

Se deberá perforar pozos de absorción en la entrada de la tubería, para ayudar a contener el material que arrastre el agua. En la salida de la tubería, se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento o disipadores con gramíneas, muros de piedra, bambú, o cualquier material propio del lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería, y evitar la formación de cárcavas si la pendiente del terreno es fuerte.

#### **3.13.4 Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.**

Debe de considerarse la habilitación de sitios para parqueo, destinados a la reparación de vehículos durante su recorrido, o para el descanso de los automovilistas.

El la época de invierno el proceso de erosión, es fácil de controlar mediante la conservación de la cubierta vegetal existente, estableciendo nuevas plantas o vegetación, en lugares escasos o desprovistos de los mismos.

Es necesario, que la proporción de corte de los taludes sea el adecuado de acuerdo a su altura, no excediéndose en el mismo. Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad, o presenta dificultad en lograr el ángulo de corte indicado, se puede conseguir mediante el establecimiento de plantas y la

aplicación de cemento inyectado. Se recomienda, cuando los taludes sean mayores de 4 metros, se hagan terrazas provistas de cubierta vegetal.

### **3.14 Maquinaria a utilizar en le proyecto**

#### **Tractores**

Los tractores son las máquinas más compactas y fuertes que, para mover tierras, se han fabricado hasta la fecha. Sin embargo, presentan la desventaja de moverse a poca velocidad. Estas máquinas son de origen americano quienes las clasifican por su forma de rodamiento, en tractores sobre orugas y en tractores sobre neumáticos.

Los americanos a los tractores sobre orugas los llaman bulldozer o simplemente dozer.

#### **Operaciones que realiza**

- Abrir brecha
- Corte de capa vegetal
- Destronque
- Remoción de capa de asfalto
- Rellenos

## **Retroexcavadora**

Máquina autopropulsada, se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Ésta máquina, se encuentra montada sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de excavación trasero, de forma que pueden ser utilizados para trabajos de excavación y carga de material.

### **Características**

- Tiene gran alcance tanto horizontal como verticalmente, al interior de la trinchera, con la pluma, el brazo excavador y el cucharón extendido.
- El alcance del cucharón, varía de 4.50 metros a 13.5 metros, para los diferentes tamaños de retroexcavadoras.
- El giro de la retroexcavadora, varía desde 360° para la unidad montada en equipo de autopropulsión, hasta 90° para la unidad montada en tractor.

### **Operaciones que realiza**

- Limpia de maleza
- Destronque

- Excavación de trincheras.
- Cargar material hacia el camión transportador.
- Rellenos
- Compactación
- Corte de taludes
- Mezcla de materiales
- Demolición

### **Maquinaria para acarreo de materiales de construcción**

#### **Características**

Capacidad entre 18,000 y 32,000 libras en camión de doble eje.

Capacidad máxima 15 toneladas, para tránsito sobre carretera.

#### **Operaciones que realiza**

Acarreo de materiales.

#### **Moto niveladora**

Esta es una máquina muy versátil usada para mover tierra u otro material suelto. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial. Su versatilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener.

Este puede ejecutar todas las funciones de los tractores, pero su diferencia radica en que la moto niveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor. Debido a esto es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión. La moto niveladora puede ser arrastrada o automotriz, siendo esta última la más utilizada y se denomina moto niveladora (motograder).

### **3.15. Planos**

Para el presente caso en estudio, se elaboraron planos que contienen la planta y perfil de la carretera, plano de sección típica, en los planos de planta, perfil se colocaron todos los datos necesarios, detalle de cabezales (ver anexo).

### **3.16. Presupuesto del proyecto**

En la elaboración del presupuesto, se tomaron en consideración aspectos físicos como lo son, primero se encontraron los renglones de trabajo y las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de carretera, luego se calcularon los costos directos. Con estos resultados, se establecieron las relaciones que deben existir entre ellos para el éxito de la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta los rendimientos de la maquinaria. Los precios de los materiales, son precios de venta en el municipio Escuintla, departamento de Escuintla, los precios de arrendamiento de maquinaria incluyen operador y combustible, y la mano de obra no calificada será contratada en el lugar de ejecución del proyecto.

**Tabla XXI. Presupuesto tramo carretero calzada Centro América Escuintla**

**Trabajos preliminares**

Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Laboratorios de mecánica de suelos	Unidad	3.00	Q1,842.75	Q5,528.25
Levantamiento topográfico	Global	1.00	Q23,975.00	Q23,975.00
TOTAL				<b>Q29,503.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra) Q1,475.17

Total Costo Directo:	Q30,978.42
Costos Indirectos:	Q13,320.73
Total Parcial:	Q44,299.15
IVA:	Q5,315.90
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q49,615.05</b>

**Preparación del terreno**

Maquinaria				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Motoniveladora (patrol 120 H)	Hora	8.00	Q550.00	Q4,400.00
Rodo vibro compactador	Hora	8.00	Q275.00	Q2,200.00
Retro excavadora	Hora	8.00	Q300.00	Q2,400.00
Camión de volteo de 12 m3	Día	1.00	Q6,000.00	Q6,000.00
Camión sisterna	Hora	8.00	Q200.00	Q1,600.00
TOTAL				<b>Q16,600.00</b>

Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Ayudantes	Día	6.00	Q47.20	Q283.20
Encargado	Día	1.00	Q102.50	Q102.50
Ingeniero Residente	Día	1.00	Q333.33	Q333.33
TOTAL				<b>Q719.03</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra) Q35.96

Total Costo Directo:	Q17,354.99
Costos Indirectos:	Q7,462.65
Total Parcial:	Q24,817.64
IVA:	Q2,978.12
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q27,795.76</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q78.33</b>

**Conformación y preparación de subrasante**

Maquinaria				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Motoniveladora (patrol 120 H)	Hora	8.00	Q550.00	Q4,400.00
Rodo vibro compactador	Hora	8.00	Q275.00	Q2,200.00
Retro excavadora	Hora	8.00	Q300.00	Q2,400.00
Camión de volteo de 12 m3	Día	1.00	Q6,000.00	Q6,000.00
Camión sisterna	Hora	8.00	Q200.00	Q1,600.00
TOTAL				<b>Q16,600.00</b>

Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Ayudantes	Día	6.00	Q47.20	Q283.20
Encargado	Día	1.00	Q102.50	Q102.50
Ingeniero Residente	Día	1.00	Q333.33	Q333.33
TOTAL				<b>Q719.03</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra) Q35.96

Total Costo Directo:	Q17,354.99
Costos Indirectos:	Q7,462.65
Total Parcial:	Q24,817.64
IVA:	Q2,978.12
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q27,795.76</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q73.11</b>

### Continuación de Tabla XXI...//...

<b>Sub Base</b>
-----------------

Maquinaria				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Motoniveladora (patrol 120 H)	Hora	8.00	Q550.00	Q4,400.00
Rodo vibro compactador	Hora	8.00	Q275.00	Q2,200.00
Retro excavadora	Hora	8.00	Q300.00	Q2,400.00
Camión de volteo de 12 m3	Día	1.00	Q7,500.00	Q7,500.00
Camión sistema	Hora	8.00	Q200.00	Q1,600.00
<b>TOTAL</b>				<b>Q18,100.00</b>

Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Ayudantes	Día	6.00	Q47.20	Q283.20
Encargado	Día	1.00	Q102.50	Q102.50
Ingeniero Residente	Día	1.00	Q333.33	Q333.33
<b>TOTAL</b>				<b>Q719.03</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q35.96
--------------------------------	--------

Total Costo Directo:	Q18,854.99
Costos Indirectos:	Q8,107.65
Total Parcial:	Q26,962.64
IVA:	Q3,235.52
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q30,198.16</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q77.16</b>

<b>Base</b>
-------------

Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Material selecto para estabilización de base	M <sup>3</sup>	391.42	Q340.00	Q133,082.80
<b>TOTAL</b>				<b>Q133,082.80</b>

Maquinaria				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Motoniveladora (patrol 120 H)	Hora	8.00	Q550.00	Q4,400.00
Rodo vibro compactador	Hora	8.00	Q275.00	Q2,200.00
Retro excavadora	Hora	8.00	Q300.00	Q2,400.00
Camión de volteo de 12 m3	Día	1.00	Q7,500.00	Q7,500.00
Camión sistema	Hora	8.00	Q200.00	Q1,600.00
<b>TOTAL</b>				<b>Q18,100.00</b>

Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Ayudantes	Día	6.00	Q47.20	Q283.20
Encargado	Día	1.00	Q102.50	Q102.50
Ingeniero Residente	Día	1.00	Q333.33	Q333.33
<b>TOTAL</b>				<b>Q719.03</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)	Q35.96
--------------------------------	--------

Total Costo Directo:	Q151,937.79
Costos Indirectos:	Q65,333.25
Total Parcial:	Q217,271.04
IVA:	Q26,072.53
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q243,343.57</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>Q621.70</b>

## Continuación de Tabla XXI...//...

<b>Colocación de carpeta asfáltica de 15 cm de espesor</b>				
Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Riego de imprimación emulsión sin secante	Galón	369.86	Q75.00	Q27,739.50
Colocación de concreto asfáltico en frío	M <sup>2</sup>	114.85	Q2,100.00	Q241,185.00
Ayudantes	Día	6.00	Q47.20	Q283.20
Encargado	Día	1.00	Q102.50	Q102.50
Ingeniero Residente	Día	1.00	Q333.33	Q333.33
			<b>TOTAL</b>	<b>Q269,643.53</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)		Q13,482.18
Total Costo Directo:		Q283,125.71
Costos Indirectos:		Q121,744.06
Total Parcial:		Q404,869.77
IVA:		Q48,584.38
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q453,454.15</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>		<b>Q3,948.23</b>

<b>Señalización vertical y horizontal</b>				
Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Señalización vertical y horizontal	Global	1.00	Q90,000.00	Q90,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q90,000.00</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)		Q4,500.00
Total Costo Directo:		Q94,500.00
Costos Indirectos:		Q40,635.00
Total Parcial:		Q135,135.00
IVA:		Q16,216.20
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q151,351.20</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>		<b>Q151,351.20</b>

<b>Drenaje transversal y longitudinal</b>				
Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Cuneta revestida de concreto tipo L	M <sup>2</sup>	922.00	Q125.00	Q115,250.00
Drenaje transversal con tubería metálica de 30"	Unidad	3.00	Q10,000.00	Q30,000.00
Estructura de mampostería de piedra para caja	Unidad	6.00	Q2,000.00	Q12,000.00
Bordillo de concreto	M <sup>2</sup>	23.95	Q75.00	Q1,796.25
			<b>TOTAL</b>	<b>Q159,046.25</b>

HERRAMIENTAS (5% Mano de Obra)		Q7,952.32
Total Costo Directo:		Q166,998.57
Costos Indirectos:		Q71,809.39
Total Parcial:		Q238,807.96
IVA:		Q28,656.96
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q267,464.92</b>

<b>RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS</b>				
Renglón	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Trabajos preliminares	Globo	1	Q49,615.05	Q49,615.05
Preparación del terreno	M <sup>2</sup>	5,323.32	Q78.33	Q389,187.93
Conformación y preparación de subrasante	M <sup>3</sup>	7,984.98	Q73.11	Q583,781.89
Subbase	M <sup>3</sup>	6,654.15	Q77.16	Q513,434.21
Base	M <sup>3</sup>	1,823.97	Q621.70	Q1,133,962.15
Colocación de carpeta asfáltica espesor 10 cm	M <sup>2</sup>	1722.76	Q3,948.23	Q6,801,852.71
Drenaje transversal y longitudinal	Global	1	Q267,464.92	Q267,464.92
Señalización vertical y horizontal	Global	1	Q151,351.20	Q151,351.20
			<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Q9,890,650.06</b>

### 3.17 Cronograma de ejecución & inversión.

En los cronogramas se consideraron días hábiles de trabajo, trabajando 8 horas diarias.

**Tabla XXII. Cronograma de actividades de ejecución del tramo carretero de la Calzada Centro América.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE TRAMO CARRETERO AVENIDA CENTRO AMERICA  
MUNICIPIO DE , ESCUINTLA.

CRONOGRAMA									
No.	RENLÓN	MES 1	MES 2	MES 3					
1	COFORMACIÓN DEL TERRENO	■							
2	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES TRANSVERSALES		■						
3	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE		■	■					
4	CONF. Y PREP. BASE			■	■				
5	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA					■	■		
6	SEÑALIZACIÓN							■	■

**Tabla XXIII. Cronograma de actividades de inversión tramo carretero Calzada Centro Cetro América**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE TRAMO CARRETERO AVENDA CENTRO AMERICA  
ESCUINTLA , ESCUINTLA.

CRONOGRAMA EJECUCIÓN E INVERSIÓN					
No.	RENLÓN	MES 1	MES 2	MES 3	TOTAL RENLÓN
1	CONFORMACIÓN DEL TERRENO	Q1,323,368.98			Q1,323,368.98
2	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES TRANSVERSALES	Q1,620,088.48			Q1,620,088.48
3	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	Q425,792.47	Q425,792.47		Q851,584.94
4	CONF. Y PREP. BASE		Q1,150,282.60		Q1,150,282.60
5	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA			Q3,349,963.18	Q3,349,963.18
6	SEÑALIZACIÓN			Q1,595,361.85	Q1,595,361.85
	INVERSIÓN POR MES	Q2,943,457.46	Q1,576,075.07	Q4,945,325.03	
	INVERSIÓN ACUMULADA	Q2,943,457.46	Q4,519,532.53	Q9,464,857.56	Q9,890,650.03

## CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable de la comunidad de Prados del Río, presenta deficiencias debido a que la tubería fue instalada de forma empírica, sin control ni supervisión técnica que garantizará el buen funcionamiento de la red. Esto provocó que muchas de las viviendas tengan escasez de líquido, de tal manera que se plantea un diseño en red cerrada con la correcta supervisión técnica.
2. Con el nuevo diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, se beneficiará a toda la comunidad de Prados del Río, lo cual permitirá que tengan mejores condiciones y calidad de vida.
3. Las vías de comunicación son de mucha importancia para el desarrollo de un municipio, es conveniente contar con ellas en buenas condiciones para el transporte de personas y productos agrícolas, el tramo carretero de la calzada Centro América del municipio de Escuintla es importante para el comercio del lugar y del país y por tal motivo su ampliación es vital para el crecimiento económico de la región.

4. Con la ampliación del tramo carretero de los dos actuales carriles a cuatro se hará más fácil el acceso a la parte sur del municipio de Escuintla, esto beneficiará al sector económico de la zona tanto turístico como industrial.
  
5. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado, brinda la oportunidad de poner en práctica la mayor parte de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, permitiendo, al mismo tiempo adquirir criterios, que únicamente son posibles de obtener a través de resolver problemas reales.

## RECOMENDACIONES

1. Tomando en consideración que el tanque actual que tiene una capacidad de 150m<sup>3</sup>, no reúne las condiciones mínimas de diseño establecidas por entidades como UNEPAR e INFOM, y su readecuación tendría un costo elevado, se sugiere la construcción de un tanque elevado de 115 m<sup>3</sup>. que cumpla con las normas de diseño, ya que es de esta manera que se podrá cubrir la demanda de agua potable en las horas de mayor consumo y equilibrar la red de distribución de todo el sistema (ver anexo).
2. Previendo que la demanda de los caudales en períodos de mayor consumo pueden ser insuficientes, se recomienda sectorizar la red de distribución para cubrir la demanda de agua potable en la población.
3. Se informa a la entidad responsable del mantenimiento la constante revisión o chequeo de todos componentes del sistema, a fin de evitar cualquier desperfecto, en las válvulas, ruptura de tubería, u otras partes del equipo de bombeo y el clorador.
4. Para el tramo carretero cuando se remueva la carpeta asfáltica se riege de agua de forma que no permita la contaminación del aire que afecte la población de casco urbano de Escuintla.

5. Los desechos al finalizar la ampliación del tramo carretero no se viertan en ríos, o lugares cercanos a zonas protegidas que puedan afectar la flora y fauna de la región.
  
6. La estabilización de la subrasante con Cemento Pórtland y selecto esta mezcla es conocida como suelo cemento con porcentaje del 5% para mejorar sus condiciones de resistencia y de esta manera lograr una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Chávez, Jacobo. Diseño de tramo carretero para el acceso directo a la aldea el Astillero y Sistema de Alcantarillado sanitario para la colonia El Recuerdo, municipio de Masagua, departamento de Escuintla. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 2006.7pp
2. Crespo Villalaz, Carlos. Vías de comunicación. Tercera Edición. México 2000. 20pp
3. García Chichilla, Abilio Eddy. Diseño: Introducción de agua potable, aldea El Mirador y muro de contención de mampostería reforzada en el instituto de la aldea Maranjuma, del municipio de Morazán, departamento de El Progreso. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 2006.12pp
4. López Osoy, Luís Gustavo. Diseño de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rincón Cedral, en el municipio de Amatitlan. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala 2003.14 pp.

5. Ortiz Morales, Imer Eliel S. Diseño, conducción y distribución del sistema de agua potable para el caserío "El Suquinay" Jalapa, Jalapa. Trabajo de graduación de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 2005.51pp
  
6. Rodas Castillo, Calos Omar. Diseño de abastecimiento de agua potable del caserío Puerto Viejo y colonia La Playa del Puerto de Iztapa, Escuintla. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1998.21pp
  
7. Rosas Contreras, Joel. Planificación y diseño de la red de drenaje sanitario y red de distribución de agua potable del fraccionamiento San José Obrero, Cabecera municipio de Esquipulas. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1997.47pp
  
8. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Noviembre de 2002. Capítulo 3 y 4.

## **ANEXOS**

## DISEÑO DEL TANQUE ELEVADO

### Cubierta del tanque

Puede diseñarse plana o de forma cónica, su función es cubrir el tanque de la intemperie, en esta se encuentra el acceso al interior del tanque y tiene además un área de ventilación.

Para este caso se diseñará una cubierta cónica la cual tendrá una altura de 1/5 del diámetro del depósito.

$$Cubierta = \frac{1}{5} * 5.00 = 1.00 \text{ m}$$

### Cuerpo del tanque

Las paredes del cilindro y el fondo soportaran la presión ejercida por el agua y se construirá utilizando lamina negra Norma A-36.

Para este caso se tomó como base un diámetro de 5 metros, determinando la altura del cilindro de la siguiente forma:

$$DIAMETRO = 5$$

$$RADIO = 2.5$$

$$V_{cil} = \pi * r^2 * h$$

$$h = \frac{V_{cil}}{\pi * r^2} \quad h = \frac{100}{3.1415 * (2.5)^2} = 5.01$$

$$h = 5.50 \text{ m}$$

$$V_{cil} = 3.1415 * (2.5)^2 * (5.50) = 107.993 \text{ m}^3$$

### Fondo del tanque

El fondo tendrá forma de cono invertido para soportar mayores presiones. La altura del cono será la mitad del diámetro del tanque, pudiendo variar este valor.

$$h_{cono} = 5.00 \text{ m} / 2 = 2.5 \text{ pero para este caso se tomo } h = 2.00 \text{ m}$$

$$V_{cono} = \pi * r^2 * \frac{h}{3}$$

$$h = 2.00 \quad \text{y} \quad r = 2.5$$

$$V_{cono} = \pi * (2.5)^2 * \frac{2}{3} = 13,090 \text{ m}^3$$

## Volumen total

Sumando el volumen del cilindro y el fondo cónico se obtiene el volumen total de almacenamiento del tanque.

$$V_{total} = V_{cil} + V_{cono}$$

$$V_{total} = 107.993 + 13.090 = 121,083 \text{ m}^3$$

## Torre de soporte

Los tanques elevados se apoyan sobre el terreno por medio de una torre, la cual está constituida generalmente por 4 columnas con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión (breysas).

Las columnas tendrán una inclinación sobre el eje vertical del 25% de la altura del tanque, como se indica a continuación:

$$L = H * \%$$

donde:

L = Distancia de inclinación con respecto al eje horizontal

H = Altura del tanque en metros

% = Porcentaje de inclinación

$L = 17.70 \text{ m} * 25\% = 4.42 \text{ m}$ , se tomará  $L = 4.50 \text{ m}$ .

(Ver plano del tanque elevado)

Para la separación entre arriostres debe considerarse que el primero debe encontrarse a una altura sobre el nivel del suelo de 0.5 a 1.00 mts, dividiendo posteriormente el resto de la altura para obtener la distancia entre arriostres. Para un tanque elevado entre 14 a 18 metros de altura se determina una distancia de 3.25 a 4.50 metros entre arriostres (ver plano de dimensionamiento del tanque).

## **Cimentación del tanque**

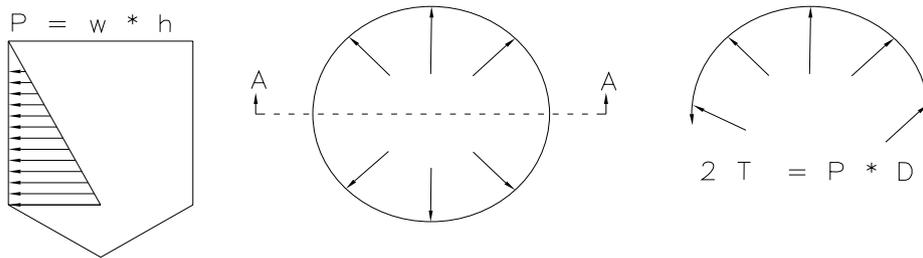
Está constituida por zapatas aisladas cuadradas y reforzadas en ambos sentidos y un cimiento corrido.

La columna metálica se colocará sobre un pedestal de concreto, el cual será apoyado a su vez sobre la zapata aislada.

La construcción de la cimentación se hallará sometida a la acción de las siguientes fuerzas:

- a) Peso propio de la estructura
- b) Peso del agua
- c) Fuerza de viento o de sismo

## DISEÑO DE LAS PAREDES DEL TANQUE



Espesor mínimo de lámina  $t_{min} = \frac{1}{4}$  ó  $\frac{3}{16}$  plg = 0.1875 cm

$$T = \frac{(P * D)}{2} = w * h * \frac{D}{2} = 1000kg * 5.50m * \frac{5}{2} = 13,750kg/m$$

$$P = 1,000 kg / m^3 * 5.50 m = 5,500 kg / m^2$$

Usando acero  $F_y = 36,000 lb / plg^2$

Esfuerzo de trabajo  $F_s = 0.45 * F_y = 0.45 * (36,000)$

$$F_s = 16,200 lb / plg^2 = 1,139 kg / cm^2$$

$$\text{Área de acero } A_s = \frac{T}{F_s} = \frac{13,750 \frac{kg}{m}}{1,139 \frac{kg}{cm^2}} = 12.07 cm^2$$

Tomando una franja de 1 metro de altura, se tiene

Área = 1m\*t, despejo t se obtiene.

$$t = \frac{Area}{100 \text{ cm}} = \frac{12.07 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}} = 0.12 \text{ cm}$$

De donde se propone un espesor mínimo de lámina igual a ¼ de pulgada (0.63 cm).

## DISEÑO DE LA TORRE DE SOPORTE

Peso del agua:

$$P_{cil} = w * V_{cil}$$

$$P_{cil} = 1,000 \text{ kg/m}^3 * \pi (2.5)^2 * (5.50) = 107,993 \text{ kg}$$

$$P_{cono} = w * V_{cono} = 1,000 \text{ kg/m}^3 * \frac{1}{3} * \pi * (2.50)^2 * \dots = 13,090 \text{ kg}$$

$$P_T = 107,993 + 13,090 = 121,083 \text{ kg}$$

**Carga para soldadura f = Peso total del agua / Perímetro:**

$$f = \frac{121,083 \text{ kg}}{2 * \pi * (2.50)} = 7,709 \text{ kg / ml}$$

Peso del acero:

$$\text{Peso específico del acero P. E.} = 490 \text{ lb / pie}^3 = 7,800 \text{ kg / cm}^3$$

$$P_{cil} = A_{cil} * t * PE_{acero}$$

$$P_{cil} = \pi * (5.00 \text{ m}) * (5.50 \text{ m}) * (6.35E-3) * (7,800 \text{ kg / m}^3) = 4,279 \text{ kg}$$

$$P_{cono \text{ inf.}} = A_{cono} * t * P.E. \text{ acero}$$

$$A_{cono} = \pi * r * (r^2 + h^2)^{1/2}$$

$$A_{cono} = \pi * (2.50) * ((2.50)^2 + (2.00)^2)^{1/2} = 25.14 \text{ m}^2$$

$$P_{cono \text{ inf.}} = (25.14 \text{ m}^2) * (6.35E-3) * (7,800 \text{ kg}) = 1,245 \text{ kg}$$

$$A_{cono \text{ sup}} = \pi * (2.5) * ((2.5)^2 + (1.00)^2)^{1/2} = 21.15 \text{ m}^2$$

$$P_{cono \text{ inf.}} = (21.15 \text{ m}^2) * (6.35E-3) * (7,800 \text{ kg}) = 1,048 \text{ kg}$$

**Peso total = peso del agua + peso del acero:**

$$Peso \text{ Total} = (107,993 \text{ kg} + 13,090 \text{ kg}) + (4,279 \text{ kg} + 1,279 \text{ kg} + 1,048 \text{ kg}) = 127,655 \text{ kg}$$

*PesoTotal.* = 127,655Kg Se aproxima a = 128,000kg

**Carga total para cada columna:**

$$C/col = \text{Peso Total} / 4 = \frac{128,000 \text{ kg}}{4} = 32,000 \text{ kg}$$

$$C / \text{Columna} = 32 \text{ ton} = 70.55 \text{Kips}$$

**Carga resultante para cada columna:**

$$\text{Carga resultante} = \frac{32 \text{ ton}}{\cos(8^\circ)} = 32,31 \text{ ton} = 71.24 \text{ Kips}$$

**Fuerza de sismo:**

Se toma el 20% del peso total de la estructura:

$$FS = 20\% \text{ PESO TOTAL} = 0.20 * (128) = 25.60 \text{ ton}$$

$$P = \frac{FS}{2} = \frac{25.60 \text{ ton}}{2} = 12.80 \text{ ton}$$

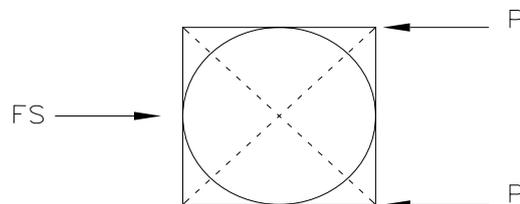
**Momento de sismo:**

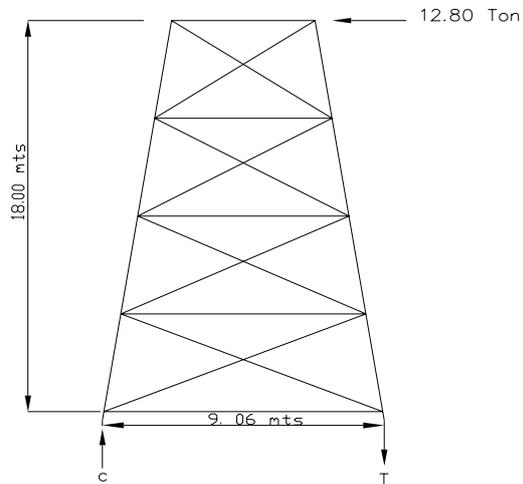
$$MS = 12.80 \text{ ton} * 18 \text{ m} = 230.40 \text{ ton-m}$$

$$\Sigma MC = 0 + \uparrow$$

$$12.80 \text{ ton} * (18.00 \text{ m}) - T * (9.06 \text{ m}) = 0$$

$$T = \frac{(12.80 \text{ ton}) * (18.00 \text{ m})}{(9.06 \text{ m})} = 25.43 \text{ ton}$$





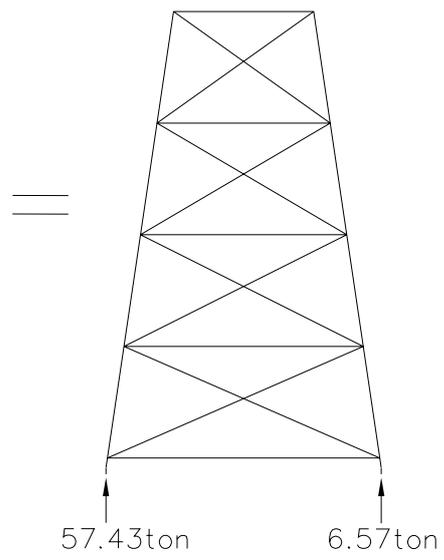
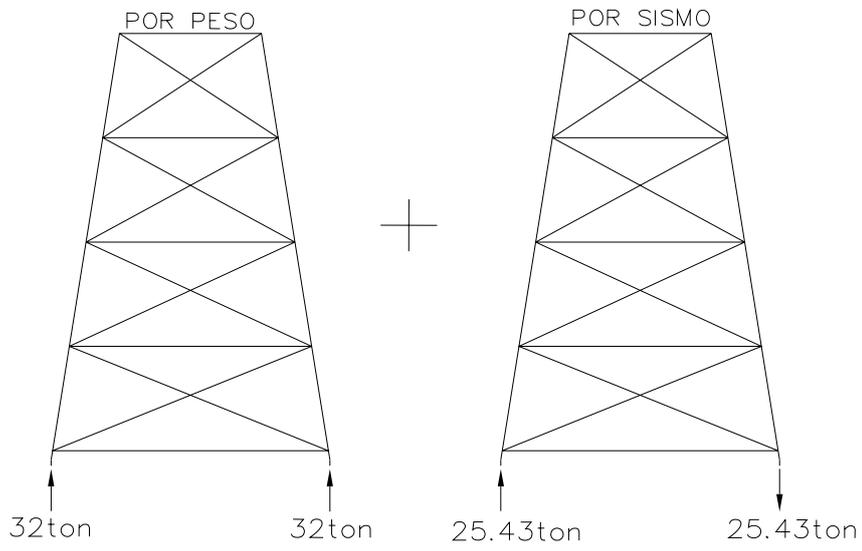
**Sumatoria de fuerzas:**

$$\Sigma M F y C = 0 + \uparrow$$

$$32 \text{ ton} + 25.43 \text{ ton} = 57.43 \text{ ton}$$

$$\Sigma M F y T = 0 + \uparrow$$

$$32 \text{ ton} - 25.43 \text{ ton} = 6.57 \text{ ton}$$



## DISEÑO DE COLUMNAS

Entre las ventajas más importantes de las columnas de tubo redondo se pueden mencionar: la excelente resistencia a la torsión, misma rigidez en todas direcciones y costo; por lo que hace a la sección la más usada en este tipo de estructuras. El manual de AISC contiene las dimensiones de estas secciones y las clasifica en estándar, extra fuerte y doble extra fuerte.

Al diseñar una columna de acero se definen primeramente la carga de diseño y la longitud, debiéndose seguir los pasos que a continuación se indican:

**Paso No. 1**            Suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del Manual AISC.

**Paso No. 2**            Calcular la relación de esbeltez  $KL/r$ ; siendo L la longitud de la columna. Para el valor de K se supone un valor igual a uno.

**Paso No. 3**            Calcular  $F_a$ , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.

**Paso No.4**            Multiplicar la  $F_a$  encontrado en el paso No. 3 por el área de la sección transversal; este producto dará las cargas permisibles sobre la sección de la columna.

**Paso No. 5**            Comparar la carga permisible encontrada en el paso No. 4 con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es menor que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.

**Datos:**

Tubo redondo de 8plg. Cedula 40  
Carga de diseño = 57.43 ton = 126.60 Kips  
Área = 8.399 plg<sup>2</sup>  
Radio de giro = 2.94plg  
Longitud = 4.30mts = 170plg

**Solución:**

Calculando relación de esbeltez  $Kl/r$ , donde  $K=1$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{170 \text{ plg}}{2.94 \text{ plg}} = 57.82$$

Según manual AISC para una relación de esbeltez de 57.82 se obtiene una:

$$F_a = 17.62 \text{ Kips} = 17,620 \text{ lbs} / \text{plg}^2$$

Calculando la carga permisible  $P$ , se obtiene:

$$P = F_a * \text{Area} = 17.62 \text{ Kips} / \text{plg}^2 * 8.399 \text{ plg}^2 = 148 \text{ Kips}$$

Comparación de cargas:

$$148 \text{ Kips} > 126.60 \text{ Kips} \quad \text{Si chequea}$$

Entonces se usaran columnas de sección circular de 8plg, cédula 40.

## DISEÑO DE TENSORES

Para la sección de la pieza que se va a utilizar a tensión, es un problema sencillo del diseño, como no existe peligro de pandeo, los cálculos se reducen a la simple división de la carga entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero, lo que da el área neta necesaria de la sección transversal ( $A_{req} = t / FS$ ), de aquí la selección de la sección que tenga dicha área.

El tipo de pieza a usar puede depender más del tipo de su conexión en el extremo que de cualquier otro factor, pudiéndose utilizar cualquier tipo de perfil.

Para el diseño de los tensores se selecciono un perfil "L" extrayendo las siguientes propiedades de diseño del manual AISC.

### Datos:

Dimensiones = 4 \* 4 plg

Espesor = 3 / 4 plg

Área = 5.44 plg<sup>2</sup> = 35.10 cm<sup>2</sup>

Peso por pie lineal = 38.65 lbs.

Radio de giro en "X" y "Y" = 1.27 plg

**Solución:**

$$T = \frac{P}{\cos (70.33^\circ)} = \frac{12.80 \text{ ton}}{\cos (70.33^\circ)} = 38.02 \text{ ton}$$

$$A_{req} = \frac{T}{FS} = \frac{38.02 \text{ ton}}{1.141 * \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}} = 33.32 \text{ cm}^2$$

Comparación de áreas:

$$35.10 \text{ cm}^2 > 33.32 \text{ cm}^2 \quad \text{Si chequea}$$

Entonces se puede utilizar tensores de perfil “L”, para todas las piezas inclinadas, ya que se calculo con la carga mas crítica, para obtener un promedio.

## DISEÑO DE PIEZA HORIZONTAL

La función de este elemento al igual que los tensores es contrarrestar la acción de la fuerza sísmica. Se seleccionará una pieza la cual será analizada por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos.

Para el diseño de este elemento se deberán seguir los pasos que a continuación se indican:

**Paso No. 1**            Suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del Manual AISC.

**Paso No. 2**            Calcular la relación de esbeltez  $KL/r$ ; siendo L la longitud del elemento. Para el valor de K se supone un valor igual a uno.

**Paso No. 3**            Calcular  $F_a$ , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.

**Paso No.4**            Multiplicar la  $F_a$  encontrado en el paso No. 3 por el área de la sección transversal; este producto dará la carga permisible sobre la sección del elemento.

**Paso No. 5**            Comparar la carga permisible encontrada en el paso No. 4 con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es menor que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.

**Paso No. 6**            Aplicar la fórmula de combinación de esfuerzos axiales para un valor máximo o igual a uno; de lo contrario probar una sección mayor y volver a aplicar la fórmula:

### Fórmula de esfuerzos combinados:

$$\frac{P}{F a} \pm \frac{M C}{F I b} \leq 1$$

donde:

P = Carga de diseño o de sismo

A = Área del la sección

Fa = Esfuerzo unitario permisible

M = Momento actuante

C = Distancia del centroide a la fibra más extrema o radio externo

I = Momento de inercia

Fb = Esfuerzo de trabajo en flexión

### Datos:

Tubo redondo de 6plg      Cedula 40

Carga de diseño = 12.80 ton = 28.21 Kips

Área = 5.81 plg<sup>2</sup>

Carga puntual (peso aproximado de una persona) = 200 lbs

Peso por pie lineal = 20 lbs

Radio de giro = 2.25 plg

Diámetro externo = 3.3125 plg

Longitud (1er. Arriostre) = 8.8 m = 347plg

Momento de inercia I = 28.14 plg<sup>4</sup>

**Solución:**

Calculando relación de esbeltez  $Kl / r$ , donde  $K= 1$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{347 \text{ plg}}{2.25 \text{ plg}} = 154.22$$

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 154.22 se tiene un:

$$F_a = 6.22 \text{ Kips} = 6,200 \text{ lbs / plg}^2$$

Calculando la carga permisible  $P$ , se obtiene;

$$P = F_a * Area = 6.22 \text{ Kips / plg}^2 * 5.581 \text{ plg}^2 = 34.71 \text{ Kips}$$

Comparación de cargas:

$$34.71 \text{ Kips} > 28.21 \text{ Kips} \quad \text{Si chequean por compresión}$$

## Combinación de esfuerzos:

Momento actuante M carga puntual + M carga distribuida

$$M = \frac{P * L}{4} + \frac{W * L^2}{8}$$

$$M = \frac{(200 \text{ lbs}) * (28.92 \text{ pies})}{4} + \frac{20 \text{ lbs / pie} * (28.92 \text{ pies})^2}{8}$$

$$M = \frac{3,536.02 * \text{lbs} * \text{pie}}{1,000} = 3.53 \text{ Kips} * \text{pie} = 42.44 \text{ Kips} * \text{plg}$$

Aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos:

$$\frac{\frac{28.21 \text{ Kips}}{5.581}}{6.22 \text{ Kips / plg}^2} \pm \frac{\frac{42.44 \text{ Kips} * 3.3125 \text{ plg}}{28.14 \text{ plg}^4}}{18.00 \text{ Kips / plg}^2} \leq 1$$

$$- 0.81 \pm 0.28 \leq 1$$

$$- 0.81$$

$$\leq 1 \quad \text{Si chequean por flexión}$$

$$- 0.25$$

Entonces se puede utilizar tubo de 6 plg de diámetro, para todas las piezas horizontales, ya que se calculó con la carga más crítica, para obtener un promedio.

### **Información para soldadura y colocación de pernos**

La soldadura resiste aproximadamente 2,000lbs/plg; para calcular la longitud de soldadura de un miembro, se debe relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud total del mismo disponible para soldadura.

La resistencia del acero en corte es de 10,000lbs/plg<sup>2</sup> aproximadamente; para calcular la cantidad de pernos de determinado diámetro en una unión, los cálculos se reducen a la simple división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en cortante.

Se propondrá un detalle de unión para tensores, usado la carga más crítica:

Calculando longitud de soldadura:

Carga actuante  $T = 38.02 \text{ ton} = 83.83 \text{ Kips}$

$$L = \frac{83.83 \text{ kips}}{2 \text{ kips / plg}} = 41.92 \text{ plg}$$

Dimensiones de pernos:

A = Área neta necesaria

Fc = Esfuerzo permisible de coarte

$$A_{req} = \frac{T}{F_c} = \frac{83.83 \text{ ton}}{10 \frac{\text{ton}}{\text{plg}^2}} = 8.38 \text{ plg}^2$$

Según tabla para propiedades de pernos del manual AISC, un perno de 1 11/16 plg, corresponde un área de 2.2365 plg<sup>2</sup>, por lo tanto se usaran 4 pernos en cada unión (ver plano de detalles y dimensionamiento del tanque).

## **DISEÑO DE LA PLACA DE BASE PARA LAS COLUMNAS**

Es esencial que la base de la columna y la placa estén en contacto absoluto, para evitar la falla por punzonamiento en el concreto. La columna se fija a la placa por medio de soldadura y a la vez se fijan a la cimentación usando tornillos de anclaje.

El área de la placa base se encuentra, dividiendo la carga de la columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto, que puede ser de  $0.25 \cdot f_c$ , cuando todo el área está cubierta por la placa, e igual a  $0.375 f_c$ , cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto. Para un tipo de concreto comúnmente de  $f_c = 4,000 \text{ lbs/plg}^2$  ( $281 \text{ kg/cm}^2$ ), el esfuerzo permisible puede ser de  $1,000$  ó  $1,500 \text{ lbs/plg}^2$ , dependiendo del área a cubrir de la placa.

El espesor de la placa suponiendo que se comporta como un voladizo invertido, cuyo momento máximo se localiza en el borde de la columna.

### **Paso No. 1**

Determinar el área requerida de la placa

$$A_{req} = \frac{P t}{F_p}$$

donde:

$A_{req}$  = Área requerida de la placa en  $\text{plg}^2$

$P t$  = Carga total de la columna en lbs

$F_p$  = Esfuerzo permisible de compresión en el pedestal de concreto en  $\text{lbs/plg}^2$ . Se usará  $F_p$  como  $0.25 f_c$

**Solución:**

Carga total = Peso del tanque lleno + Peso total de la torre

Peso de la torre de soporte

El manual AISC contiene los pesos por pie lineal para cada uno de los elementos usados para la construcción de la torre.

Peso total columna = Longitud total \* Peso por pie línea

$$\text{Peso total de columnas} = 236 \text{ pies} * 28.55 \text{ lbs / pie} = 6,737 \text{ lbs}$$

Peso total de piezas horizontales = Longitud total \* Peso por pie línea

$$\text{Peso total pieza horizontal} = 372 * 20.00 \text{ lbs / pie} = 7,440 \text{ lbs}$$

Peso total de tensores = Longitud total \* Peso por pie lineal

$$\text{Peso total de tensores} = 815 * 12.80 \text{ lbs / pie} = 10,432 \text{ lbs}$$

Peso total de la torre de soporte = Peso total col. + Peso total piezas horizontal  
+ Peso total de tensores

$$\text{Peso total torre de soporte} = 6,737.8 \text{ lbs} + 7,440 \text{ lbs} + 10,432 \text{ lbs} = 24,609.8 \text{ lbs}$$

$$\text{Peso total de torre de soporte} = 24,609 \text{ lbs} = 24.6 \text{ Kips}$$

Carga total de la columna = C. R. + Carga total de la torre de soporte

$$Pt = 71.24 \text{ Kips} + \left( \frac{24.6 \text{ Kips}}{4} \right) = 77.39 \text{ Kips} = 77,390 \text{ lbs}$$

Esfuerzo permisible del concreto:

$$F_p = 0.25 * 4,000 \text{ lbs / plg}^2 = 1,000 \text{ lbs / plg}^2$$

Área de la placa:

$$A_{req} = \frac{77,390 \text{ lbs}}{1,000 \text{ lbs / plg}^2} = 77.39 \text{ plg}^2$$

$$\text{Lado} = \sqrt{77.39 \text{ plg}^2} = 8.79 \text{ plg}$$

Pero como el tubo es de 8 plg, un lado de 8.79 no deja espacio para la colocación de los tornillos de anclaje, por lo que se usará una placa de 12 plg.

## Paso No. 2

Determinar el espesor requerido de la placa., utilizando la siguiente formula.

$$t = \sqrt{\frac{3 * p * m^2}{Fb}}$$

donde:

t= espesor de la placa en plg

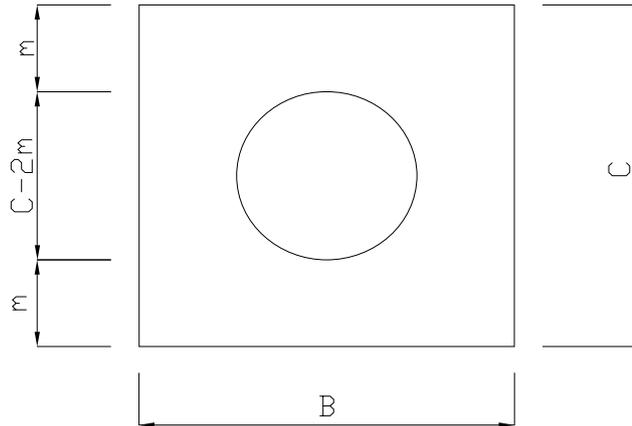
P = presión real sobre el pedestal de concreto

m = proyección de la placa por fuera de la columna en plg

Fb = Esfuerzo permisible en la fibra extrema de la placa de apoyo

Las especificaciones del manual AISC señalan el valor de Fb como 0.75 Fy; para acero A-36.

**Solución:**



$$p = \frac{A_{req} * t}{B * C}$$

$$p = \frac{77,390 \text{ lbs}}{12 \text{ plg} * 12 \text{ plg}} = 537.44 \text{ lbs / plg}^2$$

Calculando el espesor t, se obtiene;

$$t = \sqrt{\frac{3 * 537.44 * 2^2}{27,000}} = 0.49 \text{ plg}$$

Entonces se usara un espesor comercial de ½ plg.

## DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN DEL TANQUE

### Diseño del pedestal

Los pedestales se utilizan frecuentemente como elementos de transición entre columnas metálicas y las zapatas. Las razones más comunes para el uso de pedestales son las siguientes:

- a) Distribuir la carga en la parte superior de la zapata; esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo directa en la zapata, o simplemente puede permitir una zapata más delgada con menos refuerzo.
- b) Permitir que la columna termine en una elevación más alta y no permitir el contacto de esta con el suelo y evitar la corrosión, además en casos donde se tienen que colocar zapatas a profundidades considerables.

Para el diseño de este elemento se considerarán los siguientes pasos:

#### **Paso No. 1**

Dimensionamiento del pedestal

Se tomará un ancho de 0.40 m, para una altura  $h = 3 * a$

donde:

$h$  = altura del pedestal

$a$  = ancho del pedestal

Entonces  $h = 3 * 0.40 = 1.20 \text{ m}$

## **Paso No. 2**

### Refuerzo del pedestal

Relación de esbeltez:

Permite determinar con certeza si se trata de una columna corta, intermedio o larga. El manual ACI señala los siguientes parámetros.

Si

$E < 1$  *Columna corta*

$21 \leq E$  *Columna intermedia*

$E > 100$  *Columna larga*

Para calcular la esbeltez de una columna, se debe aplicar la siguiente formula:

$$E = \frac{K * L u}{r}$$

donde:

K = Factor de pandeo, se tomará K = 1

Lu = Longitud libre entre apoyos

r = Radio de giro de la sección El manual ACI especifica

r = 0.3 \* b para columnas cuadradas o rectangulares (b < h)

r = 0.25 \* d para columnas circulares (d = diámetro)

Calculando la relación de esbeltez

$$E = \frac{1 * 1.20 \text{ m}}{0.30 * 0.40 \text{ m}} = 10$$

donde:

10 < 21 es columna Corta

### **Carga axial:**

Se considerará despreciable el momento causado por la componente horizontal de la carga total de la columna, debido a que el ángulo de inclinación de la columna metálica trasmisora de la fuerza es muy pequeño.

El manual ACI propone la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia última a compresión pura en una columna corta.

$$P_u = \phi [0.85 * f'c * (A_g - A_s) + (F_y * A_s)]$$

donde:

$P_u$  = Resistencia última de la columna

$\Phi$  = Factor de compresión igual a 0.70

$A_g$  = Área de la sección de la columna en  $\text{cm}^2$

$A_s$  = Área de acero en  $\text{cm}^2$

$f'c$  = Resistencia nominal del concreto en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$f_y$  = Resistencia a fluencia del acero

Se tomará un  $f'c$  de  $281 \text{ kg}/\text{cm}^2$  y se usarán varillas de acero grado 40.

Calculando la resistencia última.

Se probará con el  $A_s$  mínimo para el cual el manual ACI especifica el 1% del área de la sección.

$$P_u = 0.70 [0.85 * 281 * (1,600 - 16) + (2,800 * 16)]$$

$$P_u = 296,196.88 \text{ Kg} = 651,633.14 \text{ lbs}$$

donde:

$$651,633 > 77,390 \quad \text{Usar As mínimo}$$

Usar 4 varillas No. 7, que cubre un área = 15.52 cm<sup>2</sup>

$$A_{s \text{ min}} = 0.01 * (40^2) = 16.00 \text{ cm}^2$$

### Armado propuesto:

Para el refuerzo por corte, el manual ACI señala un espaciamiento mínimo igual o menor que la mitad del diámetro efectivo y un recubrimiento mínimo de 5cm. Para este caso se tomara un recubrimiento de 10cm.

Espaciamiento por corte:

$$s \leq \frac{d}{2}$$

$$s \leq \frac{35}{2} = 17.5 \text{ cm.}$$

Entonces se usará un armado de:

4 varillas No. 7+ estribos No. 3 a cada 15 cm.

### **Diseño de zapata**

El diseño de una zapata se basa generalmente en las siguientes consideraciones.

- a) Las fuerzas laterales siguiendo un criterio conservador en el diseño, podrán reducirse a una fuerza concentrada FS aplicada a una altura H, esta fuerza concentrada dará lugar a un momento flector respecto de la base, que se considere que actuó la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas apuestas.

Para el cálculo de la estabilidad, se obtendrá primero el momento de volteo respecto a la base de apoyo.

$$M V = F S * H$$

$$M e = P T * L$$

donde:

M V = Momento de volteo (ton-m)

M e = Momento estabilizante (ton-m)

F S = Fuerza de sismo

H = Altura desde la base del pedestal de la zapata hasta la mitad del depósito.

P T = Peso total de la estructura

L = Separación entre dos columnas consecutivas

Alternar fuerzas laterales actuando, dan origen al momento de volteo, este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte una distancia Xu.

$$X u = \frac{M V}{P T}$$

La estabilidad del conjunto estará asegurada, cuando se cumpla la siguiente:

$$X u < L \frac{1}{6}$$

Donde L es la longitud a centro de columnas, y también cuando la relación entre el momento estabilizante y el de volteo sea mayor igual que 1.50.

$$C E = \frac{M e}{M V}$$

donde.

C E = Coeficiente de estabilidad > 1.5

- b) Presión máxima de apoyo. La suma de la carga impuesta sobre la zapata y el peso de la misma no debe exceder el límite para la presión de apoyo sobre el material sustentante. El área total requerida en planta de la zapata se determina sobre esta base.
  
- c) Control del asentamiento. Cuando las zapatas descansan sobre un suelo altamente compresible, puede ser necesario seleccionar las áreas de zapatas que garanticen un asentamiento uniforme de todas las columnas.
  
- d) Tamaño de la columna. Cuando mas grande sea la columna, tanto menores serán los esfuerzos cortantes, de flexión y de adherencia en la zapata.
  
- e) Límite de los esfuerzos cortantes para el concreto. Para zapatas de planta cuadrada, esto constituye la única condición crítica de esfuerzo para el concreto. Para reducir la cantidad requerida de esfuerzo, el peralte de la zapata se establece generalmente muy arriba del que se requiere por flexión para el concreto.
  
- f) Esfuerzo de flexión y límites de las longitudes de desarrollo para las varillas. Esto se considera con base en el momento desarrollado en la parte volada de la zapata en la cara de la columna.

### **Paso No. 1**

Determinar el peso total de la estructura

Peso del pedestal = Volumen \* Peso del concreto

$$\text{Volumen} = 0.40\text{m} * 0.40\text{m} * 1.20\text{m} = 0.19 \text{ m}^3$$

Peso del concreto = 2,400 kg/m<sup>3</sup>, entonces:

$$\text{Peso del concreto} = 0.19 \text{ m}^3 * 2,400 \text{ kg/m}^3 = 456 \text{ kg} = 0.456 \text{ ton}$$

P T = Peso del deposito + Peso de la torre + Peso de pedestales

$$P T = 128 \text{ ton} + 11.16 \text{ ton} + ( 4 * 0.46 \text{ ton} )$$

$$PT = 141 \text{ ton}$$

### **Paso No. 2**

Chequeando el volteo

La carga de sismo ultimo se tomará como FS = 10% \* PT

$$FS = 10 \% * PT$$

$$FS = 10 \% * 141 = 14.10 \text{ ton}$$

$$M V = FS * H$$

$$H = 18m + 1.20m + 2.75m = 21.95$$

$$M V = 14.10 \text{ ton} * 21.95m = 309.5 \text{ ton} * m$$

$$M e = 141 \text{ ton} * 9.06m = 1,277.5 \text{ ton} * m$$

Luego:

$$C E = \frac{1,277.5}{309.5} = 4.13 > 1.5$$

$$X_u = \frac{309.5 \text{ ton} m}{141 \text{ ton}} = 2.1 m$$

$$\frac{L}{6} = \frac{1280}{6} = 2.1 m \quad \text{Si chequea}$$

### Paso No. 3

#### Datos a utilizar

$$F_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2,820 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Valor soporte del suelo } V_s = 15 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Columna} = 0.40m * 0.40m$$

La carga viva CV será el peso del contenido del tanque lleno, el cual es de 30.27 ton. y a carga muerta CM, la constituye el peso del acero del depósito, el peso de las columnas, el peso de los tensores, el peso de los elementos horizontales y el peso de los pedestales, como se indica a continuación:

Peso del acero del deposito	=7,885kg	=7.88 ton
Peso de las columnas	=3,062.6kg	=3.06 ton
Peso de los elementos horizontales	=3,518.18kg	=3.51 ton
Peso de los tensores	=4,741.81kg	=4.74 ton
Peso de los pedestales	=1,824kg	=1.84 ton
		Total = 21.03 ton

$$\text{Carga Muerta CM} = \frac{21.03 \text{ ton}}{4} = 5.26 \text{ ton}$$

#### **Paso No. 4**

##### Dimensionamiento de la zapata

donde:

A zap' = Área de la zapata predimensionada

A zap = Área de la zapata a dimensionar

donde:

PT = Carga de trabajo

$$A_{zap}' = \frac{5.26 \text{ ton} + 30.27 \text{ ton}}{15 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}} = 2.36 \text{ m}^2$$

Factor = 1.20 es un porcentaje de incremento

$$A_{zap} = 1.20 * 2.36 \text{ m}^2 = 2.84 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$A_{zap} = L^2, \text{ donde;}$$

$$L = \sqrt{2.84 \text{ m}^2} = 1.68, \text{ se tomará } L = 1.70 \text{ m}$$

### Paso No. 5

Carga de diseño

$$P_b = \frac{P_u}{A_{zap}}$$

donde:

$P_b$  = Carga de diseño

$$P_u = 1.4 (C M) + 1.7 (C V)$$

Luego:

$$P_u = 1.4 (5.26 \text{ ton}) + 1.7 (30.27 \text{ ton}) = 58.82 \text{ ton}$$

$$P_b = \frac{58.82 \text{ ton}}{1.70 \text{ m}^2} = 34.60 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Paso No. 6

Chequeando corte por flexión

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = P_b * Area$$

donde:

$V_c$  = Resistencia última del concreto a corte

$V_u$  = Esfuerzo de corte actuante

Chequear que  $V_c > V_u$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{281} * 170 * \frac{d}{1,000}$$

$$V_u = P_b * 1.70 * \left[ \left( \frac{1.70 - 0.40}{2} \right) - \left( \frac{d}{100} \right) \right]$$

Se obtiene **d**, por tanteos:

<b>d (cms)</b>	<b>Vc</b>	<b>Vu</b>
20	25.68	23.23
30	38.51	18.01

Se utilizará **d = 30 cm.**

**Si chequea**

### **Paso No. 7**

Chequeo de corte por punzonamiento

$$V_c = 0.85 * 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_u = P_b(A_{zap} - A_{pz})$$

donde:

**b<sub>o</sub>** = perímetro punzonante

**b<sub>o</sub>** = 4 \* (Lado de la columna +d)

**A<sub>pz</sub>** = Área punzonante

**A<sub>pz</sub>** = (Lado de la columna +d)<sup>2</sup>

Luego:

$$V_c = 0.85 * 1.06 * \sqrt{281} * 4 * (40 + d) * \left( \frac{d}{1,000} \right)$$

$$V_u = 30.27 * \left( (1.70)^2 - \left( \frac{0.40 + d}{100} \right)^2 \right)$$

Se obtiene **d**, por tanteos:

<b>d (cms)</b>	<b>Vc</b>	<b>Vu</b>
30	126.86	84.68

Se utilizar **d**, = 40 cm

.

Luego:

$$t = d + \frac{\phi}{2} + r$$

donde:

t = Altura de la zapata

Ø = Diámetro de la varilla a utilizar

r = recubrimiento

Entonces:

$$t = 40 \text{ cm} + \frac{1.59 \text{ cm}}{2} + 8 \text{ cm} = 38.75 \text{ cm}$$

Se tomara  $t = 40 \text{ cm}$

Corrección de  $d$ :

$$t = 40 \text{ cm} - \frac{1.59 \text{ cm}}{2} - 8 \text{ cm} = 31.20 \text{ cm}$$

### **Paso No. 8**

Diseño con Pb

Tomada a rostro para diseñar el refuerzo

$$M = P d * \frac{L^2}{2}$$

donde:

$$P d = 34.60 \text{ ton}$$

$$L = 0.50 \text{ m}$$

$$M = 34.60 * \frac{0.50^2}{2} = 4.33 \text{ ton} = 4,325 \text{ kg} - \text{m}$$

De donde se obtiene el área de acero requerida  $A_s$ , de la fórmula:

$$A_s = \left[ (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right] * \left( \frac{0.85 * f'c}{F_y} \right)$$

$$A_s = 5.52 \text{ cm}^2$$

Tomando el menor  $A_s$ :

$$A_{s \text{ min}} = 14.01 * \frac{b * d}{F_y} = 14.01 * \frac{170 \text{ cm} * 31.20 \text{ cm}}{2,820 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}}$$

$$A_{s \text{ min}} = 26.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ temperatura}} = 0.002 * b * t = 0.002 * 170 * 38.75$$

$$A_{s \text{ temperatura}} = 13.17 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = \rho_{\text{max}} * b * d$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.01858 * (170 \text{ cm}) * (31.20) = 98.54 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 98.54 \text{ cm}^2$$

Entonces el área de acero a utilizar será el  $A_{s \text{ min}}$ , por ser el  $A_s$  requerido, lo anterior se propone en el armado.

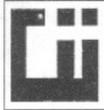
$$7 \text{ varillas No. 7} = 7 * 3.88 \text{ cm}^2 = 27.16 \text{ cm}^2$$

Entonces se usará un armado de:

7 varillas No. 7 en ambos sentidos a cada 25 cm.

Nota:

Para que no exista corrimiento en las zapatas, se utilizara un cimiento corrido que conectará a las mismas (ver plano de detalles de tanque elevado).



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



INFORME No. 390 S.S. O.T. No. 20.529

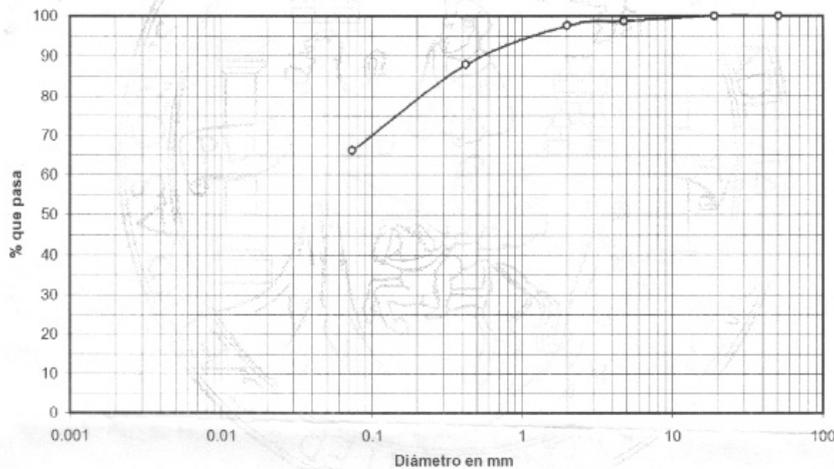
Interesado: Leonardo Roselino Revolorio  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11  
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Municipio de Escuintla  
 Fecha: 18 de septiembre de 2006

Muestra No.

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	98.80
10	2.00	97.59
40	0.42	87.95
200	0.074	66.27

% de Grava: 1.20  
 % de Arena: 32.53  
 % de Finos: 66.27



Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café oscuro  
 Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-4  
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

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



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



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



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



INFORME No 391 S.S.

O.T. No. 20.529

Interesado: Leonardo Roselino Revolorio  
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

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

Ubicación: Municipio de Escuintla

FECHA: 18 de septiembre de 2006

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	22.69	6.86	ML	Limo arcillo arenoso color café oscuro

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

*Omar E. Medrano Méndez*  
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. 392 S.S.

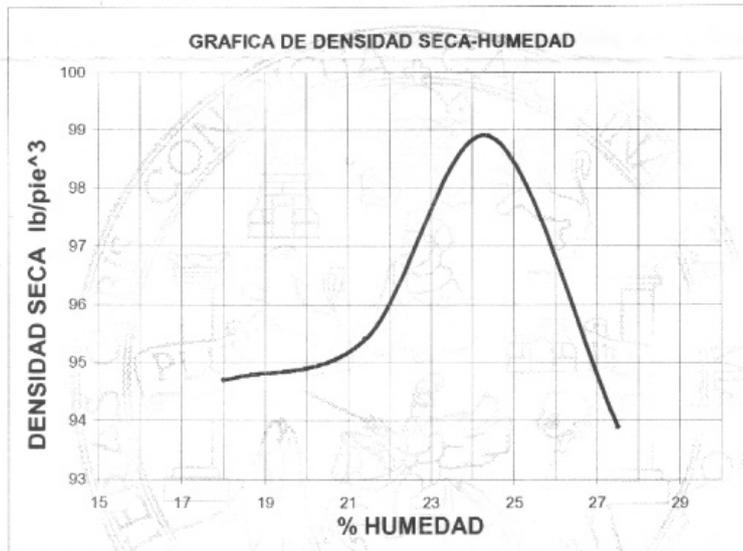
O.T. No.: 20.529

Interesado: Leonardo Roselino Revolorio  
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: Municipio de Escuintla  
Fecha: 18 de septiembre de 2006



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café oscuro

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1.584 Kg/m<sup>3</sup> 98.9 lb/ft<sup>3</sup>

Humedad óptima Hop.: 24.4 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



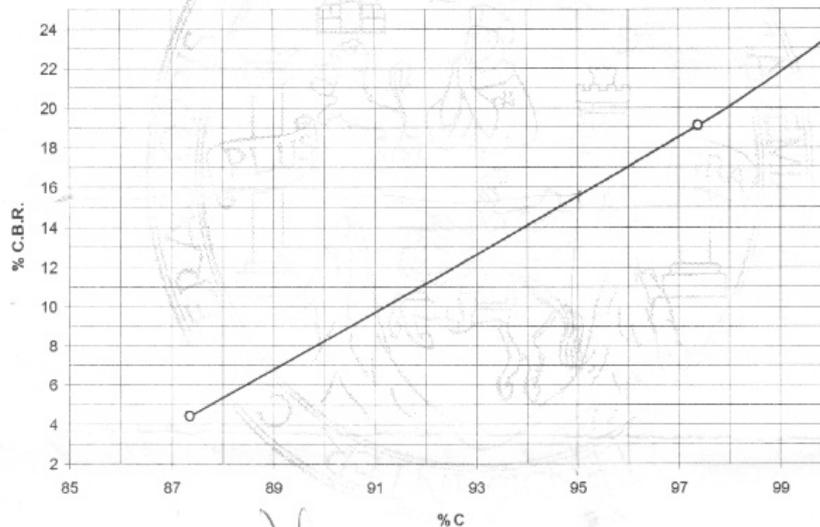
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 393 S.S. O.T. No.: 20.529  
 Interesado: Leonardo Roselino Revolorio  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS  
 Ubicación: Municipio de Escuintla  
 Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café oscuro  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 18 de septiembre de 2006

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ kg/m <sup>3</sup>			
1	10	24.50	1384.0	87.35	0.5	4.4
2	30	24.50	1542.8	97.38	0.6	19.1
3	65	24.50	1584.4	100.00	0.2	23.6

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

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



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
 DIRECCION DE AREA DE SALUD DE ESCUINTLA  
 LABORATORIO DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

Informe de Resultados de Análisis de Aguas

No. De Ingreso: A-301

Responsable de la toma de Muestra: \_\_\_\_\_

Procedencia: Tanque Aguas Vivas

Fecha y Hora de Toma de la muestra: 30.05.06

Fuente: Sistema de Agua

Fecha y Hora de Ingreso al Laboratorio: 30.05.06 11:00

Distrito: Escuintla

Inicio del Análisis: 30.05.06

◦ EXAMEN BACTERIOLOGICO:

Análisis	Resultado	Límites Aceptados COGUANOR 29 001
Coliformes Totales	1 UFC/100ml.	> 0 = 1 UFC/100ml
Coliformes Fecales	> 1 UFC/100ml.	> 1 UFC/100ml
<i>Escherichia coli</i>	Ausente.	Ausente

\* Método Utilizado: Filtración por Membrana  
 \* Nomenclatura utilizada: UFC/100ml = Unidades Formadoras de Colonias por 100 mililitros

Conclusión:

**APTA PARA EL CONSUMO HUMANO**

◦ EXAMEN FISICOQUIMICO:

	Resultado	Límites Aceptados COGUANOR 29 001
pH	7.38	6.8 - 8.5
Sólidos Totales Disueltos	46.4 mg/L.	500.00 - 1,000.00 mg/L
Conductividad	175.2 µS.	<1,500.00 µS
Cloro Libre	0.3 mg/L.	0.5 - 1.0 mg/L
Nitratos	4.0 mg/L.	≤ 45.00 mg/L
Nitritos	0.003 mg/L.	≤ 1.00 mg/L
Cloruros	0.8 mg/L.	100.00- 250.00 mg/L
Hierro	0.44 mg/L.	≤ 1.00 mg/L
Fosfatos (Fósforo Total)*	—	≤ 10 mg/L
Amoniaco*	—	

\*Solamente aplican en muestras de aguas residuales

Conclusión: Muestra entre límites normales con excepción del cloro libre.

*Lidia Gabriela Hernández*  
 Química Bióloga  
 EPS

Encargado del Laboratorio

*[Firma]*  
 Firma

01 JUN 2006

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA  
 Y ASISTENCIA SOCIAL  
 DIRECCION DE AREA DE SALUD DE ESCUINTLA  
 LABORATORIO DE VIGILANCIA  
 EPIDEMIOLOGICA

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
 DIRECCION DE AREA DE SALUD DE ESCUINTLA  
 LABORATORIO DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

Informe de Resultados de Análisis de Bacteriológico de Aguas

No. De Ingreso: A 431  
 Procedencia: COMUNIDAD PRADOS  
DEL RIO  
 Fuente: SISTEMA DE TANQUE  
 Distrito: ESCUINTLA

Responsable de la toma de Muestra: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora de Toma de la muestra: 11:20 / 2.08.06  
 Fecha y Hora de Ingreso al Laboratorio: 11:55 / 2.08.06  
 Inicio del Análisis: 2.08.06

Análisis	Resultado	Límites Aceptados COGUANOR 29 001
Coliformes Totales	< 1 UFC / 100 ml	< 0 = 1 UFC/100ml
Coliformes Fecales	< 1 UFC / 100 ml	< 1. UFC/100ml
<i>Escherichia coli</i>	AUSENTE	Ausente

\* Método Utilizado: Filtración por Membrana  
 \* Nomenclatura utilizada: UFC/100ml = Unidades Formadoras de Colonias por 100 mililitros

Observaciones:

Conclusión:

*Linda Fabiola Lorenzana de Cuellar*  
 QUIMICO BILOGO  
 Encargado del Laboratorio

*[Firma]*  
 Firma

Escuintla, 18 de Febrero del 2008

Ingeniero:  
ANGEL ROBERTO SIC  
Asesor  
Facultada de Ingeniería  
Universidad San Carlos de Guatemala  
Presente.

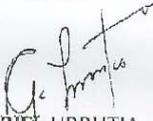
Respetable Ingeniero:

Es un agrado dirigirme a usted, deseándole éxitos en sus actividades cotidianas.

El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento, que de acuerdo al rediseño del Ing. Leonardo Revolorio, en relación al proyecto de la RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, del sector sur de colonia Prados del Río. Esta Municipalidad se compromete a construir el pozo y el tanque elevado.

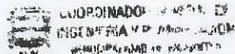
Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

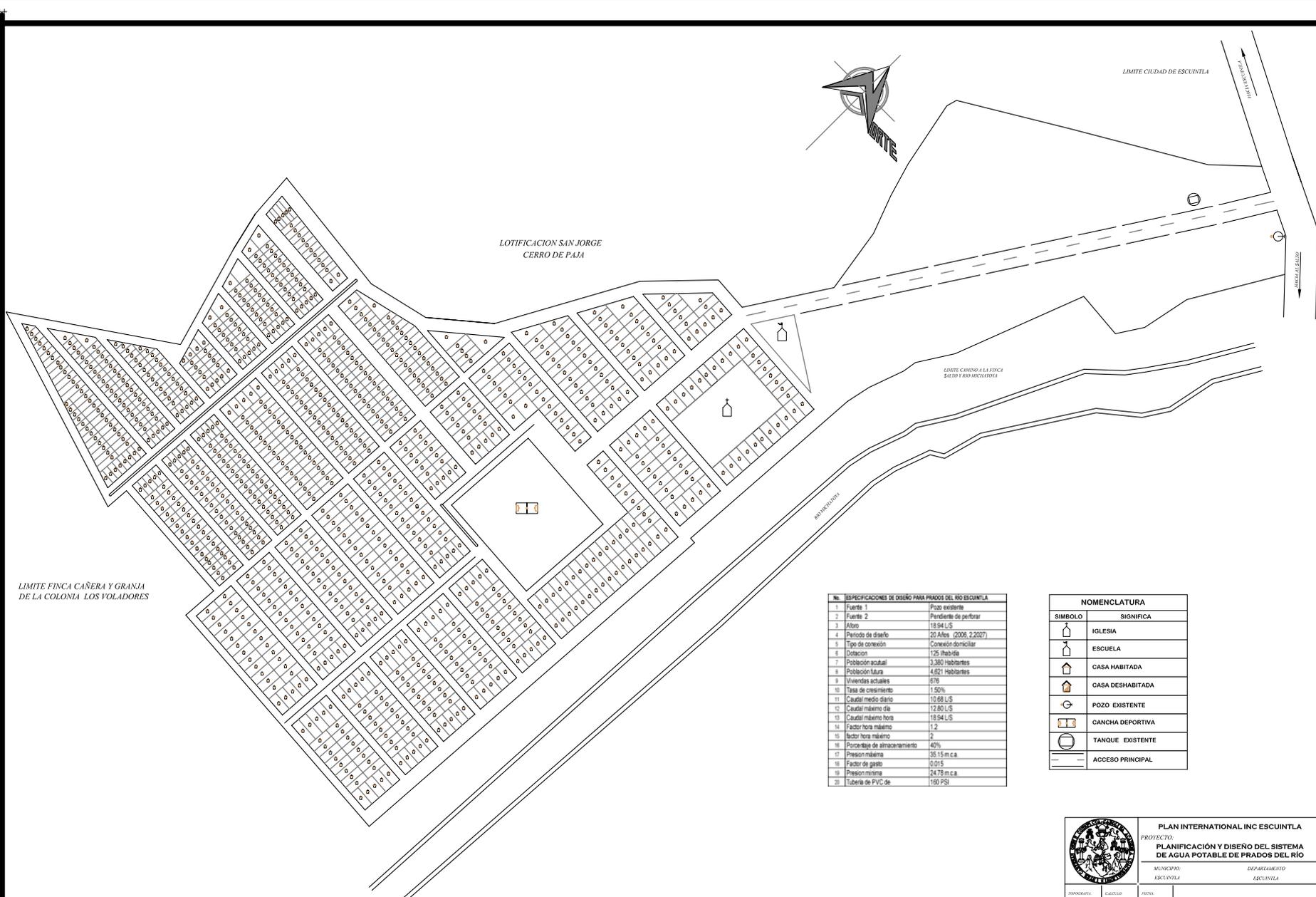
Atentamente,



Ing. GABRIEL URRUTIA  
COORDINADOR O.M.P.  
ESCUINTLA

File.





LOTIFICACION SAN JORGE  
CERRO DE PAMA

LIMITE FINCA CAÑERA Y GRANJA  
DE LA COLONIA LOS VOLADORES

LIMITE CIUDAD DE ESCUINTLA

LIMITE CAMINO A LA FINCA  
SECTOR 8 DEL MUNICIPIO

Nº	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA	
1	Fuente 1	Pozo existente
2	Fuente 2	Pendiente de perforar
3	Alfaro	18 94 L/S
4	Periodo de diseño	20 Años (2006-2027)
5	Tipo de conexión	Conexión domiciliar
6	Dotación	125 l/habitante
7	Población actual	3 300 habitantes
8	Población futura	4 621 habitantes
9	Viviendas actuales	676
10	Tasa de crecimiento	1.50%
11	Caudal medio diario	10 88 L/S
12	Caudal máximo día	12 80 L/S
13	Caudal máximo hora	18 94 L/S
14	Factor hora máximo	1.2
15	factor hora máximo	2
16	Porcentaje de almacenamiento	40%
17	Presión máxima	35.15 m.c.a.
18	Factor de golpe	0.915
19	Presión máxima	24.78 m.c.a.
20	Tubería de PVC de	180 PSI

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICA
	IGLESIA
	ESCUELA
	CASA HABITADA
	CASA DESHABITADA
	POZO EXISTENTE
	CANCHA DEPORTIVA
	TANQUE EXISTENTE
	ACCESO PRINCIPAL

**PLANTA GENERAL DE PRADOS DEL RÍO ESCUINTLA**  
DENSIDAD DE VIVIENDA.

ESCALA 1:1,100



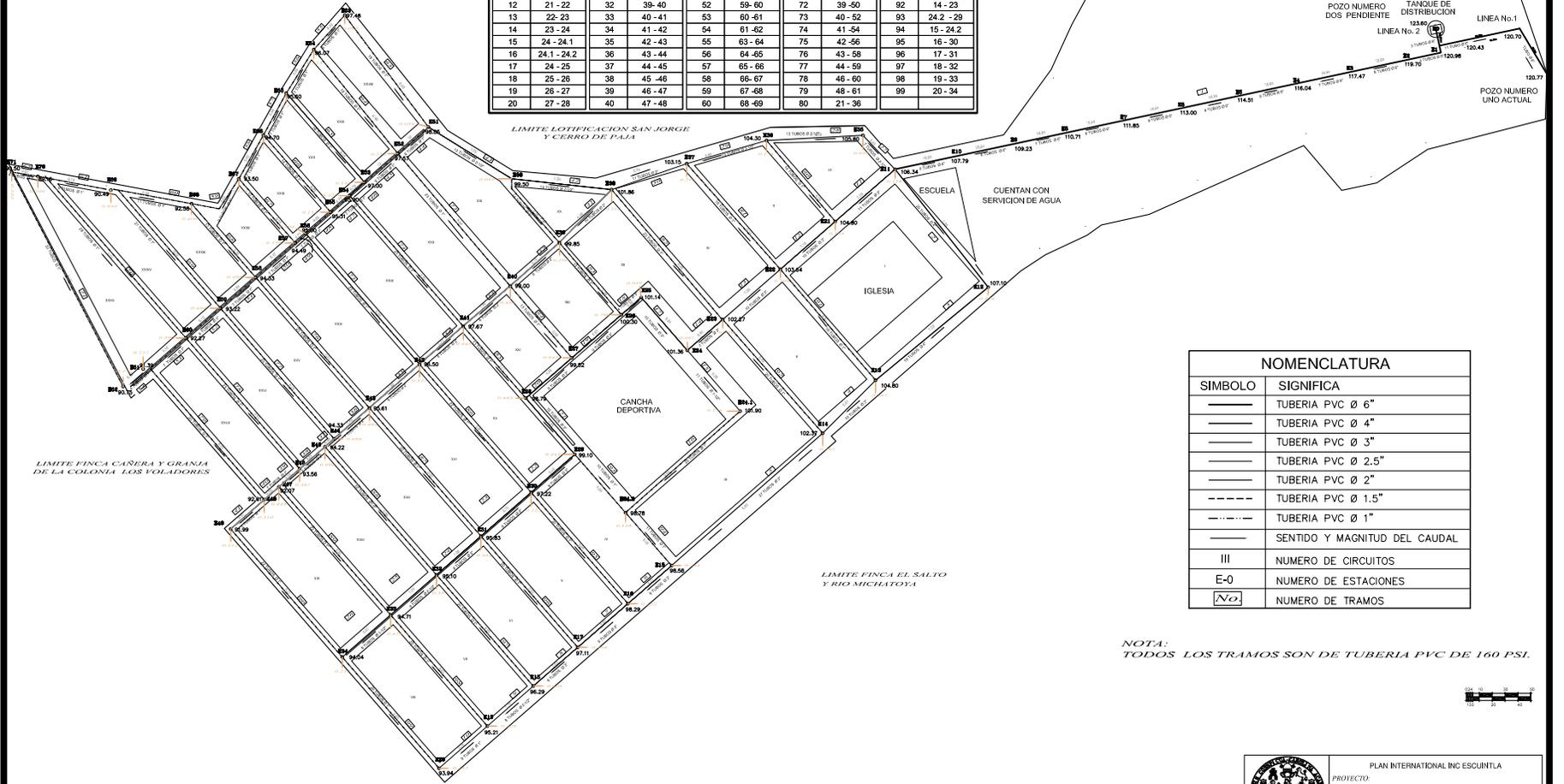
**PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA**  
PROYECTO:  
**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PRADOS DEL RÍO**  
MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

TOWN/CIUDAD: ESCUINTLA	CANTÓN: ESCUINTLA	PAÍS: GUATEMALA	DENSIDAD DE VIVIENDA
CALLE: ESCUINTLA	CALLE: ESCUINTLA	CALLE: ESCUINTLA	

Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA



TRAMO	ESTACION	TRAMO	ESTACION	TRAMO	ESTACION	TRAMO	ESTACION	TRAMO	ESTACION
01	1-11	21	28-29	41	48-49	61	69-70	81	22-37
02	11-12	22	29-30	42	38-50	62	70-71	82	23-38
03	12-13	23	30-31	43	50-51	63	51-63	83	26-39
04	13-14	24	31-32	44	51-52	64	52-64	84	27-40
05	14-15	25	32-33	45	52-53	65	53-65	85	28-41
06	15-16	26	33-34	46	53-54	66	55-66	86	30-42
07	16-17	27	11-35	47	54-55	67	57-67	87	31-43
08	17-18	28	35-36	48	55-56	68	58-68	88	32-45
09	18-19	29	36-37	49	56-57	69	59-69	89	33-47
10	19-20	30	37-38	50	57-58	70	60-70	90	34-49
11	11-21	31	38-39	51	58-59	71	62-71	91	13-22
12	21-22	32	39-40	52	59-60	72	39-50	92	14-23
13	22-23	33	40-41	53	60-61	73	40-52	93	24.2-29
14	23-24	34	41-42	54	61-62	74	41-54	94	15-24.2
15	24-24.1	35	42-43	55	63-64	75	42-56	95	16-30
16	24.1-24.2	36	43-44	56	64-65	76	43-58	96	17-31
17	24-25	37	44-45	57	65-66	77	44-59	97	18-32
18	25-26	38	45-46	58	66-67	78	46-60	98	19-33
19	26-27	39	46-47	59	67-68	79	48-61	99	20-34
20	27-28	40	47-48	60	68-69	80	21-36		



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICA
—	TUBERIA PVC Ø 6"
—	TUBERIA PVC Ø 4"
—	TUBERIA PVC Ø 3"
—	TUBERIA PVC Ø 2.5"
—	TUBERIA PVC Ø 2"
—	TUBERIA PVC Ø 1.5"
—	TUBERIA PVC Ø 1"
—	SENTIDO Y MAGNITUD DEL CAUDAL
III	NUMERO DE CIRCUITOS
E-0	NUMERO DE ESTACIONES
[No]	NUMERO DE TRAMOS

NOTA: TODOS LOS TRAMOS SON DE TUBERIA PVC DE 160 PSI.



**RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
Caudales.

ESCALA 1:1,100

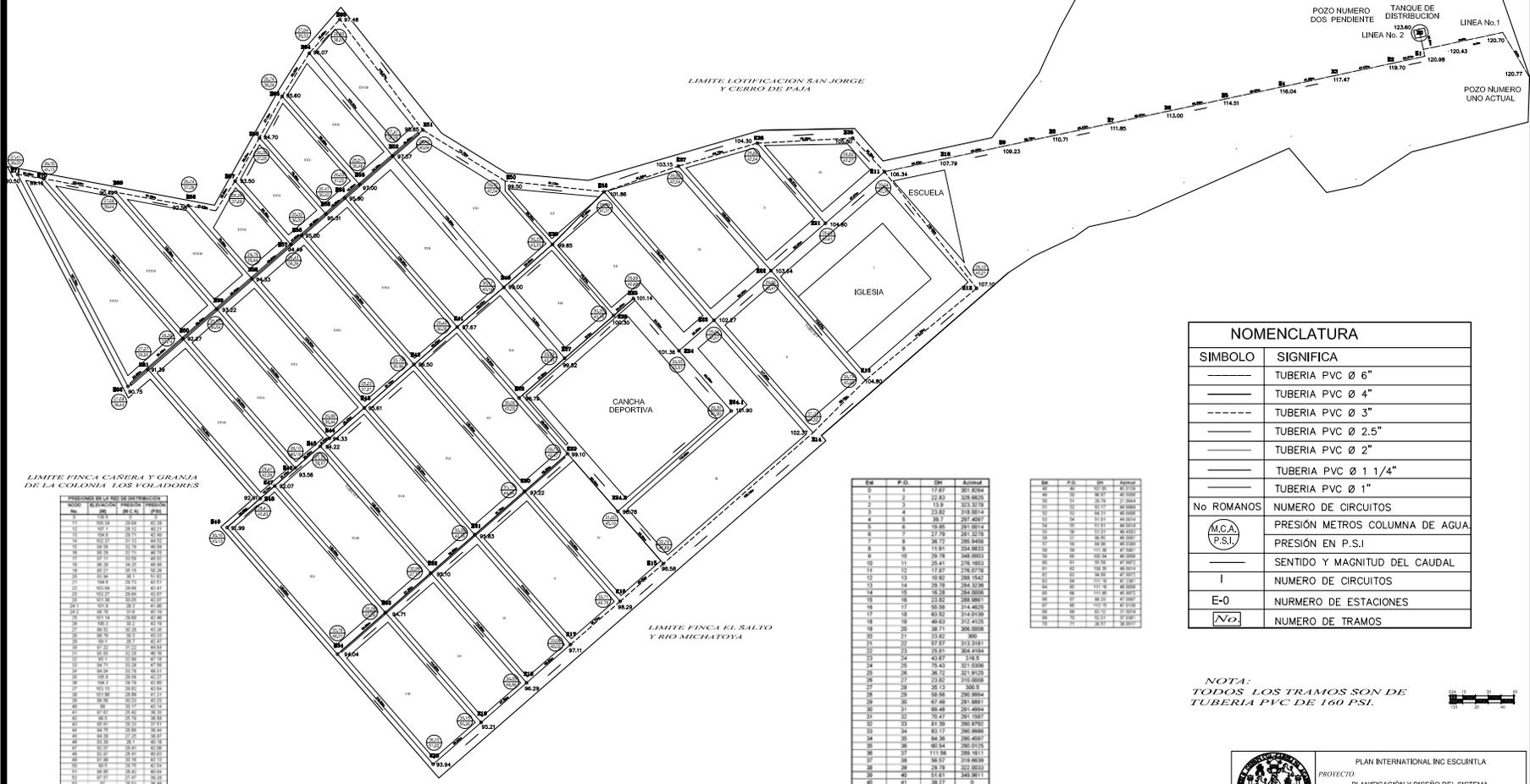
		PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA	
		PROYECTO: PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RÍO	
MUNICIPIO: ESCUINTLA		DEPARTAMENTO: ESCUINTLA	
FUNDADOR: CARLOS BARRERA	PRESIDENTE: CARLOS BARRERA	DIRECTOR: CARLOS BARRERA	INGENIERO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCÍA
DISEÑO: CARLOS BARRERA		DISEÑO: CARLOS BARRERA	

**DIAGRAMA DE FLUJOS Y DE GASTOS**

LIMITE CIUDAD DE ESCUINTLA

LIMITE LOTIFICACION SAN JORGE Y CERRO DE PAJA

POZO NUMERO DOS PENDIENTE  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
LINEA No. 2  
LINEA No. 1  
POZO NUMERO UNO ACTUAL



LIMITE FINCA CAÑERA Y GRANJA DE LA COLONIA LOS VOLADORES

LIMITE FINCA EL SALTO Y RIO MICHATOYA

Presiones en P.S.I. y metros de columna de agua

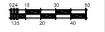
No.	Presión P.S.I.	Presión M.C.A.
1	10.00	27.08
2	10.00	27.08
3	10.00	27.08
4	10.00	27.08
5	10.00	27.08
6	10.00	27.08
7	10.00	27.08
8	10.00	27.08
9	10.00	27.08
10	10.00	27.08
11	10.00	27.08
12	10.00	27.08
13	10.00	27.08
14	10.00	27.08
15	10.00	27.08
16	10.00	27.08
17	10.00	27.08
18	10.00	27.08
19	10.00	27.08
20	10.00	27.08
21	10.00	27.08
22	10.00	27.08
23	10.00	27.08
24	10.00	27.08
25	10.00	27.08
26	10.00	27.08
27	10.00	27.08
28	10.00	27.08
29	10.00	27.08
30	10.00	27.08
31	10.00	27.08
32	10.00	27.08
33	10.00	27.08
34	10.00	27.08
35	10.00	27.08
36	10.00	27.08
37	10.00	27.08
38	10.00	27.08
39	10.00	27.08
40	10.00	27.08
41	10.00	27.08
42	10.00	27.08
43	10.00	27.08
44	10.00	27.08
45	10.00	27.08
46	10.00	27.08
47	10.00	27.08
48	10.00	27.08
49	10.00	27.08
50	10.00	27.08
51	10.00	27.08
52	10.00	27.08
53	10.00	27.08
54	10.00	27.08
55	10.00	27.08
56	10.00	27.08
57	10.00	27.08
58	10.00	27.08
59	10.00	27.08
60	10.00	27.08
61	10.00	27.08
62	10.00	27.08
63	10.00	27.08
64	10.00	27.08
65	10.00	27.08
66	10.00	27.08
67	10.00	27.08
68	10.00	27.08
69	10.00	27.08
70	10.00	27.08
71	10.00	27.08
72	10.00	27.08
73	10.00	27.08
74	10.00	27.08
75	10.00	27.08
76	10.00	27.08
77	10.00	27.08
78	10.00	27.08
79	10.00	27.08
80	10.00	27.08
81	10.00	27.08
82	10.00	27.08
83	10.00	27.08
84	10.00	27.08
85	10.00	27.08
86	10.00	27.08
87	10.00	27.08
88	10.00	27.08
89	10.00	27.08
90	10.00	27.08
91	10.00	27.08
92	10.00	27.08
93	10.00	27.08
94	10.00	27.08
95	10.00	27.08
96	10.00	27.08
97	10.00	27.08
98	10.00	27.08
99	10.00	27.08
100	10.00	27.08

Est.	P.S.I.	OH	Altitud
1	10.00	17.87	307.8204
2	10.00	17.87	308.8015
3	10.00	17.87	303.3278
4	10.00	17.87	314.8514
5	10.00	17.87	287.4597
6	10.00	17.87	287.3278
7	10.00	17.87	287.3278
8	10.00	17.87	334.8833
9	10.00	17.87	287.3278
10	10.00	17.87	348.6933
11	10.00	17.87	276.8933
12	10.00	17.87	276.8933
13	10.00	17.87	284.3236
14	10.00	17.87	284.3236
15	10.00	17.87	288.8881
16	10.00	17.87	274.4255
17	10.00	17.87	314.8136
18	10.00	17.87	312.4255
19	10.00	17.87	304.8508
20	10.00	17.87	304.8508
21	10.00	17.87	304.8508
22	10.00	17.87	304.8508
23	10.00	17.87	304.8508
24	10.00	17.87	304.8508
25	10.00	17.87	304.8508
26	10.00	17.87	304.8508
27	10.00	17.87	304.8508
28	10.00	17.87	304.8508
29	10.00	17.87	304.8508
30	10.00	17.87	304.8508
31	10.00	17.87	304.8508
32	10.00	17.87	304.8508
33	10.00	17.87	304.8508
34	10.00	17.87	304.8508
35	10.00	17.87	304.8508
36	10.00	17.87	304.8508
37	10.00	17.87	304.8508
38	10.00	17.87	304.8508
39	10.00	17.87	304.8508
40	10.00	17.87	304.8508
41	10.00	17.87	304.8508
42	10.00	17.87	304.8508
43	10.00	17.87	304.8508
44	10.00	17.87	304.8508
45	10.00	17.87	304.8508
46	10.00	17.87	304.8508
47	10.00	17.87	304.8508
48	10.00	17.87	304.8508
49	10.00	17.87	304.8508
50	10.00	17.87	304.8508

Est.	P.S.I.	OH	Altitud
51	10.00	17.87	304.8508
52	10.00	17.87	304.8508
53	10.00	17.87	304.8508
54	10.00	17.87	304.8508
55	10.00	17.87	304.8508
56	10.00	17.87	304.8508
57	10.00	17.87	304.8508
58	10.00	17.87	304.8508
59	10.00	17.87	304.8508
60	10.00	17.87	304.8508
61	10.00	17.87	304.8508
62	10.00	17.87	304.8508
63	10.00	17.87	304.8508
64	10.00	17.87	304.8508
65	10.00	17.87	304.8508
66	10.00	17.87	304.8508
67	10.00	17.87	304.8508
68	10.00	17.87	304.8508
69	10.00	17.87	304.8508
70	10.00	17.87	304.8508
71	10.00	17.87	304.8508
72	10.00	17.87	304.8508
73	10.00	17.87	304.8508
74	10.00	17.87	304.8508
75	10.00	17.87	304.8508
76	10.00	17.87	304.8508
77	10.00	17.87	304.8508
78	10.00	17.87	304.8508
79	10.00	17.87	304.8508
80	10.00	17.87	304.8508

NOMENCLATURA	
—	TUBERIA PVC Ø 6"
—	TUBERIA PVC Ø 4"
---	TUBERIA PVC Ø 3"
—	TUBERIA PVC Ø 2.5"
—	TUBERIA PVC Ø 2"
—	TUBERIA PVC Ø 1 1/4"
—	TUBERIA PVC Ø 1"
No ROMANOS	NUMERO DE CIRCUITOS
(M.C.A.)	PRESIÓN METROS COLUMNA DE AGUA
(P.S.I.)	PRESIÓN EN P.S.I.
	SENTIDO Y MAGNITUD DEL CAUDAL
I	NUMERO DE CIRCUITOS
E-0	NUMERO DE ESTACIONES
[No]	NUMERO DE TRAMOS

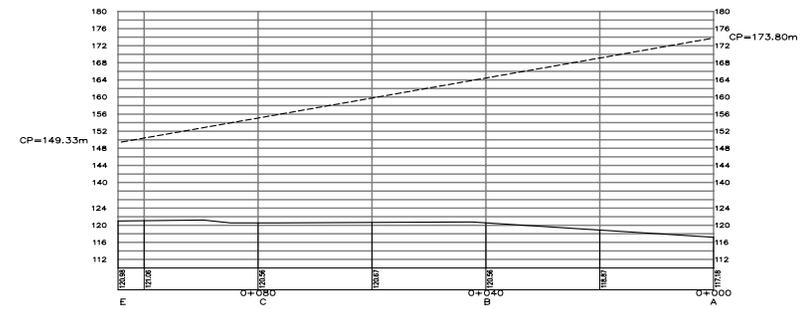
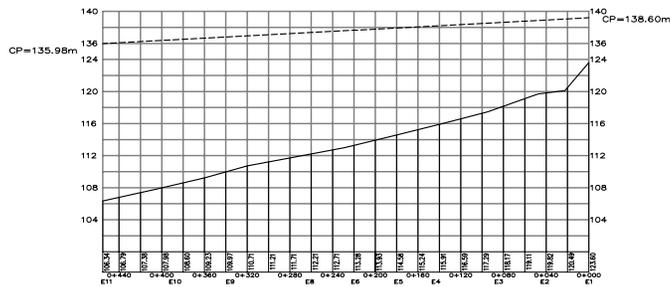
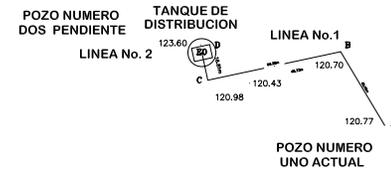
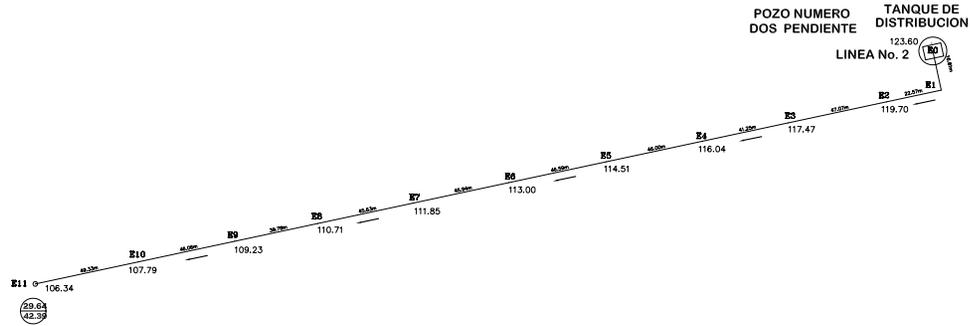
NOTA: TODOS LOS TRAMOS SON DE TUBERIA PVC DE 160 PSI.



**RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
*Presiones.*

ESCALA 1:1,100

	PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA	
	PROYECTO: PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RÍO	
MUNICIPIO: ESCUINTLA	DEPARTAMENTO: ESCUINTLA	
PROYECTADO: [ ]	ELABORADO: [ ]	REVISADO: [ ]
VERIFICADO: [ ]	APROBADO: [ ]	FECHA: [ ]
TÍTULO: [ ]		ESCALA: [ ]
AUTOR: [ ]		PROYECTO: [ ]
<b>PRESIONES</b>		
Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA		



## LINEA DE DISTRIBUCION

Escala Horizontal: 1:1000  
Escala Vertical: 1:500

## LINEA DE CONDUCCION

Escala Horizontal: 1:1000  
Escala Vertical: 1:500

				<b>PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA</b> PROYECTO: <b>PLANIFICACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RIO</b>	
				MUNICIPIO: ESCUINTLA	DEPARTAMENTO: ESCUINTLA
JURISDICCION: GOBIERNO AUTONOMO DEPARTAMENTAL DE ESCUINTLA DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS Y SERVICIOS URBANOS	CATEGORIA: OBRAS DE INTERES MUNICIPAL	FECHA: 15/07/2011	<b>LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION</b>		
DISEÑADO POR: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	DISEÑADO POR: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	ESCALA: 1:500			
Firma: <b>ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA</b>			4 / 8		



LIMITE CIUDAD DE ESCUINTLA

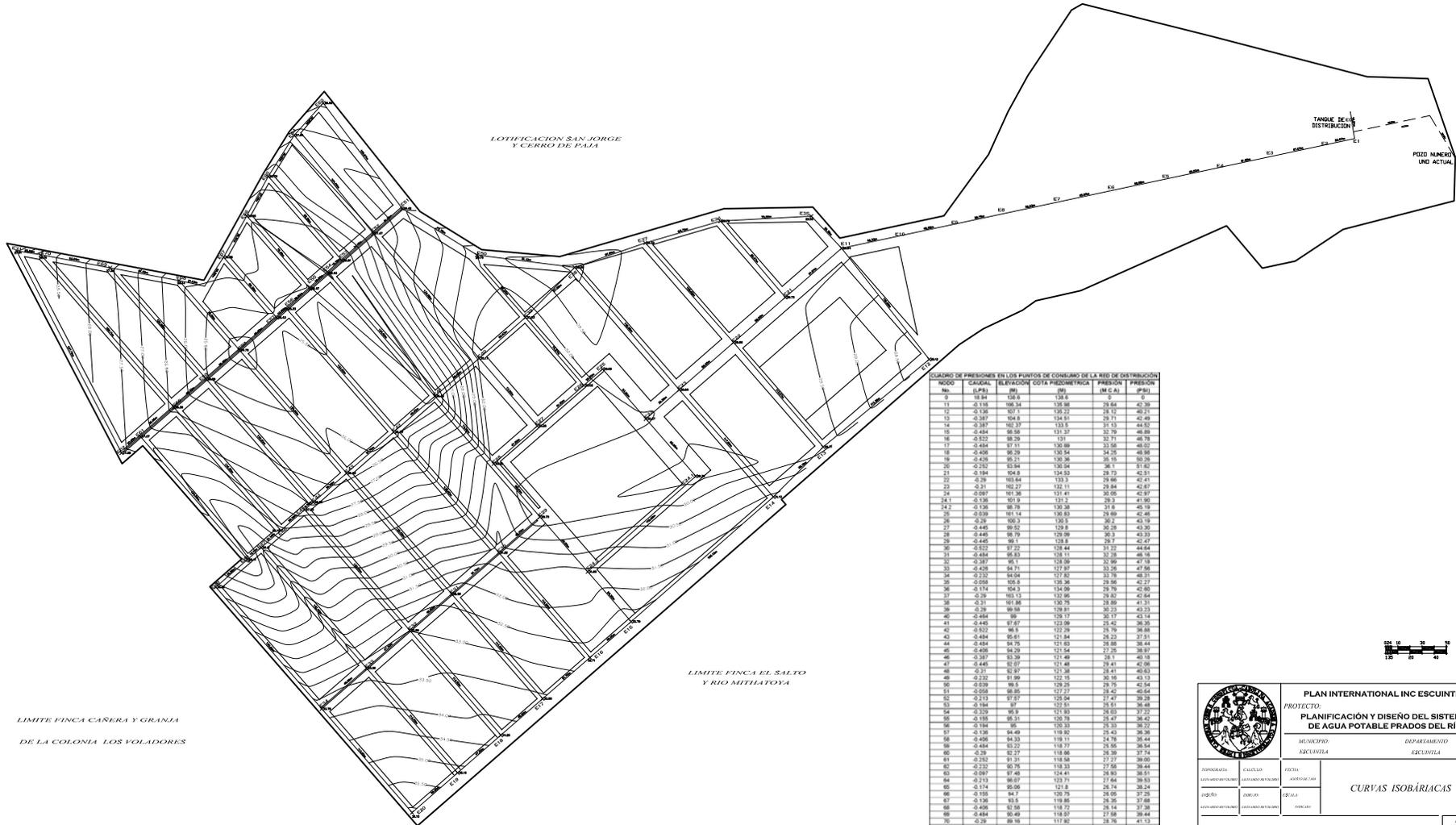
# CURVAS ISOBÁRICAS

ESCALA 1:1,100

LOTIFICACION SAN JORGE Y CERRO DE PAJA

TANQUE DE DISTRIBUCION

POZO NUMERO UNO ACTUAL



NODO	CAJAL	ELEVACION	COTA PIEZOMETRICA	PRESION	PRESION
0	18.84	138.8	138.8	0	0
1	18.84	138.8	138.8	0	0
2	18.84	138.8	138.8	0	0
3	18.84	138.8	138.8	0	0
4	18.84	138.8	138.8	0	0
5	18.84	138.8	138.8	0	0
6	18.84	138.8	138.8	0	0
7	18.84	138.8	138.8	0	0
8	18.84	138.8	138.8	0	0
9	18.84	138.8	138.8	0	0
10	18.84	138.8	138.8	0	0
11	18.84	138.8	138.8	0	0
12	18.84	138.8	138.8	0	0
13	18.84	138.8	138.8	0	0
14	18.84	138.8	138.8	0	0
15	18.84	138.8	138.8	0	0
16	18.84	138.8	138.8	0	0
17	18.84	138.8	138.8	0	0
18	18.84	138.8	138.8	0	0
19	18.84	138.8	138.8	0	0
20	18.84	138.8	138.8	0	0
21	18.84	138.8	138.8	0	0
22	18.84	138.8	138.8	0	0
23	18.84	138.8	138.8	0	0
24	18.84	138.8	138.8	0	0
25	18.84	138.8	138.8	0	0
26	18.84	138.8	138.8	0	0
27	18.84	138.8	138.8	0	0
28	18.84	138.8	138.8	0	0
29	18.84	138.8	138.8	0	0
30	18.84	138.8	138.8	0	0
31	18.84	138.8	138.8	0	0
32	18.84	138.8	138.8	0	0
33	18.84	138.8	138.8	0	0
34	18.84	138.8	138.8	0	0
35	18.84	138.8	138.8	0	0
36	18.84	138.8	138.8	0	0
37	18.84	138.8	138.8	0	0
38	18.84	138.8	138.8	0	0
39	18.84	138.8	138.8	0	0
40	18.84	138.8	138.8	0	0
41	18.84	138.8	138.8	0	0
42	18.84	138.8	138.8	0	0
43	18.84	138.8	138.8	0	0
44	18.84	138.8	138.8	0	0
45	18.84	138.8	138.8	0	0
46	18.84	138.8	138.8	0	0
47	18.84	138.8	138.8	0	0
48	18.84	138.8	138.8	0	0
49	18.84	138.8	138.8	0	0
50	18.84	138.8	138.8	0	0
51	18.84	138.8	138.8	0	0
52	18.84	138.8	138.8	0	0
53	18.84	138.8	138.8	0	0
54	18.84	138.8	138.8	0	0
55	18.84	138.8	138.8	0	0
56	18.84	138.8	138.8	0	0
57	18.84	138.8	138.8	0	0
58	18.84	138.8	138.8	0	0
59	18.84	138.8	138.8	0	0
60	18.84	138.8	138.8	0	0
61	18.84	138.8	138.8	0	0
62	18.84	138.8	138.8	0	0
63	18.84	138.8	138.8	0	0
64	18.84	138.8	138.8	0	0
65	18.84	138.8	138.8	0	0
66	18.84	138.8	138.8	0	0
67	18.84	138.8	138.8	0	0
68	18.84	138.8	138.8	0	0
69	18.84	138.8	138.8	0	0
70	18.84	138.8	138.8	0	0
71	18.84	138.8	138.8	0	0





**PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA**

PROYECTO:  
**PLANIFICACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RIO**

MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

**CURVAS ISOBÁRICAS**

FORMIGAL: CAJAL

ESTACIONAMIENTO: CANTONAMIENTO

PROYECTO: DISEÑO

ESTACIONAMIENTO: CANTONAMIENTO

FOLIO: 8

FECHA: 2010

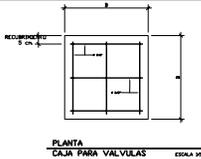
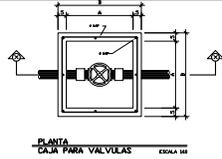
DISEÑO: 2010

PROYECTO: 2010

Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

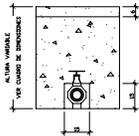
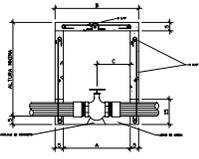
LIMITE FINCA CAÑERA Y GRANJA DE LA COLONIA LOS VOLADORES

LIMITE FINCA EL SALTO Y RIO MITHATOYA

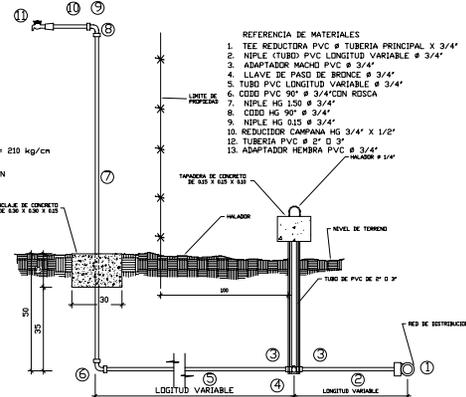


DIMENSIONES EN cms.				
Ø	A	B	C	ALTEZA MINIMA
2"	60	60	30	50
2 1/2"	60	60	30	50
3"	70	70	30	60
4"	100	100	30	70

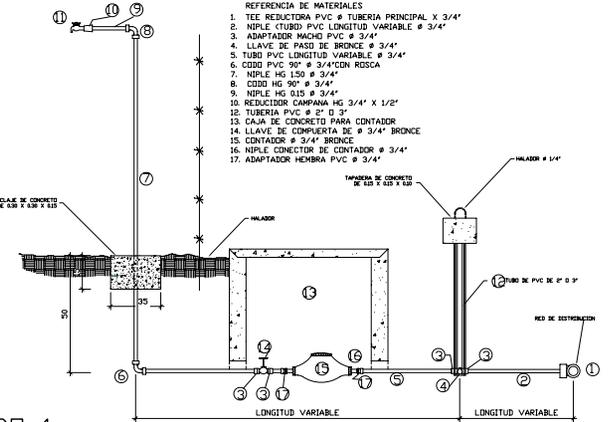
- NOTAS:
- 1- LAS VALVULAS SE ASENTARAN SOBRE UN LECHO DE ARENA PARA FACILITAR EL BRONAJE
  - 2- LAS CAJAS Y TAPADERAS SE CONSTRUIRAN DE CONCRETO F'c = 210 kg/cm
  - 3- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS
  - 4- EL HIERRO DE REFUERZO SERA DE Ø 3/8"
  - 5- TODAS LAS PAREDES SON ALIZADAS CON SABIETAS PROPORCION 1 CEMENTO, 2 ARENA DE RIO



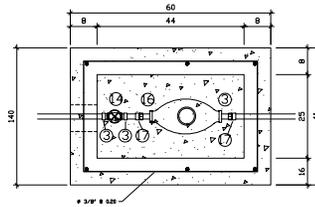
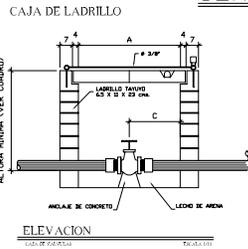
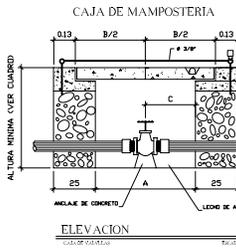
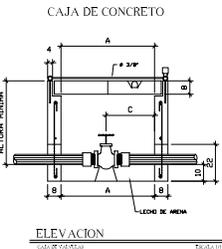
DETALLE TAPADERA DE CAJA PARA VALVULAS ESCALA 1/5



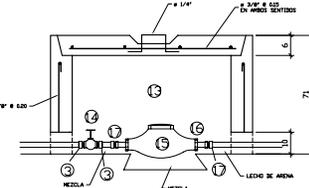
CONEXION DOMICILIAR TIPICA TIPO 1 ESCALA 1/7.5



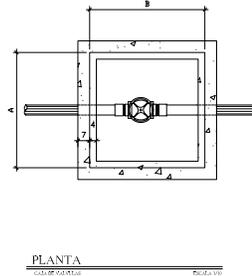
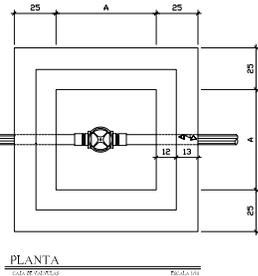
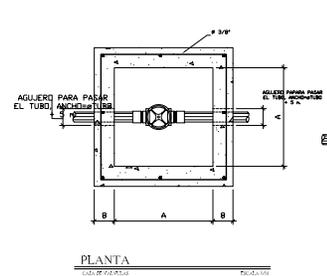
CONEXION DOMICILIAR TIPICA TIPO 2 ESCALA 1/7.5



DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA ESCALA 1/10



- NOTAS:
- ESTA TAPADERA ES LA QUE CORRESPONDE A LAS CAJAS DE MAMPOSTERIA.
  - RECUBRIMIENTO 4 cms.
- NOTAS:
- ESTAS TAPADERAS ES LA MISMA PARA LAS CAJAS DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUVE.
  - VER DIMENSIONES EN CUADRO.
  - RECUBRIMIENTO 4 cms.
- F'c = 3 Ksi  
Fy = 40 Ksi
- NOTAS:
- A = DIMENSION INTERIOR
  - B = DIMENSION DE TAPADERA
  - C = POSICION DE VALVULA (A/2)



Ø	DIMENSIONES			ALTEZA MINIMA
	A	B	C	
2"	60	60	30	50
2 1/2"	60	60	30	50
3"	70	70	30	60
4"	100	100	30	70

Ø	DIMENSIONES			ALTEZA MINIMA
	A	B	C	
2"	60	60	30	50
2 1/2"	60	60	30	50
3"	70	70	30	60
4"	100	100	30	70

Ø	DIMENSIONES			ALTEZA MINIMA
	A	B	C	
2"	60	60	30	50
2 1/2"	60	60	30	50
3"	70	70	30	60
4"	100	100	30	70

SECCION ESCALA 1/10

SECCION ESCALA 1/10

NOTA:  
- LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS

PLANTA ESCALA 1/10

PLANTA ESCALA 1/10

PLAN INTERNACIONAL INC ESCUNTLA

PROYECTO: PLANIFICACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PRADOS DEL RIO

MUNICIPIO: ESCUNTLA DEPARTAMENTO: ESCUNTLA

INGENIERO: CUESTOY, ALBERTO DE LA ROSA INGENIERO CIVIL

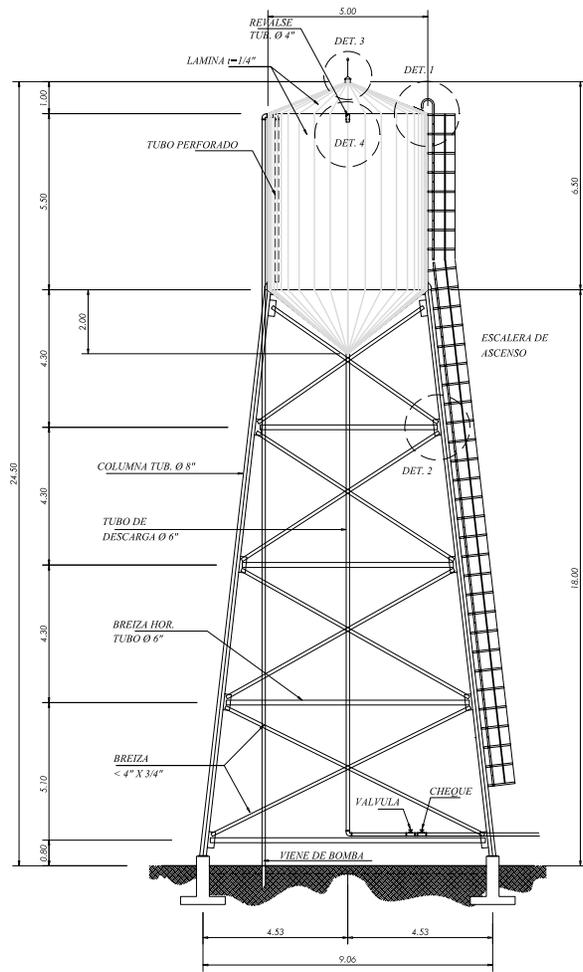
ARQUITECTO: HERRERA, CARLOS INGENIERO CIVIL

INGENIERO: GONZALEZ, OSCAR INGENIERO CIVIL

INGENIERO: GONZALEZ, ALBERTO INGENIERO CIVIL

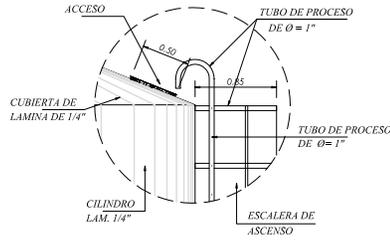
DETALLES DE CAJAS DE VALVULAS Y CONEXIONES DOMICILIARES

FUENTE: ING. ANGEL ROBERTO SUC GARCIA



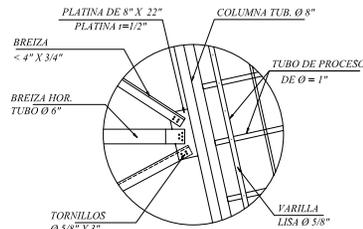
ELEVACION DE TANQUE

ESCALA: 1:75.



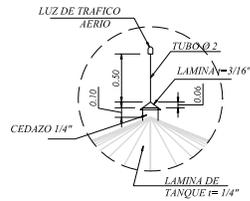
DETALLE No. 1

ESCALA: 1:25.



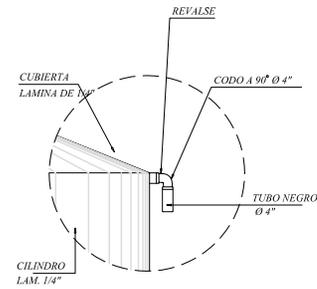
DETALLE No. 2

ESCALA: 1:25.



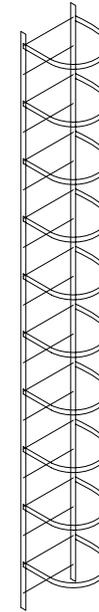
DETALLE No. 3

ESCALA: 1:25.



DETALLE No. 4

ESCALA: 1:25.

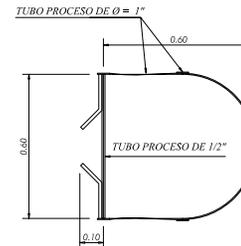


DETALLE DE ESCALERIA

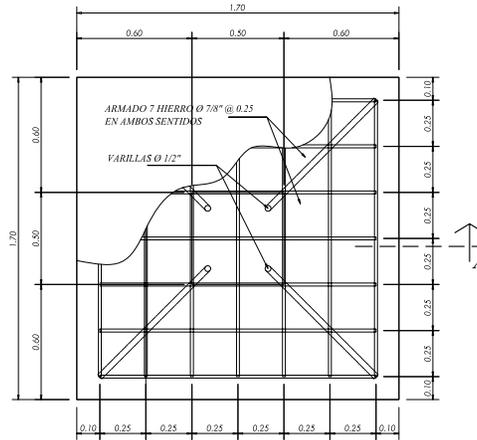
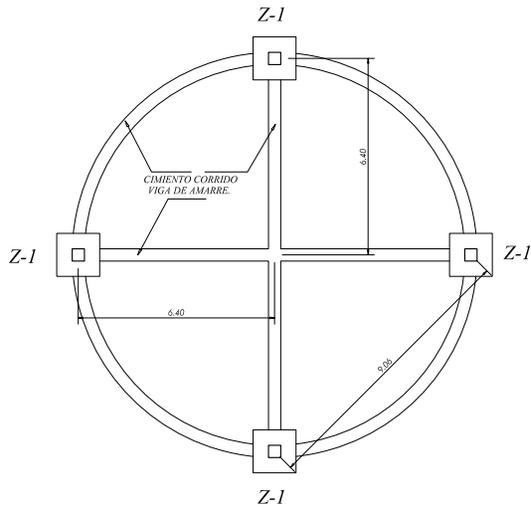
ESCALA: 1:25.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA ACERO		
1	LAMINA NEGRO NORMAL A36	DIMENSIONES
2	LAMINA NEGRO NORMAL A36	4" X 8" X 1/4"
3	LAMINA ANTIOLEZANTE	4" X 8" X 1/4"
PIEZAS VERTICALES		
1	TUBO BOMBONDO NEGRO ESTANDAR DE OCHO PIG.	PROPIEDADES
2	AREA	8.392
3	CEDULA	Ø5
4	DIAMETRO NOMINAL	4"
5	ESPESOR	0.125
6	ALARGO DE CODO	2.562
PIEZAS HORIZONTALES		
1	TUBO BOMBONDO NEGRO ESTANDAR DE OCHO PIG.	PROPIEDADES
2	AREA	3.142
3	CEDULA	Ø5
4	DIAMETRO NOMINAL	4"
5	ESPESOR	0.125
6	ALARGO DE CODO	2.562
TENSORES O BREIZAS		
1	ESTRUCTURA METALICA BUCON 1/2"	PROPIEDADES
2	AREA	3.467
3	DIMENSIONES DE ESTRUCTURA METALICA BUCON 1/2"	4" X 4" X 1/2"
4	ESPESOR	1/4"
5	ALARGO DE CODO EN 90" X 90"	2.562

NOTA  
LAS DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE CADA ELEMENTO FUERON EXTRAIDAS DEL MANUAL INSTITUTO AMERICANO DEL ACERO PARA LA CONSTRUCCION (AISC)

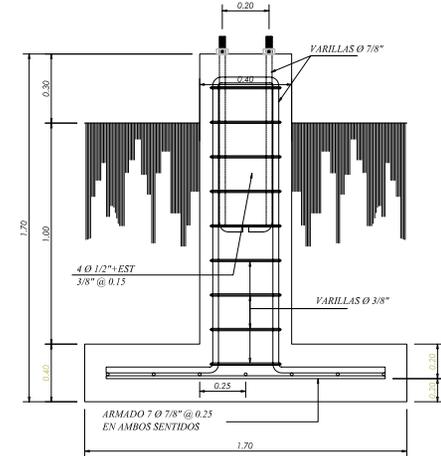


		PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA	
		PROYECTO: PLANIFICACION Y DISEÑO DEL SISTEMA AGUA POTABLE PRADOS DEL RIO	
MUNICIPIO: ESCUINTLA		DEPARTAMENTO: ESCUINTLA	
POPULACION: CAJUCOS MUNICIPIO: ESCUINTLA DISEÑO: DORADO REPRESENTACION: ESTUDIO DE INGENIERIA	ASISTENTE: ESTUDIO DE INGENIERIA SUPERVISOR: ESTUDIO DE INGENIERIA DISEÑO: ESTUDIO DE INGENIERIA REPRESENTACION: ESTUDIO DE INGENIERIA	PLANO DE DETALLES DE TANQUE ELEVADO	
Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA			



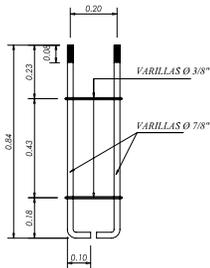
DETALLE DE ZAPATA Z-1.

ESCALA: 1:7.5



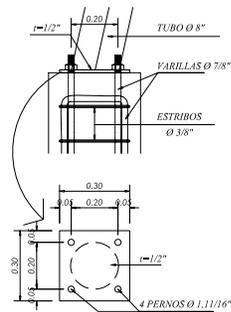
SECCION A, ZAPATA Z-1.

ESCALA: 1:7.5



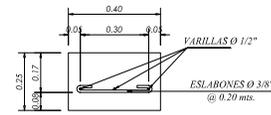
DET. DE CANASTA

ESCALA: 1:7.5



ANLAJE DE COLUMNA

ESCALA: 1:7.5



CIMENTO CORRIDO

ESCALA: 1:7.5

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CIMENTACIONES

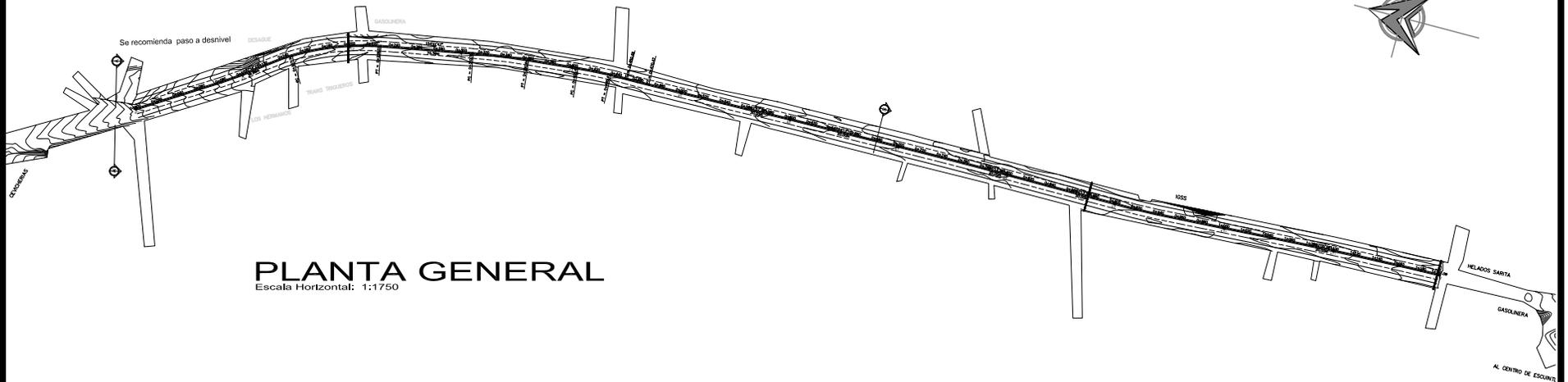
ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CIMENTACIONES		
1	CEMENTO PORTLAND	PROPIEDADES
2	RESISTENCIA NOMINAL DEL CONCRETO (F'c)	281 KG/CM <sup>2</sup>
3	RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO (F'cd)	2,300 KG/CM <sup>2</sup>
VARILLAS DE SINT DE LARAGO		
1	TRANSVERSAL GRADO ESTRUCTURAL 40	CICLOLA
2	HIERRO No. 4	40
3	HIERRO No. 7	40
4	HIERRO No. 4	40
5	HIERRO No. 2	40
6	HIERRO No. 2	40
GRAVA O PIEDRA TRITURADA Y ARENA DE RIO		
1	GRAVA O PIEDRA	PROPIEDADES
2	GRAVA TRITURADA	3/4"
3	ARENA FINA LIBRE DE IMPUREZAS COHESIVAS	

NOTA

LAS DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE CADA ELEMENTO FUERON EXTRAIDAS DEL MANUAL INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO (ACI)

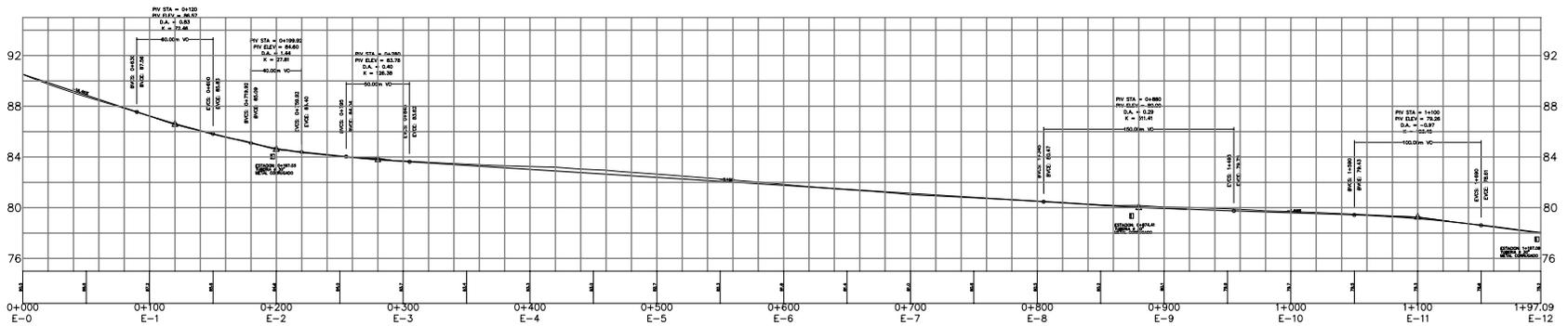
ESPECIFICACIONES RECURRIMIENTOS MINIMOS ZAPATAS= 10 cms COLUMNAS Y VIGAS= 5 cms

		PLAN INTERNACIONAL INC ESCUNTLA	
		PROYECTO: PLANIFICACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PRADOS DEL RIO	
MUNICIPALIDAD DE ESCUNTLA		DEPARTAMENTO DE ESCUNTLA	
INGENIERO: CARLOS GARCIA CONSULTOR GENERAL	INGENIERO: CARLOS GARCIA CONSULTOR GENERAL	FECHA: ABRIL 2010	PLAN DE CIMENTACIONES TANQUE ELEVADO
Firmado: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA		8	



## PLANTA GENERAL

Escala Horizontal: 1:1750



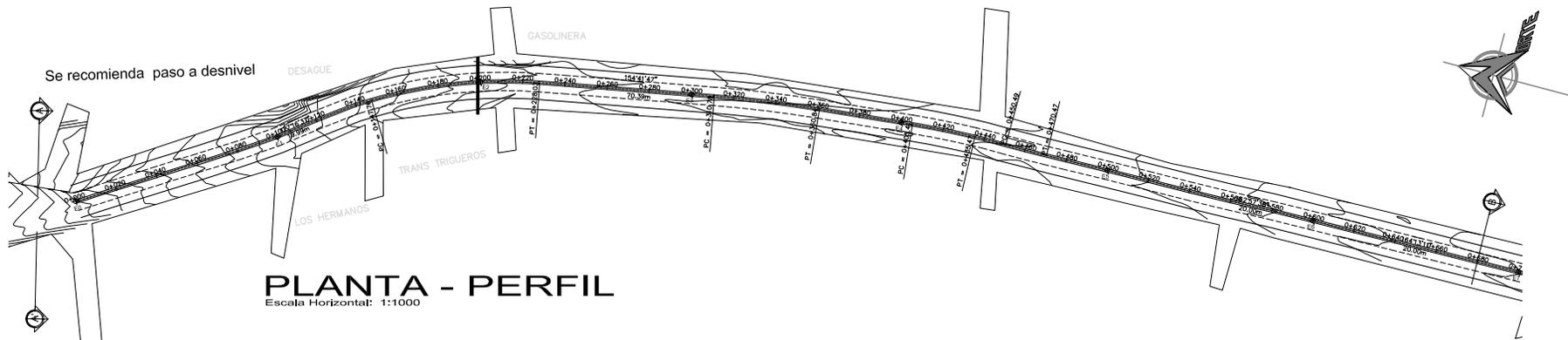
## PERFIL GENERAL

Escala Horizontal: 1:1750  
Escala Vertical: 1:850

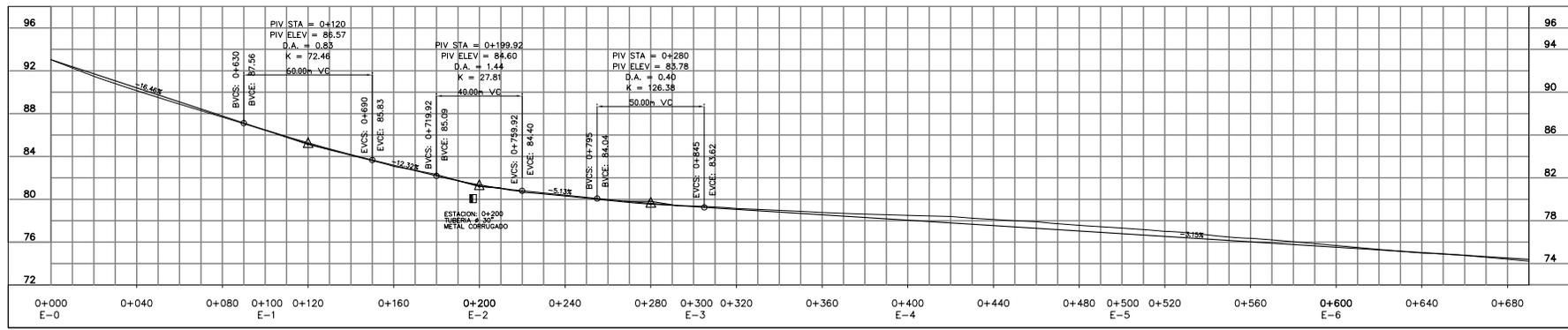
Est.	P.O.	Distancia mts	Azmut
00	01	100.00	42°19'30"
01	02	100.00	45°04'35"
02	03	100.00	63°34'41"
03	04	100.00	67°46'04"
04	05	100.00	73°14'59"
05	06	100.00	73°56'03"
06	07	100.00	74°13'40"
07	08	100.00	74°44'30"
08	09	100.00	75°13'53"
09	10	100.00	72°45'25"
10	11	100.00	71°51'20"
11	12	97.09	73°06'33"

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
PI	PUNTO DE INTERSECCION DE LA PROLONGACION DE LAS TANGENTES
PC	PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
PT	PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
D	CENTRO DE LA CURVA CIRCULAR
Δ	ANGULO DE DEFLEXION DE LA TANGENTE
ST	SUB - TANGENTE
K	COEFICIENTE DE LA CURVA
OM	ORDENADA MEDIA
LC	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR
CM	CUERDA MAXIMA
C	CUERDA
E	EXTERNAL
G°	AZIMUT
R	RADIO
—	DRENAJE TRANSVERSAL
—	VIAS ACTUALES
—	VIAS NUEVAS
E0	NUMERO DE ESTACIONES

		<b>PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA</b> PROYECTO <b>PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA</b>	
		MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
ESCUINTLA		ESCUINTLA	
REMEDIANTE: ORGANISMO FINANCIADOR: DISEÑO: SUPERVISOR GENERAL:	EJECUCION: GERENTE GENERAL: DISEÑO: SUPERVISOR GENERAL:	<b>PLANTA - PERFIL</b> <b>DE ESTACION 0+000 A 1+197.09</b>	
Firma: <b>ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA</b>		1 / 6	



**PLANTA - PERFIL**  
Escala Horizontal: 1:1000



**PERFIL NATURAL A-A'**

Escala Horizontal: 1:1000  
Escala Vertical: 1:500

ESTACION STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	8.31	0.07	128.05	5.64	128.05	5.64
0+020	4.49	0.49	67.12	10.43	195.17	16.07
0+040	2.22	0.55	56.94	5.50	252.11	21.56
0+060	3.47	0.00	79.32	0.00	331.43	21.56
0+080	4.46	0.00	89.60	0.00	421.03	21.56
0+100	4.50	0.00	84.81	0.00	505.84	21.56
0+120	3.98	0.00	80.98	0.00	586.82	21.56
0+140	4.12	0.00	30.75	0.50	617.57	22.06
0+147.75	3.82	0.13	23.96	0.77	641.53	22.83
0+160	0.00	0.00	0.00	0.00	641.53	22.83
0+180	0.00	0.00	45.15	5.46	686.68	28.28
0+200	4.44	0.56	73.46	26.34	760.13	54.63
0+220	2.82	2.07	26.05	8.71	786.18	63.34
0+227.75	3.87	0.10	56.16	0.62	842.35	63.97
0+240	5.30	0.00	88.34	0.00	930.69	63.97
0+260	3.53	0.00	84.08	0.00	1014.76	63.97
0+280	4.87	0.00	108.84	0.00	1123.61	63.97

ESTACION STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+300	6.01	0.00	60.08	0.00	1183.69	63.97
0+310.49	5.45	0.00	49.15	0.00	1232.83	63.97
0+320	4.87	0.00	123.97	0.00	1356.81	63.97
0+340	7.52	0.00	148.47	0.00	1505.28	63.97
0+360	7.31	0.00	3.56	0.00	1508.84	63.97
0+360.49	7.32	0.00	159.21	0.00	1668.75	63.97
0+380	9.07	0.00	194.44	0.00	1863.19	63.97
0+400	10.37	0.00	53.61	0.00	1916.80	63.97
0+405.06	10.81	0.00	177.67	0.00	2094.47	63.97
0+420	12.92	0.00	184.88	0.00	2279.34	63.97
0+435.06	11.59	0.00	56.11	0.00	2335.45	63.97
0+440	11.13	0.00	111.04	0.00	2446.49	63.97
0+450.06	10.95	0.00	113.54	0.00	2560.03	63.97
0+460	11.89	0.00	112.35	0.00	2672.39	63.97
0+470.06	10.44	0.00	99.80	0.00	2772.19	63.97
0+480	9.64	0.00	202.44	0.00	2974.63	63.97
0+500	10.61	0.00	207.48	0.00	3182.11	63.97

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
PI	PUNTO DE INTERSECCION DE LA PROLONGACION DE LAS TANGENTES
PC	PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
PT	PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
Q	CENTRO DE LA CURVA CIRCULAR
Δ	ANGLULO DE DEFLEXION DE LA TANGENTE
ST	SUB - TANGENTE
K	COEFICIENTE DE LA CURVA
OM	ORDENADA MEDIA
LC	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR
CM	CUERDA MAXIMA
C	CUERDA
E	EXTERNAL
G°	AZIMUT
R	RADIO
DRENAJE TRANSVERSAL	
—	VIAS ACTUALES
—	VIAS NUEVAS
E0	NUMERO DE ESTACIONES



PROYECTO:  
**PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA**

MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

**PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA**

**PLANTA - PERFIL**

**DE ESTACION 0+000 A 0+680**

PROYECTISTA: CALISTO AYALA

ELABORADO POR: ESTEBAN BARRERA

REVISOR: ESTEBAN BARRERA

COORDINADOR GENERAL: ESTEBAN BARRERA

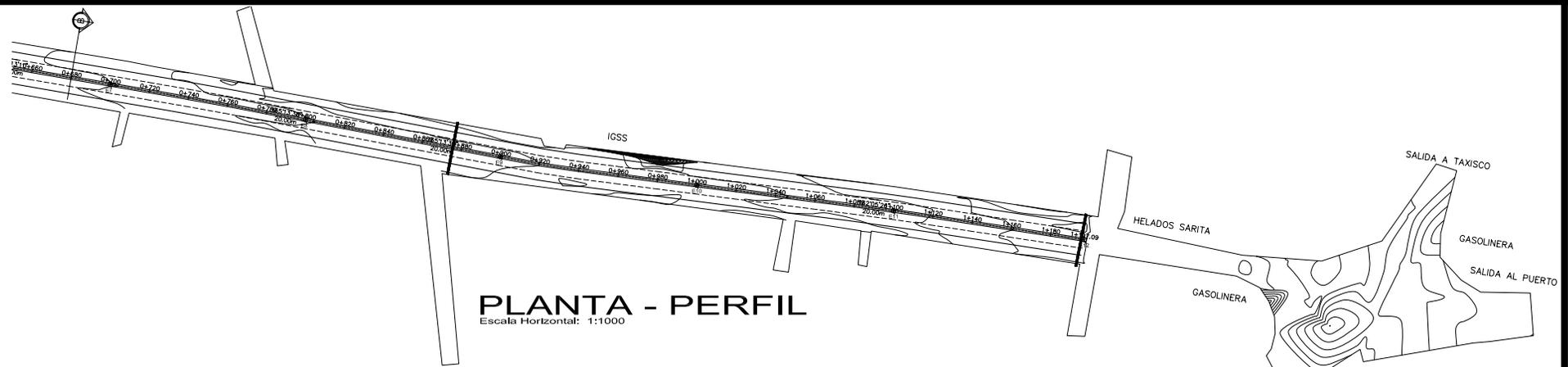
FECHA: JUNIO 2017

ESCALA: 1:500

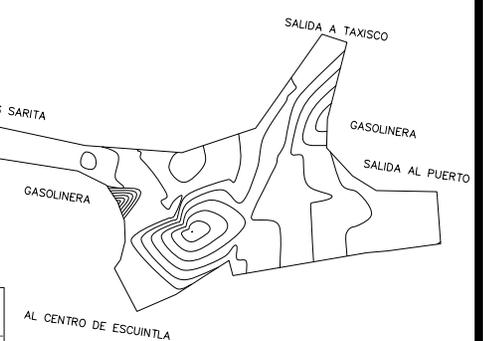
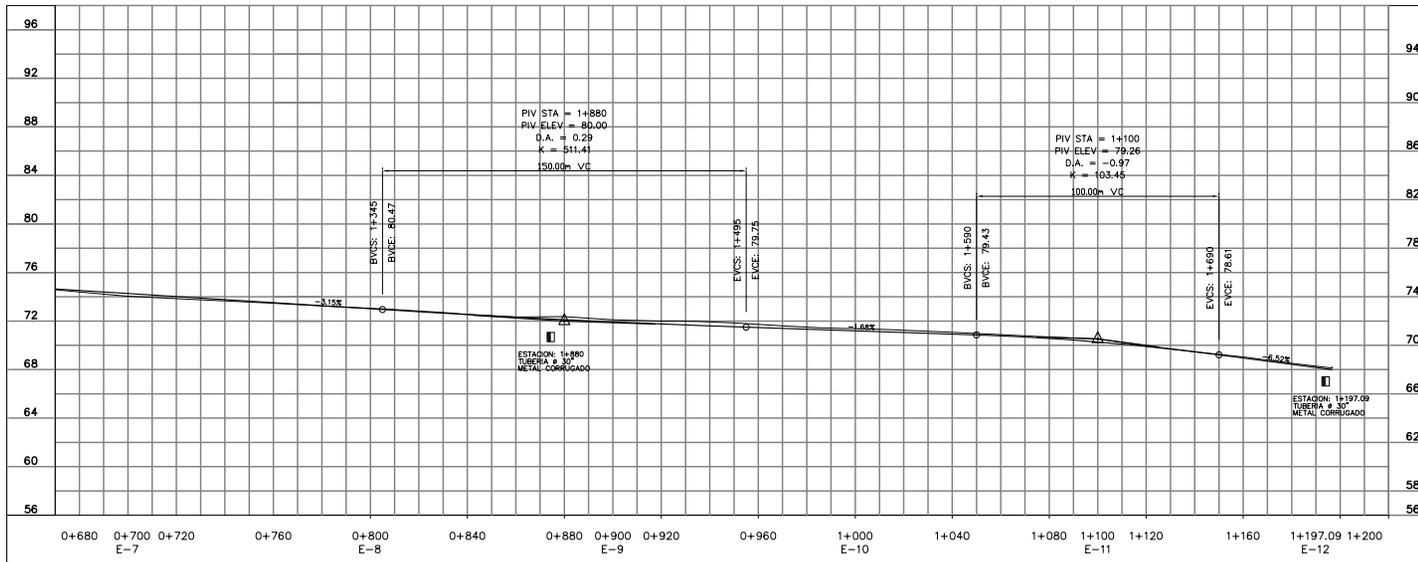
PROYECTO: ESCUINTLA

Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

2 / 6



**PLANTA - PERFIL**  
Escala Horizontal: 1:1000



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
PI	PUNTO DE INTERSECCION DE LA PROLONGACION DE LAS TANGENTES
PC	PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
PT	PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
Q	CENTRO DE LA CURVA CIRCULAR
Δ	ANGULO DE DEFLEXION DE LA TANGENTE
ST	SUB - TANGENTE
K	COEFICIENTE DE LA CURVA
OM	ORDENADA MEDIA
LC	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR
CM	CUERDA MAXIMA
C	CUERDA
E	EXTENSAL
Q'	AZIMUT
R	RADIO
▬	DRENAJE TRANSVERSAL
---	VIAS ACTUALES
---	VIAS NUEVAS
E0	NUMERO DE ESTACIONES

**PERFIL NATURAL B-B'**

Escala Horizontal: 1:1000  
Escala Vertical: 1:500

ESTACION STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+520	10.14	0.00	202.43	0.00	3384.54	63.97
0+540	10.10	0.00	189.86	0.00	3574.40	63.97
0+560	8.88	0.00	146.58	0.00	3720.98	63.97
0+580	5.77	0.00	110.65	0.00	3831.63	63.97
0+600	5.29	0.00	85.64	0.00	3917.27	63.97
0+620	3.27	0.00	58.27	0.00	3976.54	63.97
0+640	2.65	0.00	53.30	0.01	4029.85	63.98
0+660	2.68	0.00	48.83	2.15	4078.68	66.12
0+680	2.21	0.21	34.91	7.69	4113.59	73.82
0+700	1.28	0.58	28.06	6.06	4141.65	79.89
0+720	1.52	0.85	35.04	6.50	4176.69	86.39
0+740	1.98	0.00	42.59	4.48	4219.28	84.86
0+760	2.28	0.45	53.44	15.99	4272.72	100.85
0+780	13.07	1.15	68.04	12.85	4340.76	113.70
0+800	3.74	0.13	74.63	9.56	4415.40	123.26
0+820	3.73	0.82	72.58	14.28	4487.98	137.54
0+840	3.53	0.81	72.93	6.05	4560.90	143.59

ESTACION STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+860	3.76	0.00	86.90	2.66	4647.81	146.25
0+880	4.93	0.27	97.86	3.11	4745.67	149.36
0+900	4.86	0.04	100.61	0.44	4846.28	149.80
0+920	5.20	0.00	135.21	0.00	4981.49	149.80
0+940	8.32	0.00	143.02	0.00	5124.52	149.80
0+960	5.98	0.00	101.92	97.86	5226.44	247.66
0+980	4.21	9.79	95.70	97.86	5322.14	345.52
1+000	5.36	0.00	115.58	0.00	5437.72	345.52
1+020	6.19	0.00	118.48	0.00	5556.19	345.52
1+040	5.65	0.00	102.80	0.00	5658.99	345.52
1+060	4.83	0.00	99.46	0.39	5758.45	346.11
1+080	5.32	0.06	115.71	0.59	5874.16	346.70
1+100	6.25	0.00	120.79	0.00	5994.95	346.70
1+120	5.83	0.00	93.51	0.00	6088.46	346.70
1+140	3.52	0.00	87.99	0.00	6176.41	346.70
1+160	5.27	0.00	103.31	0.00	6279.77	346.70
1+180	5.06	0.00	85.73	0.00	6375.50	346.70
1+197.09	6.42	0.00	0.00	0.00	6375.50	346.70

PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA

PROYECTO:  
**PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA**

MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

ELABORADO POR: [ ]

REVISADO POR: [ ]

APROBADO POR: [ ]

FECHA: [ ]

PROYECTO: [ ]

ESCALA: [ ]

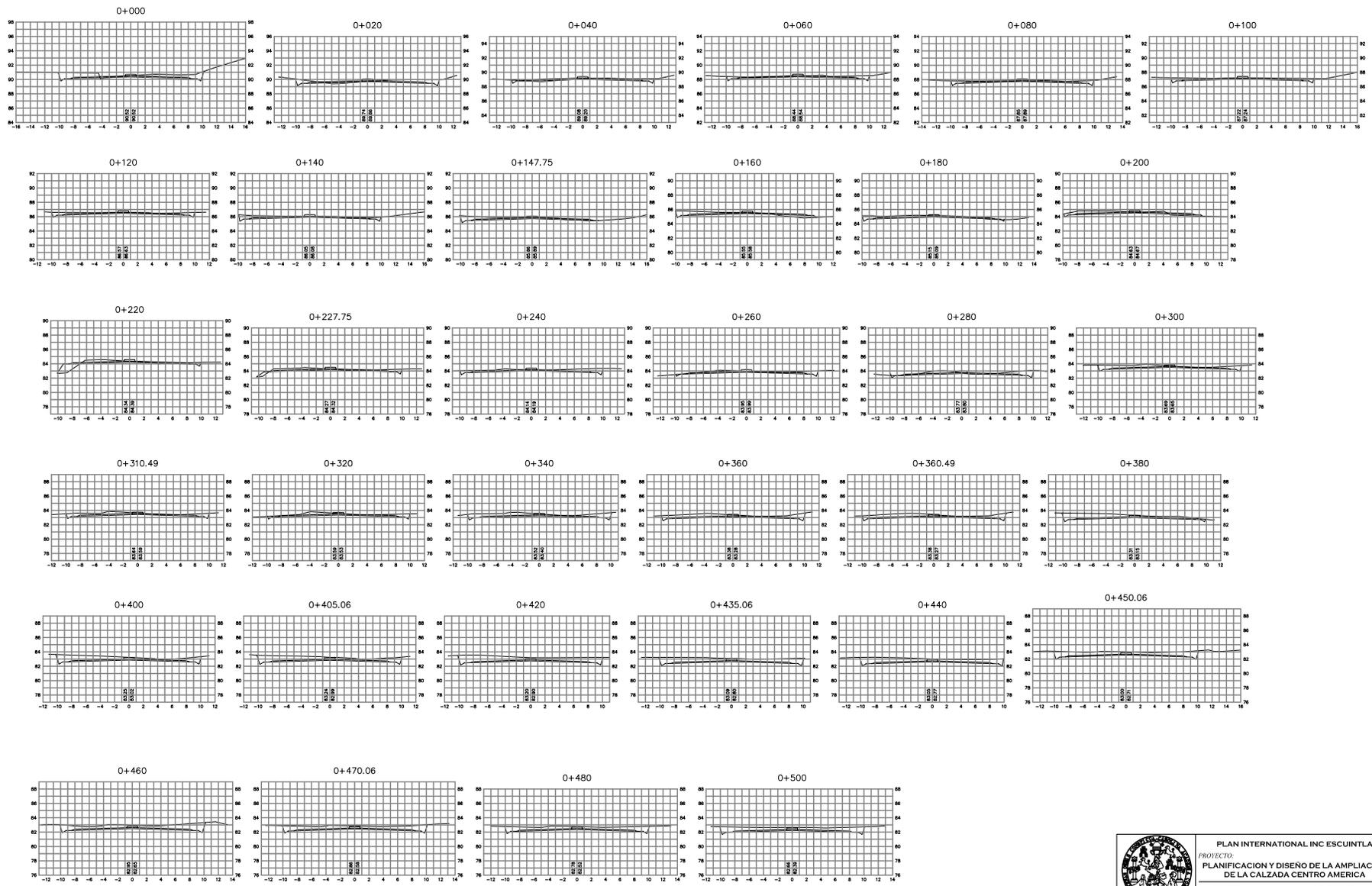
PROYECTO: [ ]

**PLANTA - PERFIL**

**DE ESTACION 0+760 A 1+197.09**

Firma: ING. ANGEL ROBERTO SUC GARCIA

3



**SECCIONES TRANSVERSALES DE LA ESTACION 0+000 0+500**

**ESCALA: 1:250**

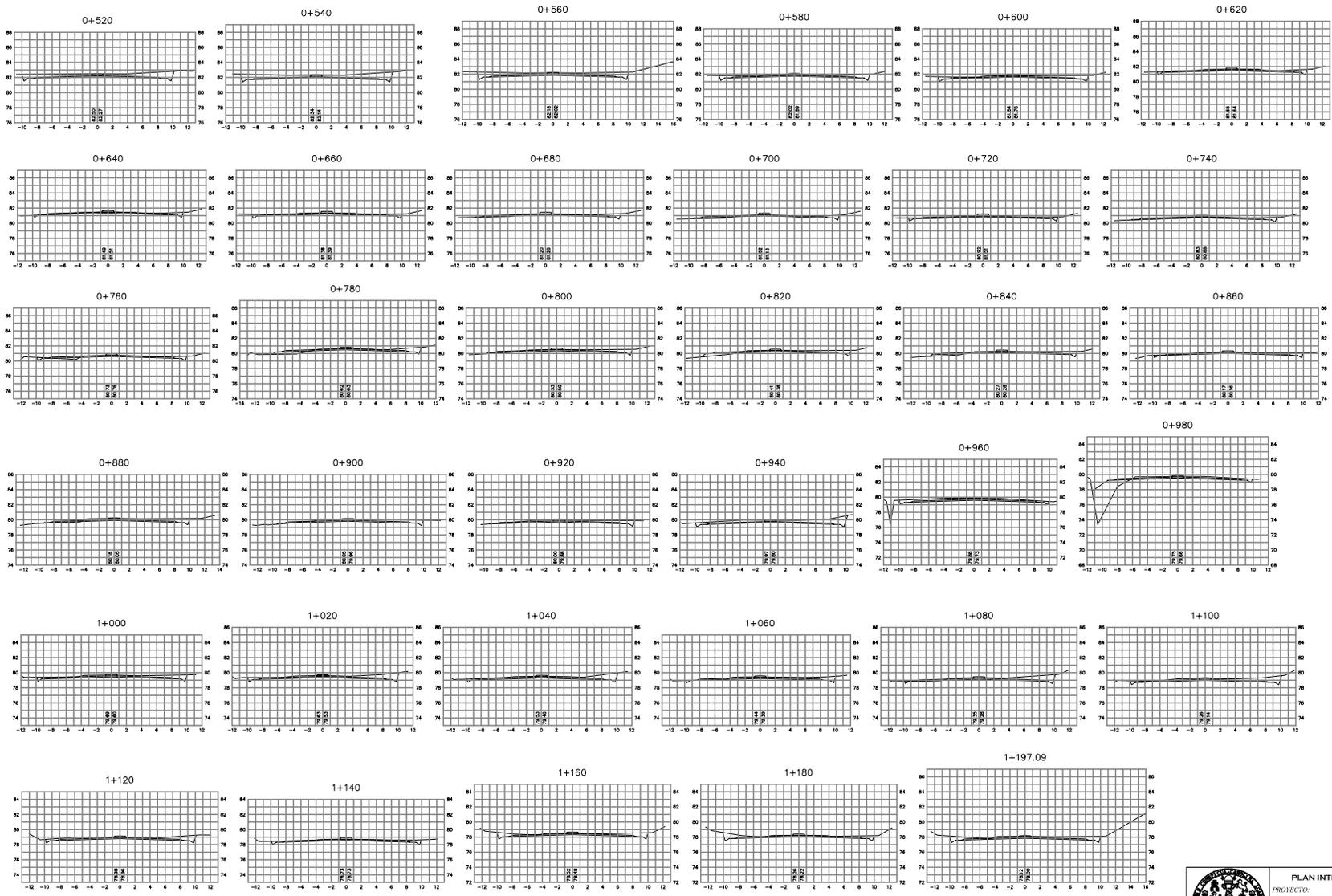


PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA  
 PROYECTO:  
**PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION  
 DE LA CALZADA CENTRO AMERICA**  
 MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

PROYECTISTA: PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA  
 DISEÑADOR: [blank]  
 DIBUJANTE: [blank]  
 APROBADO: [blank]

FECHA: [blank]  
 ESCALA: [blank]  
**SECCIONES TRANSVERSALES  
 DE ESTACION 0+000 A 0+500**

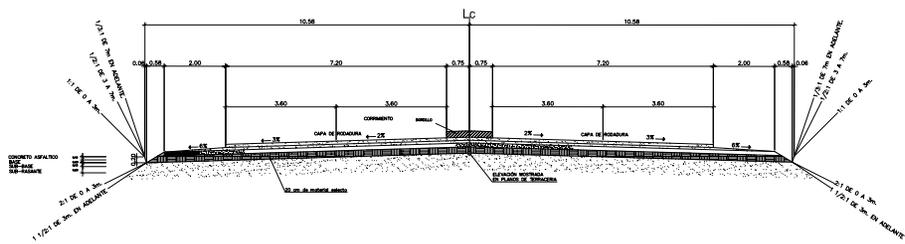
Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA



**SECCIONES TRANSVERSALES DE LA ESTACION 0+520 1+197.09**

**ESCALA : 1:250**

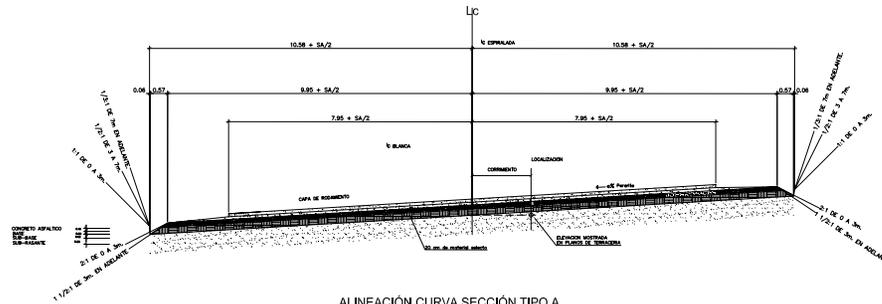
			
<b>PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA</b> PROYECTO: <b>PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA</b>			
MUNICIPIO		DEPARTAMENTO	
ESCUINTLA		ESCUINTLA	
INGENIERO INGENIERO DEPARTAMENTO INGENIERO DE PROYECTO	CUIJUTLA ESCUINTLA DEPARTAMENTO ESCUINTLA DEPARTAMENTO	FECHA: 15/07/2011	SECCIONES TRANSVERSALES DE ESTACION 0+520 A 1+197.09
Firma: <b>ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCIA</b>			5 6



ALINEACIÓN RECTA SECCIÓN TIPO A

Escala: 1/15

CARRETERA TIPO "A"	
SIGNIFICA	LONGITUD
ANCHO DE CALZADA	7.20 m.
ANCHO DE TERRACERA CORTE	25.00 m.
RELLENO	24.00 m.
ANCHO DE DISEÑO DE VA	50.00 m.

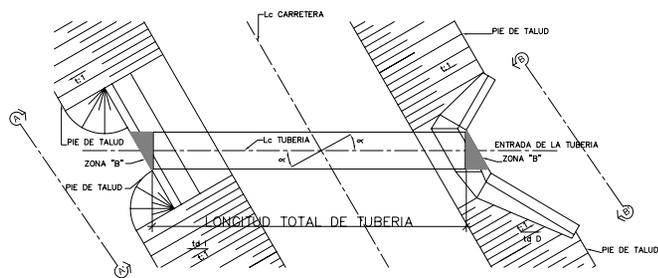


ALINEACIÓN CURVA SECCIÓN TIPO A

Escala: 1/15

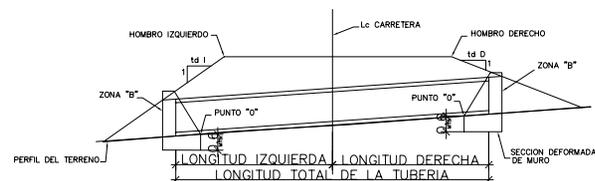
SECCION TIPO	CONCRETO ASFALTICO
BASE MINERAL	ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO
RECOBRAMIENTOS + MATERIAL DE AJUSTE	

NOMENCLATURA	
SECCION	SECCION TIPO A
Lc	LONGITUD DE CURVA CIRCULAR
SA	SOBRE ANCHO DE CALZADA



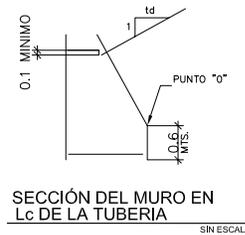
PLANTA DE CABEZALES

SIN ESCALA



SECCIÓN EN Lc DE LA TUBERIA

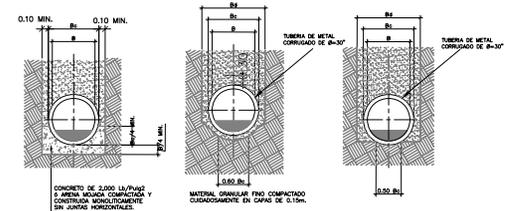
SIN ESCALA



SECCIÓN DEL MURO EN Lc DE LA TUBERIA

SIN ESCALA

CAMAS TÍPICAS PARA TUBERIAS COLOCADAS EN ZANJAS



CAMA CLASE "A"

CAMA CLASE "B"

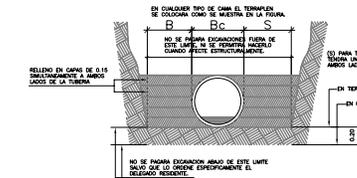
CAMA CLASE "C"

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO

Las planchas para estos alcantarillas deben ser de las clases siguientes:  
 a) Planchas estructurales de Acero Galvanizado. Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 107M.  
 b) Planchas estructurales de aleación de aluminio. Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 219M.  
 Plancha de acero para planchas estructurales. Las planchas de acero para planchas estructurales de acero o de aleación de aluminio deben cumplir con las especificaciones de AASHTO M 108M (ASTM A 302).

RECOBRAMIENTO PARA LAS ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO

Según se especifique en los planos o en las disposiciones especiales el recubrimiento de la tubería o tuberías de acero, debe cumplir con una de las siguientes:  
 a) Recubrimiento: Infiltración. La alcantarilla debe tener una capa asfáltica en toda su superficie exterior y en la cámara con un espesor mínimo de 1.27 cm, que cumple con lo indicado en AASHTO M 190M, Tipo A.  
 b) Recubrimiento: Infiltración con material granular. Adicional al recubrimiento asfáltico en el mazo (a) anterior, la alcantarilla debe tener un recubrimiento asfáltico en el 25% inferior de los tubos y en la cámara de tuberías de acero en el otro interior. Este recubrimiento asfáltico puede ser aplicado en el sitio del proyecto y debe cubrir 3.2 mm sobre las crestas de las corrugaciones. Su función es formar una superficie lisa en el fondo cumpliendo con los requisitos en AASHTO M 190M, Tipo C.  
 c) Recubrimiento con concreto hidráulico. El mortero puede ser cualquier con cemento siempre se refuerza después de instalar la tubería o tuberías de acero, de conformidad con las especificaciones de ASTM A 808.  
 d) Recubrimiento con Mástique Asfáltico o con Plástico. Cuando se usara un mortero granular con material asfáltico, el recubrimiento o que se hace referencia en el inciso (a) puede ser substituido por un recubrimiento de mástico asfáltico o un recubrimiento con plástico. El mástico asfáltico o el mortero debe ser colocado en la superficie exterior de la tubería y no se permite reducir los interiores a menos que se especifique o en las disposiciones especiales. El mástico asfáltico debe ser de acuerdo con AASHTO M 263 y debe tener un espesor mínimo de 1.27 cm. La capa de plástico debe cumplir con lo establecido en AASHTO M 289 y su espesor en la cámara puede ser el área de la corrugación y el espesor no debe ser menor de 0.25 milímetros.



PLAN INTERNACIONAL INC ESCUINTLA  
 PROYECTO: PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA CALZADA CENTRO AMERICA

MUNICIPIO: ESCUINTLA DEPARTAMENTO: ESCUINTLA

COORDINADOR	INGENIERO	ARQUITECTO
RODRIGUEZ	CASTELLANO	ARROYO
RODRIGUEZ	CASTELLANO	ARROYO
RODRIGUEZ	CASTELLANO	ARROYO

SECCIONES TÍPICAS Y DETALLES DE CABEZALES

Firma: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA