

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

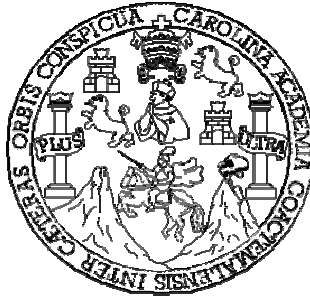
**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL,  
DE LA COLONIA LA ARADA, UBICADA EN LA ZONA 4 DE VILLA NUEVA,  
MUNICIPIO DE GUATEMALA.**

**Álvaro Alfredo Ramírez González**  
Asesorado por el Ing. Óscar Argueta Hernández

Guatemala, octubre de 2006



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL,  
DE LA COLONIA LA ARADA, UBICADA EN LA ZONA 4 DE VILLA NUEVA,  
MUNICIPIO DE GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ÁLVARO ALFREDO RAMÍREZ GONZÁLEZ**

ASESORADO POR EI ING. ÓSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006



## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL, DE LA  
COLONIA LA ARADA, UBICADA EN LA ZONA 4 DE VILLA NUEVA,  
MUNICIPIO DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
el 26 de enero de 2006.

**Álvaro Alfredo Ramírez González**





## DEDICATORIA A

**Dios Nuestro  
Señor**

Porque sin tu bondad no sería posible estar aquí.

**Mi Madre**

Hortencia González Bolvito.

Con mucho amor, cariño, aprecio, y un agradecimiento muy profundo por sus sacrificios en todos estos años.

**Mis Hermano**

Telma Yolanda, Marvin Geovani, Ruth Esther, y muy especialmente a Byron Saul.

**Mi Abuela**

Gregoria Bolvito, por sus consejos y esfuerzos para que no desmayara ante los problemas de la vida.

**Mis Tíos**

Con cariño y aprecio para cada uno de ellos.  
En especial a Rebeca, Brujido y Arcelio.

## **AGRADECIMIENTOS A**

### **DIOS NUESTRO SEÑOR**

Por permitirme la vida. Y por guiarme por el camino de la verdad.

### **SECCIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE ESTA UNIVERSIDAD**

Por la importante ayuda que me brindó para culminar mis estudios.

### **LICDA. PATRICIA GARCÍA Y SAIDA DE TOLEDO**

Por su gentil y desinteresados consejos, que guiaron parte de mis pasos en esta vida.

### **EL ING. ÓSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ**

Por el apoyo técnico, brindado de manera incondicional, por su paciencia y su valiosa asesoría presente trabajo de graduación.

### **LOS CATEDRÁTICOS**

Que con su dedicación transmitieron sus enseñanzas y permitieron el forjamiento sólido de mi persona y demás profesionales.

### **MIS AMIGOS**

Familia Arango, Familia Ruiz, Inga. Vera Marroquín, Helen, Carlos, Ángel, Ludwing, Juan Pablo, Luís Felipe, Juan Miguel, Alfredo, Ricardo, Ariel, Joaquín, Virgilio, Roberto Martínez y Víctor.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIX

### 1. MONOGRAFÍA

1.1. Monografía del lugar	1
1.1.1. Antecedentes de la colonia	1
1.1.2. Aspectos físicos	2
1.1.2.1. Ubicación geográfica	2
1.1.2.2. Distancia relativa	2
1.1.2.3. Límites y Colindancias	2
1.1.2.4. Población	3
1.1.2.5. Climatología	3
1.1.2.6. Topografía	3
1.1.3. Producción	4
1.2. Características de la infraestructura de la colonia	4
1.2.1. Vías de acceso	5
1.2.2. Agua potable	5
1.2.3. Topología de la vivienda	6
1.2.4. Técnicas de construcción	6
1.2.5. Centros Educativos	7
1.2.6. Disposición de las aguas servidas	7

1.2.7. Disposición del agua pluvial	8
1.3. Diagnóstico de las necesidades prioritarias de la colonia en cuanto a servicios	8
1.4. Criterios para seleccionar el tipo de pavimento, ventajas y desventajas entre un pavimento semiflexible y uno rígido	8
<b>2. SERVICIOS</b>	
2.1. Documentación bibliográfica	11
2.1.1. Fuentes de muestras de suelo	11
2.1.2. Toma muestras de suelo	12
2.1.3. Estudio de la calidad de suelos y sus normas	13
2.1.3.1. Ensayo de laboratorio	14
2.1.3.1.1. Granulometría	14
2.1.3.1.2. Límites de consistencia	15
2.1.3.1.3. Ensayo de compactación o Proctor modificado	17
2.1.3.1.4. Ensayo de Valor Soporte (CBR)	23
2.1.3.2. Análisis de resultados	26
2.1.4. Estudio de espesores	26
2.1.4.1. Subrasante	26
2.1.4.2. Sub-base	28
2.1.4.2.1. Funciones y características de la sub-base	28
2.1.4.3. Base	29
2.1.4.4. Diseño del pavimento	31
2.1.4.4.1. Diseño en planta	31
2.1.4.4.2. Diseño de perfil	32
2.1.4.5. Espesor del pavimento rígido y flexible	33
2.1.4.5.1. Teoría y diseño sobre pavimentos	33
2.1.4.6. Selección de la mejor opción entre pavimento rígido y flexible	37

2.1.5. Estudio del diseño del drenaje pluvial	38
2.1.5.1. Período de diseño	38
2.1.5.2. Restricciones y suposiciones que son de uso común en la práctica del diseño de un alcantarillado	38
2.1.5.3. Especificaciones de alcantarillado pluvial en Guatemala	39
2.1.5.4. Método racional	41
2.1.5.5. Intensidad de lluvia	43
2.1.5.6. Coeficiente de escorrentía	44
2.1.5.7. Obras de captación	47
2.1.5.7.1. Tragantes	47
2.1.5.7.2. Pozos de visita	49
2.1.5.8. Línea de conducción	51
2.1.6. Levantamiento topográfico y métodos	51
2.1.6.1. Definición	52
2.1.6.1.1. Tipos de levantamiento	53
2.1.6.1.2. Métodos de levantamiento	53
2.1.6.2. Levantamiento planimétrico	53
2.1.6.3. Levantamiento altimétrico	54
2.1.6.3.1. Métodos altimétricos	54
<b>3. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
3.1. Toma de muestras de suelo	57
3.2. Calidad del suelo	57
3.3. Levantamiento topográfico	58
3.3.1. Planimetría	58
3.3.2. Altimetría	59
3.4. Diseño de espesores de las capas de la rasante	59
3.4.1. Selección del tipo de pavimento	59
3.4.2. Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido	59

3.4.3. Etapas o pasos del método simplificado	61
3.4.3.1. Tránsito	61
3.4.4. Cálculo de espesor del pavimento	62
3.4.5. Diseño de la mezcla de concreto	76
3.4.5.1. Pasos para el diseño de la mezcla	76
3.5. Diseño hidráulico del drenaje pluvial	80
3.5.1. Período de diseño	80
3.5.2. Caudal de Diseño	80
3.5.2.1. Coeficiente de escorrentía	80
3.5.2.2. Intensidad de lluvia	81
3.5.2.3. Tiempo de concentración	81
3.5.2.4. Área de drenaje	82
3.5.3. Pozos de visita	82
3.5.4. Línea de conducción	83
3.5.5. Lugar de desfogue	83
3.5.6. Cálculo hidráulico de alcantarilla	84
3.5.6.1. Ejemplo	84
3.5.7. Calculo de tragante	91
3.6. Elaboración de planos	98
3.7. Diagrama de Gantt para la construcción de Pavimento	98
3.8. Presupuesto	98
3.8.1. Presupuesto de pavimento	98
3.8.2. Presupuesto de drenaje pluvial	100
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>143</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Presión atmosférica en las tuberías	39
2.	Sección típica de tragante	48
3.	Pozo típico de visita	49
4.	Interrelación de los valores aproximados de las clasificaciones de los suelos y valores soporte	66
5.	Esquema de drenaje pluvial	84
6.	Diseño de tragante tramo 1, de pozo 0 a 1	92

### TABLAS

I.	Población actual	3
II.	Población económicamente activa por género	4
III.	Hogares con servicio de agua entubada en %	6
IV.	Hogares con drenajes y letrinas en %	8
V.	Resultado de laboratorio de mecánica de suelos	26
VI.	Requisitos mínimos que debe cumplir un suelo para pavimentación	27
VII.	Algunos coeficientes utilizados en Guatemala	46
VIII.	Diámetro mínimo de los pozos de visita	50
IX.	Categorías de carga por eje	65
X.	Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de K	67
XI.	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)	68
XII.	Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento de (PCA)	68



XIII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con junta de trabe por agregados	69
XIV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2, pavimento con junta doveladas	70
XV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2, pavimentos con juntas con agregado de trave	71
XVI.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas doveladas	72
XVII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas con agregados de trave	73
XVIII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4, pavimento con juntas doveladas	74
XIX.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4, pavimento con juntas agregados de trave	75
XX.	Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto	78
XXI.	Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias	78
XXII.	Relación asentamiento-agua-tamaño de agregado	79
XXIII.	Relación tamaño máximo de agregado grueso-% de agua	79
XXIV.	Diseño de drenaje pluvial	92
XXV.	Diseño de drenaje pluvial (continuación)	93
XXVI.	Diseño de drenaje pluvial (continuación)	94
XXVII.	Diseño de drenaje pluvial (continuación)	95
XXVIII.	Presupuesto de pavimento rígido	99
XXIX.	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio de dimensiones de tres metros de altura, brocal de un metro y diámetro de 1.20	100

XXX.	Presupuesto de materiales para la línea de conducción del sistema de drenaje pluvial	101
XXXI.	Presupuesto de materiales para un tragante	102
XXXII.	Presupuesto de mano de obra de un pozo de visita promedio	103
XXXIII.	Presupuesto de mano de obra de un metro lineal de tubería	103
XXXIV.	Presupuesto de mano de obra para un tragante	104
XXXV.	Presupuesto de materiales para el sistema de alcantarillado	104
XXXVI.	Presupuesto de mano de obra del sistema de alcantarillado	105
XXXVII.	Resumen de presupuesto de sistema de alcantarillado	105
XXXVIII.	Elementos hidráulicos de una alcantarilla	145

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A.</b>	Área de la tubería (en caso $a/A$ ) expresada en $m^2$
<b>A.</b>	Área del terreno (en caso $Q=CIA$ ) expresada en Ha
<b>a.</b>	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en $m^2$
<b>v.</b>	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
<b>V.</b>	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
<b>D.</b>	Diámetro de la tubería expresada en m
<b>q.</b>	Caudal de diseño expresado en $m^3/s$
<b>Q.</b>	Caudal a sección llena en tuberías expresada en $m^3/s$
<b>v/V.</b>	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
<b>d/D.</b>	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
<b>a/A.</b>	Relación de área de flujo / área a sección llena
<b>q/Q.</b>	Relación de caudal / caudal a sección llena
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b><math>m^2</math></b>	Metros al cuadrado
<b><math>m^3/s</math></b>	Metros cúbicos por segundo
<b>I.</b>	Intensidad de lluvia
<b>C.</b>	Coefficiente de escorrentía superficial
<b>mm/h</b>	Milímetros por hora
<b>n.</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>R.</b>	Radio
<b>S.</b>	Pendiente
<b>Rh.</b>	Radio hidráulico

<b>Min.</b>	Mínima
<b>Máx.</b>	Máxima
<b>P.V.C.</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>P.O.</b>	Punto observado
<b>Dist.</b>	Distancia
<b>Hab.</b>	Habitantes
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>P.U.</b>	Precio unitario
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>S.S.</b>	Sólidos en suspensión totales
<b>Scs.</b>	Sacos
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>Cant.</b>	Cantidad
<b>U.</b>	Unidad
<b>K</b>	Módulo de reacción.
<b>MR.</b>	Módulo de ruptura.
<b>AASHTO</b>	Asociación de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte, por sus siglas en inglés.

## GLOSARIO

<b>Arcilla</b>	Tipo de suelo impermeable y plástico.
<b>Aeróbico</b>	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones de alturas.
<b>Anaeróbico</b>	Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
<b>Alcantarillado</b>	Conjunto de tuberías que sirven para recolectar aguas de lluvia, y transportarlas a una instalación de tratamiento o cuerpo receptor, sin que afecten a poblaciones.
<b>Bases de diseño</b>	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño, como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.
<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo, cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros.

<b>Caudal</b>	Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería, en una unidad de tiempo determinado.
<b>Caudal de diseño</b>	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
<b>Colector principal</b>	Sucesión de tramos que, partiendo de la descarga sigue la dirección de los gastos mayores.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas desde la tubería de la vivienda hasta el colector principal
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interna de la tubería ya instalada.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se descargan la aguas de lluvia que proviene de un colector.
<b>Fórmula de</b>	Fórmula para determinar la velocidad de un flujo

<b>Manning</b>	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>Hidroscópico</b>	Característica de aquellas sustancias que absorben el agua presente en su entorno.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
<b>Revenimiento</b>	Hundimiento.
<b>Sub-rasante</b>	Es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento.
<b>Sub-base</b>	Es la capa del pavimento que transmite directamente las cargas a la sub-rasante y absorbe las irregularidades de la sub-rasante para que no afecten las capas superiores.
<b>Tramo inicial</b>	Primer tramo a diseñar o construir en un drenaje.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.

## RESUMEN

El municipio de Villa Nueva se encuentra en un área próspera, esto evidenciado por el crecimiento poblacional e infraestructural que actualmente presenta. Sus colonias crecen y en ocasiones en forma desordenada. La colonia La Arada ubicada en la zona 4 de este municipio, se encuentra dentro del casco urbano, a un costado de la carretera que conduce a San Miguel Petapa, sus calles se ven afectadas en forma negativa, ya que no existe sistema de drenaje que evacue las aguas de lluvia que no se infiltran, ocasionando molestias, afectando negativamente el ornato y la salud de las personas.

Actualmente, parte del caudal pluvial se drena individualmente a el drenaje sanitario, otra parte corre y se acumula en las calles creando charcos, y otra parte se evacua de las calles por medio de dos rejillas que se encuentran en la parte más baja de la colonia y que desembocan en cuatro pozos de absorción.

Es por tal motivo que en esta tesis de graduación se presenta el proyecto: **PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL, DE LA COLONIA LA ARADA, UBICADA EN LA ZONA 4 DE VILLA NUEVA, MUNICIPIO DE GUATEMALA.**

Consciente de que no son estas dos obras las únicas que necesita la colonia, ayudarán en gran medida en el aspecto de ornato, salud y mejorarán la calidad de vida de los habitantes.



Para el diseño de estos proyectos, se consideraron los siguientes parámetros: período de diseño, área que se va a servir, caudal, intensidad de lluvia, caudales de infiltración, revisiones en las relaciones de los principales componentes hidráulicos de una alcantarilla, para establecer que el diseño está correctamente calculado y que éste no tenga problemas durante su vida útil. Para el diseño de la pavimentación, se partió de los resultados de Laboratorio de Suelos y normas de la AASHTO las condiciones necesarias para un buen diseño y que éste funcionara. Finalmente, se incluye un cálculo hidráulico y de pavimento todo basado en normas generales para el diseño de redes de alcantarillado sanitario. Con los diseños finalizados, se elaboró un juego de planos, se calcularon los materiales, la mano de obra necesaria para la ejecución de ambos proyectos y se elaboraron los presupuestos individuales y por renglones. Esto fue presentado a la Municipalidad de Villa Nueva, junto con las bases de diseño donde se especificaron los materiales y su calidad para la elaboración de un buen proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Proporcionar las condiciones que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes de la colonia La Arada, zona 4 de Villa Nueva, a través de los proyectos de planificación y diseño de pavimento y Alcantarillado Pluvial.

### **ESPECÍFICOS**

1. Diseño y planificación del sistema de drenaje pluvial, de la colonia La Arada, zona 4 de Villa Nueva.
2. Diseño y planificación del pavimento para la colonia La Arada, zona 4 de Villa Nueva
3. Diagnosticar las necesidades prioritarias de servicios y proyectos, a través de una investigación monográfica de la colonia La Arada, y del Municipio de Villa Nueva.
4. Aplicación de los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Civil, en beneficio de la población del municipio de Villa Nueva, y capacitación en el cuidado del sistema de drenaje pluvial y pavimentación.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un país se evidencia por la calidad de vida de sus habitantes, y ésta a su vez se encuentra ligada mayoritariamente por las obras civiles existentes, el municipio de Villa Nueva representa un corredor obligado ya que su extensión territorial es atravesada por la carretera CA-9 que conduce de la ciudad capital a la parte sur del país, esto aunado a que es un municipio en las cercanías de la capital y su creciente industria está provocando crecimiento poblacional, al igual que el municipio de Mixco.

La población exige cada vez mejoras a sus colonias como parte de sus necesidades de salud, de superación y por ende de una mejor vida, tal es el caso de la colonia La Arada, Zona 4 de Villa Nueva que no cuenta con sistema de drenaje pluvial para evacuar el agua de lluvia de sus casas y de las calles que en cada invierno se transforma en molestia para la libre circulación. Actualmente, el agua pluvial de cada casa se drena por el sistema de drenaje sanitario y parte se va a las calles, el agua de las calles corre libremente, parte se infiltra, se evapora y se acumula causando charcos, otra parte se drena en la parte más baja de la colonia a través de dos rejillas que desembocan en cuatro pozos de absorción.

A continuación encontrará, primeramente, una investigación monográfica del municipio en general y específicamente de la colonia en cuestión, de donde se diagnosticaron los proyectos prioritarios. En el capítulo dos, trata de la fase de servicio técnico profesional; en donde se recopila teoría se estudia y se

investiga para el desarrollo de los proyectos a realizar; como ensayos de suelo, análisis de resultados, pavimentos drenaje y otros temas que nos ayudarán a diseñar un pavimento y drenaje pluvial. Y por último en el capítulo tres se detalla el desarrollo de los proyectos, los métodos especificaciones, parámetros y todo lo necesario para el diseño. Terminando con un conjunto de planos, cronograma y un presupuesto con sus respectivas recomendaciones, que son las partes principales de este trabajo de graduación.

# **1. MONOGRAFÍA**

## **1.1. Monografía de la colonia la Arada.**

### **1.1.1. Antecedentes de la colonia**

Debido a la cercanía del municipio de Villa Nueva a la Ciudad Capital, el crecimiento demográfico de éste, ha sido acelerado y en forma generalmente desordenado. Esto ha provocado que la prestación de los servicios básicos a la población no sean del todo adecuados y cada vez se necesiten mejoras a los proyectos existentes y la construcción de nuevos proyectos que cubran las demandas de los habitantes.

En la actualidad las aguas de origen pluvial son dispuestas en forma individual a las calles, pozos de absorción de cada casa y al drenaje de aguas negras, el agua que se acumula en las calles se drena hacia cuatro pozos de absorción ubicados en la parte mas baja de la colonia.

Debido al crecimiento de la población en la colonia y en el municipio en general; ésta práctica ya no es la alternativa mas apropiada para la disposición de las aguas de lluvia.

La actual administración municipal, en conjunto con la Unidad Técnica Municipal y por necesidad de los vecinos de la colonia, principalmente, planea construir un colector de agua pluvial desde el casco urbano, pasando por la zona 1, 2, 4, y colonias cercanas a la Arada desfogando en el río Platanitos.

## **1.1.2. Aspectos Físicos**

### **1.1.2.1. Ubicación geográfica**

Villa Nueva es un municipio que pertenece al departamento de Guatemala, se encuentra localizada en las siguientes coordenadas geográficas; 14°31'32" latitud norte y 90°35'15" longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Tiene una elevación que oscila entre 1,300 a 1,450 metros sobre el nivel del mar y cuenta con 114 kilómetros cuadrados. La carretera Internacional del Pacífico atraviesa el municipio convirtiéndola en un lugar obligado de tránsito hacia la capital y la región Sur de la República.

### **1.1.2.2. Distancia relativa**

La cabecera municipal de Villa Nueva se encuentra a una distancia de a 17 Km. Por la carretera CA-9, de la capital de Guatemala, a 45 minutos de recorrido en carro. La colonia la Arada dista de dicha cabecera 2.5 Km.

### **1.1.2.3. Límites y colindancias**

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

#### 1.1.2.4. Población

La población de la colonia en la cual se diseñarán los proyectos es La Arada. Se consideraron todas las áreas donde el alcantarillado y pavimento beneficiará a los vecinos (ver planta general) y obtener datos confiables.

**Tabla I. Población actual**

Habitantes	Hombres	Mujeres	Total
Total de personas	1235	1505	2740
De 0-5 años	445	510	955
De 6-14 años	380	395	775
De 15-17 años	130	290	420
De 18 en adelante	280	310	590

Fuente: INFOM

#### 1.1.2.5. Climatología

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

#### 1.1.2.6. Topografía

Su territorio es generalmente plano, alterado sólo por pequeños cerros cultivables, hacia el Norte y el Oeste. En la parte Sur se encuentra las riveras del lago de Amatitlán. Las alturas oscilan entre 1,300 a 1,450 metros sobre el

nivel del mar. Su cabecera municipal se encuentra ubicada en la meseta situada entre el río “Platanitos” que corre al Sur de poniente a oriente y el río “Villa Lobos” situado al Norte de Poniente a Oriente, estos ríos son afluentes del Lago de Amatitlán.

### 1.1.3. Producción

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

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

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

**Tabla II. Población económicamente activa por género**  
**Municipio de Villa Nueva**

Genero	Cantidad
Hombres	43,862
Mujeres	21,391

**Fuente:** Instituto para el Desarrollo Urbano y Rural Sostenible



## **1.2. Características de la infraestructura de la colonia**

La colonia La Arada está compuesta por el 93% de lotes actualmente habitados, el 7% de los terrenos está deshabitado, las dimensiones promedio de los terrenos es de 9 x 15 metros. En lo que concierne al tipo de casa; se observa que un 90% son de 1 nivel, se describe que un 95% son de paredes de block con techos de lámina y terraza, y 5% de otro material. Los terrenos o lotes, son uniformes (rectangulares), Esta colonia al principio fue un asentamiento por ello las calles están uniformes, pero no todas tienen el mismo ancho, no están perfectamente paralelas y puede notarse que no fueron diseñadas para ser una colonia estrictamente urbana.

### **1.2.1. Vías de acceso**

Este municipio (Villa Nueva), es uno de los mas privilegiados del departamento de Guatemala, es por ello que a experimentado un rápido crecimiento poblacional e infraestructural. Se puede tener acceso por la muy transitada Aguilar Batres, y por la Avenida Petapa.

### **1.2.2. Agua potable**

Los vecinos de esta colonia usan el agua con exclusividad para el consumo humano, en algunos terrenos que se encuentran deshabitados; se siembra maíz, pero solo en época de lluvia, para no consumir agua que necesitaran para el uso personal. La cosecha del maíz es para el consumo ya que el volumen de la cosecha no es significativa para la comercialización. El 100 % de la población se abastece por medio de agua entubada que la municipalidad proporciona.

Un gran porcentaje de personas se abastece con la producción de los pozos que administra la municipalidad, la cual se utiliza para consumo y actividades productivas. El agua que se provee a la población por medio de pozos tiene muy poco tratamiento, las industrias que se abastecen de agua contribuyen a la explotación de agua subterránea; la siguiente tabla muestra el porcentaje de viviendas que cuenta con el servicio.

**Tabla III. Hogares con servicio de agua entubada en %**

Sin sistema	Con sistema	No especificado
4.1	89.6	6.3

**Fuente:** Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

### **1.2.3. Topología de la vivienda**

La gran cantidad de viviendas de esta colonia está construida con block pómez con techo de lámina de un nivel, pocas casas son de dos y tres niveles, otras casas están construidas de madera con techo de lámina, común mente se utilizan cercos de lamina y/o alambre de púas reforzado con plantas de tipo ornamental.

### **1.2.4. Técnicas de construcción**

El block pómez, para rellenar las paredes, el hierro y el concreto para hacer las estructuras y fundiciones de las zapatas, son el principal material de construcción, que combinado con los conocimientos adquiridos por los albañiles le da forma a las rusticas construcciones que se levantan en la colonia.

La madera y la lámina son materiales de construcción de las familias de menos recursos. Que con ayuda de varias personas construyen sin mucha dificultad, con mayor rapidez, pero con vida útil menor.

#### **1.2.5. Centros educativos**

Esta colonia cuenta con dos Colegios de educación primaria y pre-primaria, las personas que quieren continuar sus estudios deben salir de la colonia y dirigirse a los institutos cercanos que se encuentran en la zona central de la cabecera municipal.

#### **1.2.6. Disposición de las aguas negras**

Gran parte de los pobladores del municipio de Villa Nueva no cuenta con el servicio de drenaje sanitario, poseen letrinas o los denominados pozos ciegos y también fosas sépticas con su respectivo pozo de absorción. En algunas colonias cuentan con plantas de tratamiento, las cuales procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos para que posteriormente se pueda evacuar el agua con un menor grado de contaminación. Las aguas negras que se recolectan en el municipio desfogon en río Villalobos.

Las aguas negras de la colonia la Arada se desfogon a través de un sistema de drenaje que descarga en el río platanito, (el mas cercano a la colonia).

En la tabla IV se muestra el porcentaje de los hogares que cuentan con el servicio.

**Tabla IV. Hogares con drenajes y letrinas, en %**

Sin sistema	Con sistema	No especificado
27.27	54.55	18.18

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

#### **1.2.7. Disposición del agua pluvial**

Actualmente no existe un sistema de drenaje pluvial que recolecte las aguas de lluvia,

#### **1.3. Diagnostico de las necesidades más prioritarias de la colonia en cuanto a servicios**

Por las observaciones y análisis de los ingenieros de la Unidad Técnica de la Municipalidad de Villa Nueva, se determinó que; el diseño de un sistema de drenaje pluvial, y la pavimentación de las calles de esta colonia (La Arada), era necesario para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Reduciría quejas de malestar de los vecinos, disminuiría el tráfico en las vías cercanas que comunican con otras colonias presentando una alternativa para el conductor.

#### **1.4. Criterios Para seleccionar el tipo de pavimento, ventajas y desventajas entre pavimento flexible, semiflexible y rígido**

Existen varios tipos de pavimentos, entre los cuales hay que elegir el más conveniente y el que más se acomode a las condiciones y necesidades del lugar.

Para escoger la mejor opción en cuanto a elegir el mejor tipo de pavimento, se deben considerar algunos aspectos como los siguientes:

- a. Costo de cada uno de los posibles pavimentos.
- b. Tipo de tránsito que pasará sobre el pavimento.
- c. Accesibilidad de los materiales a usar en la construcción del pavimento.
- d. Tipo de mano de obra.
- e. Fondos con que se cuentan.



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

### **2.1 Documentación bibliográfica**

#### **2.1.1. Fuentes de muestras de suelo**

Antes de preparar los planos de una estructura de importancia, deben investigarse los suelos del lugar, esta investigación consiste en la extracción de muestras de suelo, las cuales se envían, para su estudio, a un laboratorio de suelos.

El constructor deberá elegir los puntos para la toma de la muestra del suelo. Se deben efectuar ensayos representativos par cada 400 metros cuadrados de la subrasante. De preferencia, el control de las muestras se debe hacer en la franja de mayor circulación del transito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

#### **Clasificación de las investigaciones en el terreno:**

En general puede clasificarse en dos clases:

- a. Investigación de fundaciones para determinar si el suelo del lugar puede soportar ciertas estructuras.
- b. Investigación de obras de tierra para explotar el material que debe excavarse de una posible cantera, y también para examinar las posibles zonas de desmonte y terraplén en el trazado de vías férreas, carreteras y drenajes. Dichos ensayos que muchas veces

forman parte de un levantamiento general de los suelos a lo largo de toda la traza propuesta o de una parte de ella, pueden ser:

- Levantamientos lineales que cubren una faja relativamente estrecha de tierra, donde puede construirse la vía de comunicación.
- Levantamiento de una gran superficie de tierra que debe ser rígida, drenada o protegida contra la erosión.

### **2.1.2. Toma de muestras de suelo**

#### **Tipos de muestra de suelo**

Las muestras de suelo pueden ser:

- a. Muestras inalteradas: este tipo de muestra debe conservar todas las propiedades de la masa de suelo que representa, es decir:
  - Tensión en el agua de los vacíos y en el esqueleto.
  - Estructura, textura y razón de vacíos.
  - Contenido de humedad.
- b. Muestras alteradas: este tipo de muestra de suelo, son las que, al contrario de la muestra inalterada; no conservan todas las propiedades de suelo en su estado natural.

La estructura del suelo cohesivo se altera durante la extracción por la acción del cilindro extractor. Las capas horizontales se deforman y las diferentes capas de suelo pueden mezclarse. Cuando una muestra queda a la intemperie, pueden perder la humedad por evaporación, y si tiene capas de arcilla y arena, la humedad puede fluir de aquella hacia esta.



Para la extracción de la muestra de suelo de este proyecto se usó el tipo de muestra alterada. Debido a que por el tipo de proyecto a utilizar, no se necesita muestra inalterada.

### **Método de extracción de muestras de suelo**

- a. Zanjas y pozos: el método mas eficaz, pero también el más costoso. Consiste en extraer muestras profundas; excavar zanjas o pozos de sondeo. Puede describirse el perfil de dichas excavaciones tomando con todo cuidado, muestras de 10x10x7.5 cm. Aproximadamente a cada cierta profundidad, de distintos puntos que se indican en un plano.
- b. Orificios: para extraer muestras para fundaciones de estructuras livianas como pequeñas alcantarillas para vías férreas o carreteras, pueden emplearse perforadoras, como las que utilizan las compañías de teléfono para colocar los postes. Comúnmente el diámetro del orificio es de 25 a 50 centímetros, y la profundidad hasta de tres metros. También pueden perforarse a mano usando piochas y palas, la dimensión del orificio es de 100x40x40 centímetros, como fue el caso de la muestra de suelo para este proyecto.

### **2.1.3. Estudio de la calidad de suelos y sus normas**

En todo trabajo de pavimentos es necesario conocer las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio que se realizan a las muestras de suelo, las cuales se extraen del lugar donde se construirá el pavimento.

Esta evaluación consiste específicamente en pruebas normalizadas por la AASHTO (American Association of State Highway Officials) y la ASTM (American Society for Testin Materials). Las pruebas más comunes que se realizan a los suelos que soportarán un pavimento son: granulometría, límites de consistencia, Proctor o compactación, C.B.R. o valor soporte.

### **2.1.3.1. Ensayos de laboratorio**

La muestra respectiva se analizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) laboratorio de suelos, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objetivo de conocer sus características y observar si cumple con los requisitos de base.

#### **2.1.3.1.1. Granulometría**

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

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

Para lograr lo anterior se debe obtener la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene aberturas ligeramente menores a la anterior,

se relaciona la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamices. Es evidente que el material retenido de esta forma consiste en partículas de muchos tamaños, todos los cuales son menores al tamaño de las mallas en las que todo el material pasó, pero mayores que el tamaño del tamiz en el cual el suelo se retuvo. Luego, se obtiene el porcentaje de material que es retenido en cada tamiz.

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso del suelo retenido}}{\text{Peso total del suelo}} \times 100.$$

La información del análisis granulométrico del ensayo se presenta en la tabla de resultados (tabla V). Tomando en cuenta la clasificación de la AASHTO, se puede observar que el suelo que pasa el tamiz No. 200 es menor al 35%, clasificando al suelo como limo arenoso del subgrupo A-1-B, el cual corresponde a un grupo de calidad general para sub-rasantes de excelente a buena.

#### **2.1.3.1.2. Límites de consistencia**

Son ciertos límites arbitrarios en el contenido de humedad de los suelos finos, para dividir los estados de consistencia de estos suelos. Así, para obtener el límite líquido, se sigue el procedimiento requerido.

Para efectuar este ensayo se utiliza el material que pasa el tamiz No. 40, mezclándolo con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de casa grande hasta llenarlo, aproximadamente, 1/3 de su capacidad formando una masa lisa. Se divide esta pasta en dos partes por medio del ranurador especial. Se hace girar la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que el fondo del

surco se cierre en una longitud de 1/2 “, aproximadamente. El número de golpes debe ser de 15 a 35. Luego, se toma la muestra y se le determina el contenido de humedad.

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

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

El índice de grupo es un valor que indica la calidad de suelo como una subrasante.

Las sub-rasantes pueden clasificarse en función del índice de grupo de la manera siguiente:

- |             |              |
|-------------|--------------|
| - Excelente | I = 0.       |
| - Buena     | I = 0 a 1.   |
| - Regular   | I = 2 a 4.   |
| - Mala      | I = 5 a 9.   |
| - Muy Mala  | I = 10 a 20. |

El índice de grupo se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

Donde:

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

Aplicando esta fórmula, según nuestros resultados, obtenemos que el índice de grupo para nuestro material sea igual a 0. En conclusión, el material se clasifica como excelente para subrasante.

#### **2.1.3.1.3. Ensayo de compactación o Proctor Modificado**

### **Compactación**

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

## **Definición**

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

Al compactar un suelo se obtienen las siguientes ventajas:

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

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

Se determina la densidad seca de un suelo después de haberle aplicado una misma intensidad de compactación para varios contenidos diferentes de

humedad. Para obtener la humedad óptima y la densidad máxima, existen diferentes métodos, que se pueden resumir en dos grupos, así:

- a) Dinámicos: Son aquellos, en los que la energía de compactación se aplica por medio de golpes de pisón (mazo o martillo) dinámicamente. (PROCTOR).
- b) Estáticos: Son aquellos métodos en que la energía de compactación se aplica por medio de presión (prensas hidráulicas) (Estático de California).

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

#### **AASHTO Standard T-180-Proctor modificado**

- Molde de 4"
  - Volumen 1/30 pie cúbico (944 cm<sup>3</sup>)
  - Diámetro = 4" (10.16 cm.)
  - Altura (h) = 4.6" (11.68 cm.)
- Molde de 6"
  - Volumen = 1/(13.33) pie cúbico
  - Diámetro = 6"
  - Altura = 5"
- Martillo:
  - Diámetro = 2"
  - Caída = 18"
  - Peso = 10 lb.

Hay cuatro procedimientos alternativos:

**Método A:** se usa el molde de 4" con material que pasa tamiz N° 4, en cinco capas, dando 25 golpes por capa.

**Método B:** molde de 6". Material pasa tamiz No.4, con 5 capas; 56 golpes por capa.

**Método C:** Molde de 4". Material pasa tamiz No.3/4", 5 capas, con 25 golpes cada una.

**Método D:** Molde de 6". Material pasa 3/4", 5 capas con 56 golpes cada una.

### **Forma del ensayo – Proctor modificado**

#### **Equipo**

- Balanza de 20 Kg. de capacidad y aproximación de 1 gr. o una de 35 lb. de capacidad y aproximación de 0.01 lb.
- Balanza de 3 escalas de 0.01 de aproximación.
- Tarros metálicos para determinación de humedad.
- Molde de compactar, puede ser de 4" ó 6" ya descritos.
- Pistón de compactar de 10 lb. de peso y 18" de caída.
- Estufa u horno capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamiz de 2", tamiz no.4 y tamiz de 3/4".
- Espátula, cucharón de mezclar, cuchara de albañil y otras herramientas para mezclar.



- Rodillo.
- Extractor de muestras (opcional).
- Regla de acero de 12”.

### **Preparación de la muestra**

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

### **Procedimiento de ensayo**

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

superior de la guía, entonces se suelta aquél, permitiendo que el pisón caiga libremente sobre la muestra, sin darle impulso adicional con la mano.

- f) Se cambia la posición de la guía y otra vez se deja caer el pisón. Se repite el proceso cubriendo sistemáticamente la superficie entera de la muestra hasta que el pisón haya caído 56 veces.
- g) Se saca el pisón del molde, se pone otra porción de la muestra, en él, y se apisona como antes. Se repite todo el proceso con las otras porciones que quedan. Cada capa compactada debe ser de 2.54 cm. (una pulgada) aproximadamente y la muestra compactada entera debe extenderse 1.27 cm. (1/2") dentro del anillo de extensión, como mínimo. El peso de la muestra necesario para este objeto se determina por tanteo y variará con los diferentes suelos.
- h) Se quita el anillo y con un cuchillo se recorta la muestra hasta enrasar con los bordes del molde de compactación. Comprobar la nivelación con la regla de acero.
- i) Se quita la placa de base y se pesa el molde que contiene la muestra compactada con una aproximación de 1 gr. ó 0.01 Lb.
- j) Se toman 2 muestras con contenido de humedad (10 ó 25 gramos cada una) del centro del material extraído del molde. Para los cálculos se usa el valor medio, si salen muy distantes habrá que descartar uno de los dos.
- k) Se saca el suelo compactado del molde, se vuelve a pulverizar con el rodillo y se le coloca en un recipiente.

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

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Este ensayo mide la resistencia que opone el suelo al la penetración de un pistón de 3 PI<sup>2</sup> de área

en una muestra de suelo de 6 PL de diámetro y 5 PI de alto, a una velocidad de 1.27 mm/min La fuerza necesaria para que el pistón penetre dentro del suelo se mide a determinados intervalos de penetración; estas fuerzas medidas, se comparan con las que necesitan para producir iguales penetraciones en una muestra patrón.

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

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

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se obvia y la relación se presenta por el número entero, por ejemplo, como 2.45 ó 98.

El número CBR, usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 0.10 PI. Sin embargo, si el valor de penetración de 0.20 pl. es mayor, el ensayo debería de repetirse. Si un segundo ensayo produce nuevamente un valor de CBR mayor de 0.20 PCG. de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

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

Para determinar el CBR se tomó como material de compactación o patrón a la piedra triturada, a la que se le asignó un CBR de 100 %.

El ensayo de CBR comprende, además, la determinación de las propiedades expansivas del material.

Se debe hacer el CBR sobre muestras a diferentes grados de compactación a la humedad óptima, después se elabora un diagrama de CBR contra densidad, de donde se puede determinar el valor de CBR a la densidad deseada, según la especificación de construcción que deba cumplir el material. Sin embargo, el CBR también puede hacerse sobre una muestra compactada con el contenido de humedad óptimo, para un suelo específico, utilizando un ensayo de compactación Proctor ya sea estándar o modificado.

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

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos:

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

El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasante bajo pavimentos de carreteras o aéreo pistas.

Número de CBR	Clasificación general	Usos
0 – 3	muy pobre	subrasante
3 – 7	pobre a regular	subrasante
7 – 20	regular	sub-base
20 – 50	bueno	sub-base, base
50 ó más	excelente	base

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

### 2.1.3.2. Análisis de resultados

**Tabla V. Resultados de laboratorio de mecánica de suelos**

ANÁLISIS	RESULTADO
Compactación Proctor Libras/pie <sup>3</sup> T-180	104.90 lb/pie <sup>3</sup>
% de humedad óptima	14.80%
% de CBR a 95 % de compactación, T 193	60%
% de hinchamiento	0.06%
% de índice de plasticidad T 90	No tiene
% pasa tamiz No. 200 T 27	33.06%
Clasificación	A-2-4

**Fuente: Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos**

En conclusión; el suelo analizado es una arena con grava, color pardo, según la norma AASHTO T- 27 la humedad optima es de 14.80 %.

Este suelo tiene como utilidad base y sub-base, según lo demuestra el ensayo de CBR y el índice de grupo obtenido en los ensayos de plasticidad descritos en la sección 2.1.3.1.2.

### 2.1.4. Estudio del diseño de espesores

#### 2.1.4.1. Subrasante

El espesor del pavimento dependerá en gran parte en la calidad de la subrasante, sea éste rígido o flexible.

Los materiales que forman la subrasante deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad; dichos requisitos

dependen de las propiedades materiales que se determinan por ensayos debidamente normalizados por la American Society for Testing Materials A.S.T.M. y por la American Association of State Highways Officials A.A.S.H.T.O.

Los siguientes requisitos deben cumplirse en una profundidad de al menos cincuenta centímetros para calles y carreteras.

**Tabla VI. Requisitos mínimos que debe cumplir un suelo para pavimentación.**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>REQUISITO</b>
Tamaño máximo de partícula	7.5 cm.
Límite líquido	No mayor del 50%
C. B. R.	5% Mínimo
Expansión	5% Mínimo
Compactación	95% Mínimo

Los suelos que no cumplan con estas condiciones, deberán ser sustituidos por un material adecuado o ser estabilizados.

### **2.1.4.2. Sub-base**

Es la capa de material que se coloca entre la subrasante y la capa de base. Esta puede construirse con una gran variedad de suelos, ya sea en su estado natural o mejorado por un tratamiento adecuado.

#### **2.1.4.2.1. Funciones y características de la sub-base**

- a. Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b. Servir de material de transición entre el suelo de subrasante y la base.
- c. Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base.
- d. Ser susceptible de compactación, es decir, que la compresión o vibración conduzcan fácilmente a una disposición estable de las partículas correspondientes a una cantidad de vacíos reducida y a una gran densidad seca.
- e. Ser poco sensibles el agua, para lo cual, es preciso que la proporción de finos arcillosos, sea pequeña. Son ideales los suelos cuyo índice de plasticidad sea nulo o menor a cinco.
- f. Conservar en las condiciones higroscópicas más desfavorables una consistencia suficiente.
- g. El material no deberá tener un hinchamiento mayor del 1%.
- h. El agregado grueso retenido en el tamiz No. 10 deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 100 revoluciones, determinado por el método de los Ángeles.

El material debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, granzón, residuos de cantera, etc. Debe de tener las características de un suelo A-I o A -II de acuerdo a la clasificación de la



AASHTO Su valor soporte de California o C. B. R. no podrá ser menor de 20, a 95% de compactación, para una penetración 0.1 pulgada.

### **2.1.4.3. Base**

Es la capa de la estructura destinada a transmitir y distribuir las cargas originadas por el tránsito a las capas adyacentes y sobre las cuales se coloca la superficie de rodadura.

#### **Funciones y características de la base**

- a. Transmitir y distribuir las cargas provenientes de las superficies de rodadura.
- b. Servir de material de transición entre las sub-bases y las carpetas de rodadura.
- c. Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas.
- d. Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito.
- e. El material deberá tener una relación de valor soporte de California o CBR no menor de 90% a un porcentaje de compactación de 95%; para una penetración de 0.1. pulgada.
- f. El material no deberá tener un hinchamiento mayor de 0.5%.
- g. Evitar el bombeo (pavimentos rígidos).

## **Tipos de bases**

### **Bases de grava o piedra triturada**

Son bases de materiales provenientes de la explotación de minas, de roca o de pedreras naturales.

### **Bases de grava y suelo**

Los materiales utilizados en este tipo de bases pueden encontrarse en estado natural o provenir de la mezcla de gravas con suelos.

### **Bases de arena arcilla**

Estas bases son mezclas que debidamente proporcionadas tienen considerable resistencia a la desintegración cuando han sido compactadas con la humedad óptima a su máxima densidad. En estas condiciones llegan a tener alto valor soporte arriba del 80% de C. B. R.

### **Bases de suelo cemento**

Las mezclas de determinados suelos con cemento Pórtland, forman las bases de suelo cemento.

Las bases de suelo cemento son altamente resistentes a la desintegración, llegando a tener un valor soporte o C. B. R. arriba del 80% posteriormente se les puede colocar la carpeta de rodadura.

Las bases de suelo cemento, no deben dejarse como superficie de rodadura, porque no son capaces de resistir la acción directa del tránsito, aunque su aparente textura así lo represente.

#### **2.1.4.4. Diseño del pavimento**

##### **2.1.4.4.1. Diseño en planta**

Diseño de curvas horizontales simples: para obtener un equilibrio adecuado de todos los elementos del diseño geométrico de un camino, se deben determinar en función de los aspectos económicos para dar una operación continua a velocidad segura, bajo las condiciones generales de ese camino. A continuación se describen las normas de diseño para radios de curvatura mínima, velocidades y otros criterios.

- a. La seguridad al tráfico, que debe ofrecer el proyecto, es la condición que debe tener preferencia.
- b. La topografía condiciona, muy especialmente, los radios de curvatura y la velocidad de diseño.
- c. Evitar las curvas de radios mínimos antes de entrar a un puente, cruces de caminos o algún elemento que pueda originar, condiciones desfavorables a la seguridad.
- d. Incrementes en todo lo que sea posible, la longitud de tangente que tienda a ser mínima.
- e. Evitar curvas demasiado largas, cuando se emplean radios muy pequeños, especialmente cuando hay edificaciones, árboles o taludes de corte que puedan reducir la visibilidad.

- f. La distancia de visibilidad, debe de considerarse conjuntamente con la topografía, ya que frecuentemente la visibilidad requiere radios mayores que la que requiere la velocidad.
- g. Para una velocidad de diseño determinada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe, tender en lo general a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para condiciones críticas.

#### **2.1.4.4.2. Diseño de perfil**

##### **Diseño de la rasante**

La rasante es el nivel de la superficie de rodadura, se diseña adaptándola lo más posible al perfil natural del terreno, aplicando el criterio generalmente aceptado, de la rasante que resulte más económica bajo condiciones críticas.

##### **Diseño de curvas verticales**

Las curvas verticales se diseñarán con los criterios de diseño del alineamiento vertical siguientes

- a. En terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada generalmente por el drenaje. En terrenos montañosos, la subrasante es controlada por las condiciones de la topografía.
- b. Eliminar la curva vertical convexa en corte, si las pendientes de enlace son muy suaves.
- c. En terrenos llanos, se diseñará la rasante en relleno, es decir, por encima del perfil natural del terreno, esto con el fin de dar cabida a

las instalaciones necesarias, de drenaje, para proteger al pavimento de la humedad del suelo.

- d. Evitar dos curvas sucesivas, con la misma dirección, separadas por una tangente vertical muy corta, especialmente en curvas cóncavas donde la vista completa de ambas curvas no es agradable.
- e. Evitar una curva horizontal cerrada en el punto más bajo de una curva vertical en columpio, que tenga pendiente de signo contrario, porque algunos vehículos bajarán, por la pendiente de entrada a la curva, con velocidad superior a la de diseño.
- f. Evitar curvas cóncavas en corte, porque provocan dificultad en el drenaje, cuando estas curvas enlacen pendientes con signo contrario; en pendientes de igual signo, no se presentará esta dificultad.
- g. Cuando la diferencia algebraica entre la pendiente de entrada de una curva y la pendiente de salida de la misma curva es menor del 0.5%, no es necesario diseñar la curva vertical, debido a que la pendiente es muy pequeña.
- h. Deben evitarse cambios bruscos de pendiente, evitando el uso de curvas verticales de corta longitud.

#### **2.1.4.5. Espesor del pavimento rígido y flexible**

##### **2.1.4.5.1. Teoría y diseño sobre pavimentos**

###### **Definición de pavimento**

Es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones

que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

### **Tipos de pavimentos**

Atendiendo a la forma de cómo se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimento; los pavimentos rígidos, que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de capacidad estructura es proporcionada por la losa de concreto. Además existen los pavimentos flexibles, los que están constituidos por asfaltos, y en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula en todo el espesor del pavimento.

Además de esta clasificación, existe el pavimento de adoquín, que por la forma de cómo se distribuyen las cargas en las capas inferiores a la superficie de rodadura, se le considera un pavimento semi flexible.

### **Superficies de rodadura**

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

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.

### **Pavimentos flexibles**

Los materiales bituminosos empleados en la construcción de pavimentos, son el asfalto y el alquitrán. En estos pavimentos las cargas del tránsito se distribuyen a través de las diferentes capas, en tal forma que los esfuerzos en el suelo de la subrasante sean los mínimos aceptables. A continuación se definen los distintos materiales bituminosos que se emplean en la construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles.

### **Asfaltos**

Los asfaltos se obtienen de la destilación del petróleo crudo, la destilación puede hacerse por vapor y por aire. La destilación por vapor da excelentes asfaltos para pavimentos, mientras que la destilación por aire da asfaltos oxidados.

Los principales asfaltos empleados en la construcción o mantenimiento de carreteras son los siguientes:

### **Asfaltos líquidos de fraguado lento (S. C.) O ROAD OILS**

Estos son aceites residuales asfálticos con poco o ningún elemento volátil; pueden ser fabricados de la mezcla de un cemento asfáltico con un aceite residual, variando sus propiedades desde un material de características ligantes pobres, hasta un material viscoso de excelentes características. Para

su uso en trabajos de carretera, estos asfaltos deben de llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto de los Estados Unidos de Norte América.

### **Asfaltos líquidos de fraguado medio (M.C.)**

Estos se obtienen de la mezcla de un cemento asfáltico con un producto altamente volátil (keroseno). Estos tipos de asfaltos son fácilmente trabajables a bajas temperaturas, evaporándose el volátil al ser expuestos al aire o al calor. Para su fabricación se emplean cementos asfálticos de mayor penetración que en los de fraguado lento y para utilizarlos en las carreteras deben llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto.

### **Pavimentos rígidos**

Los factores que afectan al espesor de un pavimento rígido son principalmente el nivel de carga que ha de soportar (tipo de vehículos y número), el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto.

Los pavimentos rígidos están constituidos generalmente por las dos capas siguientes:

- a. **Base:** es una capa relativamente delgada de materiales seleccionados o especificados de un espesor prescrito, colocado entre la subrasante y el pavimento rígido para los propósitos de mejorar el drenaje, reducir los daños por las heladas, prevenir el bombeo del pavimento o controlar la humedad del suelo para subrasante de altos cambios volumétricos.



- b. **Losa:** es una capa de concreto hidráulico la cual constituye el elemento fundamental del pavimento. Por la naturaleza del concreto hidráulico es necesario interrumpir la continuidad del pavimento por medio de juntas, cuyo espaciamiento es un punto muy importante para el diseño de los pavimentos rígidos. Las juntas sirven para disminuir los esfuerzos provocados por la dilatación y contracción de la losa.

#### **2.1.4.6. Selección de la mejor opción entre pavimento rígido y flexible**

Existen varios tipos de pavimentos entre los cuales hubo que elegir el más conveniente para escoger la mejor solución se consideraron varios aspectos como los siguientes:

- a. Costo de cada uno de los posibles pavimentos.
- b. Tipo de tránsito que pasará sobre el pavimento.
- c. Accesibilidad de los materiales a usar en la construcción del pavimento.

Esta última, es la que influyó en mayor grado, al decidir por un pavimento rígido, ya que el acceso de los agregados para concreto fue más fácil, que para un pavimento flexible. En esta parte del país, no hay ninguna planta cercana de materiales asfálticos, por lo que resultaría muy caro el transporte de estos materiales para hacer un pavimento flexible.

Además, en esta calzada transitará gran número de camiones y buses de pasajeros, los que son considerados como transporte pesado. Este criterio también influyó en tomar la decisión de construir un pavimento rígido.

### **2.1.5. Estudio del diseño hidráulico del drenaje pluvial**

Para calcular las aguas concentradas en un lugar de la superficie en donde llueve, con el único objetivo de diseñar conductos que lleven ordenada y técnica las aguas pluviales, se usará el método racional que determinará el caudal pluvial.

#### **2.1.5.1. Periodo de diseño**

Los sistemas de alcantarillados serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un periodo de 20, 30 a 40 años a partir de la fecha de su construcción (norma 2.2 de la Dirección General de Obras Publicas).

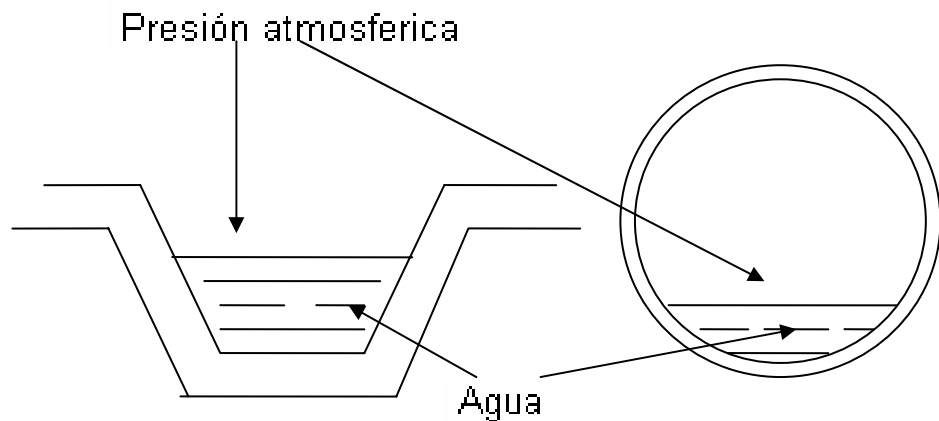
Este período varía de acuerdo con los estudios Hidrológicos de la zona, el lugar geográfico y las condiciones climatológicas, y por supuesto también varía con las condiciones económicas del área. Criterios de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal INFOM, EMPAGUA y el Instituto Nacional de Vulcanología Meteorología e Hidrología INSIVUMEH, quienes dan recomendaciones y proporcionan bibliografías necesarias para la correcta decisión sobre el periodo de diseño.

#### **2.1.5.2. Restricciones y suposiciones que son de uso común en la práctica del diseño de un alcantarillado pluvial.**

- a. El sistema de alcantarillado se diseña para “flujo gravitacional, no se consideran estaciones de bombeo.

- b. El diámetro de diseño es el menor diámetro comercialmente disponible que tenga una capacidad de flujo igual o mayor que el caudal de diseño y que satisfaga todas las restricciones apropiadamente.
- c. Las alcantarillas debe estar unidas en los nodos, de tal manera que la elevación de la clave del alcantarillado de aguas arriba no sea inferior que la del alcantarillado de aguas abajo.
- d. Deben especificarse las velocidades de diseño mínima y máxima para que no se sedimenten los sólidos, ni se tenga el problema de la socavación en la tubería.

**Figura 1. Presión atmosférica en las tuberías**



### **2.1.5.3. Especificaciones de alcantarillado pluvial en Guatemala.**

- a. El caudal de diseño nunca debe exceder el caudal a sección llena soportado por la tubería.
- b. La velocidad de diseño para alcantarillado pluvial no deberá ser mayor a 3m/s.
- c. Las alturas de las superficie libre del cuerpo de agua (tirante), respecto al punto más bajo del mismo en la tubería, debe cumplir

con la condición de que el tirante debe ser menor a 0.9 el diámetro del tubo.

- d. El diámetro mínimo en el interior de la republica es de 10 pulgadas y en la ciudad de Guatemala es de 24 pulgadas a excepción de tramos aislados menores que 200 metros, en los cuales se puede utilizar tubería de 16 pulgadas.
- e. La pendiente mínima de la tubería que conecta al registro domiciliar con el principal será de 2%. Para el colector principal no hay pendiente mínima, pero debe cumplir con las especificaciones anteriores.
- f. La profundidad de la tubería se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo. La profundidad mínima será determinada de la siguiente manera; Para tráfico normal (menor a 200qq) será de 1.00 metros, para tráfico pesado (mayor de 200qq) será de 1.20 metros.
- g. La distancia máxima entre pozos de visita será de cien metros, en tramos mayores deberá colocarse dos o más pozos intermedios.
- h. Las cotas invert de entrada y de salida se determinaran de la siguiente manera:
  - Para tubería de salida de igual diámetro que la tubería de entrada; la cota invert de salida deberá estar por lo menos, tres centímetros debajo de la cota invert de entrada.
  - La tubería de salida con mayor diámetro que la tubería de entrada; la cota invert de salida deberá estar por lo menos, una altura por debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de diámetro de ambas tuberías.
  - Para tubería de salida ubicadas en un pozo al que también están conectadas tramos iniciales; la cota invert de salida

de la tubería de corrimiento deberá estar por lo menos, a una altura por debajo de la cota invert de salida del tramo inicial, igual al diámetro de la tubería de salida. Habiendo comparado en forma individual cada una de ellas, se toma como cota invert de salida para la tubería la menor de ellas.

- i. Se colocan tragantes en todos aquellos lugares, donde se acumulan las aguas de lluvia, tales como: puntos bajos de calles, accesos o puentes y aquellos lugares donde la acumulación de agua ponga en peligro los vehículos en circulación, en sectores comerciales, vías rápidas o zonas residenciales de importancia.
- j. El tirante del agua libre sobre la avenida no debe ser mayor de 0.03 metros de alto y en la entrada del tragante no debe exceder 0.10 metros. Su ancho máximo será de 0.75 metros.

#### **2.1.5.4. Método racional**

El método racional, el cual empezó a utilizarse alrededor de la mitad del siglo XIX, es probablemente el método más utilizado para el diseño de alcantarillados de agua pluvial. A pesar de que han surgido críticas validas acerca de lo adecuado de este método, se sigue utilizando, debido a su simplicidad y los resultados obtenidos.

La idea del Método Racional es; que si una lluvia con intensidad “ $i$ ” empieza e forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración ( $tc$ ), en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de lluvia  $i$  y el área de la cuenca  $A$  es el caudal de entrada al sistema y la relación entre este caudal y el caudal pico  $Q$ . (que ocurre en el tiempo  $tc$ ) se

conoce como el coeficiente de escorrentía **C** ( $0 < C < 1$ ). Este se expresa en la forma racional siguiente:

$$Q = \frac{C * i * A}{360} * 1000$$

Donde:

Q = Caudal de diseño pluvial o caudal de tormenta en Lt/seg.

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia dada en mm/hora

A = Área a drenar dada en hectáreas

### **Suposiciones asociadas al método racional**

La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca, es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir el caudal pico resulta de una lluvia más intensa de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye con la escorrentía a la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración empleado, es el tiempo para que la escorrentía establezca y fluya desde la parte más remota de la cuenca, hacia el punto de entrada del alcantarillado que se está diseñando.

La intensidad de lluvia se mantiene constante durante todo el periodo de lluvia.

### 2.1.5.5. Intensidad de Lluvia

Es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde precipitó. Se mide en milímetros por hora.

La intensidad de lluvia, se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia calculadas por el INSIVUMEH, con base a estaciones pluviométricas ubicadas en las cercanías del municipio.

La probabilidad de ocurrencia, se tomará de 10 años, dada por la fórmula siguiente (deducida por la sección de ideología del INSIVUMEH).

$$i = \frac{a}{t + b}$$

Donde:

$t$  = es el tiempo de concentración en minutos.

$a$  = constante propia de la localidad

$b$  = constante propia de la localidad

$i$  = intensidad de lluvia

Los registros pluviógrafos son comúnmente deficientes en las localidades pequeñas. Se puede en este caso, hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares, o bien junto con el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), establecer las probabilidades de lluvia.

## Tiempo de concentración

Es el tiempo ( $t$ ) que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección bajo estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Para el caso de diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de 12 minutos.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por medio de la siguiente expresión

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L_{n-1}}{60 * V_{n-1}}$$

Donde:

$t_n$ : Tiempo de concentración dado en minutos para el tramo actual

$t_{n-1}$ : Tiempo de concentración ya calculado para el tramo anterior al ahora analizado.

$L_{n-1}$ : Longitud del tramo anterior en metros

$V_{n-1}$ : Velocidad a sección llena del tramo anterior

En caso de existir varios tramos anteriores, es decir, que dos o más tuberías conecten al pozo de visita al inicio del tramo en cuestión, se calcula el tiempo de concentración con base en cada tramo anterior, y se toma el mayor de ellos como de concentración para el tramo.

### 2.1.5.6. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía  $C$  es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre la tasa de



escorrentía pico y las tasas de lluvia para la cuenca de drenaje, lo cual no es cierto en la realidad. Una selección apropiada del coeficiente de escorrentía requieren del conocimiento y la experiencia por parte del hidrólogo. La proporción de la lluvia total que alcanzarán los drenajes de tormenta, depende del porcentaje de permeabilidad de la pendiente y de las características de encharcamiento de la superficie. Superficies impermeables tales como los pavimentos de asfalto o los techos de edificios, producirán una escorrentía de casi el ciento por ciento después de que la superficie haya sido completamente mojada, independientemente de la pendiente. Inspecciones de campo y fotografías aéreas son muy útiles en la estimación de la naturaleza de la superficie dentro del área de drenaje.

El coeficiente de escorrentía también depende de las características y las condiciones del suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes en el suelo. Otros factores que influyen en el coeficiente de escorrentía son la intensidad de lluvia, la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo y el almacenamiento por depresión. Debe escogerse un coeficiente razonable para presentar los efectos integrados de todos estos factores.

Este coeficiente representa el porcentaje de lluvia que no se infiltra en el suelo por tanto corre por la superficie.

**Tabla VII. Algunos coeficientes utilizados en Guatemala**

<b>Características de la superficie</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Comercial</b>	
Dentro de la ciudad	0.70-0.75
Periferia	0.50-0.70
<b>Residencial</b>	
Casas individuales	0.30-0.50
Colonias	0.40-0.60
<b>Condominios</b>	0.60-0.75
<b>Residencial sub-urbana</b>	0.25-0.40
<b>Industrial</b>	
Pequeñas fabricas	0.50-0.80
Grandes fabricas	0.60-0.90
<b>Parques y cementerios</b>	0.10-0.25
<b>Campos de recreo</b>	0.20-0.35
<b>Campos</b>	0.10-0.30
<b>Techos</b>	0.10-0.30
<b>Pavimentos</b>	0.70-0.90
Concreto y asfalto	0.85-0.90
Piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0.40-0.75
<b>Calles</b>	
Terracota	0.25-0.60
De arena	0.15-0.60
<b>Parques, jardines, paradas, etc.</b>	0.05-0.25
<b>Bosques y tierras cultivadas</b>	0.01-0.20

**Fuente:** Evaluación de tragantes pluviales para la ciudad de Guatemala, tesis de postgrado del ingeniero Joram Matías Gil Laroj (1984)

En general para cada tramo se tomará el coeficiente de escorrentía promedio correspondiente al área tributaria, así:

$$C = \frac{\sum (c_i * a_i)}{\sum a_i}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía para un tramo dado.

$a_i$  = cada una de las áreas parciales que integran al área que tributa a dicho tramo, dado en hectáreas.

$c_i$  = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.

$\sum a_i$  = Representa el área total que tributa a dicho tramo, dada en hectáreas.

### **2.1.5.7. Obras de captación**

#### **2.1.5.7.1. Tragantes**

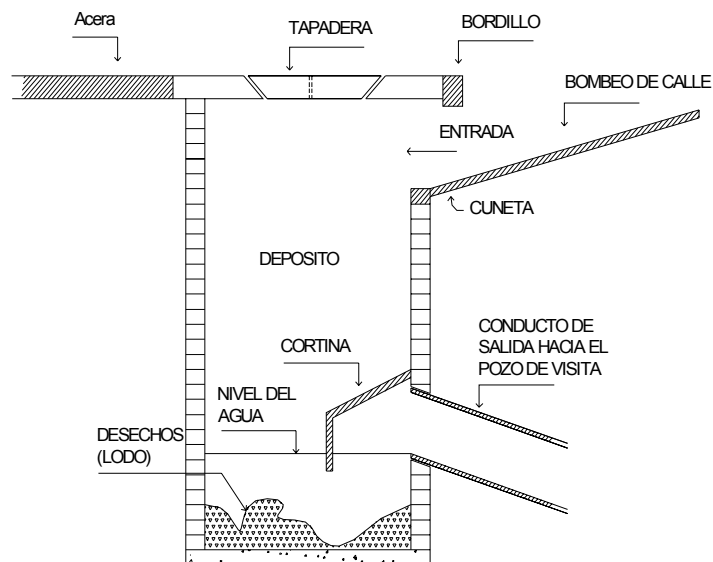
Son estructuras de concreto o de mampostería que se encuentran situados en las calles, en puntos estratégicos, con el propósito de captar el agua de lluvia y conducirlos a las alcantarillas.

El escurrimiento superficial entra por las cunetas de las calles a través de los tragantes o colocación de calle hacia los drenajes. El tamaño, número y colocación de las entradas de calle gobiernan el grado de libertad contra inundaciones en las vías de tráfico y cruces de peatones. Para permitir la inspección y la limpieza, es preferible descargar los tragantes directamente a los pozos de visita. Generalmente, sus paredes son de ladrillo con concreto armado.

Los tragantes deben atender con las recomendaciones siguientes para ser funcionales:

- a. Se debe colocar de tres a cinco metros del final de cada cuadra en dirección de la pendiente.
- b. Se puede poner en puntos intermedios de las cuadras, cuando se compruebe que el tirante de agua en la cuneta alcanza 0.10 m.
- c. Se colocará únicamente en calles con pavimento y con bordillo en las calles que se pavimentarán y cuando haya información de la rasante.
- d. Al ser colocados deben de conectarse al pozo de visita más cercano. El tubo de conexión entre el pozo de visita y el tragante será de 8 pulgadas como mínimo, con una pendiente del 2%.

**Figura 2. Sección típica de tragante**

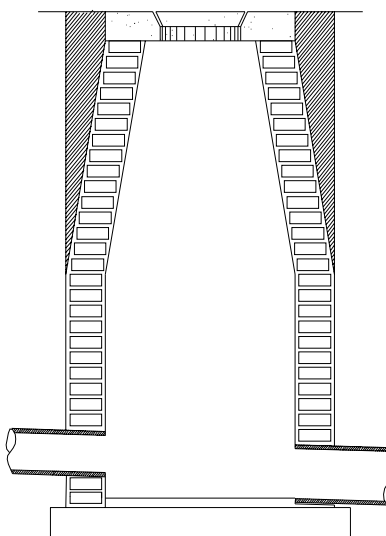


### 2.1.5.7.2. Pozos de visita

Los pozos de visita son de sección circular y con un diámetro de 1.20 et.; las paredes se construyen de ladrillo y en el fondo una losa de concreto armado. La parte superior es de forma de cono truncado y lleva una tapadera circular de concreto armado. Se puede penetrar en él, cuando sea necesario efectuar alguna limpieza, tiene gradas o escalones. No se permitirá caída en la entrada de un pozo de visita mayor de 1.00 metro sin accesorio especial: por ejemplo un derivador de caudal que funcionará como dissipador de energía y éste encausará el caudal en forma moderada, ya que, de lo contrario produce caudales máximos que son conflictivos y pueden producir destrucción del sistema.

La distancia máxima entre cada pozo de visita es de 100 metros. En tamos mayores se deberá colocar dos o los que sean necesarios.

**Figura 3. Pozo típico de visita.**



Respecto a los diámetros de los pozos de visita, se utilizarán las dimensiones mínimas del Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala, cuales se puede ver en el cuadro siguiente.

**Tabla VIII. Diámetro mínimo de los pozos de visita.**

Diámetro de tubería efluente mayor en pulgadas	Diámetro mínimo del pozo en metros
8-20	1.50
24-30	1.75
36	1.90
40-42	2.00
60	2.50
En diámetros mayores	Diámetro tubería efluente mayor + 1.00m

Respecto del proceso constructivo se tomará como base aspectos de carácter de construcción y de diseño para la realización de la obra de alcantarillados.

#### **2.1.5.8. Línea de conducción**

En el abastecimiento de agua, el agua usualmente se transporta en una tubería cerrada bajo presión; sólo en casos raros se transporta en un conducto de gravedad o en un canal abierto. Las aguas negras, se transportan normalmente en tubos a medio llenar; sólo ocasionalmente las tuberías transportan aguas negras bajo presión.

Los mismos principios y formulas de hidráulica se aplican al agua y a las aguas negras. A pesar de que las aguas negras pueden transportar hasta 800ppm o 2000 MG/t de sólidos en suspensión, esto no afecta sus cualidades hidráulicas. Sin embargo, las alcantarillas rara vez trabajan a tubo lleno y para cualquier alcantarilla circular el área recta del flujo, la velocidad de fluido y la descarga varían con la altura de las aguas negras en la tubería.

En general, una velocidad de por lo menos 0.6 m/s es la deseada, siempre que sea posible a un costo razonable. La experiencia ha demostrado que, cuando las velocidades están por debajo de los 0.6 m/s puede ocurrir una decantación de sólidos, haciéndose necesaria una limpieza mas frecuente. En el caso de alcantarillas de tormenta se deberá proporcionar una velocidad de proyecto de por lo menos 0.9 m/s, siempre que sea posible. Este tipo de alcantarilla puede transportar una cantidad considerable de materia suspendida de una gravedad específica relativamente elevada. En escurrimientos bajos, como lo son al final de un período de tormenta, la velocidad puede decrecer rápidamente con los flujos poco profundos que resultan de las grandes secciones de tubería que son generalmente necesarias.

Es deseable limitar las velocidades a unos 3 m/s, aunque una velocidad mayor, usualmente, no creará efectos adversos, a menos que se transporten cantidades considerables de sólidos en las aguas negras.

#### **2.1.5.8.1. Capacidad de la tubería**

En la escogencia de los diámetros de las tuberías de alcantarillado de aguas lluvias, se calcula el mínimo diámetro requerido y se selecciona el siguiente diámetro comercial disponible. Los tubos comerciales están disponibles en diámetros de 8, 10, 12, 15, 16 y 18 Plg, en incrementos de 3 Plg. entre 18 y 36 Plg. e incrementos de 6 Plg. ente 3 y 10 pies.

Una vez que se ha calculado el caudal de diseño Q que entra en el tubo de alcantarillado utilizando la fórmula racional, se determina el diámetro del tubo D requerido que conduce dicho caudal. Es usual suponer que el tubo fluye lleno bajo condiciones gravitacionales pero que no se presuriza.

### 2.1.5.8.2. Velocidad y caudal a sección llena

Variedad de ecuaciones han sido desarrolladas por profesionales en el campo de la hidráulica a lo largo de la historia,

Las investigaciones y análisis hidráulico han establecido que las condiciones de flujo para sistemas de flujo en tuberías de PVC y otros materiales como el concreto, pueden ser en primer término la fórmula de Manning.

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

Donde R es el radio hidráulico y está dado por

$$R_H = \frac{\text{ÁREA}_{\text{MOJADA}}}{\text{PERÍMETRO}_{\text{MOJADO}}}$$

S es la pendiente y n es la rugosidad del material.

Para el caso de sección llena, el área mojada es igual al área total de la sección y el perímetro mojado es igual al perímetro total de la sección.

$$R = \frac{\pi * r^2}{2 * \pi * r} = \frac{\pi * D^2}{4}{2\pi * D} = \frac{D}{2}$$



Una vez obtenida la velocidad a sección llena, se calcula el caudal a sección llena por medio de la fórmula de gasto o caudal.

$$Q = AV$$

Donde  $A$  es el área total de la sección y  $V$  es la velocidad a sección llena.

## **2.1.6. Levantamiento topográfico y métodos**

### **2.1.6.1. Definición**

La topografía es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según las tres dimensiones; distancia, elevación y dirección. La topografía son procedimientos y operaciones de trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

#### **2.1.6.1.1. Tipos de levantamiento**

Abierto: es cuando se sale de una estación y no se regresa a ella.

Cerrado: Es cuando se sale de una estación y la estación final es la misma.

#### **2.1.6.1.2. Métodos de levantamiento**

Existen diversos tipos métodos de efectuar el levantamiento de un terreno. La elección del mismo dependerá de varios factores:

- a. Habilidad del operador para maniobrar el aparato
- b. Equipo disponible y su estado físico
- c. Características del terreno
- d. Dimensiones del terreno

Los diferentes métodos son:

- a. Conservación de azimut
- b. Conservación de azimut con  $180^\circ$
- c. Deflexiones
- d. Doble deflexión
- e. Por ángulos internos y externos
- f. Triangulación de tercer orden

#### **2.1.6.2. Levantamiento planimétrico**

También llamado Control Horizontal. La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone que es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí *no* interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La poligonal base puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del

levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene un esquema horizontal.

### **2.1.6.3. Levantamiento altimétrico**

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado se obtiene el esquema vertical.

#### **2.1.6.3.1. Métodos altimétricos**

Para nivelar un polígono cerrado, se usa la nivelación simple con ayuda del nivel de preedición. Mientras que para un polígono abierto se puede emplear los siguientes métodos:

- a. Nivelación simple y compuesta: la que se hace a base de puntos de vuelta. Siendo su aplicación, en el caso de que se determine la diferencia de nivel entre dos punto o más, con ayuda del nivel de preedición.
- b. Nivelación trigonométrica: por este sistema los desniveles se obtienen mediante la trigonometría, con los datos medidos de ángulos y distancias (teodolito). Es empleada sólo para poligonales abiertas y distancias cortas (menores a 500 m.)



## **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3.1. Toma de muestras de suelo**

Se tomaron dos muestras a una distancia aproximada entre ellas de 500 m., sobre la calle de mayor tránsito, perforando orificios (como se describe en el capítulo 1, en la sección de “Toma de muestra de suelo”) tomando “muestras alteradas”.

Al observar las muestras, se determinó que eran del mismo tipo, con las mismas condiciones físicas, por tanto se procedió a realizar los ensayos de laboratorio con una sola muestra.

Los ensayos realizados a esta muestra fueron:

- a. Límites de Atterberg
- b. Granulometría
- c. Proctor modificado
- d. C.B.R.

### **3.2. Calidad de suelo**

Los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como los resultados, pueden observarse en el apéndice de este trabajo de graduación. 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 P. R. A = A-2-4  
Descripción = Arena con grava y muy poco limo, color pardo  
L.L. = No tiene  
I. P. = No tiene  
Humedad óptima = 14.80%  
C. B. R. = 60% a un 95% de compactación

Como puede observar, este material cumple con los requisitos de base y subrasante, por lo que se permitirá que siga funcionando como un material de base.

### **3.3. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó con equipo de la Unidad Técnica de la Municipalidad de Villa Nueva.

#### **3.3.1. Planimetría**

En el levantamiento topográfico se utilizó el siguiente equipo

- Teodolito
- Cinta métrica de 25 et.
- Plomada
- Estadía
- Almádana, pintura y clavos

Se procedió a levantar el eje central de las calles y avenidas, como una poligonal abierta utilizando el método de conservación de azimut, como la pavimentación y el drenaje pluvial se diseñarán sobre el mismo tramo, se tomaron todas las características necesarias para los dos diseños.

### 3.3.2. Altimetría

Después de haber realizado el levantamiento planimétrico de la línea central, se procedió a nivelarla, tomando lecturas a cada 20 m. y en lugares donde se consideró que fuera necesario, utilizando el método simple, de levantamiento.

## 3.4. Diseño de espesores de los componentes del pavimento

### 3.4.1. Selección del tipo de pavimento

Según resultados de ensayo, cálculos hechos, disponibilidad de material, se determinó que el mejor tipo de pavimento para esta colonia es el pavimento rígido, cuyos datos, dimensiones y demás especificaciones se encuentran detallados en este capítulo.

### 3.4.2. Método de y procedimiento de diseño para pavimento rígido

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

- a. **Método de capacidad;** este método se utiliza, cuando es posible obtener datos exactos de carga de tránsito.
- b. **Método simplificado;** Se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje. También llamado como Método de la Pórtland Cement Association (P.C.A.)

Para el diseño del pavimento rígido de este proyecto, se utilizó el método simplificado.

Para este método la Asociación del Cemento Pórtland (PCA) ha elaborado tablas, basadas en distribuciones de carga–eje, para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están diseñadas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1.0, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Las diferentes categorías están mostradas en la tabla No. IX.

Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la sub-base (ver tabla No. X), ya que mejoran la estructura del pavimento.

Valores aproximados del módulo de reacción K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo – cemento se muestran en las tablas No. XI y No. XII respectivamente.

### **3.4.3. Etapas o pasos del método simplificado**

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

- a. Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- b. Determinar la categoría de carga por eje según la tabla No. IX
- c. Determinar el espesor de la losa requerida, por medio de la tabla correspondiente (ver tabla de la XIII a la XIX).
- d. Establecer el tipo de junta a utilizar.
- e. Establecer si se usará junta o bordillo.
- f. Determinar el módulo de ruptura, el cual está definido como; el esfuerzo máximo en la fibra extrema de una viga de concreto. Una



buena aproximación para la resistencia de la tensión será dentro de un 10% a un 20% de su resistencia a la compresión, por lo que se elige un 15%. Entonces el Módulo de ruptura (M.R.) es  $0.15 \cdot 4000 = 600$  PSI.

- g. Determinar el módulo de reacción "K" de la subrasante. Generalmente, el valor K puede darse como la clasificación SCU, P. R. A. o el número C. B. R., para determinar el módulo de reacción de la subrasante (Ver Figura 4). El dato anterior se busca en la tabla No. XI.
- h. Determinar el espesor final de la losa según la tabla de diseño determinada con los parámetros anteriores.

Con la información anterior, conociendo el módulo de ruptura del concreto y el tipo de juntas, buscan el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

#### **3.4.3.1. Tránsito**

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

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

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

Las tablas del método simplificado, están especificadas para un período de diseño de 20 años, con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones (TPDC). Si el período de diseño fuera diferente de 20 años, se multiplica el TPDC por un factor adecuado. Por ejemplo, si fueran 25 años, entonces se multiplica por 25/20.

#### **3.4.4. Calculo del espesor del pavimento**

Para determinar el módulo de reacción “K”; en este proyecto se determinó un C. B. R. de 20%, para una compactación de 87.19% y 77% para una compactación de 97.81%. (ver la grafica de los resultados de laboratorio), según requisitos de diseño se obtiene 60% de CBR a un 95% de compactación.

Con el dato anterior (CBR = 60%); aplicando un factor de seguridad determinamos un CBR = 45%, buscamos el módulo de reacción “K” en la figura 4 (pagina 66), el cual nos da un valor aproximado de  $K = 450 \text{ Lb/Pul}^3$ , este dato se localiza en la tabla X, el cual determina este valor como “Muy Alto”. Aunque el valor no se encuentra entre los rangos de la tabla, este resultado quiere decir que el suelo es muy apropiado para servir de base y sub-base.

Para el diseño de este pavimento, no fue posible obtener un conteo de tránsito, por lo que se basó únicamente en la categoría correspondiente.

Según el tipo de tránsito que pasará sobre este pavimento y siendo una calle residencial, se llegó a la conclusión de que le corresponde una categoría 1 con un rango de TPD de 200 a 800 vehículos y  $n = 1\%$  a  $3\%$  de TPDC (ver tabla No. IX en pagina 65).

Considerando el valor más alto de TPD (800 vehículos) con un  $3\%$  de vehículos pesados, se obtiene un TPDC de 24 en ambos sentidos, es decir, 12 en un sentido.

Para este pavimento se estimó un módulo de ruptura del concreto de 600 PSI; que es equivalente a un al 15% de  $f'c$  ( $f'c = 4000$  PSI) esto es igual a 600 PSI ( $281 \text{ Kg/cm}^2$ ), a los 28 días de curado. Las losas de concreto se construirán con bordillo integrado y juntas por trabe con agregados (sin dovelas).

Según los resultados obtenidos en laboratorio, (Ver anexos, Ensayos de Laboratorio) de los ensayos hechos a el material existente en las calles de esta colonia, se cuenta con una base con valor soporte muy alto

Con los datos anteriores, se usa la tabla XIII, que se usa para un diseño de pavimento de categoría 1 con juntas de trabe, y un modulo de ruptura de concreto de 600 PSI, que es nuestro caso. Se obtiene un espesor de la losa de 5.5" (13.97 cm.), por comodidad, y seguridad se trabajara con losa de espesor de 14 centímetros.

Para el espesor del la base y sub-base, se determina según la tabla XI (ver pagina 68), en la cual, según nuestro modulo de reacción K; se determina un espesor de 6" (15.24 cm.)

En consecuencia el diseño del pavimento queda de la siguiente manera

Elemento estructural	Espesor		
	Pulgadas	Centímetros	Por comodidad se usara (cm.)
Base granular	6	15.24	15
Losa de concreto	5.5	13.97	14
Total	11.5	29.21	29

Las juntas transversales serán construidas a cada 1.50 metros igualmente la junta longitudinal; porque el ancho promedio de calle es de 6 m. La pendiente de bombeo será de 2.5 % como se indica en los planos.

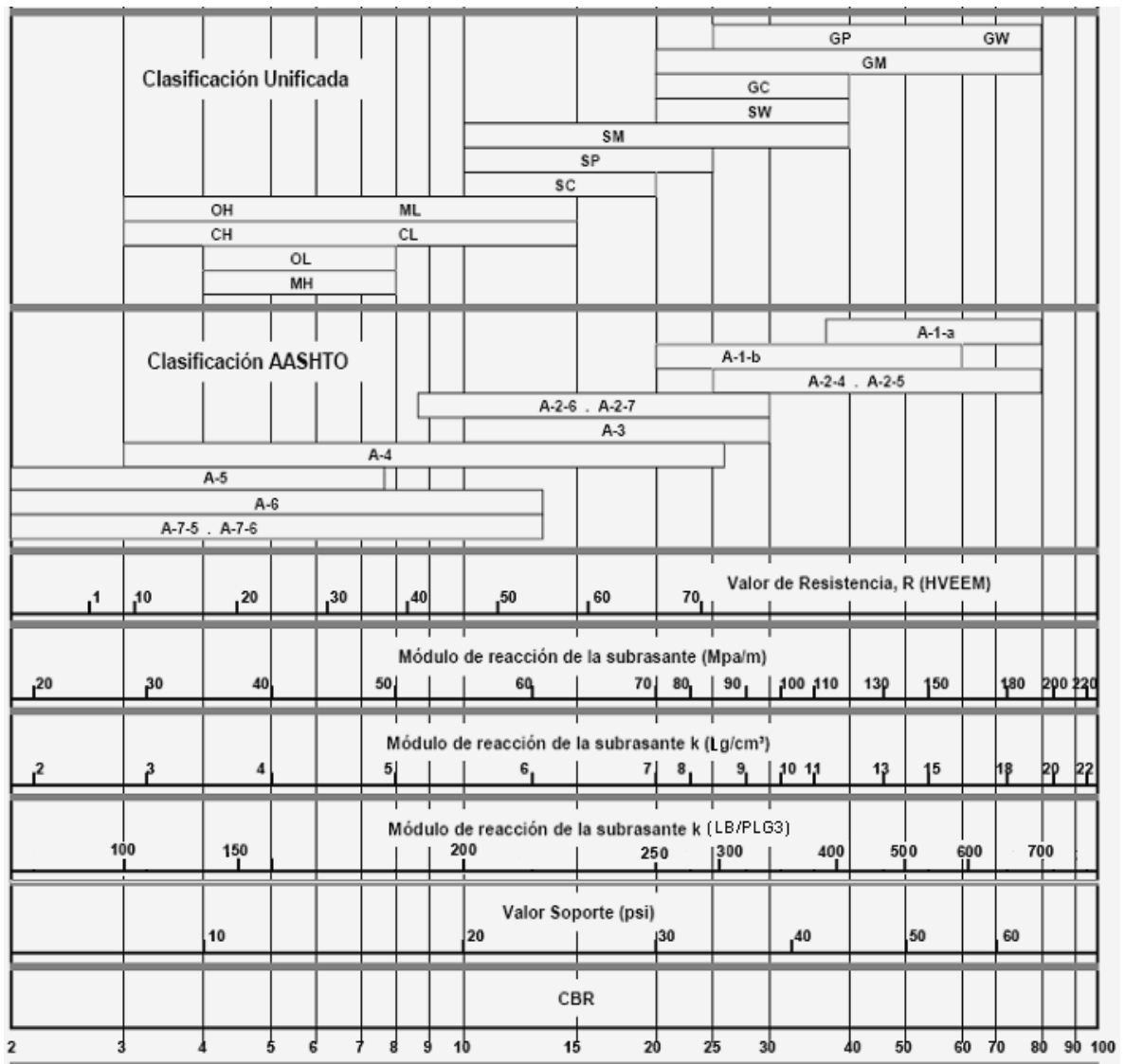
El bordillo es de concreto y tiene 10 cm de ancho por 30 cm de alto. Fundido al mismo tiempo que la losa de concreto.

Relleno y sellante aplicado en frío. Relleno Elastomérico a base de espuma de Polietileno. Y sellante a base de Silicón.

**Tabla IX. Categorías De Carga Por Eje**

CARGA POR EJE CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁFICO			MÁXIMA CARGA POR EJE, KIPS	
		TPD	TPDC		Eje sencillo	Eje tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	De 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 2 carriles 3000 a 50000 4 carriles o más.	8 a 30	De 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 2 carriles 3000 a 15000 4 carriles o más.	8 a 30	De 1500 a 8000	34	60

**Figura 4. Interrelación Aproximada De Las Clasificaciones De Suelos Y Valores De Soporte**



**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de carreteras.

**Tabla X. Tipos De Suelos De Subrasante Y  
Valores Aproximados De K.**

<b>TIPOS DE SUELOS</b>	<b>SOPORTE</b>	<b>RANGO DE VALORES DE K PSI</b>
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130-170
Arena y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180-220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250-400

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de carreteras.

**Tabla XI. Valores De K Para Diseño Sobre Bases Granulares (De PCA)**

Valor de K de la subrasante lb/pl	Valores de K sobre la base lb./plg3			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de carreteras.

**Tabla XII. Valores De K Para Diseño Sobre Bases De Suelo-Cemento (De PCA)**

Valor de K de la subrasante Lb/PI	Valores de K sobre la base lb./plg3			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-----

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de carreteras.

**Tabla XIII. TPDC Permisible, Carga Por Eje Categoría 1**



**Pavimentos Con Juntas De Trave Por Agregados  
(No necesita Dovelas)**

Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante – sub-base			Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante - sub-base		
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
MR = 650 PSI	4,5	0,1		4 4,5	2	0,2 8	0,9 25
	5 5,5	0,1 3	0,8 15	3 45	5 5,5	30 320	130 330
	6 6,5	40 330	160	430			
MR = 600 PSI	5 5,5		0,1 3	0,4 9	4 4,5	0,2 1	0,1 5
	6 6,5	8 76	36 300	98 760	5 5,5	6 73	<b>27</b> 290 <b>75</b> 730
	7	520			6	610	
MR = 550 PSI	5,5	0,1	0,3	1	4,5	0,2	0,6
	6 6,5	1 13	6 60	18 160	5 5,5	0,8 13	4 27 13 150
	7 7,5	110 620	400		6	130	480

NOTA: El análisis de fatiga controla el diseño.

NOTA: Una fracción de TPDC, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y cuatro llantas. Pero únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDC de 0.3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana).

El presente TPDC excluye a camiones de cuatro llantas dos ejes, por lo que el número de camiones permitidos puede ser grande.

**Tabla XIV. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 2  
Pavimentos Con Juntas Doveladas**

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo				
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base			
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR = 650 PSI	5,5	5			5	3	9	42	
	6	4	12	59	5,5	9	42	120	450
	6,5	9	43	120	6	96	380		
	7	80	320		6,5	710	2600	970	3400
	7,5	490	1900	840	7	4200			
8	2500								
MR = 600 PSI	6	11			5			1	8
	6,5	8	24	110	5,5	1	8	23	98
	7	15	70	190	6	19	84	220	810
	7,5	110	440	1100	6,5	160	620	1500	5200
	8	590			7	1000 3600			
8,5	2700	2300							
MR = 550 PSI	6,5	4 19			5,5	3 17			
	7	11	34	150	6	3	14	41	
	7,5	19	84	230	6,5	29	120	320	160
	8	120	470		7	210	770		
	8,5	560	2200	1200	7,5	1100	4000	1900	1100
9	2400								

Nota: El análisis de fatiga controla el diseño.

**Tabla XV. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 2**

### Pavimentos Con Juntas Con Agregados De Trave

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 PSI	5,5	5			5 5,5	9	3 42	9 120	42 450	
	6 6,5	4 9	12 43	59 120	490	6 6,5	96 650	380 1000	700 1400	970 2100
	7 7,5	80 490	320 1200	840 1500	1200	7	1100	1900		
	8	1300	1900							
MR = 600 PSI	6 6,5			11 110	5 5,5	1	8	1 23	8 98	
	7 7,5	15 110	70 440	190 1100	750 2100	6 6,5	19 160	84 520	220 1400	810 2100
	8 8,5	590 1900	1900			7	1000	1900		
MR = 550 PSI	6,5		4	19	5,5		3	17		
	7 7,5	19	11 84	34 230	150 890	6 6,5	3 29	14 120	41 320	160 1100
	8 8,5	120 560	470 2200	1200		7 7,5	210 1100	770	1900	
	9	2400								

Nota: Análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga controla.

**Tabla XVI. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 3  
Pavimentos Con Juntas Doveladas**

		Concreto sin hombros o bordillo				Concreto con hombros o bordillo				
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 PSI	7,5	250				6,5	83 320			
	8		130	350	1300	7	52	220	550	1900
	8,5	160	640	1600	6200	7,5	320	1200	2900	9800
	9	700	2700			8	1600	5700		
	9,5	2700	10800	7000	11500	8,5	6900	23700	13800	
	10	9900								
MR = 600 PSI	8			73	310	6,5				67
	8,5		140	380	1500	7			120	440
						7,5		270	680	2300
	9	160	640	1700		8	370	1300	3200	
	9,5	630	2500	6500	6200	8,5	1600	5800	14100	10800
	10	2300								
	10,5	7700	9300			9	6600			
MR = 550 PSI	8,5			70	300	7				82
						7,5			130	480
	9		120	340	1300	8	67	270	670	2300
	9,5	120	520	1300	5100	8,5	330	1200	2900	9700
	10	460	1900	4900		9	1400	4900		
	10,5	1600	6500	17400	19100	9,5	5100	18600	11700	
	11	4900								

Nota: Análisis de erosión controlada el diseño; de otro modo el análisis de fatiga controla.

**Tabla XVII. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 3**

### Pavimentos Con Juntas Con Agregados De Trave

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo				
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base			
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR = 650 PSI	7,5	60		250	7,5	320	220 640	510 890	750 1400
	8	130		350	8	610	1100	1500	2500
	8,5	160	640	900	8,5	950	1800	2700	4700
	9	680	1000	1300	9	1500	2900	4600	
	9,5	960	1500	2000	9,5	2300	4700	8000	8700
	10	1300	2100	2800	10	3500			
	10,5	1800	2900	4000	10,5	5300	7700		
	11	2500	4000	5700					
	11,5	3300	5500	7900	9200	11	8100		
	12	4400	7500						
MR = 600 PSI	8	73		310	7			120	440
	8,5	140		380	7,5	67	270	680	1400
	9	160	640	1300	9	370	1100	1500	2500
	9,5	630	1500	2000	9,5	950	1800	2700	4700
	10	1300	2100	2800	10	1500	2900	4600	
	10,5	1800	2900	4000	10,5	2300	4700	8000	8700
	11	2500	4000	5700	11	3500			
		11,5	3300	5500	7900	9200	10,5	5300	7700
	12	4400	7500						
MR = 550 PSI	8	56			7				82
	8,5	70		300	7,5			130	480
	9	120		340	9	67	270	670	2300
	9,5	120	520	1300	9,5	330	1200	2700	4700
	10	460	1900	2800	10	1400	2900	4600	
	10,5	1600	2900	4000	10,5	2300	4700	8000	8700
	12	4400	7500						
	11				11	8100			

Nota: Análisis de erosión controla el diseño, de otro modo el de fatiga controla.

**Tabla XVIII. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 4  
Pavimentos Con Juntas Doveladas**

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 PSI	8			270	7			400		
	8,5	120	340	1300	7,5	240	620	2100		
	9	140	580	1500	5600	8	330	1200	3000	9800
	9,5	570	2300	5900	14700	8,5	1500	5300	12700	41100
	10	2000	8200	18700	25900	9	5900	21400		
10,5	6700	24100	31800	45800	9,5	22500	52000	44900		
11	21600									
11,5	39700	39600			10	45200				
MR = 600 PSI	8,5			300	7					
					7,5			130	490	
	9	120	340	1300	8	270	690	2300		
	9,5	120	530	1400	5200	8,5	340	1300	3000	9900
	10	480	1900	5100	19300	9	1400	5000	1200	
10,5	1600	6500	17500	45900	9,5	5200	18800	45900	40200	
11	4900	21400								
11,5	14500	65000	53800		10	18400				
12	44000									
MR = 550 PSI	9			260	8			130	480	
	9,5		280	1100	8,5	250	620	2100		
	10	390	1100	4000	9	280	1000	2500	8200	
	10,5	320	1400	3600	13800	9,5	1100	3900	9300	30700
	11	1000	4300	11600		10	3800	13600		
11,5	3000	13100	37200	46600	10,5	122400	46200	32900		
12	8200	4000			11	40400				

Nota: Análisis de erosión controla el diseño, de otro modo el análisis de fatiga controla.

**Tabla XIX. TPDC Permissible, Carga Por Eje Categoría 4**

### Pavimentos Con Juntas Agregados De Trave

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante -sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 PSI	8			270	7		100	400		
	8,5	120	340	990	7,5	240	620	910		
	9	140	580	1100	1500	8	330	770	1100	1700
	9,5	570	1200	1600	2300	8,5	720	1300	1900	3100
	10	1100	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10,5	1500	2300	3200	4900	9,5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200					
	11,5	2700	1500	6300	10400	10	2600	5500	9200	17900
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
	13	6300	11100	16800		12	12800			
	14	10800								
MR = 600 PSI	8				7					
	8,5			300	7,5		130	490		
	9		120	340	1300	8		270	690	1700
	9,5	120	530	1400	2300	8,5	340	1300	1900	3100
	10	480	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10,5	1500	2300	3200	4900	9,5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200					
	11,5	2700	4500	6300	10400	10	2600	5500	9200	17900
	12	3600	6100	8800	14900	11	12800			
	13	6300	11100	16800		12	12800			
	14	10800								
MR = 550 PSI	10		390	1100	3400	9	280	1000	2500	5700
	10,5	320	1400	3200	4900	9,5	1100	3400	5500	10200
	12	3600	6100	8800	14900	9,5	1100	3400	5500	10200
	13	6300	11100	16800		12	12800			
	14	10800								

#### 3.4.5. Diseño de la mezcla de concreto

En el diseño de la mezcla de concreto, se utilizaron tablas, que son resultado de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas (ver tablas de la XX a la XXIII).

Al requerir un concreto con una resistencia a la compresión de 4000 Lb/Pig<sup>2</sup> (281Kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de curado, la tabla XX indica un revenimiento máximo de 8 cm., la tabla XXI da una relación agua-cemento de 0.44. Conociendo el revenimiento máximo de la mezcla, se obtiene de la tabla XXIII, la cantidad de agua por metro cúbico de concreto, que para este caso es de 195 Lt/m<sup>3</sup>, utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de 1 pulgada. El porcentaje de arena sobre el agregado total, se obtiene de la tabla XXIV, al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para este caso es de 42%.

#### 3.4.5.1. Pasos para el diseño de la mezcla

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

$$0.44 = \frac{A}{C} \qquad C = \frac{195}{0.44} \qquad C = 443.18 \text{Kg} / \text{m}^3$$

Tomando en consideración que un litro de agua pesa un kilogramo.

- b. Calcular la cantidad de agregado (Ag), restando el peso del agua y cemento (C) del peso total de un metro cúbico de concreto (2400 Kg/m<sup>3</sup>).

$$Ag = Pc - C - A \qquad Ag = 2400 - 443.18 - 195 \qquad Ag = 1761.82 \text{Kg} / \text{m}^3$$



- c. La cantidad de arena (Ar), se obtiene multiplicando el peso total de agregado (Ag) por el porcentaje de arena correspondiente (que en este caso es de 42%, según la tabla XXIII):

$$Ar = Ag * 42\% \quad Ar = 1761.82 * 42\% \quad Ar = 739.96 \text{ Kg/m}^3$$

- d. La cantidad de agregado grueso será, el agregado total menos la cantidad de arena:

$$Agr = Ag - Ar \quad Agr = 1761.82 - 739.96 \quad Agr = 1021.86 \text{ Kg/m}^3$$

Se concluye entonces que la proporción final será:

Cemento:	Arena:	Piedrín:
$\frac{443.18 \text{ Kg}}{443.18 \text{ Kg}}$	$\frac{739.96 \text{ Kg}}{443.18 \text{ Kg}}$	$\frac{1021.86 \text{ Kg}}{443.18 \text{ Kg}}$

$$1 : 1.67 : 2.30$$

Para la fabricación de concreto en obra se deberá tener especial cuidado y supervisión en la dosificación de los componentes, para asegurar que la resistencia requerida del concreto se cumpla. Para este caso se debe usar una medida en volumen, normalmente se usa como estándar la capacidad de una carreta usada para acarreo de materiales, tomando en cuenta que la capacidad de una carreta es de una saco de cemento, esto es  $1 \text{ pie}^3$ .

**Tabla XX. Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto**

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>ASENTAMIENTO (REVENIMIENTO)</b>
Cimiento, muros Columnas, vigas	10 cm.
Pavimentos Losas	8 cm.

**Tabla XXI. Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias**

<b>RESISTENCIA ( Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RELACIÓN AGUA -CEMENTO</b>
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.67

**Tabla XXII. Relación asentamiento-agua-tamaño de agregado grueso**

ASENTAMIENTO (CM.)	Lts. De agua por m3				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 – 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15- 18	240	230	210	205	200

**Tabla XXIII. Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de agua**

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

### **3.5. Diseño hidráulico del drenaje pluvial**

Para el diseño de este pavimento se utilizará el método racional por ser el más común, en nuestro medio, y que arroja resultados confiables que han sido utilizados por profesionales en el campo.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} * 1000$$

Donde:

Q = caudal pluvial en Lts/s.

C = Es el promedio de los coeficientes de escorrentía

i = Intensidad de lluvia dada en mm/hora.

A = Área a drenar dada en hectáreas.

#### **3.5.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño seleccionado es de 20 años, según recomendaciones de INSIVUMEH, cálculos estimados y criterio del diseñador.

#### **3.5.2. Caudal de diseño**

##### **3.5.2.1. Coeficiente de escorrentía**

Para determinar este coeficiente de escorrentía se usará la tabla VII, en donde se detalla los distintos valores de coeficientes usados en Guatemala para distintas clases de materiales. Con esta tabla se determinó que:

C relacionado con el área de casas es de 0.6.

El que se asocia a las áreas verdes es de 0.3. El asociado a las calles es de 0.9 por el hecho que se construirá pavimento en las calles de la colonia.

$$C = \frac{0.5 + 0.25 + 0.85}{3} = 0.53$$

### 3.5.2.2. Intensidad de lluvia

En Villa Nueva no existe estación Pluviográfica que nos permita obtener datos exactos de el comportamiento de las lluvias, por ello, en este caso se tomará, para calcular la intensidad de lluvia los datos de la estación Pluviométrica mas cercana y con condiciones climáticas similares. Dicha estación es la del INSIVUMEH, que es la siguiente:

$$I = \frac{4604}{t + 24}$$

Es de observar que esta ecuación está dada para un periodo de diseño de 20 años.

### 3.5.2.3. Tiempo de Concentración

Para el caso de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de 12 minutos.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por medio de la siguiente expresión:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L_{n-1}}{60 * V_{n-1}}$$

Donde:

$t_n$  = Tiempo de concentración dado en minutos para el tramo actual.

$t_{n-1}$  = Tiempo de concentración ya calculado para el tramo anterior al ahora analizado.

$L_{n-1}$  = Longitud del tramo anterior en metros.

$V_{n-1}$  = Velocidad a sección llena del tramo anterior en m/s.

#### **3.5.2.4. Área de drenaje**

Debe determinarse el tamaño y la forma de la cuenca bajo consideración. El área puede determinarse utilizando planímetros, o en base a los mapas topográficos de altimetría y planimetría. Debe medirse el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y la subárea de drenaje que contribuye cada uno de los puntos de entrada.

En este diseño se consideró la libreta topográfica como principal fuente de información que describe el área de la cuenca en cuestión, la planimetría y altimetría del terreno detallan los accidentes necesarios para el diseño.

Se determinó que el área de la cuenca a drenar es de 8.63 hectáreas, lo que equivale a 86258 m<sup>2</sup>.

#### **3.5.3. Posos de visita**

El detalle de pozo de visita típico se muestra en el área de apéndice. La distancia máxima entre cada pozo de visita es de 100 m. En este diseño se colocaron pozos de vista en los lugares necesarios para cumplir con las

especificaciones de alcantarillado, de modo que el sistema de drenaje pluvial funcione de la mejor manera posible en su tiempo de vida útil.

#### **3.5.4. Línea de conducción**

La línea de conducción de este proyecto va desde la 1era calle y 13 avenidas de la zona 4, colonia La Arada, de Villa Nueva, pasando por las principales calles y avenidas, recolectando el agua de lluvia, hasta la desembocar en una línea principal que conduce el agua pluvial de la zona central de villa nueva.

Este diseño de drenaje pluvial estará compuesto por tubos que van desde 8 pulgadas, hasta 27 pulgadas de diámetro, de tipo Novaloc, para drenajes, fabricados por Amanco.

#### **3.5.5. Lugar de desfogue**

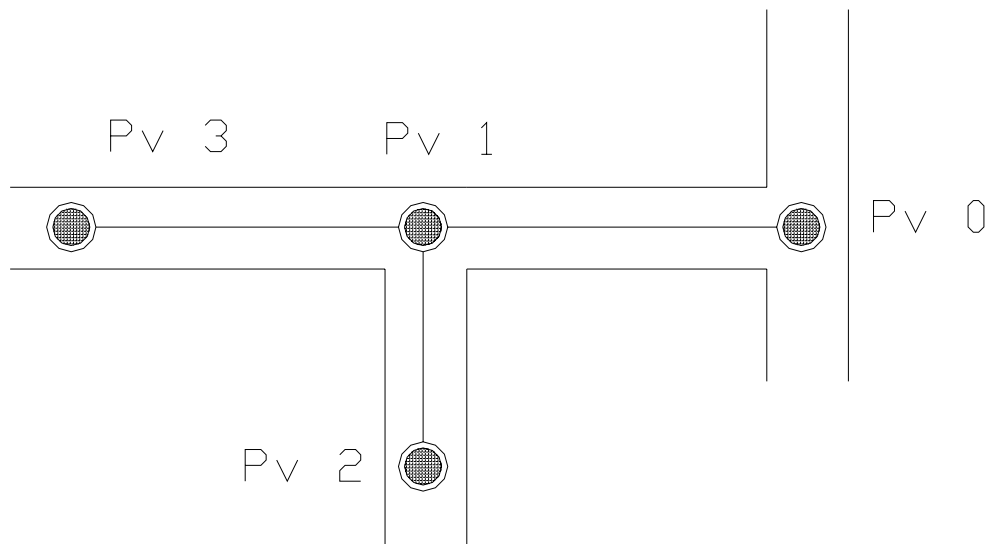
Las aguas de lluvia recolectadas por la línea de conducción aquí detallada desembocaran en el pozo de visita que está sobre la 15 avenida y 2da. calle "D" de la colonia en cuestión, posteriormente será conducida por un sistema de recolección principal que descarga el agua de lluvia en el río Platanito. Estos detalles se muestran en los planos constructivos mostrados en el apéndice.

### 3.5.6. Calculo hidráulico de alcantarilla

#### 3.5.6.1. Ejemplo

En este ejemplo se describe una pequeña parte de los cálculos para el drenaje pluvial, de la Colonia La Arada.

Figura 5. Esquema drenaje pluvial



Es necesario tener todos los datos antes de calcular, entre los datos necesarios están:

Pendientes del terreno:

Pv 0 - Pv 1 -----	-0.82%
Pv 2 - P 1 -----	-1.31%
Pv1 - P 3 -----	0.36%



Seguidamente tomamos en cuenta las áreas a drenar para cada tramo midiéndolas y pasando su equivalente a Hectáreas, formando así las áreas tributarias para cada tramo.

Debemos tomar en cuenta el área del terreno, el área de las calles y el área verde.

### Esquema áreas tributarias

	Área Casas	Áreas Verdes	Área de calle
Pv 0 - Pv 1 -----	0.0988	0.1481	0.0604
Pv 2 - P 1 -----	0.1367	0.2051	0.0373
Pv1 - P 3 -----	0.0933	0.1400	0.0163

El área de las casas, se toma como un porcentaje del área tributaria así como el área verde de las casas, y a que en el municipio existe área verde extensa dentro de las casas.

El área de las calles, se toma multiplicando la longitud de la calle por su ancho.

Debemos asignarle un coeficiente C a cada área que tengamos en este caso se asigno:

C = 0.50 al área de casas

C = 0.25 al área verde

C = 0.85 al área de las calles por que serán de concreto

Se calcular la intensidad de lluvia, con la ecuación más próxima al lugar en estudio.

$$I = \frac{4604}{t + 24}$$

Esta tiene una frecuencia duración de veinte años, no esta de más mencionar que en tramos iniciales se toma un tiempo de 12 minutos y en tramos secundarios se debe calcular el tiempo de concentración con la ecuación:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{l_{n-1}}{60 * V_{n-1}}$$

Teniendo todos estos datos podemos empezar a calcular

### Tramo Pv 0 – Pv 1

Datos:

Área = 0.3073

Distancia = 87.42 m

Pendiente del terreno = -0.82%

El coeficiente C promedio = 0.53

Por ser tramo inicial no se calcula el tiempo de concentración.

Intensidad:

$$i = \frac{4604}{12 + 24} = 127.89 \text{ mm / h}$$

Encontrando el caudal de diseño Pluvial Tenemos  $Q = \frac{C * I * A}{360} * 1000$

$$Q_{\text{DiseñoPluvial}} = \frac{0.53 * 127.89 \text{ mm / h} * 0.3073 \text{ ha}}{360} * 1000 = 583.23 \text{ l / seg}$$

Ahora calculamos la velocidad a sección llena con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{0.003429}{C} * (\theta)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V: velocidad a sección llena, en m/s.

$\theta$ : diámetro de la tubería, en pulgadas.

S: Pendiente de la tubería, en porcentaje.

$$V = \frac{0.003429}{0.01} (12)^{\frac{2}{3}} (0.2\%)^{\frac{1}{2}} = 0.80 \text{ m/s}$$

A continuación calculamos el caudal a sección llena:  $Q = V * A$ , donde la velocidad es en m/s y el área es en metros cuadrados.

$$Q = 0.80 * \pi * \left(\frac{12}{2} * 0.0254\right)^2 * 1000 = 58.65 \text{ lts/s}$$

Luego se calcula relación  $\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q}$

$$\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q} = \frac{58.23}{58.65} = 0.992926$$

El dato anterior se busca en las tablas de los anexos que contienen los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular y comparamos la relación de tirantes  $\frac{d}{D} = 0.8130$ , nos damos cuenta que es menor que 0.90.

A continuación buscamos en la misma fila la relación de velocidades para calcular la velocidad de flujo, de la siguiente manera.

$$\frac{v}{V} = 1.140033 \rightarrow v = V * 1.140033 \rightarrow v = 1.140033 * 0.80 = 0.92m / s$$

### Tramo Pv 2 – Pv 1

Datos:

Área = 0.3791 ha

Distancia = 73.50 m

Pendiente de terreno = -1.31%

Coeficiente C = 0.53

Por ser tramo inicial el tiempo de concentración es de 12 minutos

Intensidad:

$$i = \frac{4604}{12 + 24} = 127.89 \text{ mm} / h$$

Encontrando el caudal de diseño Pluvial Tenemos

$$Q_{\text{DiseñoPluvial}} = \frac{0.53 * 127.89 \text{ mm} / h * 0.3791 \text{ ha}}{360} * 1000 = 71.82l / \text{seg}$$

Ahora calculamos la velocidad a sección llena con la fórmula de Maning.

$$V = \frac{0.003429}{0.01} (12)^{\frac{2}{3}} (0.3\%)^{\frac{1}{2}} = 0.98m / s$$

A continuación calculamos el caudal a sección llena:

$$Q = 0.98 * \pi * \left(\frac{12}{2} * 0.0254\right)^2 * 1000 = 71.83 \text{ lts} / s$$

Luego se calcula relación  $\frac{Q_{diseño}}{Q}$

$$\frac{Q_{diseño}}{Q} = \frac{71.82}{71.83} = 0.999890$$

El dato anterior se busca en las tablas de los anexos que contienen los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular y comparamos la relación de tirantes  $\frac{d}{D} = 0.8190$ ,

A continuación buscamos en la misma fila la relación de velocidades para calcular la velocidad de flujo, de la siguiente manera.

$$\frac{v}{V} = 1.1399 \rightarrow v = V * 1.1399 \rightarrow v = 0.98 * 1.1399 = 1.12m/s$$

### **Tramo Pv 1 – Pv 3**

Datos:

Área = 0.9361

Distancia = 100.4 m.

Pendiente del terreno = 0.36%

El coeficiente C promedio = 0.53

Como no es tramo inicial se calcula el tiempo de concentración y cuando se conecten dos o mas tuberías se debe calcular el tiempo de concentración con base en cada tramo anterior, y se toma el mayor de ellos como tiempo de concentración para el tramo.

Calculando el tiempo de concentración para el tramo Pv 0 - Pv 1 tenemos:

$$t_{1-3} = 12 + \left( \frac{87.42 \text{mts}}{60 * 0.80 \text{m/s}} \right) = 13.81 \text{ min.}$$

Calculando el tiempo de concentración para el tramo Pv 1 – Pv 3 tenemos:

$$t_{1-3} = 12 + \left( \frac{73.50 \text{mts}}{60 * 0.98 \text{m/s}} \right) = 13.24 \text{ min.}$$

Dado que utilizamos el tiempo de concentración mayor, entonces el tiempo de concentración a utilizar es 13.81 min. Por tanto la intensidad de lluvia nos queda de la siguiente manera:

$$i = \frac{4604}{13.81 + 24} = 121.76 \text{ mm/h}$$

El área total la debemos de ir acumulando:

$$A_t = A_{0-1} + A_{2-1} + A_{1-3} = 0.3073 \text{ha} + 0.3791 \text{ha} + 0.0.2867 \text{ha} = 0.9361 \text{ha}$$

Encontrando el caudal de diseño Pluvial Tenemos

$$Q_{\text{Diseño Pluvial}} = \frac{0.53 * 121.76 \text{mm/h} * 0.9361 \text{ha}}{360} * 1000 = 168.13 \text{l/seg}$$

Ahora calculamos la velocidad a sección llena con la fórmula de Maning.

$$V = \frac{0.003429}{0.01} (15)^{\frac{2}{3}} (0.5\%)^{\frac{1}{2}} = 1.47 \text{m/s}$$

A continuación calculamos el caudal a sección llena:

$$Q = 1.47 * \pi * \left(\frac{15}{2} * 0.0254\right)^2 * 1000 = 168.131 \text{ lts / s}$$

Luego se calcula relación

$$\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q} = \frac{219.91}{231.7141} = 1.057032$$

El dato anterior se busca en las tablas de los anexos que contienen los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, y comparamos la relación de tirantes

$$\frac{d}{D} = 0.8840,$$

A continuación buscamos en la misma fila la relación de velocidades para calcular la velocidad de flujo, de la siguiente manera.

$$\frac{v}{V} = 1.1299 \rightarrow v = V * 1.1299 \rightarrow v = 1.92 * 1.1299 = 2.17 \text{ m / s}$$

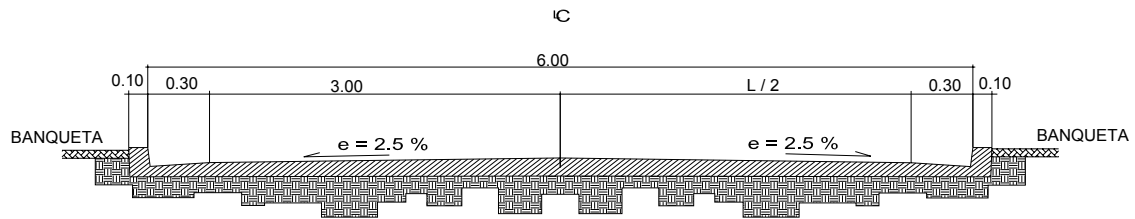
En las siguientes tablas se mostrará el resultado de los cálculos del diseño de drenaje pluvial para la colonia "La Arada".

### 3.5.7. Cálculo de tragante

#### Datos de diseño

Longitud entre tragantes	87.42m
Ancho de la calle	6 m
Pendiente transversal o bombeo de calle	2.5%
Pendiente longitudinal de la calle	= 0.82 %
Superficie de adoquín C	= 0.55

**Figura 6. Diseño de tragante tramo 1, de pozo 0 a 1**



Nota: no se detallarán algunas formulas, dado que se describieron en los cálculos anteriores.

Calculando la intensidad de lluvia:

$$i = \frac{4604}{12 + 24} = 127.89 \text{ mm / h}$$

Calculando el área:

$$A = \frac{(87.42 * 6)}{10,000} = 0.052 \text{ ha}$$

Calculando el caudal:

$$Q = \frac{0.55 * 127.89 \text{ mm / hora} * 0.052}{360} = 0.011 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Convirtiendo el caudal a ft<sup>3</sup>/seg, (1m<sup>3</sup>=35.3146ft<sup>3</sup>).

$$0.011 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 0.3885 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg}}$$

Calcular la altura “y” del flujo en el tragante; Por Manning

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

$$A = \frac{1}{2} (3 * y)$$



$$V = \frac{1}{n} * \left( \frac{A}{Pm} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Pm = y + \sqrt{y^2 + 3^2}$$

$$A * V = \frac{1}{n} * \left( \frac{A}{Pm} \right)^{2/3} * S^{1/2} * A$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left( \frac{0.5 * (3 * y)}{y + \sqrt{y^2 + 3^2}} \right)^{2/3} * S^{1/2} * (0.5 * 3 * y)$$

Sustituyendo Datos

$$0.011 \frac{m^3}{seg} = \frac{1}{0.025} * \left( \frac{1.5y}{y + \sqrt{y^2 + 9}} \right)^{2/3} * (0.0082)^{1/2} * 1.5y$$

Despejando "y" de la ecuación  $y = 3.11cm$

Determinando la longitud de la entrada del tragante

$$Q = 0.7 * l(a + y)^{3/2}$$

$$l = \frac{Q}{0.7(a + y)^{3/2}}$$

Donde:

a: 10cm (0.33 Pie) Depresión en la entrada del

tragante

y: 3.11 cm (0.10 Pie) Altura de flujo en el

tragante

Q: 0.3885 ft<sup>3</sup>/seg Caudal

Sustituyendo datos en la ecuación

$$l = \frac{0.3885 \frac{ft^3}{seg}}{0.7(0.3280 + 0.1)^{3/2}} = 1.98 ft = 0.60mts$$

Nota: Este es el caso de un tragante en el tramo inicial, los tragantes que están en tramos posteriores son como el detallado en los planos.

TABLA 24. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL

Tramo No.	de P.V.	A P.V.	TERRENO				Area a drenar			Coeficiente C			Tiempo de concentración	Inten. Mm/hora	Pendiente de tubería; %	Diámetro; Pulg.
			Cota de inicio	Cota final	Dist. Horiz.	pendiente	A 1; casas	A 2; verdes	A 3; calles	C1	C2	C3				
1	0	1	100,00	100,72	87,42	-0,82%	0,0988	0,1481	0,0604	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	12
2	2	1	99,76	100,72	73,50	-1,31%	0,1367	0,2051	0,0373	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,30%	12
3	1	3	100,72	100,36	100,36	0,36%	0,0933	0,1400	0,0163	0,5	0,3	0,85	13,81	121,758	0,50%	15
4	4	3	99,06	100,36	88,44	-1,47%	0,1124	0,1686	0,0449	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	12
5	3	37	100,36	99,97	83,08	0,47%	0,0918	0,1377	0,0572	0,5	0,3	0,85	18,06	109,466	0,30%	18
6	37	35	99,97	98,24	71,30	2,43%	0,0943	0,1414	0,0405	0,5	0,3	0,85	19,13	106,741	0,20%	27
7	36	35	98,73	98,24	39,28	1,25%	0,0497	0,0746	0,0283	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,40%	8
8	35	32	98,24	97,61	36,05	1,75%	0,0407	0,0611	0,0212	0,5	0,3	0,85	19,89	104,906	0,30%	27
9	32	33	97,61	97,75	31,87	-0,44%	0,0168	0,0252	0,0377	0,5	0,3	0,85	20,24	104,063	0,90%	27
10	33	33,1	97,75	96,31	60,00	2,40%	0,0416	0,0624	0,0358	0,5	0,3	0,85	20,42	103,638	1,10%	27
11	33,1	34	96,31	95,81	35,81	1,40%	0,0315	0,0473	0,0344	0,5	0,3	0,85	20,73	102,922	1,20%	27
0	34	DES	95,81	95,58	13,15	1,75%	0,0000	0,0000	0,0000	0,5	0,3	0,85	20,91	102,518	1,00%	27
12	0	21	100,00	99,25	35,43	2,12%	0,0733	0,1099	0,0165	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	1,30%	8
13	22	22,1	100,25	99,83	55,00	0,76%	0,0464	0,0696	0,0222	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,30%	8
14	22,1	21	99,83	99,25	66,00	0,88%	0,0496	0,0745	0,0304	0,5	0,3	0,85	13,22	123,696	0,80%	8
15	21	19	99,25	98,61	32,16	1,99%	0,0479	0,0718	0,0168	0,5	0,3	0,85	14,12	120,787	1,80%	10
16	20	20,1	99,34	98,97	44,20	0,84%	0,0456	0,0684	0,0180	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,30%	8
17	20,1	19	98,97	98,61	60,00	0,60%	0,0679	0,1018	0,0259	0,5	0,3	0,85	12,98	124,498	1,00%	10
18	19	17	98,61	97,86	58,72	1,28%	0,0859	0,1289	0,0414	0,5	0,3	0,85	14,75	118,828	1,00%	15
19	18	17	98,42	97,86	66,10	0,85%	0,1438	0,2157	0,0336	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,80%	10
20	17	16	97,86	97,64	15,45	1,42%	0,0102	0,0153	0,0135	0,5	0,3	0,85	15,52	116,501	1,20%	15
21	16	10	97,64	97,24	26,63	1,50%	0,0147	0,0221	0,0181	0,5	0,3	0,85	15,63	116,17	1,40%	15
22	10	9	97,24	96,97	26,94	1,00%	0,0518	0,0777	0,0173	0,5	0,3	0,85	15,81	115,645	1,50%	15
23	9	9,1	96,97	97,13	70,80	-0,23%	0,0444	0,0665	0,0253	0,5	0,3	0,85	15,99	115,136	0,70%	18
24	9,1	8	97,13	97,26	60,00	-0,22%	0,0714	0,1072	0,0312	0,5	0,3	0,85	16,59	113,438	0,50%	18
25	8	23	97,26	96,99	50,15	0,54%	0,0443	0,0664	0,0203	0,5	0,3	0,85	17,19	111,784	0,45%	24
26	23	27	96,99	97,26	16,84	-1,60%	0,0061	0,0092	0,0120	0,5	0,3	0,85	17,62	110,611	0,40%	24
27	27	28	97,26	97,48	32,27	-0,68%	0,0259	0,0388	0,0176	0,5	0,3	0,85	17,78	110,199	0,40%	24
28	28	29	97,48	97,3	12,81	1,41%	0,0136	0,0204	0,0084	0,5	0,3	0,85	18,08	109,418	0,50%	24

TABLA 25. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL. (CONTINUACIÓN)

Tramo No.	de P.V.	A P.V.	Seccion llena (Manning)		q/Q	d/D	v/V	Caudal	velocidad	profundidad		Cota Invert		No. De pozo	Prof de pozo de visita
			Vel. (m/seg)	Q. (Lts/seg)						inicial	final	inicio	final		
1	0	1	0,80	58,65	0,99293	0,8130	1,1400	58,23	0,92	1,30	2,20	98,70	98,52	1	2,35
2	2	1	0,98	71,83	0,99989	0,8190	1,1400	71,82	1,12	1,20	2,39	98,56	98,33	2	1,35
3	1	3	1,47	168,13	1,00428	0,8230	1,1398	168,85	1,68	2,46	2,60	98,26	97,76	3	2,83
4	4	3	0,80	58,65	1,05257	0,8770	1,1319	61,73	0,91	1,20	2,68	97,86	97,68	4	1,35
5	3	37	1,29	211,77	1,18587	0,9000	1,1243	251,13	1,45	2,73	2,59	97,63	97,38	37	6,85
6	37	35	1,38	509,80	1,19111	0,9000	1,1243	607,22	1,55	6,70	5,12	93,27	93,12	35	5,30
7	36	35	0,87	28,13	1,02830	0,8470	1,1379	28,93	0,99	1,10	0,77	97,63	97,47	36	1,25
8	35	32	1,69	624,37	1,02443	0,8430	1,1383	639,62	1,92	5,15	4,62	93,09	92,99	32	4,77
9	32	33	2,93	1081,44	1,19361	0,9000	1,1243	1290,82	3,29	4,62	5,05	92,99	92,70	33	5,23
10	33	33,1	3,24	1195,58	1,09321	0,9000	1,1243	1307,02	3,64	5,08	4,30	92,67	92,01	33,1	4,48
11	33,1	34	3,38	1248,74	1,05325	0,8780	1,1317	1315,24	3,83	4,33	4,26	91,98	91,55	34	4,41
0	34	DES	3,09	1139,94	1,14924	0,9000	1,1243	1310,07	3,47	4,29	4,19	91,52	91,39	DES	4,04
12	0	21	1,56	50,71	0,74611	0,6430	1,0959	37,84	1,71	1,20	0,91	98,80	98,34	21	1,13
13	22	22,1	0,75	24,36	1,07519	0,9000	1,1243	26,19	0,84	1,20	0,95	99,05	98,88	22	1,35
14	22,1	21	1,23	39,78	1,34870	0,9000	1,1243	53,66	1,38	0,98	0,93	98,85	98,32	22,1	1,13
15	21	19	2,14	108,20	1,04040	0,8610	1,1356	112,57	2,42	0,98	0,92	98,27	97,69	19	1,19
16	20	20,1	0,75	24,36	1,02697	0,8460	1,1380	25,02	0,85	1,10	0,87	98,24	98,10	20	1,25
17	20,1	19	1,59	80,65	0,74938	0,6450	1,0969	60,43	1,75	0,92	1,16	98,05	97,45	20,1	1,07
18	19	17	2,09	237,77	0,89802	0,7400	1,1313	213,52	2,36	1,04	0,88	97,57	96,98	17	1,03
19	18	17	1,42	72,13	1,03259	0,8520	1,1371	74,48	1,62	1,25	1,22	97,17	96,64	18	1,40
20	17	16	2,28	260,46	1,09007	0,9000	1,1243	283,92	2,57	0,88	0,85	96,98	96,79	16	1,03
21	16	10	2,47	281,33	1,03994	0,8600	1,1358	292,57	2,80	0,88	0,85	96,76	96,39	10	1,03
22	10	9	2,55	291,21	1,08655	0,9000	1,1243	316,41	2,87	0,88	1,01	96,36	95,96	9	1,24
23	9	9,1	1,97	323,49	1,04566	0,8680	1,1341	338,26	2,23	1,09	1,74	95,88	95,39	9,1	1,92
24	9,1	8	1,67	273,39	1,34796	0,9000	1,1243	368,52	1,87	1,77	2,20	95,36	95,06	8	2,38
25	8	23	1,91	558,58	1,02873	0,8480	1,1378	574,62	2,18	2,23	2,19	95,03	94,80	23	2,37
26	23	27	1,80	526,63	1,08819	0,9000	1,1243	573,08	2,03	2,22	2,56	94,77	94,70	27	2,74
27	27	28	1,80	526,63	1,10964	0,9000	1,1243	584,37	2,03	2,59	2,94	94,67	94,54	28	3,12
28	28	29	2,02	588,79	0,99713	0,8170	1,1400	587,10	2,30	2,97	2,85	94,51	94,45	29	3,03

TABLA 26. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL (CONTINUACIÓN)

Tramo No.	de P.V.	A P.V.	TERRENO				Area a drenar			Coeficiente C			Tiempo de concentración	Inten. Mm/hora	Pendiente de tubería: %	Diámetro; Pulg.
			Cota de inicio	Cota final	Dist. Horiz.	pendiente	A 1; casas	A 2; verdes	A 3; calles	C1	C2	C3				
29	31	29	98,10	97,3	37,96	2,11%	0,0208	0,0312	0,0177	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	1,40%	8
30	29	30	97,30	96,78	40,45	1,29%	0,0225	0,0337	0,0243	0,5	0,3	0,85	18,47	108,414	0,50%	24
31	30	32	96,78	97,61	34,57	-2,40%	0,0162	0,0243	0,0145	0,5	0,3	0,85	18,80	107,568	0,60%	24
32	31	32	98,10	97,61	37,35	1,31%	0,0775	0,1163	0,0240	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,50%	8
33	45	43	95,49	95,63	18,36	-0,76%	0,0378	0,0568	0,0203	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,30%	8
34	44	43	95,28	95,63	74,40	-0,47%	0,0688	0,1033	0,0880	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	12
35	43	41	95,63	96,34	45,19	-1,57%	0,0652	0,0978	0,0350	0,5	0,3	0,85	13,54	122,634	0,20%	15
36	42	41	96,14	96,34	80,07	-0,25%	0,0395	0,0593	0,0904	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	10
37	41	39	96,34	97,21	45,38	-1,92%	0,0502	0,0753	0,0390	0,5	0,3	0,85	15,42	116,801	0,20%	18
38	40	39	97,00	97,21	72,86	-0,29%	0,1207	0,1810	0,0877	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,30%	12
39	39	39,1	97,21	98,45	47,77	-2,60%	0,0933	0,1400	0,0550	0,5	0,3	0,85	16,65	113,256	0,20%	24
40	39,1	38	98,45	99,74	60,00	-2,15%	0,0697	0,1046	0,0630	0,5	0,3	0,85	17,28	111,544	0,20%	24
41	38	37	99,74	99,97	58,16	-0,40%	0,0545	0,0817	0,0371	0,5	0,3	0,85	18,06	109,466	0,20%	24
42	10	11	97,24	97,58	93,39	-0,36%	0,039053	0,058579	0,05278	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	10
43	15	14	99,90	98,82	34,53	3,13%	0,093751	0,140626	0,00753	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	2,60%	8
44	14	12	98,82	98,63	14,64	1,30%	0,051007	0,07651	0,01706	0,5	0,3	0,85	12,26	126,971	1,80%	10
45	13	12	98,86	98,63	33,20	0,69%	0,027756	0,041634	0,00712	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	8
46	12	11	98,63	97,58	41,01	2,56%	0,059313	0,08897	0,02037	0,5	0,3	0,85	13,16	123,889	2,30%	10
47	11	7	97,58	97,4	43,21	0,42%	0,021629	0,032444	0,02056	0,5	0,3	0,85	13,45	122,952	0,40%	15
48	5	6	98,82	97,68	79,98	1,43%	0,068164	0,102246	0,03735	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	1,00%	8
49	6	7	97,68	97,4	23,46	1,19%	0,011393	0,017089	0,00803	0,5	0,3	0,85	12,97	124,527	1,10%	8
50	7	8	97,40	97,26	22,49	0,62%	0,013793	0,020689	0,01048	0,5	0,3	0,85	13,72	122,066	0,30%	18
51	24	25	96,67	96,35	52,81	0,61%	0,033391	0,050086	0,03626	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	10
52	25	26	96,35	96,55	31,45	-0,64%	0,024392	0,036588	0,01385	0,5	0,3	0,85	13,24	123,642	0,20%	10
53	27	26	96,55	96,55	53,87	0,00%	0,024866	0,0373	0,02826	0,5	0,3	0,85	12,00	127,889	0,20%	10
54	26	30	96,55	96,78	32,77	-0,70%	0,021146	0,031719	0,01284	0,5	0,3	0,85	14,50	119,591	0,20%	10

TABLA 27. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL. (CONTINUACIÓN)

Tramo No.	de P.V.	A P.V.	Seccion llena (Manning)							profundidad		Cota Invert		No. De pozo	Prof de pozo de visita	
			Vel. (m/seg)	Q. (Lts/seg)	q/Q	d/D	v/V	Caudal	velocidad	inicial	final	inicio	final			
29	31	29	1,62	52,63	0,25055	0,3410	0,8315	13,19	1,35	1,20	0,93	96,90	96,37		30	2,74
30	29	30	2,02	588,79	1,02891	0,8480	1,1378	605,81	2,30	2,88	2,56	94,42	94,22		32	4,77
31	30	32	2,21	644,99	1,03218	0,8510	1,1373	665,74	2,51	2,59	3,63	94,19	93,98		31	1,35
32	31	32	0,97	31,45	1,31151	0,9000	1,1243	41,25	1,09	1,20	0,90	96,90	96,71		0	0,00
33	45	43	0,75	24,36	0,89348	0,7370	1,1306	21,77	0,85	1,00	1,20	94,49	94,43		45	1,15
34	44	43	0,80	58,65	0,84035	0,7010	1,1201	49,28	0,90	1,10	1,60	94,18	94,03		44	1,25
35	43	41	0,93	106,33	0,97913	0,8010	1,1398	104,11	1,06	1,68	2,48	93,95	93,86		43	1,83
36	42	41	0,71	36,07	0,99376	0,8140	1,1400	35,84	0,81	1,05	1,41	95,09	94,93		42	1,20
37	41	39	1,05	172,91	0,92738	0,7610	1,1355	160,35	1,20	2,51	3,47	93,83	93,74		41	2,66
38	40	39	0,98	71,83	1,02736	0,8460	1,1380	73,79	1,12	1,10	1,53	95,90	95,68		39	3,65
39	39	39,1	1,28	372,38	0,72293	0,6300	1,0893	269,21	1,39	3,50	4,84	93,71	93,61		39,1	5,02
40	39,1	38	1,28	372,38	0,81732	0,6870	1,1150	304,36	1,42	4,87	6,28	93,58	93,46		38	6,31
41	38	37	1,28	372,38	0,87760	0,7260	1,1278	326,80	1,44	6,31	6,65	93,43	93,32		37	6,85
42	10	11	0,71	36,07	0,79015	0,6700	1,1083	28,50	0,79	1,05	1,58	96,19	96,00		10	1,03
43	15	14	2,21	71,72	0,63906	0,5800	1,0599	45,83	2,34	1,00	0,82	98,90	98,00		11	1,76
44	14	12	2,14	108,20	0,67191	0,6000	1,0724	72,70	2,29	0,85	0,92	97,97	97,71		14	1,00
45	13	12	0,61	19,89	0,72875	0,6330	1,0909	14,50	0,67	1,20	1,04	97,66	97,59		12	1,22
46	12	11	2,41	122,30	0,94789	0,7760	1,1377	115,93	2,75	1,07	0,96	97,56	96,62		13	1,35
47	11	7	1,32	150,38	1,03769	0,8580	1,1361	156,05	1,50	1,61	1,60	95,97	95,80		7	1,78
48	5	6	1,37	44,48	0,88499	0,7310	1,1291	39,36	1,55	1,20	0,86	97,62	96,82		5	1,35
49	6	7	1,44	46,65	0,96602	0,7900	1,1391	45,06	1,64	0,89	0,87	96,79	96,53		6	1,04
50	7	8	1,29	211,77	0,97854	0,8000	1,1397	207,23	1,47	1,63	1,56	95,77	95,70		8	2,38
															15	1,15
51	24	25	0,71	36,07	0,62900	0,5750	1,0566	22,69	0,75	1,25	1,04	95,42	95,31		24	1,40
52	25	26	0,71	36,07	0,98818	0,8090	1,1401	35,64	0,81	1,07	1,33	95,28	95,22		25	1,22
53	27	26	0,71	36,07	0,47502	0,4850	0,9870	17,13	0,70	1,25	1,36	95,30	95,19		26	1,54
54	26	30	0,71	36,07	1,72280	0,9000	1,1243	62,13	0,80	1,39	1,69	95,16	95,09		27	1,40

### **3.6. Elaboración de planos**

Los planos fueron elaborados con los datos de la libreta de campo obtenida en el levantamiento topográfico. Los planos se pueden apreciar en la sección de anexos.

### **3.7. Diagrama de Gantt para la construcción de Pavimento**

La construcción del pavimento se hará en 4 fases, esto después de haber construido el drenaje pluvial.

Las calles que forman parte de cada fase fueron estratégicamente seleccionadas para evitar el menor tráfico posible dentro de la colonia, evitar molestias a los habitantes y atrasos en la construcción de dicho pavimento.

La construcción del pavimento está programada para durar 105 días hábiles, con un horario de trabajo de 8 horas de lunes a viernes y los sábados medio día. Se recomienda construir del lunes 9 de enero de 2007 al 14 de mayo del mismo año (durará 4 meses y 5 días calendario). Se propone este tiempo, porque es la fecha en la cual el clima no dificultaría el proceso constructivo, no así en los meses de época de lluvia.

Las fases y orden de Construcción se detallan en los planos y en la barra de diagrama de Gantt que está en la parte de los Anexos.

### **3.8. Elaboración de presupuesto**

#### **3.8.1. Presupuesto de pavimento**

Ancho promedio de calle: 6 m.

Longitud de la calle: 2729m.

Área en metros cuadrados: 16374 m<sup>2</sup>.

**Tabla XXVIII. Presupuesto de pavimento rígido**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO EN Q
EXCAVACIÓN	M <sup>3</sup>	4,903.00	30	147,090.00
ACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE	M <sup>2</sup>	16,374.00	3.1	50,759.40
CAPA DE BASE GRANULAR DE 0.15 M.	M <sup>3</sup>	2,456.10	121.44	298,268.78
CAPA DE RODADURA DE 0,14 CMS, CONCRETO TIPO 4,000 PSI	M <sup>3</sup>	2,292.36	131.04	300,390.85
TRANSPORTE DE MAQUINARIA	GLOBAL	1.00	22,040.00	22,040.00
BORDILLO DE 30 * 10 CMS.	MI	5,458.00	60	327,480.00
CORTE Y RELLENO DE JUNTAS	MI	6,822.50	9	61,402.50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,207,431.54</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	GLOBAL	1	1,560,000.00	<b>1,560,000.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2,767,431.54</b>
PRECIO POR M2	M <sup>2</sup>	<b>16374</b>		<b>169.01</b>

### 3.7.2. Presupuesto de drenaje pluvial

**Tabla XXIX. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio de dimensiones de 3 m. de altura, brocal de 1 m. y diámetro de 1.20 m.**

Núm.	Componentes	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Q)	Monto de inversión (Q)
1	Arena	1.52	m	5	7.6
2	Piedrín	0.45	m	160	72
3	Cemento	18.57	sacos	45	835.65
4	Hierro 3/4" (escalones)	2	varillas	73.33	146.66
5	Hierro 1/2"	3.61	varillas	30.91	111.5851
6	Hierro 3/8"	1.87	varillas	18.92	35.3804
7	Hierro 1/4"	1.38	varillas	7.18	9.9084
8	Alambre de amarre	2.06	libras	4	8.24
9	Madera	30	pie tabla	3.75	112.5
10	Madera para 3'*4'*0.23	15	pie tabla	3.9	58.5
11	Clavos de 3"	3	libras	2.75	8.25
12	Clavo de 4"	2	libras	2.75	5.5
13	Ladrillo tayuyo de 0.05*0.11*0.23	984	ladrillos	1.25	1230
	<b>Total</b>				<b>2,641.77</b>



**Tabla XXX. Presupuesto de materiales para la línea de conducción del sistema de drenaje pluvial**

<b>Num</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Monto de inversión (Q)</b>
1	Tubo de Ø 8"	96	Tubo	495.30	47,548.80
2	Tubo de Ø 10"	104.00	Tubo	650.58	67,660.32
3	Tubo de Ø 12"	73	Tubo	854.91	62,408.43
4	Tubo de Ø 15"	59	Tubo	1,282.37	75,659.83
5	Tubo de Ø 18"	52	Tubo	1,672.75	86,983.00
6	Tubo de Ø 24"	65	Tubo	2,899.26	188,451.90
7	Tubo de Ø 27"	44	Tubo	2,568.56	113,016.64
8	Copla de Ø 27"	42	Copla	435.92	18,308.64
	<b>Total</b>				<b>660,037.56</b>

**Tabla XXXI. Presupuesto de materiales para un tragante.**

<b>Num.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>unitario (Q)</b>	<b>inversión (Q)</b>
1	<b>Base brocal y tapadera</b>				
2	Hierro ½	0.36	qq	231.88	83.48
3	Hierro ¼	0.2	qq	215.53	43.11
4	Hierro 3/8	0.4	qq	246.07	98.43
5	Hierro de ¾	0.15	qq	220.20	33.03
6	Poliducto	0.24	MI	0.75	0.18
7	Piedrín	0.27	M <sup>3</sup>	160.00	43.20
8	<b>Levantado y repello</b>				
9	Cemento	4.25	Saco	38.00	161.50
10	Arena	0.57	M <sup>3</sup>	145.00	82.65
11	Ladrillo	480	U	2.90	1392.00
	<b>TOTAL</b>				<b>1,937.57</b>

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

<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mano de obra calificada(Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
1	Excavación	8.23	m3	25	205.75
2	Formaleta	14.15	m2	15	212.25
3	Armadura y fundición	1	m3	100	100.00
4	Desencofrado	14.5	m2	4	58.00
5	Armadura y fundición de la tapadera	1	u	20	20.00
	<b>Total</b>				<b>596.00</b>

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

<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
1	Excavación	2.50	M <sup>3</sup>	40.00	100.00
2	Nivelación de zanja	1.00	MI	4.00	4.00
3	Colocación de tubo (promedio)	1.00	MI	25.00	25.00
4	Relleno y compactación	2.50	M <sup>3</sup>	35.00	87.50
	<b>Total</b>				<b>216.50</b>

**Tabla XXXIV. Presupuesto de mano de obra para un tragante<**

<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mano de obra calificada</b>	<b>Total (Q)</b>
1	Excavación	2.1	M <sup>3</sup>	25.00	52.50
2	Formaleta	13	M <sup>2</sup>	15.00	195.00
3	Armadura y fundición	2	M <sup>3</sup>	100.00	200.00
4	Desencofrado	13	M <sup>2</sup>	4.00	52.00
5	Armadura y fundición de la tapadera	1	U	35.00	35.00
	<b>Total</b>				<b>534.50</b>

**Tabla XXXV. Presupuesto de materiales para el sistema de alcantarillado**

<b>núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio(Q)/u</b>	<b>Total (Q)</b>
1	Pozo de visita promedio	45	U	2,641.77	118,879.65
2	Línea de conducción	1	total	660,037.56	660,037.56
3	Tragante	42	U	1,937.57	81,377.94
	<b>Total</b>				<b>860,295.15</b>

**Tabla XXXVI. Presupuesto de mano de obra para la del sistema de alcantarillado**

<b>núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mano de obra (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
1	Topografía trazo y nivelación	2729	ML	7.00	19,103.00
2	Pozo de visita promedio	45	U	596.00	26,820.00
3	Colocación de tubería de	2729	ML	216.50	590,828.50
4	Tragante	42	U	534.50	22,449.00
	<b>Total</b>				<b>659,200.50</b>

**Tabla XXXVII. Resumen de presupuesto**

<b>Num</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
1	Mano de obra	total	Q659,200.50
2	Materiales	total	Q860,295.15
<b>3</b>	<b>total</b>		<b>Q1,519,495.65</b>

**Nota:**

1. Los precios de los materiales y mano de obra están calculados a la fecha de julio de 2006.
2. No se incluyó lucro, dado que este proyecto esta para que la Municipalidad de Villa Nueva lo ejecute.



## CONCLUSIONES

1. Se diseñó y planificó el pavimento para la colonia La Arada, Zona 4 de Villa Nueva, teniendo un costo de Q2,767,431.54, y el drenaje pluvial con un costo de Q1,519,495.65, en donde los precios de mano de obra y de materiales fueron cotizados para el año 2006.
2. El tiempo total a ejecutar la construcción del pavimento y el drenaje pluvial es de siete meses calendario, con un horario de trabajo de ocho horas al día.
3. Diseñar y planificar la pavimentación y sistema de drenaje pluvial, de la colonia La Arada, zona 4 de Villa Nueva, facilitará el trabajo de la Unidad Técnica de la Municipalidad, acelerando el proceso de construcción de las obras, y así mejorara la calidad de vida de los habitantes de la colonia en cuestión.
4. El tiempo de vida útil para el pavimento y el drenaje pluvial es de veinte años, atendiendo a las necesidades y economía de la población.
5. Se aplicaron y reforzaron conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Civil, se investigaron temas relacionados con los materiales y precios existentes en el mercado para la construcción de pavimento y drenaje pluvial.





## RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta el cronograma de construcción de pavimento y drenaje pluvial aquí desarrollado, para que las actividades se desarrollen según lo estimado y así la época de lluvia no dificulte la construcción de los proyectos.
2. Verificar al inicio de la construcción que los precios de materiales y mano de obra no hayan variado para evitar los problemas económicos.
3. Supervisar los dos proyectos, de manera que se cumpla con los requisitos de construcción y así cumplan con la vida útil, para la que fueron diseñados.
4. Después de construidos los proyectos, se debe informar a la población de la importancia de usar el drenaje pluvial adecuadamente y no deteriorar el pavimento.
5. Posterior a la construcción de los proyectos, la municipalidad debe darles mantenimiento periódicamente para que funcionen adecuadamente.



## BIBLIOGRAFÍA

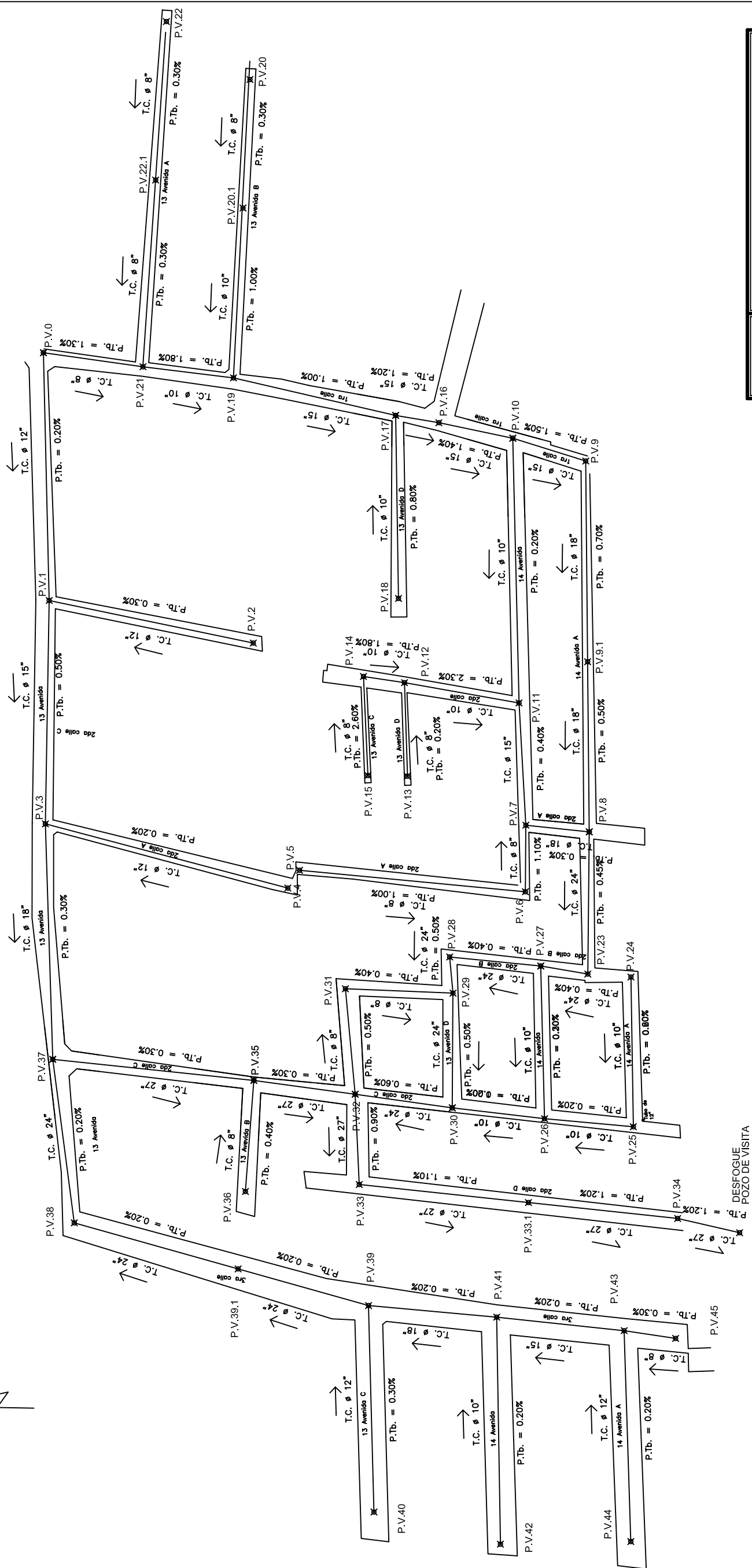
1. American Association of State Highway and Transportation officials. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1986.
2. Salazar Rodríguez, Aurelio **Guía para el diseño y construcción de Pavimentos Rígidos**. Instituto Mexicano Del Cemento y El Concreto, México 1998.
3. López Xicará, Rene Edwin. **Planificación y diseño de pavimento de las vías de comunicación y red de drenaje pluvial para la aldea el recreo, San Marcos**. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, mayo de 1996.
4. Días Flores, Juan Carlos. Diseño de: Pavimento y Drenaje Pluvial de un Sector de las zonas 1 y 9, y Drenaje Sanitario del Cantón Choquí Zona 5, Quetzaltenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Agosto de 1988.
5. Gil Laroj, Joram Matías. **Evaluación de tragantes pluviales, para la Ciudad de Guatemala**, Tesis de posgrado, (1984).

## APÉNDICE

1.	Planta general de diseño hidráulico	115
2.	Planta perfil de diseño hidráulico	117
3.	Planta perfil de diseño hidráulico	119
4.	Planta perfil de diseño hidráulico	121
5.	Planta perfil de diseño hidráulico	123
6.	Planta perfil de diseño hidráulico	125
7.	Planta perfil de diseño hidráulico	127
8.	Detalle de gabarito	129
9.	Detalle de pozo típico	131
10.	Detalle de pozo de tres a seis metros	133
11.	Detalle de pozo	135
12.	Planta general de pavimento	137

## CRONOGRAMA

Cronograma de construcción de pavimento	139
-----------------------------------------	-----

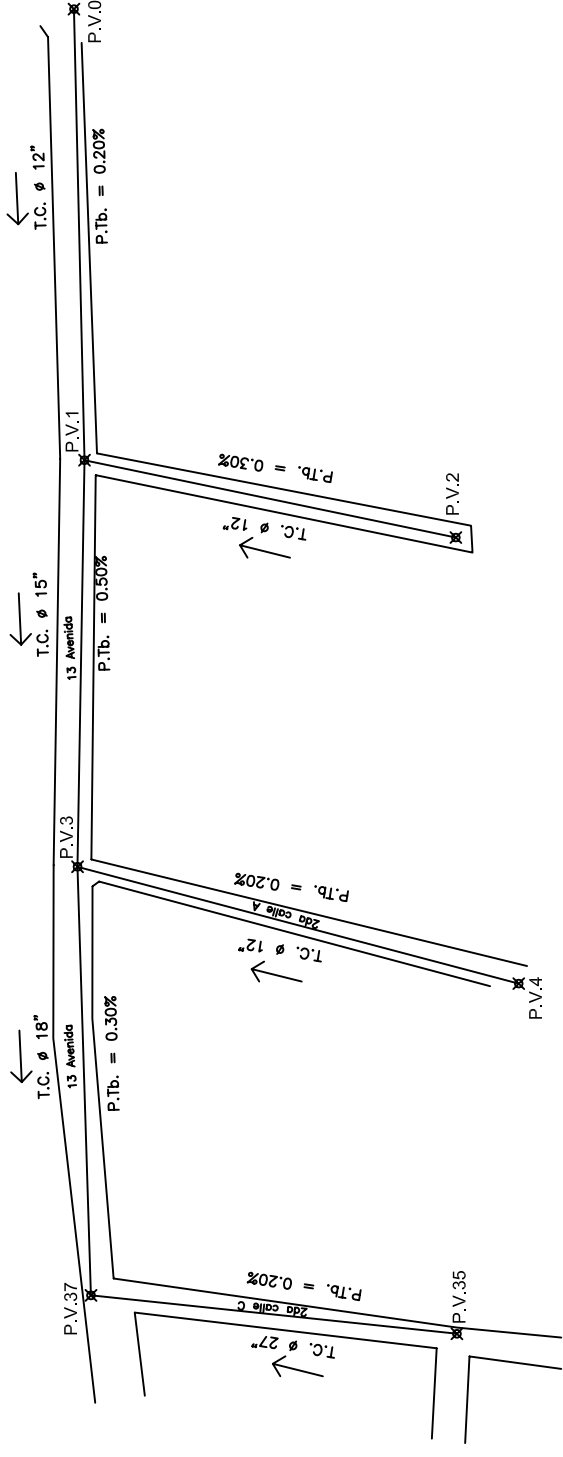


DESFOGUE  
POZO DE VISITA

# PLANTA GENERAL DE TUBERÍA DE RECOLECCIÓN

SIN ESCALA

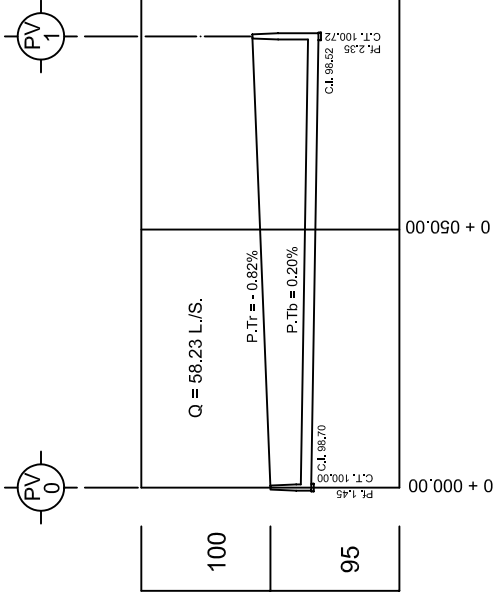
USAC	PROYECTO	PLANTA GENERAL DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, LA ARADA, Z.4		
	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA		
CONTENIDO	DISEÑO	Alvaro Ramirez	DISEÑO	Alvaro Ramirez
	ESCALA	INDICADA	FECHA:	Noviembre 2005
Vo. Bo. Supervisor		Vo. Bo. Alcalde Municipal		HOJA: 1/12



NOMENCLATURA	
☒	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
—	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL

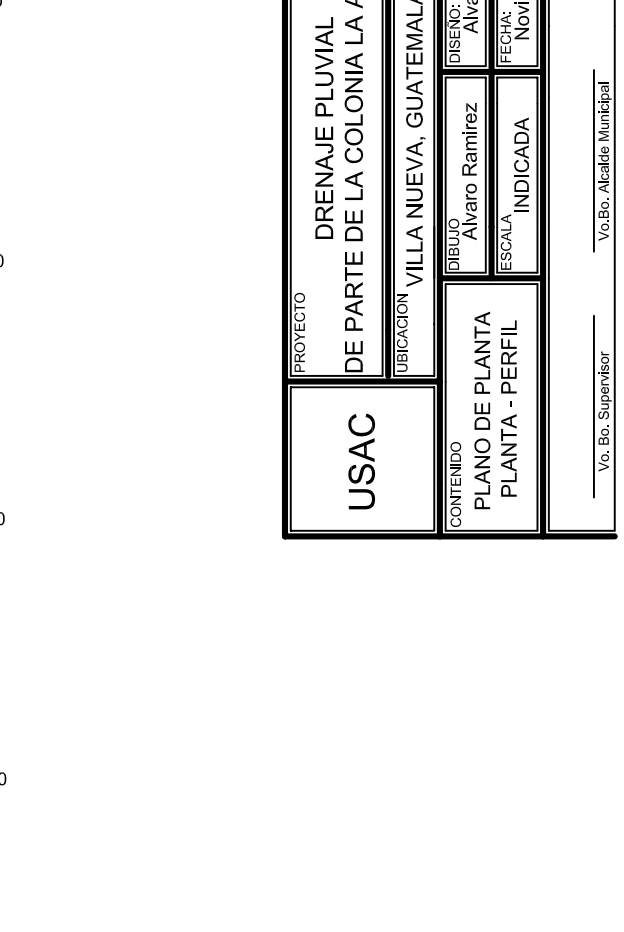
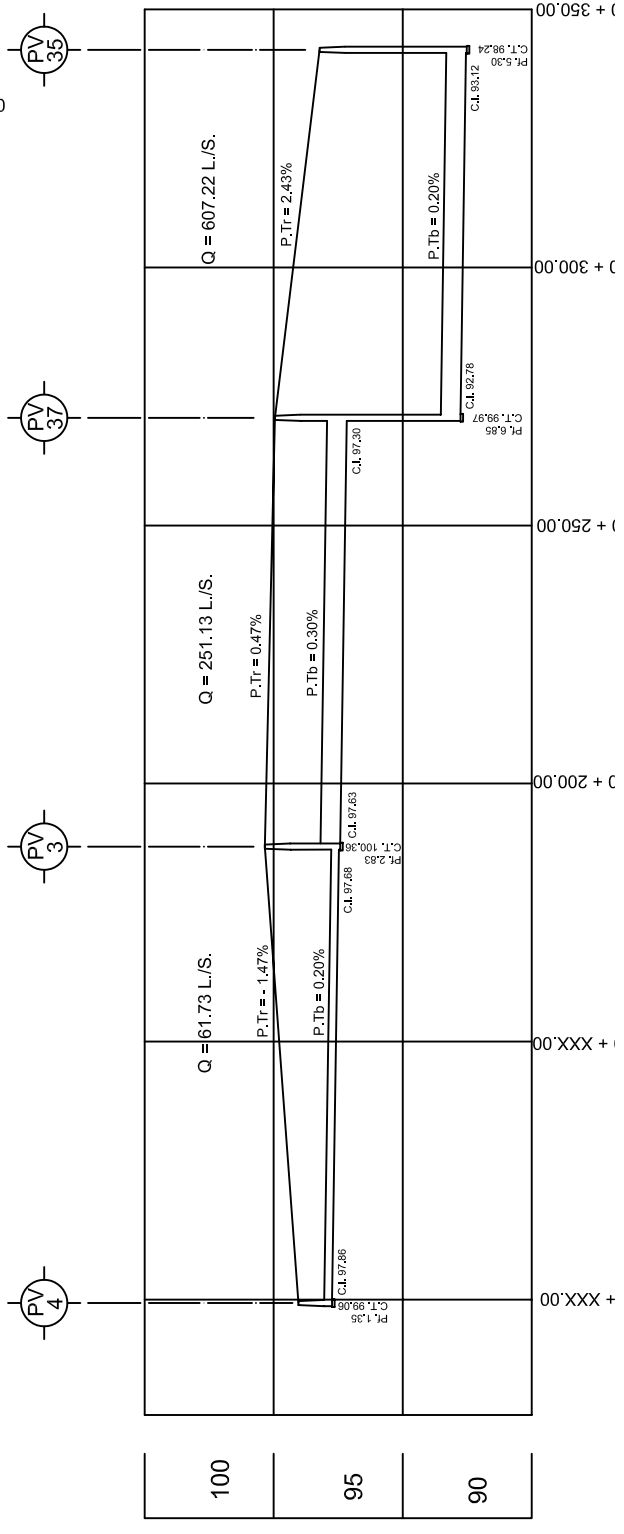
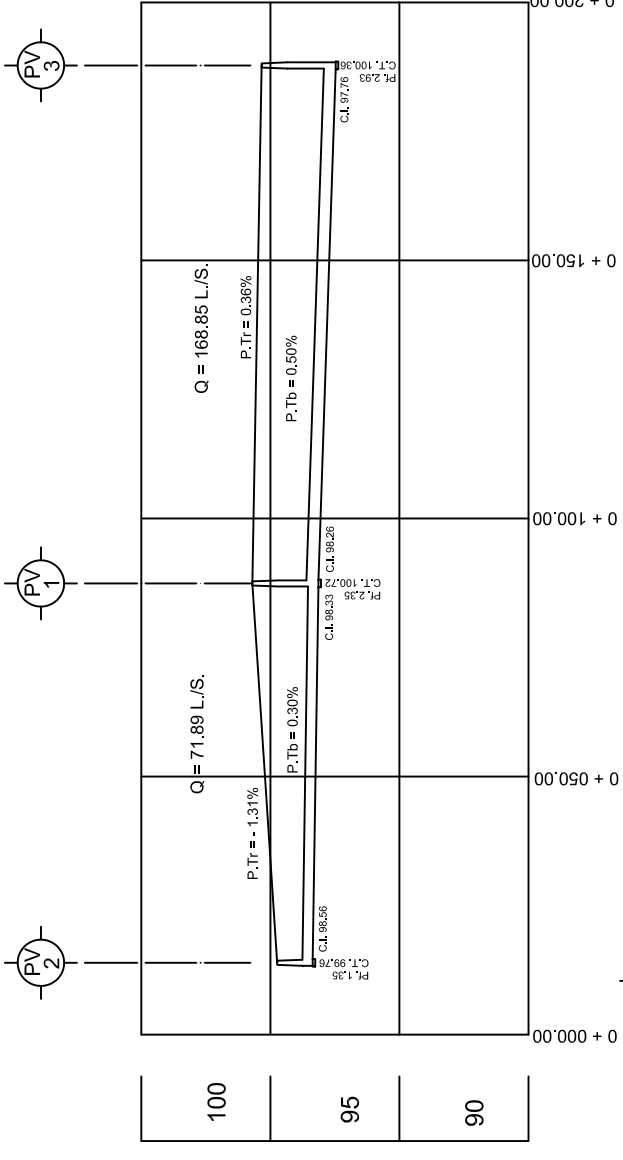
### PLANTA

ESC 1:1000

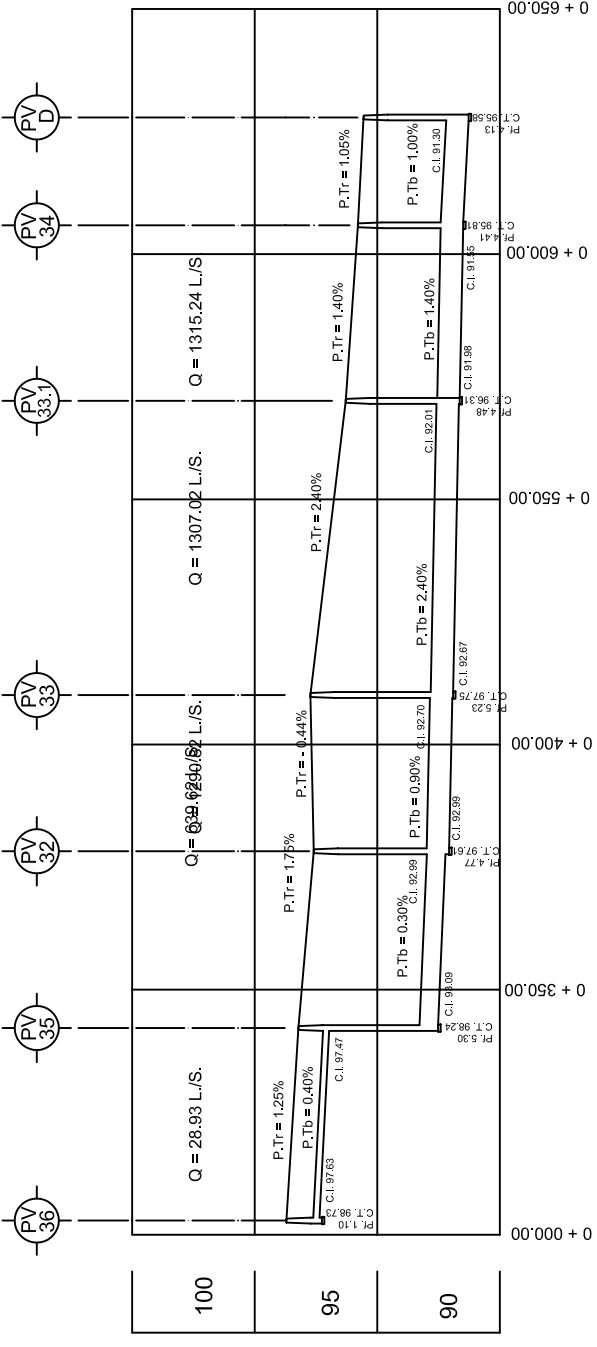
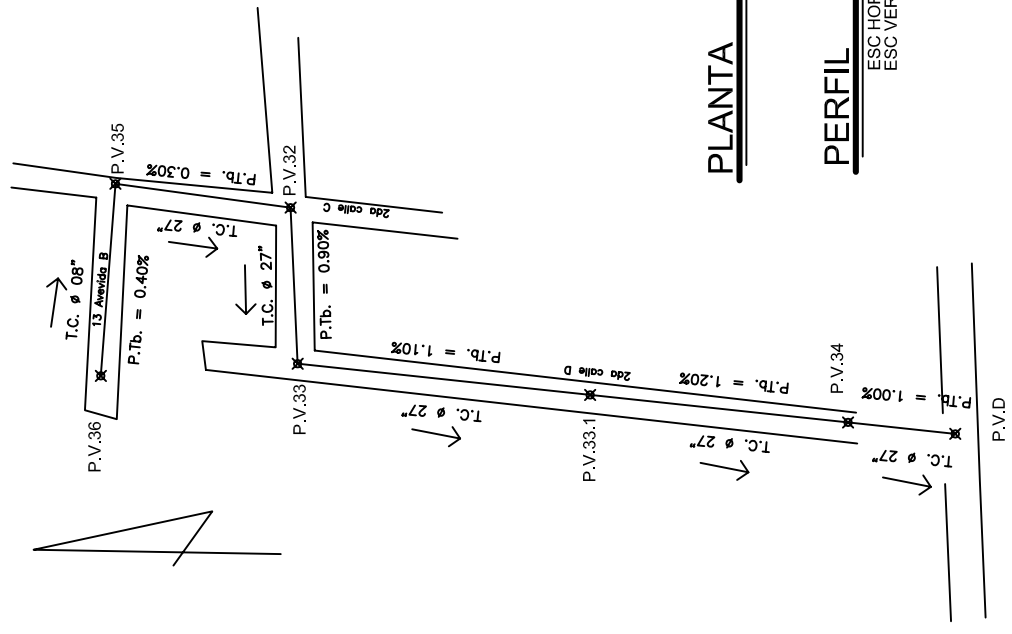


### PERFIL

ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200

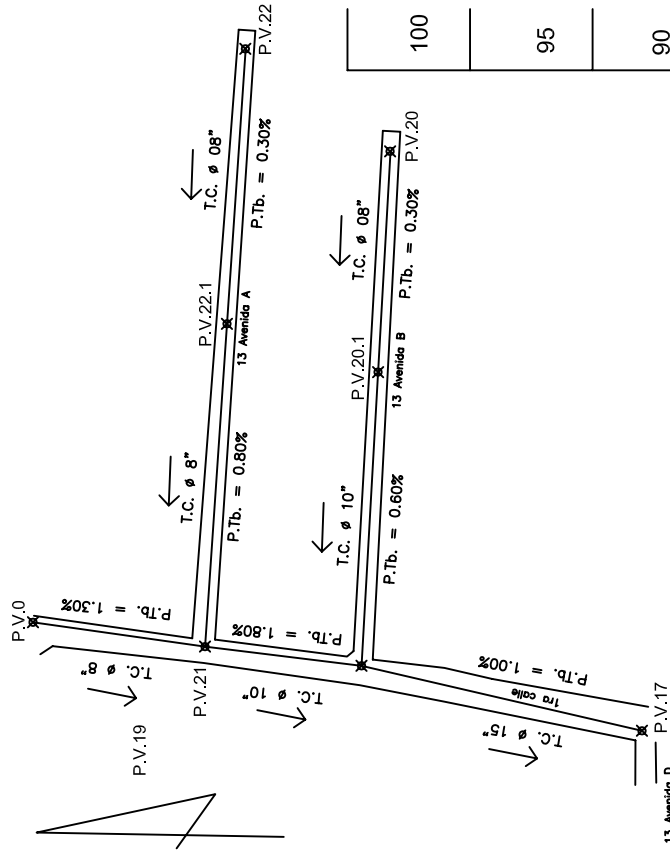
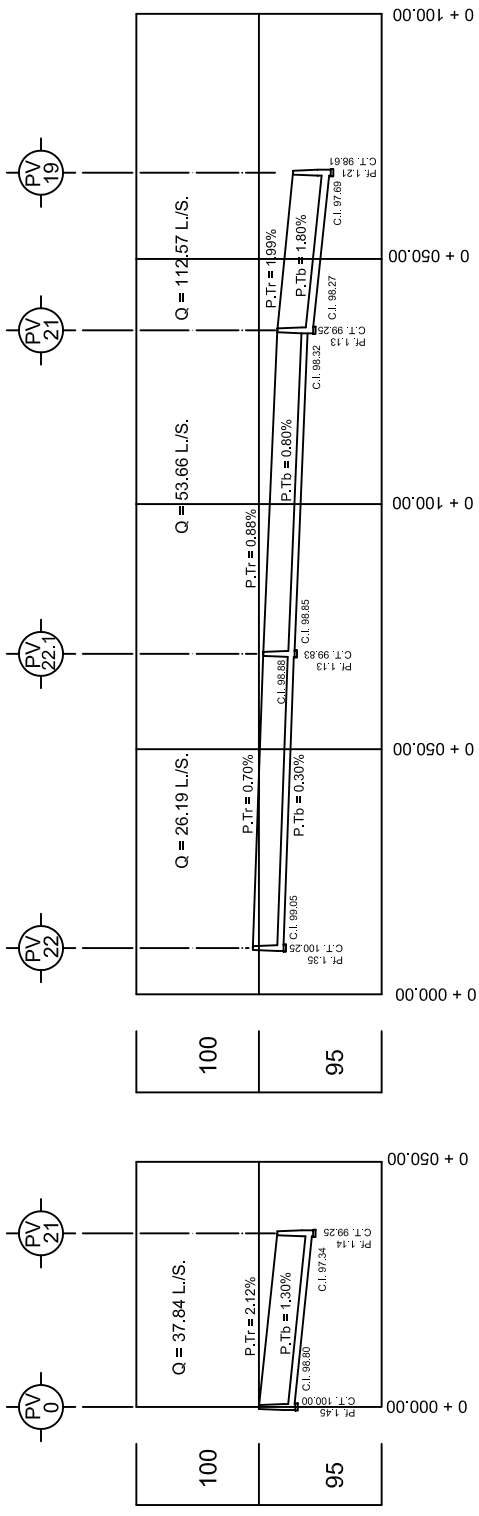


<b>USAC</b>	PROYECTO		DRENAJE PLUVIAL	
	DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4			
CONTENIDO	UBICACION		VILLA NUEVA, GUATEMALA	
	PLANO DE PLANTA			
PLANTA - PERFIL	DISEÑO:	Alvaro Ramirez	DISEÑO:	Alvaro Ramirez
	ESCALA:	INDICADA	FECHA:	Noviembre 2005
Vo. Bo. Supervisor		Vo. Bo. Alcalde Municipal		HOJA: 2 / 12



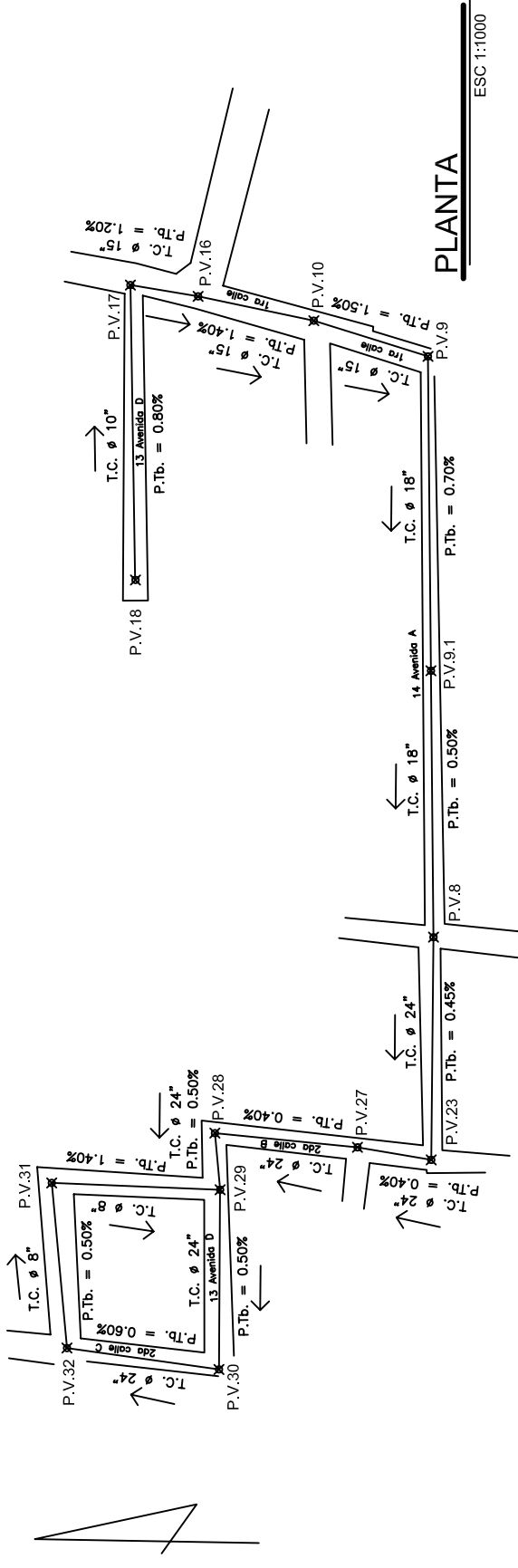
**PLANTA**  
ESC 1:1000

**PERFIL**  
ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200



NOMENCLATURA	
☒	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL

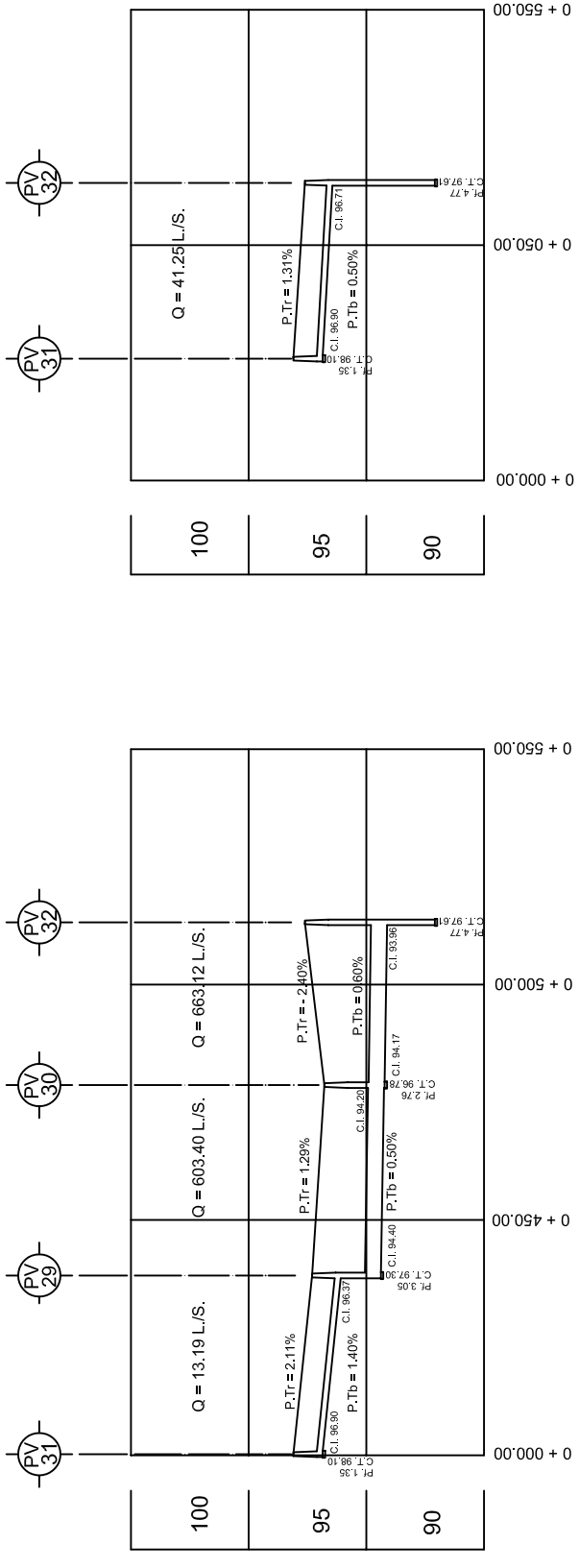
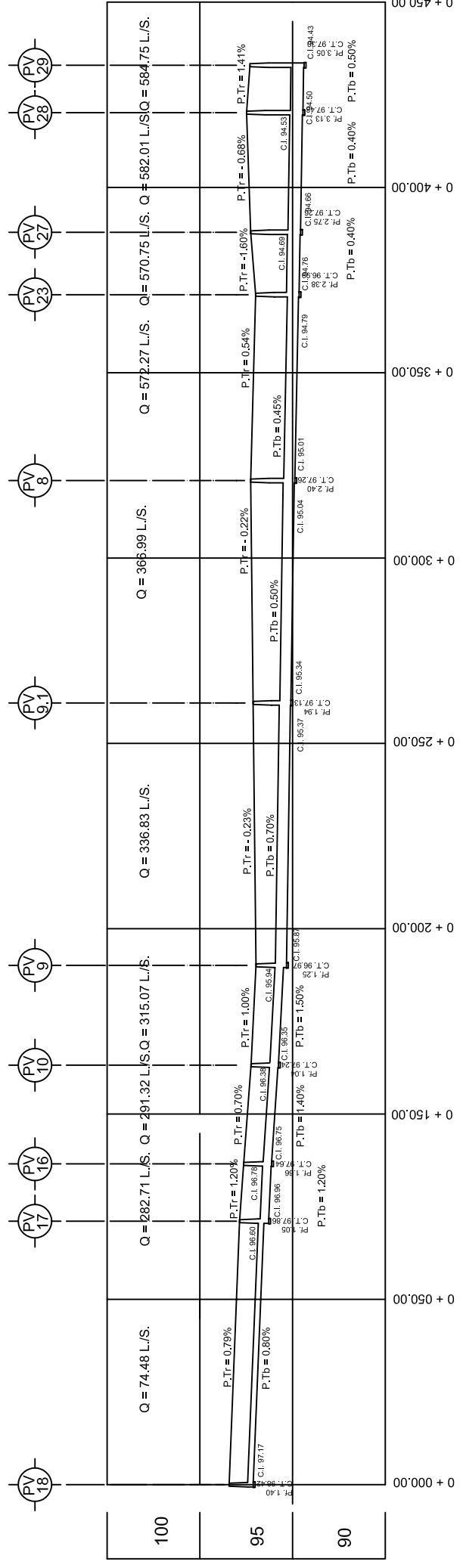
<b>USAC</b>	PROYECTO	
	<b>DRENAJE PLUVIAL DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4</b>	
UBICACION		VILLA NUEVA, GUATEMALA
CONTENIDO	DIBUJO	DISEÑO:
PLANO DE PLANTA	Alvaro Ramirez	Alvaro Ramirez
PLANTA - PERFIL	ESCALA	FECHA:
	INDICADA	Noviembre 2005
		H.O.A. 3/12
	Va. Bo. Supervisor	Va. Bo. Alcalde Municipal



NOMENCLATURA	
✕	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
↓	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL

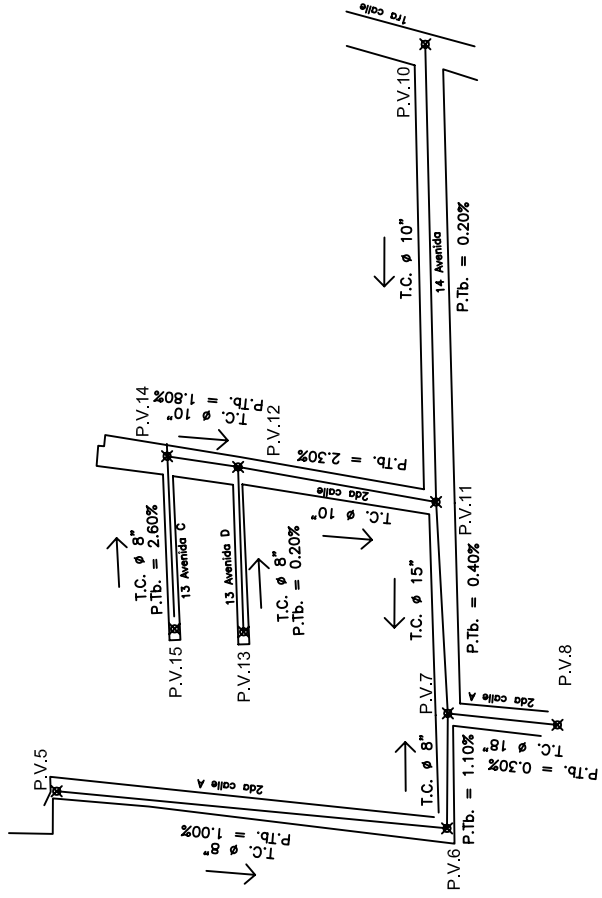
**PLANTA**  
ESC 1:1000

**PERFIL**  
ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200



<b>USAC</b>	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL
	DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4	
CONTENIDO	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA
	PLANO DE PLANTA	
PLANTA - PERFIL	DISEÑO	Alvaro Ramirez
	FECHA	Noviembre 2005
Vo.Bo. Supervisor		Vo.Bo. Alcalde Municipal
FOJA: 4		12





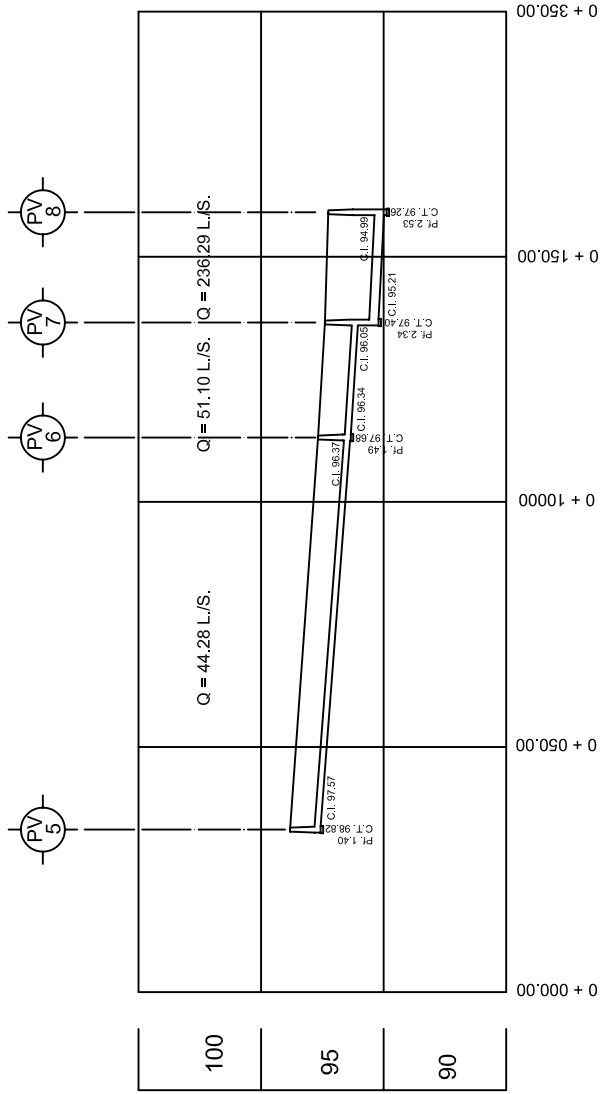
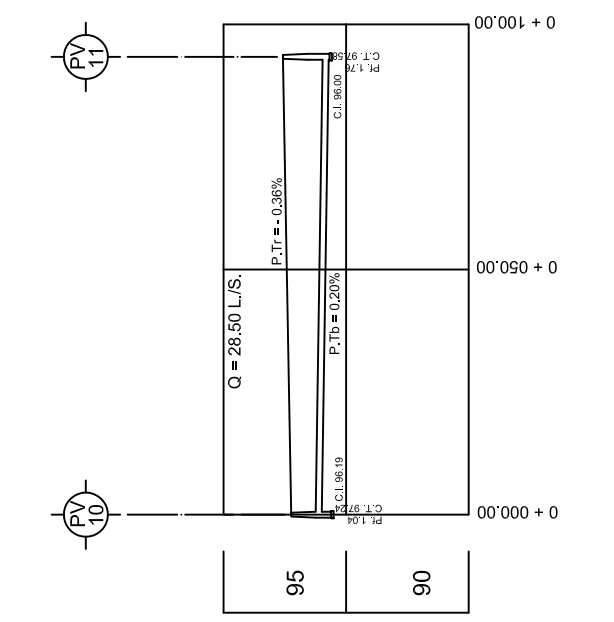
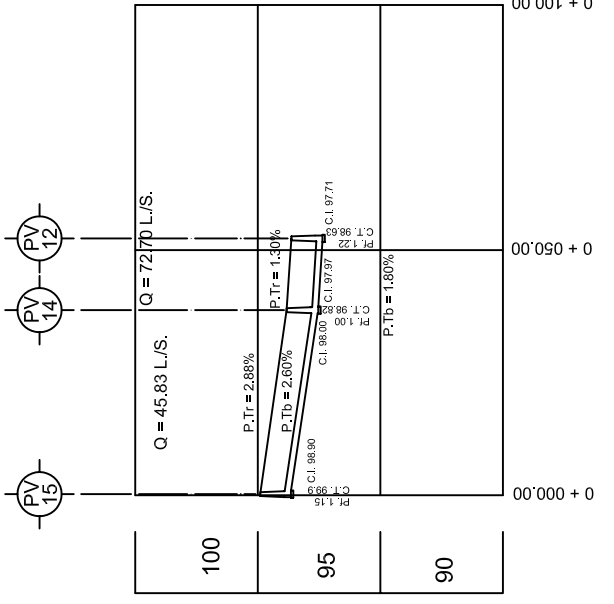
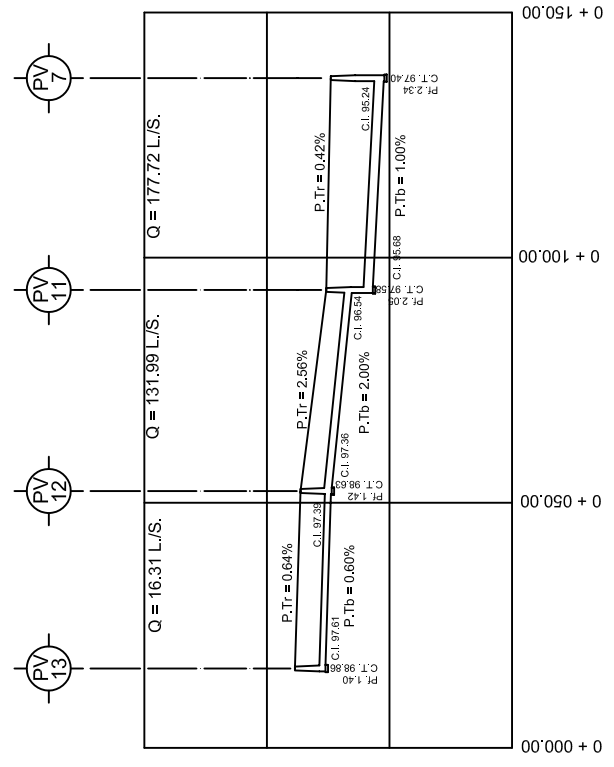
**PLANTA**

ESC 1:1000

**PERFIL**

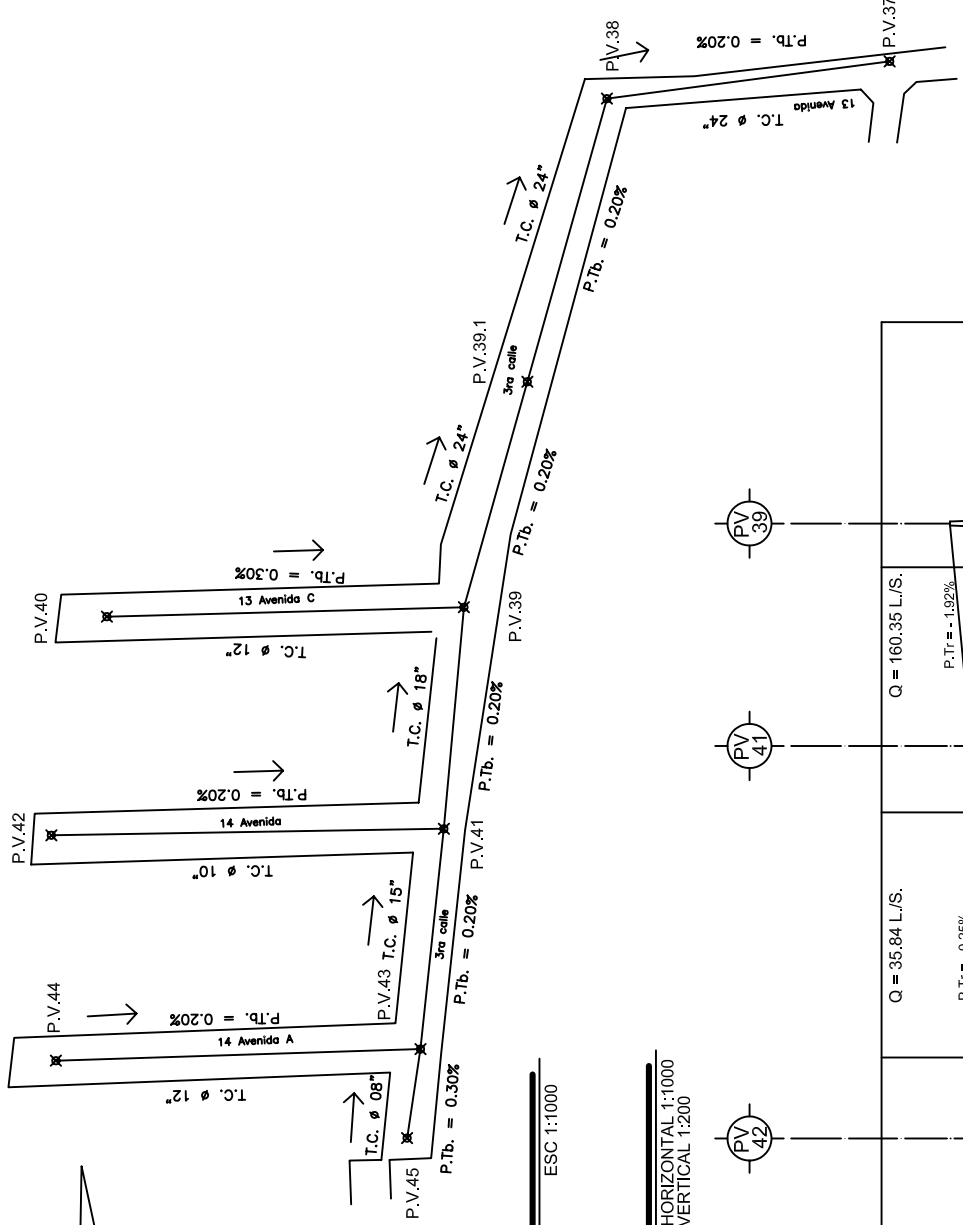
ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200

NOMENCLATURA	
☒	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
▭	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL



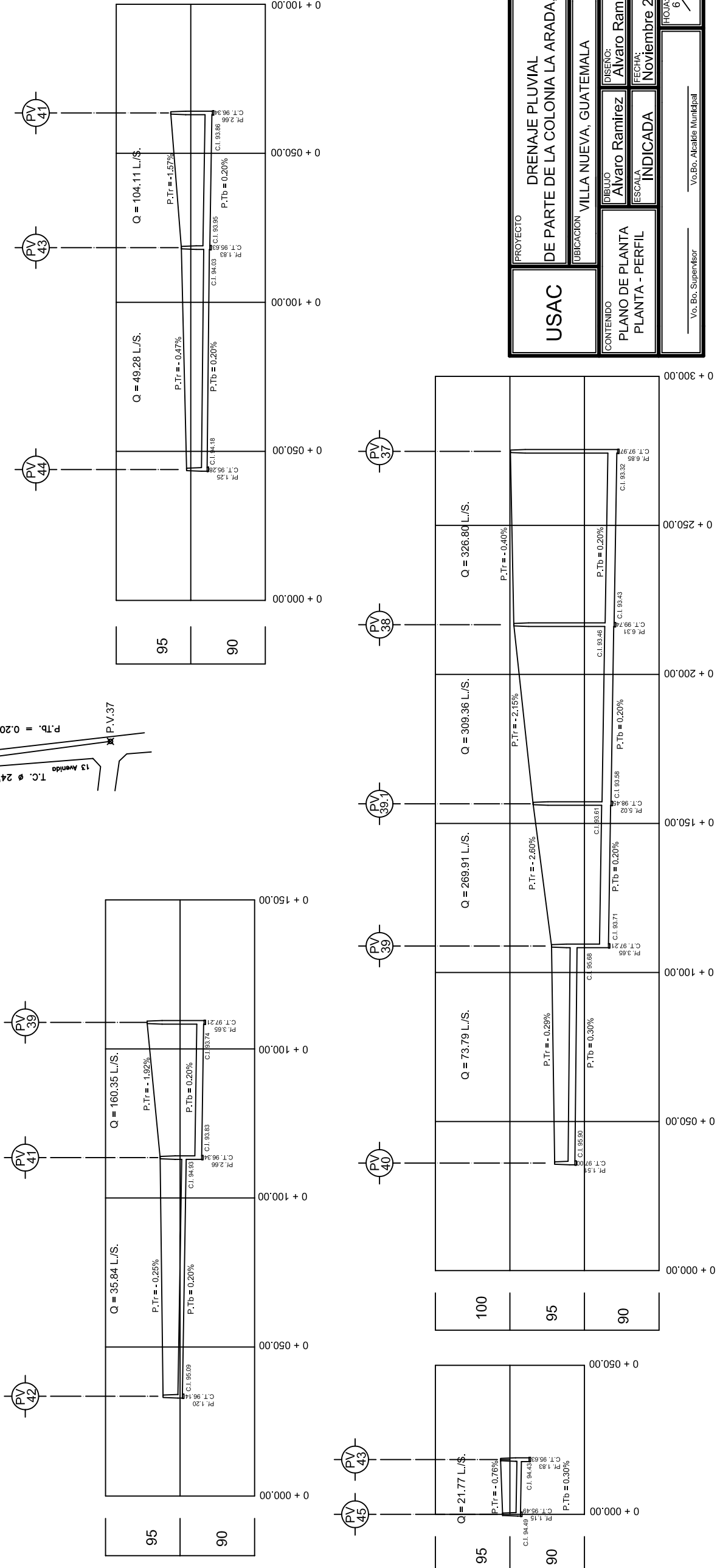
<b>USAC</b>	PROYECTO <b>DRENAJE PLUVIAL DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4</b>	
	UBICACION <b>VILLA NUEVA, GUATEMALA</b>	
CONTENIDO <b>PLANO DE PLANTA PLANTA - PERFIL</b>	DISEÑO: <b>Alvaro Ramirez</b>	DISEÑO: <b>Alvaro Ramirez</b>
	ESCALA: <b>Noviembre 2005</b>	FECHA: <b>INDICADA</b>
Vo.Bo. Supervisor		Vo.Bo. Alcalde Municipal
		HOJA: <b>5 / 12</b>

NOMENCLATURA	
☒	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
☒	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL

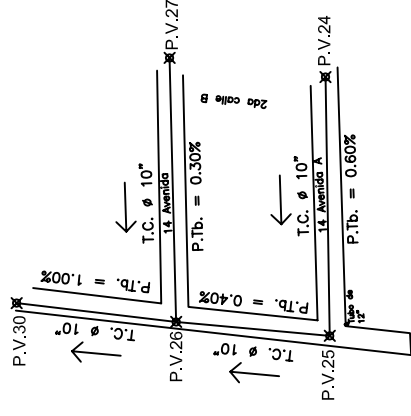


**PLANTA**  
ESC 1:1000

**PERFIL**  
ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200



<b>USAC</b>	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4	
	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA	
CONTENIDO	DISEÑO	DISEÑO	DISEÑO
PLANO DE PLANTA	Aivaró Ramirez	Aivaró Ramirez	Aivaró Ramirez
PLANTA - PERFIL	INDICADA	INDICADA	INDICADA
	FECHA:	FECHA:	FECHA:
			Noviembre 2005
	Va. Bo. Supervisor	Va. Bo. Alcalde Municipal	HOJA: 6 / 12



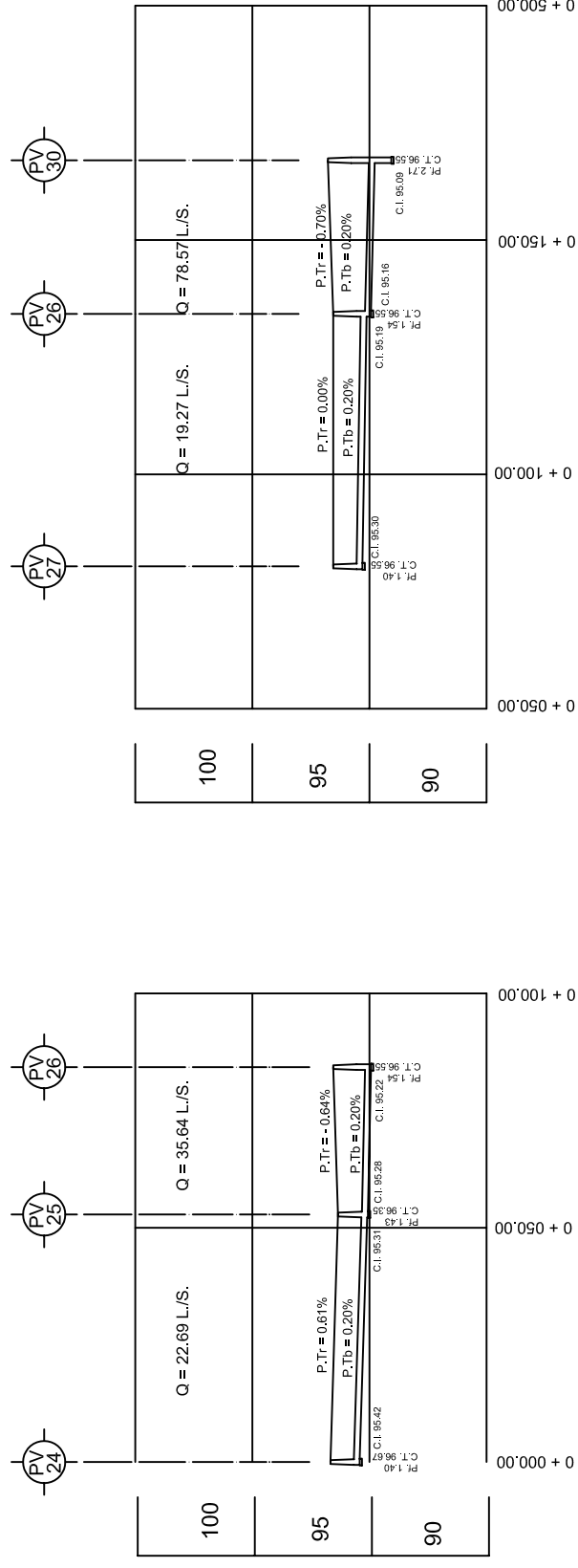
NOMENCLATURA	
☒	POZO DE VISITA P.V. (PLANTA)
	POZO DE VISITA P.V. (PERFIL)
—	TUBERIA DE PVC Ø INDICADO
P.V.#	POZO DE VISITA NUMERO
C.T.	COTA DE TERRENO
Q	CAUDAL DE DISEÑO
P.Tr.	PENDIENTE DE TERRENO
P.Tb.	PENDIENTE DE TUBERIA
C.I.	INDICA POZO DE VISITA
→	INDICA DIRECCION DEL CAUDAL

### PLANTA

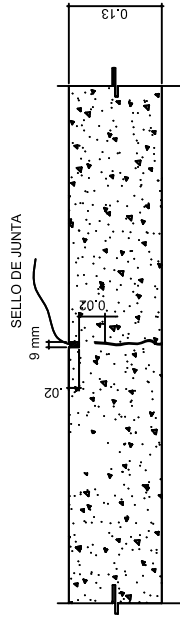
ESC 1:1000

### PERFIL

ESC HORIZONTAL 1:1000  
ESC VERTICAL 1:200

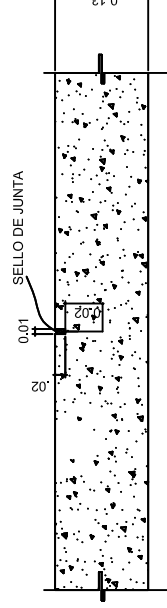


USAC	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4		
	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA		
CONTENIDO PLANO DE PLANTA PLANTA - PERFIL	DISEÑO	Alvaro Ramirez		
	ESCALA	INDICADA		
Vo. Bo. Supervisor	FECHA	Noviembre 2005		
	HOJA:	1 / 12		



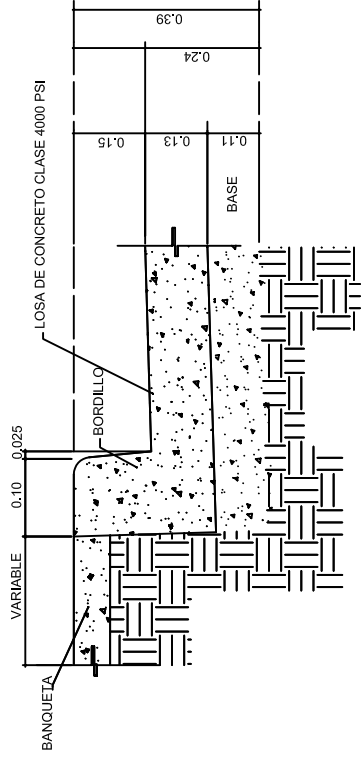
### JUNTA TRANSVERSAL

ESC. 1:105



### JUNTA LONGITUDINAL

ESC. 1:105



### DETALLE DE PAVIMENTO + BORDILLO

ESC. 1:25

#### NOTA :

EL PAVIMENTO DE CONCRETO DEBERA POSEER UNA JUNTA LONGITUDINAL Y UNA TRANSVERSAL A CADA 1.50 METROS

EL BORDILLO ES DE CONCRETO Y TIENE UNA ALTURA DE 0.15 MTS.

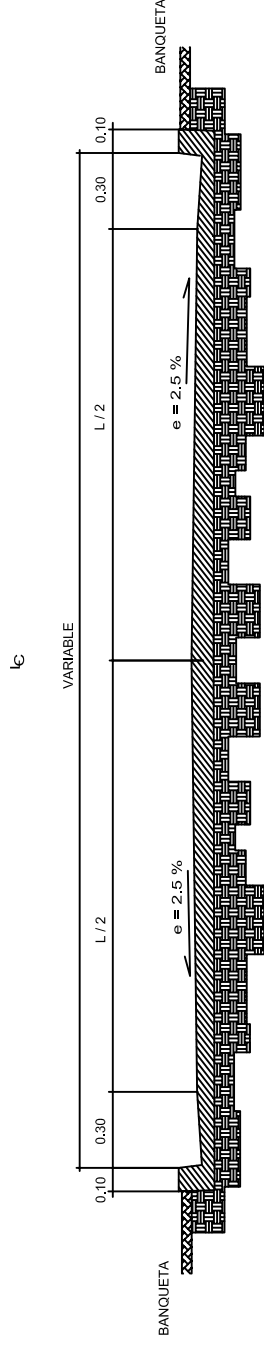
EL BORDILLO SERÁ FUNDIDO AL MISMO TIEMPO QUE LAS LOSAS DE CONCRETO.

RELLENO Y SELLANTE APLICADO EN FRÍO.

RELLENO ELASTOMÉRICO A BASE DE ESPUMA DE POLIETILENO. SELLANTE A BASE DE SILICON.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

RESISTENCIA A COMPRESIÓN	4000 PSI
MÓDULO DE RUPTURA	600 PSI
ESPESOR DE BASE	11 CMS
ESPESOR DE LOSA DE CONCRETO	13 CMS
DISEÑO DE CONCRETO	1:2:3
ASENTAMIENTO	8 CMS
AGREGADO GRUESO	1 Pulg
ANCHO PROMEDIO	8 MTS
LONGITUD	2729 MTS



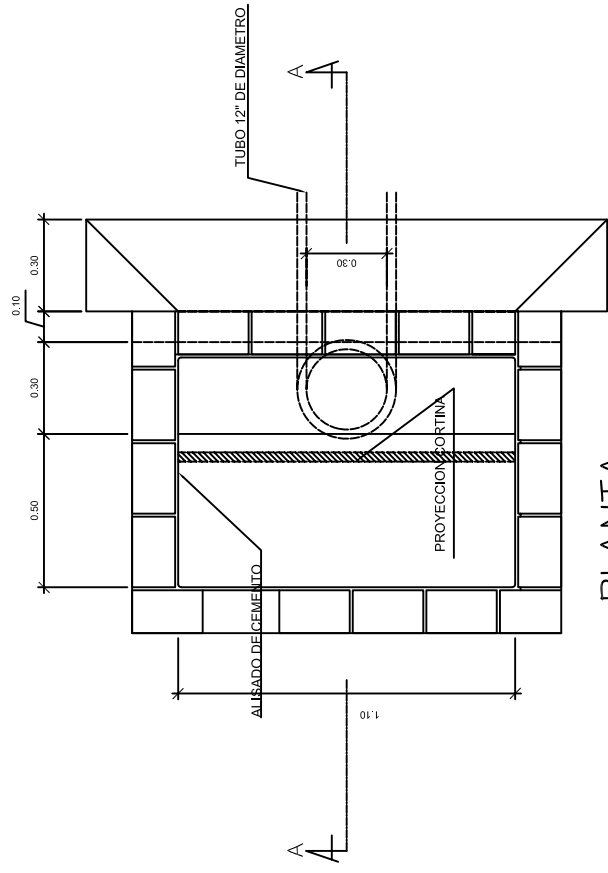
### DETALLE DE GABARITO

SIN ESCALA

USAC	PROYECTO	PAVIMENTACION COLONIA LA ARADA Z. 4	
	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA	
CONTENIDO DETALLE DE GABARITO	DISEÑO	Alvaro Ramirez	DISEÑO: Alvaro Ramirez
	ESCALA	INDICADA	FECHA: Noviembre 2005
Vo. Bo. Supervisor	Vo. Bo. Alcalde Municipal	HOJAS: 8 / 12	

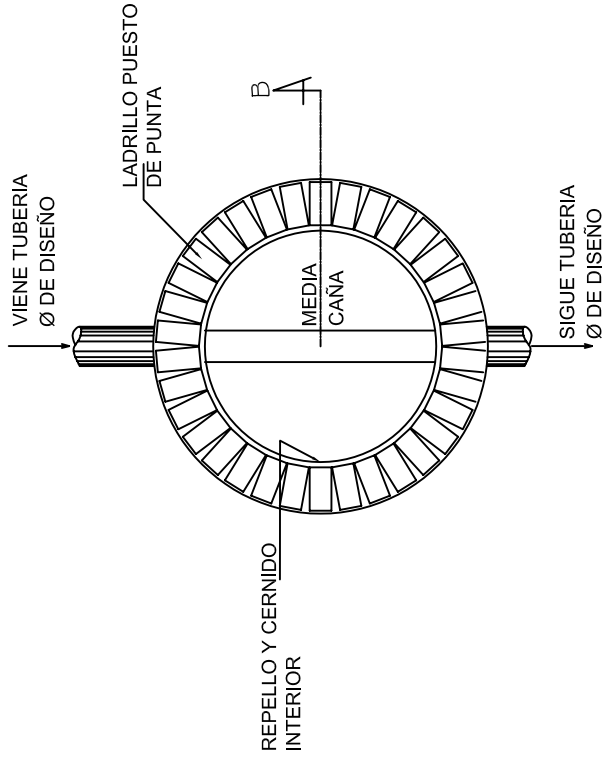
# TRAGANTE DE AGUA PLUVIAL

ESCALA 1/20



## PLANTA

ESCALA 1/20



## PLANTA DE POZO DE VISITA TÍPICO

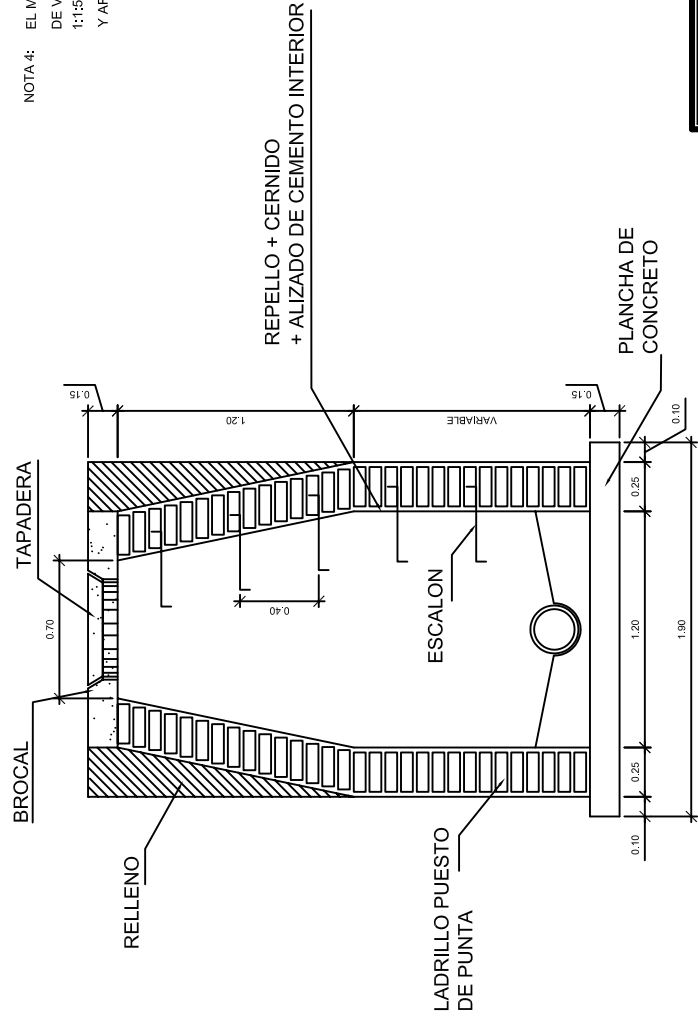
ESCALA 1:20

NOTA 1: EL CONCRETO SERÁ CON LA PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2:3 CEMENTO, ARENA DE RÍO, PIEDRIN DE 1/2"

NOTA 2: PARA EL ALISADO SE UTILIZARÁ UNA MEZCLA CON PROPORCIONES DE 1:2. ESTO QUIERE DECIR QUE SE UTILIZARÁ 1 SACO DE CEMENTO Y 2 CARRETIILLAS DE ARENA CERNIDA O BIEN POR CADA BOTE DE CEMENTO DOS BOTES DE ARENA CERNIDA

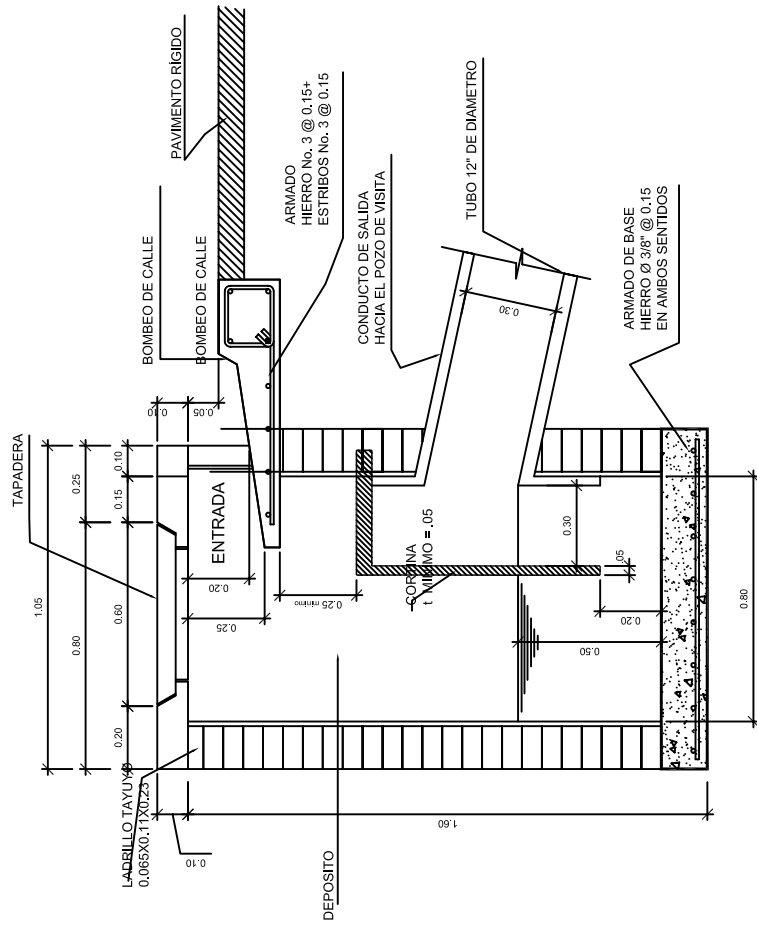
NOTA 3: ACERO DE REFUERZO GRADO 40

NOTA 4: EL MORTERO PARA PEGAR LOS LADRILLOS DE POZO DE VISITA Y DE LOS TRAGANTES ES DE PROPORCIÓN 1:1.5. UTILIZANDO PARA ESTE: CEMENTO, CAL HIDRATADA Y ARENA CERNIDA POR TAMIZ DE I4



## SECCION B-B DE POZO DE VISITA TÍPICO

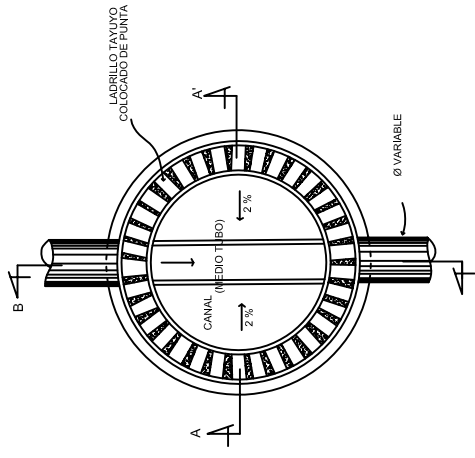
ESCALA 1:20



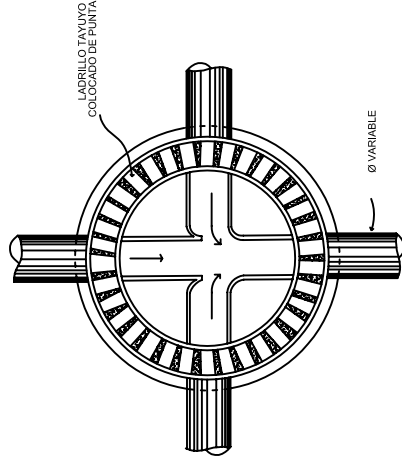
## SECCION A-A

ESCALA 1/20

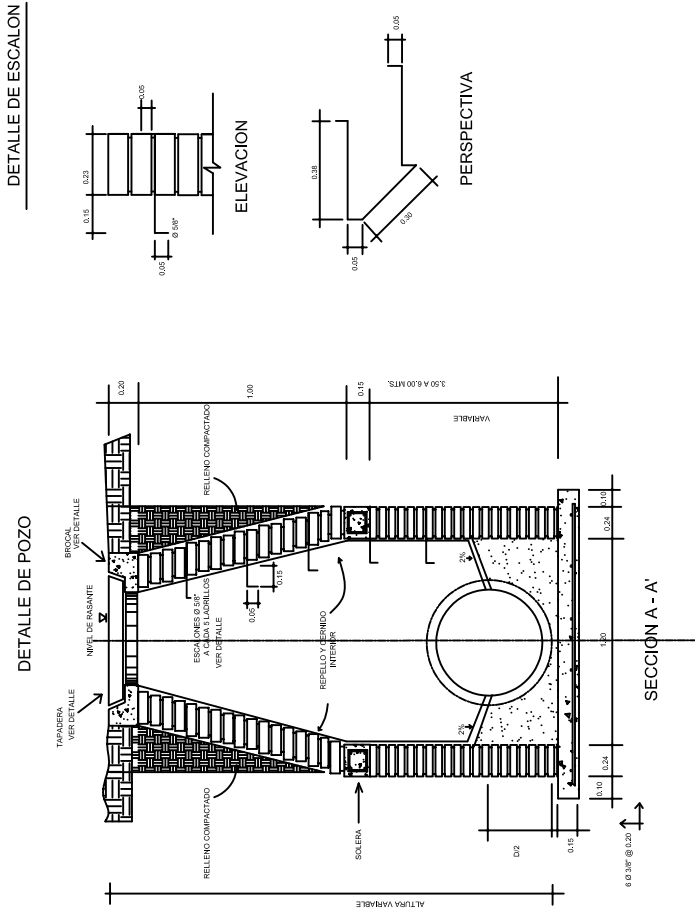
<b>USAC</b>	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL		
	DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4			
CONTENIDO	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA		
	DETALLE DE POZO DE VISITA TÍPICO			
DISEÑO	DISEÑO	Alvaro Ramirez	FECHA: Noviembre 2005	
	ESCALA	INDICADA	HORA: 9/12	
Vo. Bto. Supervisor		Vo. Bto. Alcalde Municipal		



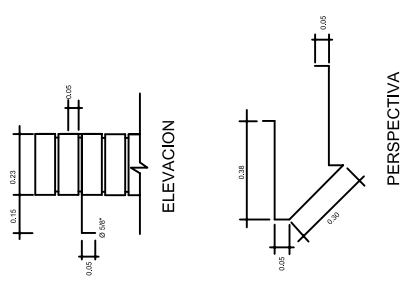
PLANTA POZO TÍPICO



PLANTA POZO CON 3 ENTRADAS



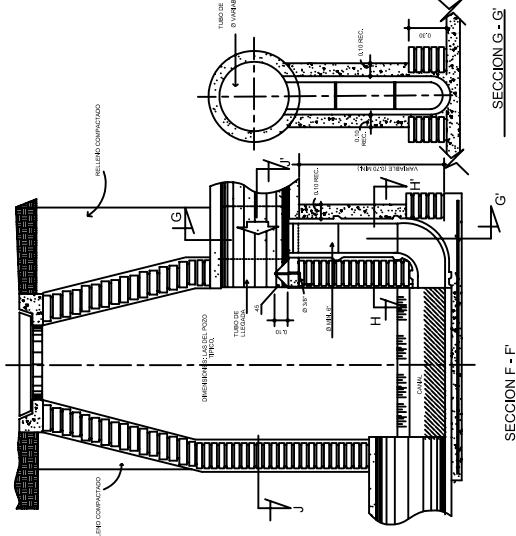
DETALLE DE ESCALON



ELEVACION

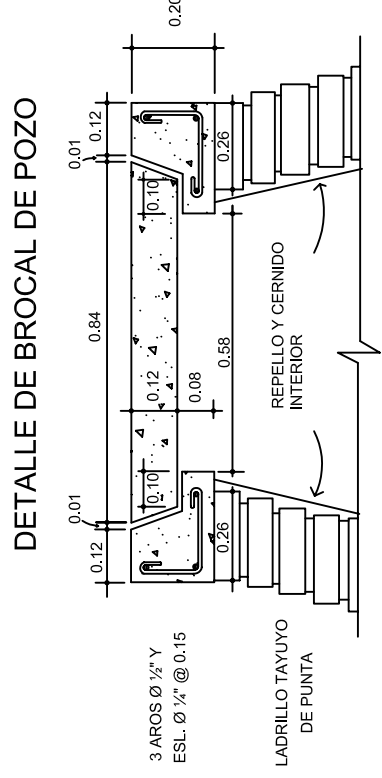
PERSPECTIVA

DETALLE DE POZO CON CAIDA MAYOR DE 0.70 MTS.



SECCION F-F'

SECCION G-G'

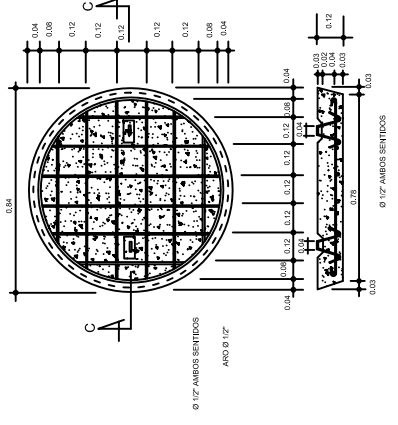


3 AROS Ø 1/2" Y  
ESL. Ø 1/4" @ 0.15

LADRILLO TAYUYO  
DE PUNTA

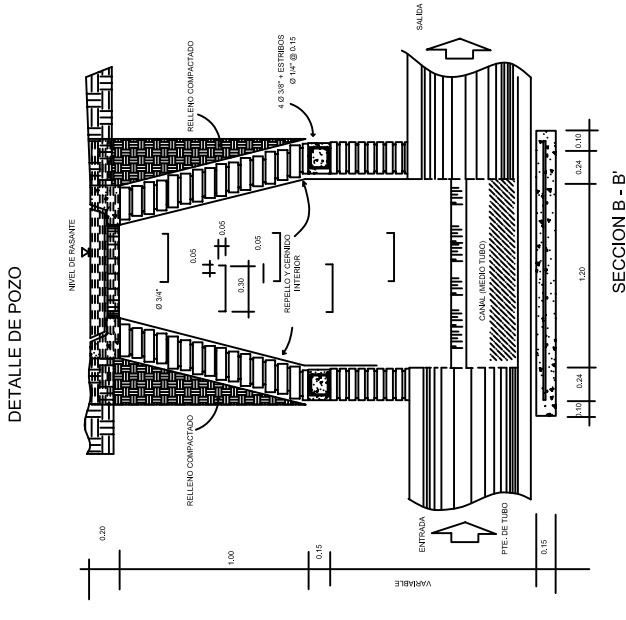
REPELLO Y CERNIDO  
INTERIOR

TAPADERA

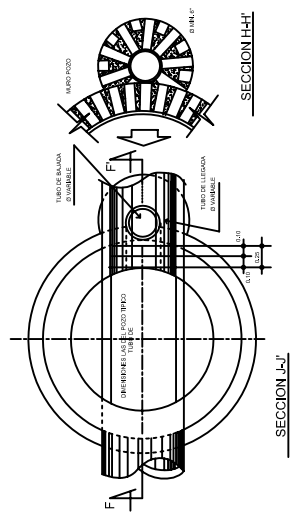


SECCION C-C

## POZO DE VISITA DE 3.00 A 6.00 mt. SIN ESCALA



SECCION B-B'



SECCION J-J'

SECCION H-H'

NOTA 1: EL CONCRETO SERÁ CON LA PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2:2.

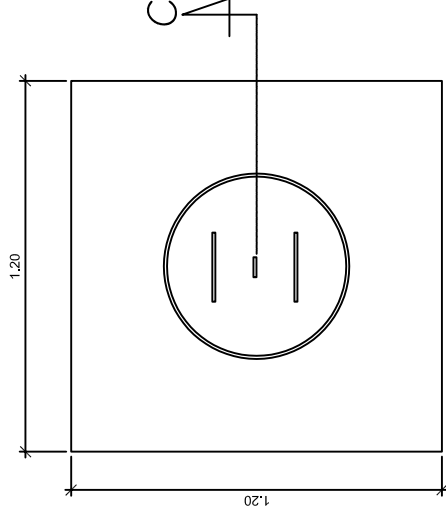
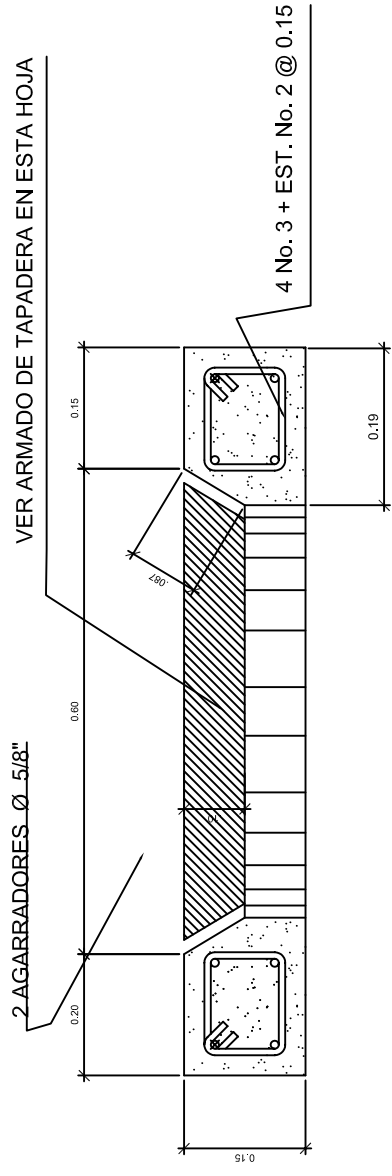
CEMENTO, ARENA DE RÍO, PIEDRÍN DE 1/2"  
PARA 10 SACOS DE CEMENTO SE NECESITAN  
7 CARRETIILLAS DE ARENA Y 7 CARRETIILLAS DE PIEDRÍN.

NOTA 2: PARA EL ALISADO SE UTILIZARÁ UNA MEZCLA CON  
PROPORCIONES DE 1:2, ESTO QUIERE DECIR QUE SE  
UTILIZARÁ 1 SACO DE CEMENTO Y 2 CARRETIILLAS DE  
ARENA CERNIDA O BIEN POR CADA BOTE DE CEMENTO  
DOS BOTES DE ARENA CERNIDA

NOTA 3: ACERO DE REFUERZO GRADO 40

NOTA 4: EL MORTERO PARA PEGAR LOS LADRILLOS DE POZO  
DE VISITA Y DE LOS TRAGANTES ES DE PROPORCIÓN  
1:1:5, UTILIZANDO PARA ESTE: CEMENTO, CAL HIDRATADA  
Y ARENA CERNIDA POR TAMIZ DE 1/4

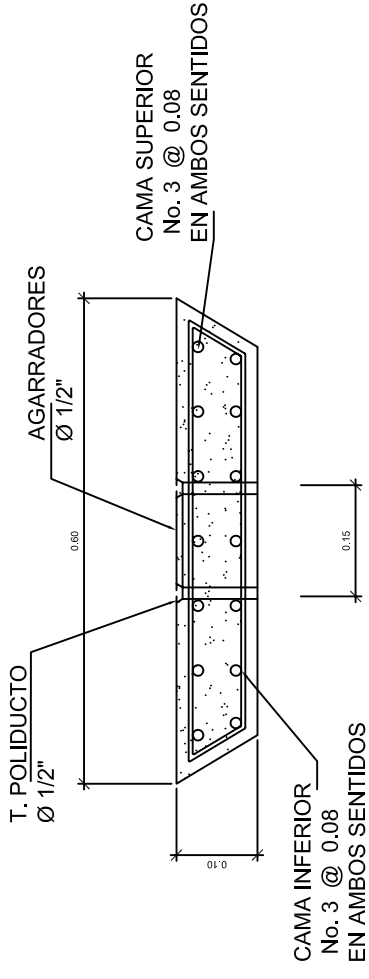
USAC	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL
	DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z.4	
CONTENIDO	DISEÑO	Alvaro Ramírez
	ESCALA	INDICADA
FECHA:	Noviembre 2005	
	FOJA: 10 / 12	
Vo. Bto. Supervisor		Vo. Bto. Alcaldé Municipal



**DETALLE DE BROCAL**

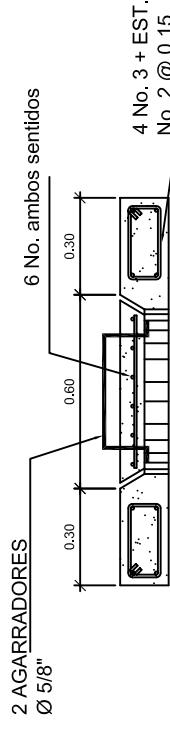
ESCALA 1 : 25

- NOTA 1: EL CONCRETO SERÁ CON LA PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2:3 CEMENTO, ARENA DE RÍO, PIEDRÍN DE 1/2"
- NOTA 2: PARA EL ALISADO SE UTILIZARÁ UNA MEZCLA CON PROPORCIONES DE 1:2. ESTO QUIERE DECIR QUE SE UTILIZARÁ 1 SACO DE CEMENTO Y 2 CARRETILLAS DE ARENA CERNIDA O BIEN POR CADA BOTE DE CEMENTO DOS BOTES DE ARENA CERNIDA
- NOTA 3: ACERO DE REFUERZO GRADO 40
- NOTA 4: EL MORTERO PARA PEGAR LOS LADRILLOS DE POZO DE VISITA Y DE LOS TRAGANTES ES DE PROPORCION 1:1:5. UTILIZANDO PARA ESTE: CEMENTO, CAL HIDRATADA Y ARENA CERNIDA POR TAMIZ DE #4



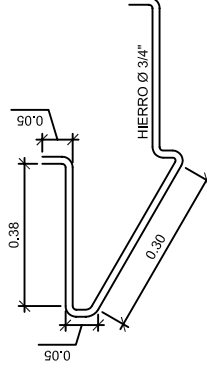
**DETALLE DE APADERA**

ESCALA 1 / 20



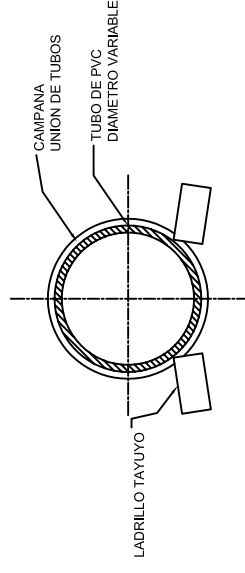
**SECCION " C "**

ESCALA 1 : 25



**ISOMETRICO DE ESCALON**

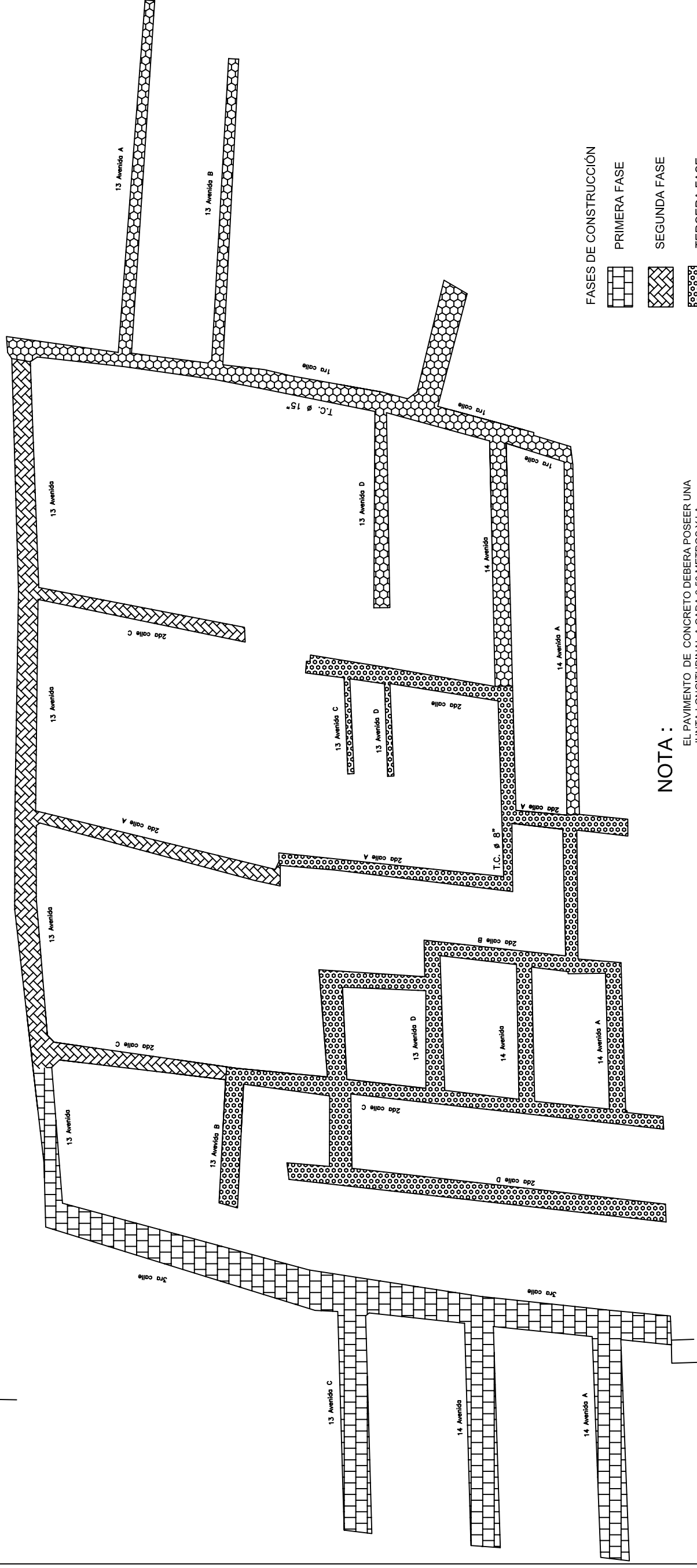
SIN ESCALA



**DETALLE DE ENTRADA DE TUBERIA**

SIN ESCALA

<b>USAC</b>	PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL		
	DE PARTE DE LA COLONIA LA ARADA, Z 4			
CONTENIDO	UBICACION	VILLA NUEVA, GUATEMALA		
	DETALLE DE POZO DE VISITA TÍPICO			
DISEÑO	DISEÑO	Alvaro Ramirez	FECHA	11 / 12
	ESCALA	INDICADA	FECHA	11 / 12
Vo. Bo. Supervisor		Vo. Bo. Alcaldé Municipal		FECHA
				11 / 12



**FASES DE CONSTRUCCIÓN**

- PRIMERA FASE
- SEGUNDA FASE
- TERCERA FASE
- CUARTA FASE

**NOTA :**

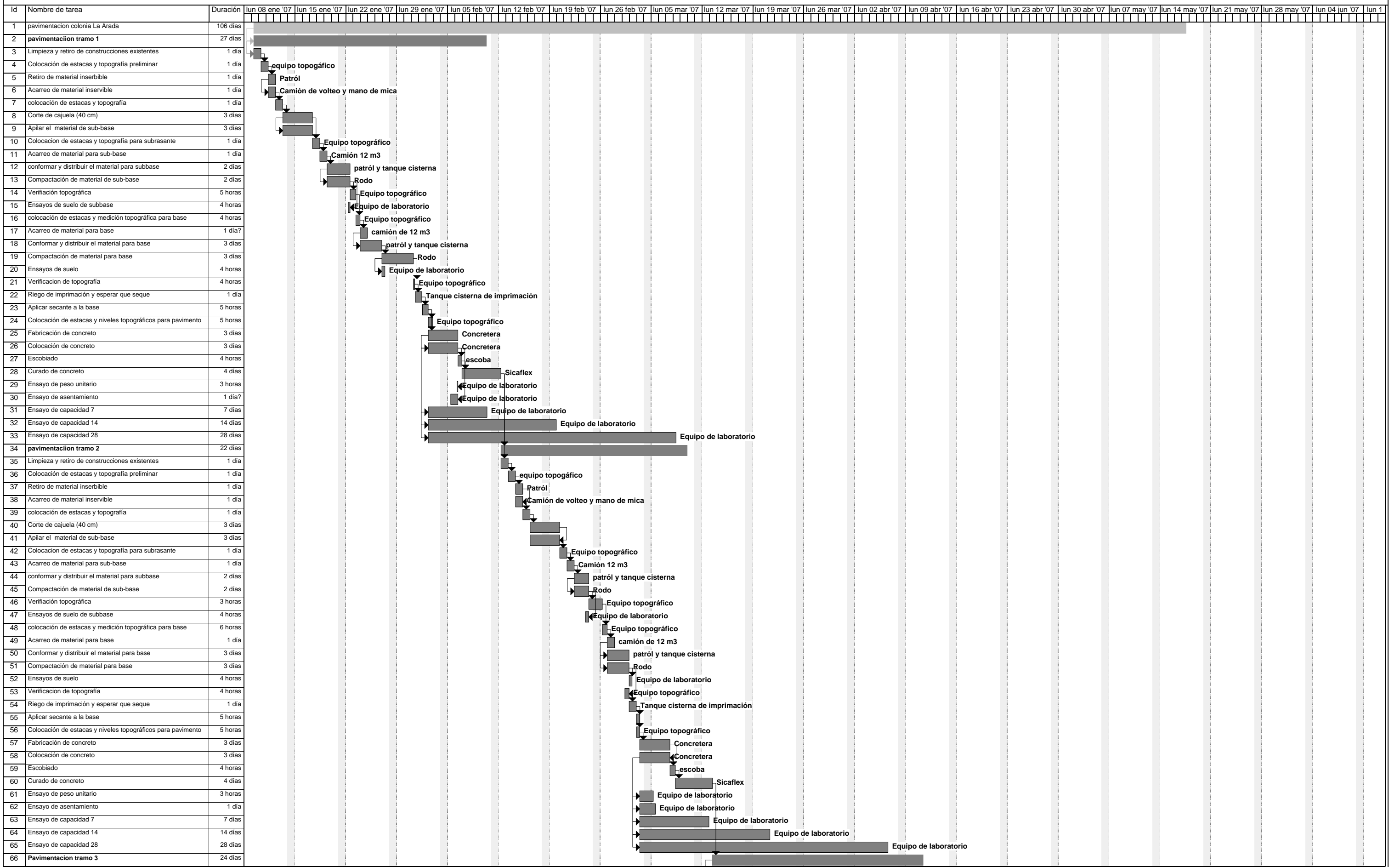
- EL PAVIMENTO DE CONCRETO DEBERA POSEER UNA JUNTA LONGITUDINAL A CADA 3.50 METROS Y LA TRANSVERSAL A CADA 3 METROS.
- EL BORDILLO ES DE CONCRETO Y TIENE UNA ALTURA DE 0.15 MTS.
- EL BORDILLO SERÁ FUNDIDO AL MISMO TIEMPO QUE LAS LOSAS DE CONCRETO.
- RELLENO Y SELLANTE APLICADO EN FRÍO.
- RELLENO ELASTOMÉTRICO A BASE DE ESPUMA DE POLIETILENO. SELLANTE A BASE DE SILICON.

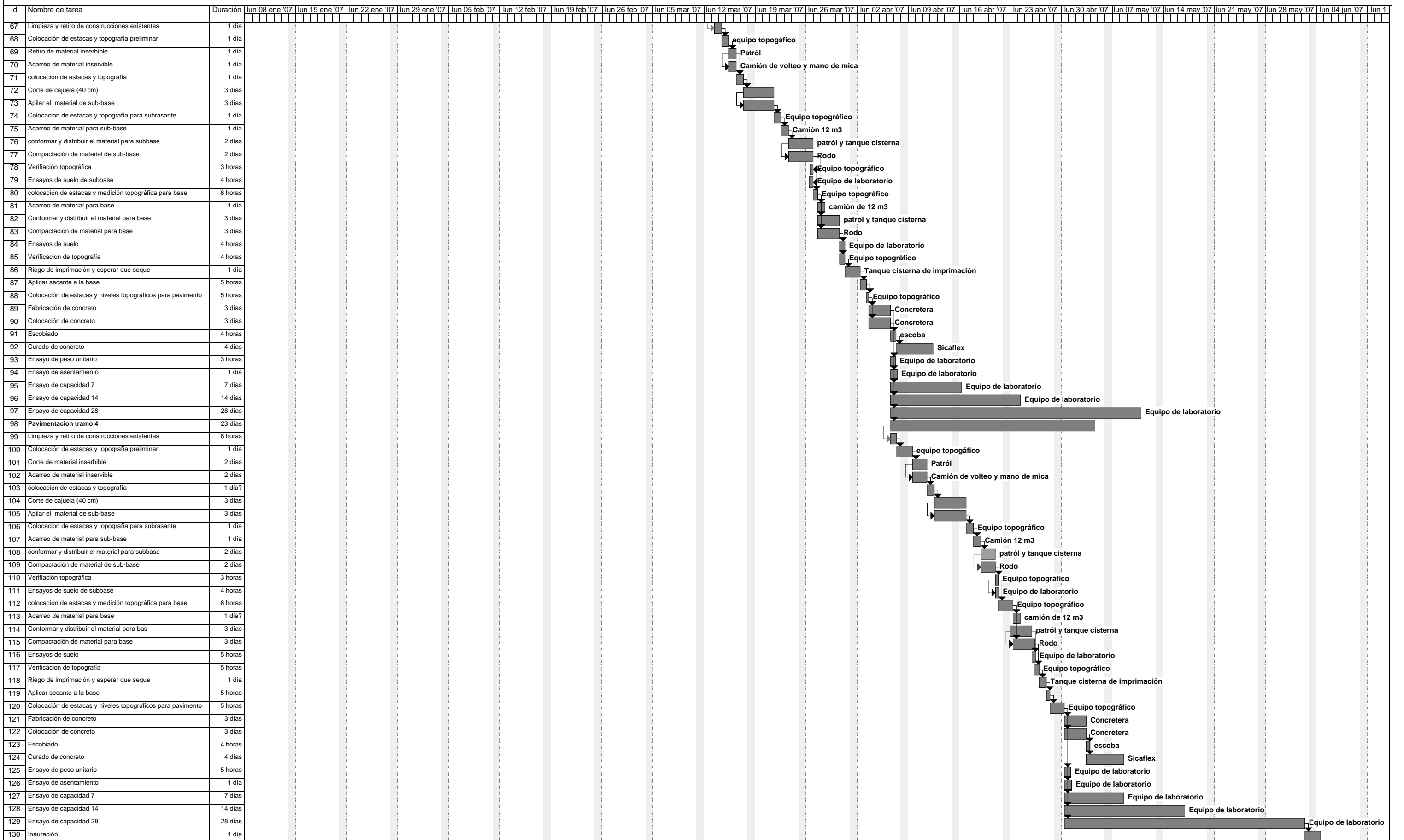
**PLANTA GENERAL DE PAVIMENTO**

SIN ESCALA

<b>USAC</b>	PROYECTO <b>PLANTA GENERAL DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, LA ARADA, Z.4</b>	
	UBICACION <b>VILLA NUEVA, GUATEMALA</b>	
CONTENIDO <b>PLANTA DE PAVIMENTO</b>	DISEÑO: Alvaro Ramirez	DISEÑO: Alvaro Ramirez
	ESCALA: INDICADA	FECHA: Noviembre 2005
Vo. Bo. Supervisor	Vo. Bo. Alcalde Municipal	HOJA: 12 / 12







## **ANEXOS**

Elementos Hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular	145
---------------------------------------------------------------------------	-----

### **ENSAYOS DE SUELO**

Ensayo de granulometría	153
Ensayo de Proctor Modificado	155
Ensayo de C.B.R.	157



**Tabla XXXVIII. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular  
(sin corrección por variaciones en aspereza con la profundidad)**

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.00000	0.00100	0.01922	0.00005	0.00460	0.04900	0.25354	0.01814	0.01958	0.09700	0.39349	0.04977
0.00001	0.00200	0.03051	0.00015	0.00480	0.05000	0.25689	0.01869	0.02001	0.09800	0.39606	0.05052
0.00001	0.00300	0.03996	0.00028	0.00501	0.05100	0.26022	0.01925	0.02044	0.09900	0.39861	0.05128
0.00002	0.00400	0.04840	0.00043	0.00522	0.05200	0.26353	0.01981	0.02088	0.10000	0.40116	0.05204
0.00003	0.00500	0.05614	0.00060	0.00544	0.05300	0.26681	0.02038	0.02132	0.10100	0.40369	0.05281
0.00005	0.00600	0.06337	0.00079	0.00566	0.05400	0.27007	0.02095	0.02177	0.10200	0.40622	0.05358
0.00007	0.00700	0.07022	0.00099	0.00589	0.05500	0.27330	0.02153	0.02222	0.10300	0.40873	0.05435
0.00009	0.00800	0.07673	0.00121	0.00612	0.05600	0.27652	0.02212	0.02267	0.10400	0.41123	0.05513
0.00012	0.00900	0.08297	0.00145	0.00635	0.05700	0.27971	0.02270	0.02313	0.10500	0.41373	0.05591
0.00015	0.01000	0.08898	0.00169	0.00659	0.05800	0.28288	0.02330	0.02359	0.10600	0.41621	0.05669
0.00019	0.01100	0.09479	0.00195	0.00683	0.05900	0.28603	0.02389	0.02406	0.10700	0.41868	0.05747
0.00022	0.01200	0.10042	0.00222	0.00708	0.06000	0.28916	0.02450	0.02454	0.10800	0.42115	0.05826
0.00027	0.01300	0.10589	0.00251	0.00734	0.06100	0.29227	0.02510	0.02502	0.10900	0.42360	0.05905
0.00031	0.01400	0.11122	0.00280	0.00760	0.06200	0.29536	0.02572	0.02550	0.11000	0.42604	0.05985
0.00036	0.01500	0.11641	0.00311	0.00786	0.06300	0.29843	0.02633	0.02599	0.11100	0.42848	0.06065
0.00042	0.01600	0.12149	0.00342	0.00813	0.06400	0.30148	0.02695	0.02648	0.11200	0.43090	0.06145
0.00047	0.01700	0.12646	0.00374	0.00840	0.06500	0.30451	0.02758	0.02698	0.11300	0.43332	0.06225
0.00054	0.01800	0.13134	0.00408	0.00868	0.06600	0.30753	0.02821	0.02748	0.11400	0.43572	0.06306
0.00060	0.01900	0.13611	0.00442	0.00896	0.06700	0.31052	0.02884	0.02798	0.11500	0.43812	0.06387
0.00067	0.02000	0.14080	0.00477	0.00924	0.06800	0.31350	0.02948	0.02850	0.11600	0.44051	0.06469
0.00075	0.02100	0.14541	0.00513	0.00953	0.06900	0.31647	0.03013	0.02901	0.11700	0.44288	0.06550
0.00083	0.02200	0.14995	0.00550	0.00983	0.07000	0.31941	0.03077	0.02953	0.11800	0.44525	0.06632
0.00091	0.02300	0.15441	0.00588	0.01013	0.07100	0.32234	0.03142	0.03006	0.11900	0.44761	0.06715
0.00100	0.02400	0.15880	0.00627	0.01043	0.07200	0.32526	0.03208	0.03059	0.12000	0.44996	0.06797
0.00109	0.02500	0.16313	0.00666	0.01074	0.07300	0.32815	0.03274	0.03112	0.12100	0.45231	0.06880
0.00118	0.02600	0.16740	0.00706	0.01106	0.07400	0.33103	0.03341	0.03166	0.12200	0.45464	0.06963
0.00128	0.02700	0.17161	0.00747	0.01138	0.07500	0.33390	0.03407	0.03220	0.12300	0.45697	0.07047
0.00139	0.02800	0.17577	0.00789	0.01170	0.07600	0.33651	0.03475	0.03275	0.12400	0.45928	0.07131
0.00150	0.02900	0.17987	0.00831	0.01203	0.07700	0.33958	0.03542	0.03330	0.12500	0.46159	0.07215
0.00161	0.03000	0.18392	0.00874	0.01236	0.07800	0.34241	0.03610	0.03386	0.12600	0.46389	0.07299
0.01725	0.03100	0.18793	0.00918	0.01270	0.07900	0.34522	0.03679	0.03442	0.12700	0.46619	0.07384
0.00185	0.03200	0.19189	0.00962	0.01304	0.08000	0.34801	0.03748	0.03499	0.12800	0.46847	0.07469
0.00197	0.03300	0.19580	0.01008	0.01339	0.08100	0.35079	0.03817	0.03556	0.12900	0.47075	0.07554
0.00210	0.03400	0.19962	0.01053	0.01374	0.08200	0.35355	0.03887	0.03614	0.13000	0.47301	0.07639
0.00224	0.03500	0.20350	0.01100	0.01410	0.08300	0.35630	0.03957	0.03672	0.13100	0.47527	0.07725
0.00238	0.03600	0.20730	0.01147	0.01446	0.08400	0.35904	0.04027	0.03730	0.13200	0.47753	0.07811
0.00252	0.03700	0.21105	0.01195	0.01483	0.08500	0.36176	0.04098	0.03789	0.13300	0.47977	0.07898
0.00267	0.03800	0.21477	0.01243	0.01520	0.08600	0.36448	0.04169	0.03848	0.13400	0.48201	0.07984
0.00282	0.03900	0.21845	0.01292	0.01557	0.08700	0.36717	0.04241	0.03908	0.13500	0.48424	0.08071
0.00298	0.04000	0.22210	0.01342	0.01595	0.08800	0.36986	0.04313	0.03969	0.13600	0.48646	0.08158
0.00314	0.04100	0.22571	0.01392	0.01634	0.08900	0.37253	0.04385	0.04029	0.13700	0.48867	0.08246
0.00331	0.04200	0.22929	0.01443	0.01673	0.09000	0.37519	0.04458	0.04091	0.13800	0.49088	0.08333
0.00348	0.04300	0.23284	0.01494	0.01712	0.09100	0.37784	0.04531	0.04152	0.13900	0.49308	0.08421
0.00365	0.04400	0.23636	0.01546	0.01752	0.09200	0.38048	0.04604	0.04215	0.14000	0.49527	0.08510
0.00381	0.04500	0.23985	0.01599	0.01792	0.09300	0.38310	0.04678	0.04277	0.14100	0.49745	0.08598
0.00402	0.04600	0.24332	0.01652	0.01833	0.09400	0.38572	0.04752	0.04340	0.14200	0.49963	0.08687
0.00421	0.04700	0.24675	0.01705	0.01874	0.09500	0.38832	0.04827	0.04404	0.14300	0.50180	0.08776
0.00440	0.04800	0.25016	0.01759	0.01916	0.09600	0.39091	0.04902	0.04468	0.14400	0.50396	0.08865

## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.04532	0.14500	0.50612	0.08955	0.08147	0.19300	0.60214	0.13530	0.12736	0.24100	0.68607	0.18564
0.04597	0.14600	0.50827	0.09044	0.08233	0.19400	0.60400	0.13630	0.12841	0.24200	0.68770	0.18673
0.04662	0.14700	0.51041	0.09134	0.08319	0.19500	0.60586	0.13731	0.12947	0.24300	0.68934	0.18782
0.04728	0.14800	0.51254	0.09225	0.08401	0.19600	0.60771	0.13832	0.13053	0.24400	0.69098	0.18891
0.04794	0.14900	0.51467	0.09315	0.08493	0.19700	0.60955	0.13933	0.13160	0.24500	0.69262	0.19001
0.04861	0.15000	0.51679	0.09406	0.08581	0.19800	0.61139	0.14035	0.13267	0.24600	0.69426	0.19110
0.04928	0.15100	0.51890	0.09497	0.08669	0.19900	0.61323	0.14136	0.13374	0.24700	0.69590	0.19220
0.04996	0.15200	0.52011	0.09588	0.08757	0.20000	0.61506	0.14238	0.13482	0.24800	0.69754	0.19330
0.05064	0.15300	0.52311	0.09680	0.08846	0.20100	0.61689	0.14340	0.13590	0.24900	0.69918	0.19440
0.05132	0.15400	0.52521	0.09772	0.08935	0.20200	0.61872	0.14442	0.13698	0.25000	0.70082	0.19550
0.05201	0.15500	0.52729	0.09864	0.09025	0.20300	0.62055	0.14544	0.13807	0.25100	0.70227	0.19661
0.05271	0.15600	0.52937	0.09956	0.09115	0.20400	0.62238	0.14647	0.13916	0.25200	0.70387	0.19771
0.05340	0.15700	0.53145	0.10049	0.09206	0.20500	0.62421	0.14750	0.14026	0.25300	0.70547	0.19882
0.05411	0.15800	0.53352	0.10141	0.09297	0.20600	0.62604	0.14852	0.14136	0.25400	0.70707	0.19992
0.05481	0.15900	0.53558	0.10234	0.09388	0.20700	0.62787	0.14956	0.14246	0.25500	0.70867	0.20103
0.05552	0.16000	0.53763	0.10328	0.09480	0.20800	0.62970	0.15059	0.14357	0.25600	0.71026	0.20214
0.05624	0.16100	0.53968	0.10421	0.09572	0.20900	0.63153	0.15162	0.14468	0.25700	0.71186	0.20326
0.05696	0.16200	0.54173	0.10515	0.09665	0.21000	0.63336	0.15266	0.14579	0.25800	0.71346	0.20437
0.05769	0.16300	0.54376	0.10609	0.09758	0.21100	0.63487	0.15370	0.14691	0.25900	0.71506	0.20548
0.05842	0.16400	0.54579	0.10703	0.09851	0.21200	0.63664	0.15474	0.14803	0.26000	0.71666	0.20660
0.05915	0.16500	0.54782	0.10797	0.09945	0.21300	0.63842	0.15578	0.14916	0.26100	0.71808	0.20772
0.05989	0.16600	0.54983	0.10892	0.10039	0.21400	0.64019	0.15682	0.15029	0.26200	0.71964	0.20884
0.06063	0.16700	0.55185	0.10987	0.10134	0.21500	0.64196	0.15787	0.15142	0.26300	0.72119	0.20996
0.06138	0.16800	0.55385	0.11082	0.10229	0.21600	0.64373	0.15891	0.15256	0.26400	0.72275	0.21108
0.06213	0.16900	0.55585	0.11177	0.10325	0.21700	0.64550	0.15996	0.15370	0.26500	0.72430	0.21220
0.06288	0.17000	0.55785	0.11273	0.10420	0.21800	0.64728	0.16101	0.15484	0.26600	0.72586	0.21333
0.06364	0.17100	0.55983	0.11369	0.10517	0.21900	0.64905	0.16207	0.15599	0.26700	0.72742	0.21445
0.06441	0.17200	0.56182	0.11465	0.10613	0.22000	0.65082	0.16312	0.15714	0.26800	0.72897	0.21558
0.06518	0.17300	0.56379	0.11561	0.10711	0.22100	0.65238	0.16418	0.15829	0.26900	0.73053	0.21671
0.06595	0.17400	0.56576	0.11657	0.10808	0.22200	0.65411	0.16523	0.15945	0.27000	0.73208	0.21784
0.06673	0.17500	0.56773	0.11754	0.10906	0.22300	0.65583	0.16629	0.16061	0.27100	0.73350	0.21897
0.06751	0.17600	0.56969	0.11851	0.11004	0.22400	0.65756	0.16735	0.16178	0.27200	0.73500	0.22010
0.06830	0.17700	0.57164	0.11948	0.11103	0.22500	0.65929	0.16842	0.16295	0.27300	0.73650	0.22124
0.06909	0.17800	0.57359	0.12045	0.11202	0.22600	0.66101	0.16948	0.16412	0.27400	0.73800	0.22237
0.06988	0.17900	0.57553	0.12143	0.11302	0.22700	0.66274	0.17055	0.16530	0.27500	0.73951	0.22351
0.07068	0.18000	0.57746	0.12240	0.11401	0.22800	0.66446	0.17161	0.16648	0.27600	0.74101	0.22465
0.07149	0.18100	0.57939	0.12338	0.11502	0.22900	0.66619	0.17268	0.16766	0.27700	0.74251	0.22578
0.07230	0.18200	0.58132	0.12436	0.11602	0.23000	0.66792	0.17375	0.16885	0.27800	0.74401	0.22692
0.07311	0.18300	0.58324	0.12535	0.11704	0.23100	0.66944	0.17483	0.17004	0.27900	0.74551	0.22807
0.07392	0.18400	0.58515	0.12633	0.11805	0.23200	0.67112	0.17590	0.17123	0.28000	0.74702	0.22921
0.07475	0.18500	0.58706	0.12732	0.11907	0.23300	0.67280	0.17698	0.17243	0.28100	0.74854	0.23035
0.07557	0.18600	0.58897	0.12831	0.12009	0.23400	0.67448	0.17805	0.17363	0.28200	0.75002	0.23150
0.07640	0.18700	0.59086	0.12930	0.12112	0.23500	0.67617	0.17913	0.17483	0.28300	0.75149	0.23264
0.07723	0.18800	0.59276	0.13030	0.12215	0.23600	0.67785	0.18021	0.17604	0.28400	0.75296	0.23379
0.07807	0.18900	0.59464	0.13129	0.12318	0.23700	0.67953	0.18129	0.17725	0.28500	0.75443	0.23494
0.07891	0.19000	0.59653	0.13229	0.12422	0.23800	0.68121	0.18238	0.17847	0.28600	0.75591	0.23609
0.07976	0.19100	0.59840	0.13329	0.12526	0.23900	0.68289	0.18346	0.17969	0.28700	0.75738	0.23724
0.08061	0.19200	0.60027	0.13429	0.12631	0.24000	0.68457	0.18455	0.18091	0.28800	0.75885	0.23839

## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.18213	0.28900	0.76033	0.23955	0.24202	0.33500	0.82373	0.29294	0.30812	0.38100	0.88053	0.34958
0.18336	0.29000	0.76180	0.24070	0.24339	0.33600	0.82503	0.29410	0.30962	0.38200	0.88169	0.35080
0.18459	0.29100	0.76322	0.24186	0.24477	0.33700	0.82633	0.29526	0.31112	0.38300	0.88286	0.35201
0.18583	0.29200	0.76466	0.24302	0.24615	0.33800	0.82763	0.29642	0.31262	0.38400	0.88402	0.35323
0.18707	0.29300	0.76610	0.24418	0.24753	0.33900	0.82894	0.29758	0.31413	0.38500	0.88519	0.35444
0.18831	0.29400	0.76753	0.24533	0.24892	0.34000	0.83024	0.29874	0.31564	0.38600	0.88635	0.35566
0.18955	0.29500	0.76897	0.24650	0.25031	0.34100	0.83153	0.29990	0.31715	0.38700	0.88751	0.35687
0.19080	0.29600	0.77041	0.24766	0.25170	0.34200	0.83280	0.30106	0.31866	0.38800	0.88868	0.35809
0.19206	0.29700	0.77185	0.24882	0.25310	0.34300	0.83407	0.30222	0.32017	0.38900	0.88984	0.35930
0.19331	0.29800	0.77328	0.24998	0.25449	0.34400	0.83534	0.30338	0.32169	0.39000	0.89091	0.36052
0.19457	0.29900	0.77472	0.25115	0.25589	0.34500	0.83662	0.30455	0.32321	0.39100	0.89205	0.36173
0.19583	0.30000	0.77616	0.25232	0.25730	0.34600	0.83789	0.30571	0.32473	0.39200	0.89319	0.36295
0.19710	0.30100	0.77755	0.25346	0.25870	0.34700	0.83916	0.30687	0.32626	0.39300	0.89433	0.36416
0.19837	0.30200	0.77896	0.25462	0.26011	0.34800	0.84043	0.30803	0.32778	0.39400	0.89546	0.36538
0.19964	0.30300	0.78036	0.25578	0.26153	0.34900	0.84170	0.30919	0.32931	0.39500	0.89660	0.36659
0.20091	0.30400	0.78176	0.25694	0.26294	0.35000	0.84297	0.31192	0.33084	0.39600	0.89774	0.36781
0.20219	0.30500	0.78316	0.25811	0.26436	0.35100	0.84423	0.31313	0.33238	0.39700	0.89888	0.36902
0.20347	0.30600	0.78456	0.25927	0.26578	0.35200	0.84547	0.31435	0.33391	0.39800	0.90002	0.37024
0.20476	0.30700	0.78596	0.26043	0.26720	0.35300	0.84671	0.31556	0.33545	0.39900	0.90106	0.37145
0.20605	0.30800	0.78737	0.26159	0.26863	0.35400	0.84795	0.31678	0.33699	0.40000	0.90217	0.37353
0.20734	0.30900	0.78877	0.26275	0.27006	0.35500	0.84919	0.31799	0.33853	0.40100	0.90328	0.37478
0.20863	0.31000	0.79017	0.26391	0.27149	0.35600	0.85043	0.31921	0.34007	0.40200	0.90440	0.37603
0.20993	0.31100	0.79154	0.26507	0.27292	0.35700	0.85167	0.32042	0.34162	0.40300	0.90551	0.37727
0.21232	0.31200	0.79291	0.26623	0.27436	0.35800	0.85290	0.32164	0.34317	0.40400	0.90662	0.37852
0.21254	0.31300	0.79428	0.26739	0.27580	0.35900	0.85414	0.32285	0.34472	0.40500	0.90774	0.37977
0.21384	0.31400	0.79565	0.26855	0.27724	0.36000	0.85538	0.32407	0.34627	0.40600	0.90885	0.38102
0.21515	0.31500	0.79702	0.26972	0.27868	0.36100	0.85663	0.32528	0.34783	0.40700	0.90996	0.38227
0.21647	0.31600	0.79839	0.27088	0.28013	0.36200	0.85784	0.32650	0.34939	0.40800	0.91107	0.38351
0.21779	0.31700	0.79977	0.27204	0.28158	0.36300	0.85905	0.32771	0.35094	0.40900	0.91219	0.38476
0.21911	0.31800	0.80114	0.27320	0.28303	0.36400	0.86027	0.32893	0.35251	0.41000	0.91330	0.38601
0.22043	0.31900	0.80251	0.27436	0.28449	0.36500	0.86148	0.33014	0.35407	0.41100	0.91424	0.38726
0.22176	0.32000	0.80388	0.27552	0.28595	0.36600	0.86269	0.33136	0.35563	0.41200	0.91532	0.38851
0.22308	0.32100	0.80519	0.27668	0.28741	0.36700	0.86391	0.33257	0.35720	0.41300	0.91640	0.38975
0.22442	0.32200	0.80653	0.27784	0.28887	0.36800	0.86512	0.33379	0.35877	0.41400	0.91748	0.39100
0.22575	0.32300	0.80786	0.27900	0.29034	0.36900	0.86633	0.33500	0.36034	0.41500	0.91856	0.39225
0.22709	0.32400	0.80920	0.28016	0.29181	0.37000	0.86754	0.33622	0.36192	0.41600	0.91964	0.39350
0.22843	0.32500	0.81053	0.28133	0.29328	0.37100	0.86873	0.33743	0.36349	0.41700	0.92072	0.39475
0.22978	0.32600	0.81186	0.28249	0.29475	0.37200	0.86991	0.33865	0.36507	0.41800	0.92180	0.39599
0.23113	0.32700	0.81320	0.28365	0.29623	0.37300	0.87109	0.33986	0.36665	0.41900	0.92288	0.39724
0.23248	0.32800	0.81453	0.28481	0.29770	0.37400	0.87227	0.34108	0.36823	0.42000	0.92396	0.39849
0.23383	0.32900	0.81587	0.28597	0.29918	0.37500	0.87345	0.34229	0.36981	0.42100	0.92492	0.39974
0.23519	0.33000	0.81720	0.28713	0.30067	0.37600	0.87464	0.34351	0.37140	0.42200	0.92597	0.40099
0.23655	0.33100	0.81852	0.28829	0.30215	0.37700	0.87582	0.34472	0.37299	0.42300	0.92702	0.40223
0.23791	0.33200	0.81982	0.28945	0.30364	0.37800	0.87700	0.34594	0.37458	0.42400	0.92807	0.40348
0.23928	0.33300	0.82113	0.29061	0.30513	0.37900	0.87818	0.34715	0.37617	0.42500	0.92912	0.40473
0.24064	0.33400	0.82243	0.29177	0.30663	0.38000	0.87936	0.34837	0.37776	0.42600	0.93017	0.40598

## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.37936	0.42700	0.93122	0.40723	0.45454	0.47300	0.97614	0.46463	0.53240	0.51900	1.01571	0.52419
0.38095	0.42800	0.93227	0.40847	0.45621	0.47400	0.97706	0.46588	0.53411	0.52000	1.01652	0.52546
0.38255	0.42900	0.93332	0.40972	0.45788	0.47500	0.97797	0.46713	0.53583	0.52100	1.01727	0.52673
0.38415	0.43000	0.93430	0.41097	0.45955	0.47600	0.97888	0.46838	0.53754	0.52200	1.01806	0.52801
0.38575	0.43100	0.93532	0.41222	0.46122	0.47700	0.97980	0.46963	0.53926	0.52300	1.01884	0.52928
0.38736	0.43200	0.93634	0.41347	0.46289	0.47800	0.98071	0.47087	0.54097	0.52400	1.01963	0.53055
0.38896	0.43300	0.93736	0.41471	0.46457	0.47900	0.98162	0.47212	0.54269	0.52500	1.02042	0.53182
0.39057	0.43400	0.93838	0.41596	0.46625	0.48000	0.98253	0.47337	0.54440	0.52600	1.02120	0.53310
0.39218	0.43500	0.93940	0.41721	0.46792	0.48100	0.98342	0.47462	0.54612	0.52700	1.02199	0.53437
0.39379	0.43600	0.94043	0.41846	0.46960	0.48200	0.98430	0.47587	0.54784	0.52800	1.02277	0.53564
0.39541	0.43700	0.94145	0.41971	0.47128	0.48300	0.98519	0.47711	0.54955	0.52900	1.02356	0.53692
0.39702	0.43800	0.94247	0.42095	0.47296	0.48400	0.98607	0.47836	0.55127	0.53000	1.02435	0.53819
0.39864	0.43900	0.94349	0.42220	0.47464	0.48500	0.98696	0.47961	0.55299	0.53100	1.02511	0.53946
0.40026	0.44000	0.94451	0.42345	0.47633	0.48600	0.98784	0.48086	0.55471	0.53200	1.02587	0.54074
0.40188	0.44100	0.94547	0.42470	0.47801	0.48700	0.98873	0.48211	0.55643	0.53300	1.02663	0.54201
0.40350	0.44200	0.94646	0.42595	0.47970	0.48800	0.98961	0.48335	0.55815	0.53400	1.02739	0.54328
0.40512	0.44300	0.94745	0.42719	0.48138	0.48900	0.99049	0.48460	0.55987	0.53500	1.02816	0.54455
0.40675	0.44400	0.94844	0.42844	0.48307	0.49000	0.99138	0.48585	0.56159	0.53600	1.02892	0.54583
0.40837	0.44500	0.94943	0.42969	0.48476	0.49100	0.99226	0.48710	0.56331	0.53700	1.02968	0.54710
0.41000	0.44600	0.95042	0.43094	0.48645	0.49200	0.99312	0.48835	0.56503	0.53800	1.03044	0.54837
0.41163	0.44700	0.95142	0.43219	0.48814	0.49300	0.99398	0.48959	0.56675	0.53900	1.03120	0.54965
0.41326	0.44800	0.95241	0.43343	0.48983	0.49400	0.99484	0.49084	0.56848	0.54000	1.03197	0.55092
0.41490	0.44900	0.95340	0.43468	0.49152	0.49500	0.99571	0.49209	0.57020	0.54100	1.03270	0.55219
0.41653	0.45000	0.95439	0.43593	0.49322	0.49600	0.99657	0.49334	0.57192	0.54200	1.03343	0.55347
0.41817	0.45100	0.95535	0.43718	0.49491	0.49700	0.99743	0.49459	0.57364	0.54300	1.03417	0.55474
0.41980	0.45200	0.95631	0.43843	0.49661	0.49800	0.99829	0.49583	0.57537	0.54400	1.03491	0.55601
0.42144	0.45300	0.95728	0.43967	0.49830	0.49900	0.99915	0.49708	0.57709	0.54500	1.03564	0.55728
0.42308	0.45400	0.95824	0.44092	0.50000	0.50000	1.00002	0.50000	0.57881	0.54600	1.03638	0.55856
0.42473	0.45500	0.95921	0.44217	0.50170	0.50100	1.00085	0.50127	0.58054	0.54700	1.03712	0.55983
0.42637	0.45600	0.96018	0.44342	0.50340	0.50200	1.00169	0.50255	0.58226	0.54800	1.03786	0.56110
0.42802	0.45700	0.96114	0.44467	0.50510	0.50300	1.00253	0.50382	0.58399	0.54900	1.03859	0.56238
0.42966	0.45800	0.96211	0.44591	0.50680	0.50400	1.00337	0.50509	0.58571	0.55000	1.03933	0.56365
0.43131	0.45900	0.96307	0.44716	0.50850	0.50500	1.00422	0.50637	0.58744	0.55100	1.04004	0.56492
0.43296	0.46000	0.96404	0.44841	0.51020	0.50600	1.00506	0.50764	0.58916	0.55200	1.04075	0.56620
0.43461	0.46100	0.96496	0.44966	0.51191	0.50700	1.00590	0.50891	0.59089	0.55300	1.04146	0.56747
0.43627	0.46200	0.96590	0.45091	0.51361	0.50800	1.00674	0.51018	0.59261	0.55400	1.04218	0.56874
0.43792	0.46300	0.96684	0.45215	0.51531	0.50900	1.00758	0.51146	0.59434	0.55500	1.04289	0.57001
0.43958	0.46400	0.96778	0.45340	0.51702	0.51000	1.00843	0.51273	0.59606	0.55600	1.04361	0.57129
0.44123	0.46500	0.96871	0.45465	0.51873	0.51100	1.00919	0.51400	0.59779	0.55700	1.04432	0.57256
0.44289	0.46600	0.96965	0.45590	0.52043	0.51200	1.01000	0.51528	0.59951	0.55800	1.04503	0.57383
0.44455	0.46700	0.97059	0.45715	0.52214	0.51300	1.01082	0.51655	0.60124	0.55900	1.04575	0.57511
0.44621	0.46800	0.97153	0.45839	0.52385	0.51400	1.01163	0.51782	0.60296	0.56000	1.04646	0.57638
0.44787	0.46900	0.97247	0.45964	0.52556	0.51500	1.01245	0.51910	0.60469	0.56100	1.04713	0.57765
0.44954	0.47000	0.97340	0.46089	0.52727	0.51600	1.01326	0.52037	0.60642	0.56200	1.04782	0.57893
0.45120	0.47100	0.97432	0.46214	0.52898	0.51700	1.01408	0.52164	0.60814	0.56300	1.04850	0.58020
0.45287	0.47200	0.97523	0.46339	0.53069	0.51800	1.01489	0.52291	0.60987	0.56400	1.04919	0.58147



## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.61159	0.56500	1.04988	0.58274	0.69236	0.61200	1.07946	0.64220	0.77130	0.65900	1.10346	0.70410
0.61332	0.56600	1.05056	0.58402	0.69406	0.61300	1.08004	0.64352	0.77295	0.66000	1.10392	0.70542
0.61504	0.56700	1.05125	0.58529	0.69577	0.61400	1.08058	0.64484	0.77459	0.66100	1.10438	0.70674
0.61677	0.56800	1.05194	0.58656	0.69747	0.61500	1.08114	0.64616	0.77624	0.66200	1.10483	0.70805
0.61849	0.56900	1.05262	0.58784	0.69917	0.61600	1.08170	0.64747	0.77788	0.66300	1.10529	0.70937
0.62022	0.57000	1.05331	0.58911	0.70087	0.61700	1.08226	0.64879	0.77952	0.66400	1.10575	0.71069
0.62194	0.57100	1.05397	0.59038	0.70257	0.61800	1.08282	0.65011	0.78116	0.66500	1.10621	0.71201
0.62367	0.57200	1.05464	0.59166	0.70427	0.61900	1.08338	0.65142	0.78279	0.66600	1.10656	0.71332
0.62539	0.57300	1.05530	0.59293	0.70597	0.62000	1.08394	0.65274	0.78443	0.66700	1.10699	0.71464
0.62712	0.57400	1.05596	0.59420	0.70767	0.62100	1.08449	0.65406	0.78606	0.66800	1.10741	0.71596
0.62884	0.57500	1.05662	0.59547	0.70937	0.62200	1.08505	0.65537	0.78769	0.66900	1.10783	0.71727
0.63057	0.57600	1.05728	0.59675	0.71106	0.62300	1.08557	0.65669	0.78932	0.67000	1.10825	0.71859
0.63229	0.57700	1.05795	0.59802	0.71276	0.62400	1.08610	0.65801	0.79095	0.67100	1.10867	0.71991
0.63402	0.57800	1.05861	0.59929	0.71445	0.62500	1.08663	0.65933	0.79257	0.67200	1.10910	0.72122
0.63574	0.57900	1.05927	0.60057	0.71614	0.62600	1.08717	0.66064	0.79420	0.67300	1.10952	0.72254
0.63746	0.58000	1.05993	0.60184	0.71783	0.62700	1.08770	0.66196	0.79582	0.67400	1.10994	0.72386
0.63918	0.58100	1.06057	0.60311	0.71953	0.62800	1.08823	0.66328	0.79744	0.67500	1.11036	0.72518
0.64091	0.58200	1.06121	0.60439	0.72121	0.62900	1.08877	0.66459	0.79905	0.67600	1.11078	0.72649
0.64263	0.58300	1.06185	0.60566	0.72290	0.63000	1.08930	0.66591	0.80067	0.67700	1.11121	0.72781
0.64435	0.58400	1.06248	0.60693	0.72459	0.63100	1.08983	0.66723	0.80228	0.67800	1.11163	0.72913
0.64607	0.58500	1.06312	0.60820	0.72628	0.63200	1.09035	0.66854	0.80390	0.67900	1.11205	0.73044
0.64779	0.58600	1.06376	0.60948	0.72796	0.63300	1.09086	0.66986	0.80550	0.68000	1.11247	0.73176
0.64951	0.58700	1.06440	0.61075	0.72965	0.63400	1.09138	0.67118	0.80711	0.68100	1.11277	0.73308
0.65123	0.58800	1.06504	0.61202	0.73133	0.63500	1.09189	0.67250	0.80872	0.68200	1.11314	0.73439
0.65295	0.58900	1.06567	0.61330	0.73301	0.63600	1.09241	0.67381	0.81032	0.68300	1.11351	0.73571
0.65467	0.59000	1.06631	0.61457	0.73469	0.63700	1.09292	0.67513	0.81192	0.68400	1.11388	0.73703
0.65639	0.59100	1.06692	0.61584	0.73637	0.63800	1.09344	0.67645	0.81352	0.68500	1.11426	0.73835
0.65811	0.59200	1.06753	0.61712	0.73805	0.63900	1.09395	0.67776	0.81512	0.68600	1.11463	0.73966
0.65983	0.59300	1.06814	0.61839	0.73972	0.64000	1.09447	0.67908	0.81671	0.68700	1.11500	0.74098
0.66155	0.59400	1.06875	0.61966	0.74140	0.64100	1.09499	0.68040	0.81831	0.68800	1.11537	0.74230
0.66326	0.59500	1.06936	0.62093	0.74307	0.64200	1.09542	0.68171	0.81990	0.68900	1.11574	0.74361
0.66498	0.59600	1.06997	0.62221	0.74474	0.64300	1.09591	0.68303	0.82148	0.69000	1.11612	0.74493
0.66670	0.59700	1.07058	0.62348	0.74641	0.64400	1.09639	0.68435	0.82307	0.69100	1.11649	0.74625
0.66841	0.59800	1.07119	0.62475	0.74808	0.64500	1.09688	0.68567	0.82465	0.69200	1.11686	0.74756
0.67013	0.59900	1.07180	0.62603	0.74975	0.64600	1.09736	0.68698	0.82624	0.69300	1.11723	0.74888
0.67184	0.60000	1.07241	0.62640	0.75142	0.64700	1.09785	0.68830	0.82781	0.69400	1.11760	0.75020
0.67355	0.60100	1.07302	0.62772	0.75308	0.64800	1.09833	0.68962	0.82939	0.69500	1.11798	0.75152
0.67527	0.60200	1.07361	0.62903	0.75473	0.64900	1.09882	0.69093	0.83096	0.69600	1.11835	0.75283
0.67698	0.60300	1.07419	0.63035	0.75641	0.65000	1.09930	0.69225	0.83254	0.69700	1.11872	0.75415
0.67869	0.60400	1.07478	0.63167	0.75807	0.65100	1.09979	0.69357	0.83411	0.69800	1.11909	0.75547
0.68040	0.60500	1.07536	0.63299	0.75973	0.65200	1.10027	0.69488	0.83567	0.69900	1.11946	0.75678
0.68211	0.60600	1.07595	0.63430	0.76139	0.65300	1.10076	0.69620	0.83724	0.70000	1.11984	0.74768
0.68382	0.60700	1.07653	0.63562	0.76304	0.65400	1.10118	0.69752	0.83880	0.70100	1.12012	0.74885
0.68553	0.60800	1.07712	0.63694	0.76470	0.65500	1.10164	0.69884	0.84036	0.70200	1.12044	0.75002
0.68724	0.60900	1.07770	0.63825	0.76635	0.65600	1.10209	0.70015	0.84192	0.70300	1.12076	0.75119
0.68895	0.61000	1.07829	0.63957	0.76800	0.65700	1.10255	0.70147	0.84347	0.70400	1.12109	0.75235
0.69065	0.61100	1.07887	0.64089	0.76965	0.65800	1.10301	0.70279	0.84502	0.70500	1.12141	0.75352

## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0.84657	0.70600	1.12173	0.75469	0.91470	0.75200	1.13387	0.80670	0.97506	0.79800	1.13964	0.85730
0.84812	0.70700	1.12205	0.75585	0.91610	0.75300	1.13406	0.80780	0.97627	0.79900	1.13968	0.85840
0.84966	0.70800	1.12238	0.75702	0.91750	0.75400	1.13425	0.80890	0.97747	0.80000	1.13972	0.85950
0.85121	0.70900	1.12270	0.75819	0.91890	0.75500	1.13444	0.81000	0.97866	0.80100	1.13976	0.85837
0.85275	0.71000	1.12302	0.75935	0.92029	0.75600	1.13463	0.81110	0.97986	0.80200	1.13980	0.85966
0.85428	0.71100	1.12335	0.76052	0.92168	0.75700	1.13482	0.81220	0.98104	0.80300	1.13985	0.86094
0.85582	0.71200	1.12367	0.76169	0.92306	0.75800	1.13501	0.81330	0.98222	0.80400	1.13989	0.86223
0.85735	0.71300	1.12399	0.76286	0.92444	0.75900	1.13520	0.81440	0.98340	0.80500	1.13993	0.86351
0.85888	0.71400	1.12432	0.76402	0.92582	0.76000	1.13539	0.81550	0.98457	0.80600	1.13997	0.86480
0.86040	0.71500	1.12464	0.76519	0.92719	0.76100	1.13552	0.81660	0.98574	0.80700	1.14001	0.86608
0.86192	0.71600	1.12496	0.76636	0.92856	0.76200	1.13568	0.81770	0.98690	0.80800	1.14006	0.86737
0.86344	0.71700	1.12528	0.76752	0.92993	0.76300	1.13584	0.81880	0.98805	0.80900	1.14010	0.86866
0.86496	0.71800	1.12561	0.76869	0.93129	0.76400	1.13600	0.81990	0.98920	0.81000	1.14014	0.86994
0.86647	0.71900	1.12593	0.76986	0.93265	0.76500	1.13616	0.82100	0.99035	0.81100	1.14002	0.87123
0.86799	0.72000	1.12625	0.77102	0.93400	0.76600	1.13632	0.82210	0.99149	0.81200	1.14003	0.87251
0.86949	0.72100	1.12638	0.77219	0.93535	0.76700	1.13648	0.82320	0.99262	0.81300	1.14003	0.87380
0.87100	0.72200	1.12666	0.77336	0.93670	0.76800	1.13663	0.82430	0.99375	0.81400	1.14003	0.87509
0.87250	0.72300	1.12694	0.77453	0.93804	0.76900	1.13677	0.82540	0.99487	0.81500	1.14002	0.87637
0.87400	0.72400	1.12721	0.77569	0.93938	0.77000	1.13691	0.82650	0.99599	0.81600	1.14002	0.87766
0.87550	0.72500	1.12749	0.77686	0.94071	0.77100	1.13705	0.82760	0.99710	0.81700	1.14001	0.87894
0.87699	0.72600	1.12777	0.77803	0.94204	0.77200	1.13720	0.82870	0.99821	0.81800	1.14000	0.88023
0.87848	0.72700	1.12805	0.77919	0.94337	0.77300	1.13733	0.82980	0.99931	0.81900	1.14000	0.88152
0.87997	0.72800	1.12832	0.78036	0.94469	0.77400	1.13746	0.83090	1.00041	0.82000	1.13999	0.88280
0.88146	0.72900	1.12860	0.78153	0.94601	0.77500	1.13759	0.83200	1.00150	0.82100	1.13999	0.88409
0.88294	0.73000	1.12888	0.78269	0.94732	0.77600	1.13772	0.83310	1.00258	0.82200	1.13988	0.88537
0.88441	0.73100	1.12910	0.78386	0.94863	0.77700	1.13785	0.83420	1.00366	0.82300	1.13984	0.88666
0.88589	0.73200	1.12934	0.78503	0.94993	0.77800	1.13799	0.83530	1.00473	0.82400	1.13980	0.88795
0.88736	0.73300	1.12959	0.78620	0.95123	0.77900	1.13812	0.83640	1.00580	0.82500	1.13976	0.88923
0.88883	0.73400	1.12983	0.78736	0.95252	0.78000	1.13825	0.83750	1.00686	0.82600	1.13972	0.88343
0.89030	0.73500	1.13008	0.78853	0.95382	0.78100	1.13829	0.83860	1.00791	0.82700	1.13969	0.88439
0.89176	0.73600	1.13032	0.78970	0.95510	0.78200	1.13840	0.83970	1.00896	0.82800	1.13965	0.88536
0.89322	0.73700	1.13057	0.79086	0.95638	0.78300	1.13850	0.84080	1.01000	0.82900	1.13955	0.88632
0.89467	0.73800	1.13081	0.79203	0.95766	0.78400	1.13860	0.84190	1.01104	0.83000	1.13949	0.88729
0.89613	0.73900	1.13106	0.79320	0.95893	0.78500	1.13870	0.84300	1.01207	0.83100	1.13942	0.88825
0.89758	0.74000	1.13130	0.79436	0.96020	0.78600	1.13879	0.84410	1.01309	0.83200	1.13936	0.88921
0.89902	0.74100	1.13153	0.79553	0.96147	0.78700	1.13889	0.84520	1.01411	0.83300	1.13929	0.89018
0.90046	0.74200	1.13175	0.79670	0.96273	0.78800	1.13899	0.84630	1.01512	0.83400	1.13923	0.89114
0.90190	0.74300	1.13197	0.79787	0.96398	0.78900	1.13904	0.84740	1.01613	0.83500	1.13916	0.89211
0.90334	0.74400	1.13219	0.79903	0.96523	0.79000	1.13910	0.84850	1.01713	0.83600	1.13904	0.89307
0.90477	0.74500	1.13240	0.80020	0.96648	0.79100	1.13915	0.84960	1.01812	0.83700	1.13895	0.89403
0.90620	0.74600	1.13262	0.80137	0.96772	0.79200	1.13921	0.85070	1.01911	0.83800	1.13886	0.89500
0.90762	0.74700	1.13284	0.80253	0.96895	0.79300	1.13926	0.85180	1.02009	0.83900	1.13877	0.89596
0.90905	0.74800	1.13306	0.80370	0.97018	0.79400	1.13932	0.85290	1.02106	0.84000	1.13868	0.89693
0.91046	0.74900	1.13328	0.80487	0.97141	0.79500	1.13937	0.85400	1.02203	0.84100	1.13859	0.89789
0.91188	0.75000	1.13349	0.80603	0.97263	0.79600	1.13943	0.85510	1.02299	0.84200	1.13845	0.89885
0.91329	0.75100	1.13367	0.80560	0.97385	0.79700	1.13959	0.85620	1.02395	0.84300	1.13833	0.89982

## Continuación

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
1.02490	0.84400	1.13822	0.90078	1.04158	0.86300	1.13523	0.91774	1.05552	0.88200	1.13050	0.93417
1.02584	0.84500	1.13811	0.90174	1.04239	0.86400	1.13498	0.91865	1.05617	0.88300	1.13020	0.93493
1.02677	0.84600	1.13799	0.90271	1.04319	0.86500	1.13478	0.91956	1.05681	0.88400	1.12991	0.93570
1.02770	0.84700	1.13788	0.90367	1.04398	0.86600	1.13456	0.92047	1.05744	0.88500	1.12961	0.93647
1.02862	0.84800	1.13777	0.90464	1.04476	0.86700	1.13435	0.92138	1.05807	0.88600	1.12932	0.93723
1.02953	0.84900	1.13757	0.90560	1.04553	0.86800	1.13414	0.92228	1.05868	0.88700	1.12902	0.93800
1.03044	0.85000	1.13743	0.90594	1.04630	0.86900	1.13392	0.92319	1.05928	0.88800	1.12864	0.93876
1.03134	0.85100	1.13728	0.90685	1.04706	0.87000	1.13371	0.92410	1.05988	0.88900	1.12831	0.93953
1.03223	0.85200	1.13714	0.90776	1.04781	0.87100	1.13350	0.92501	1.06047	0.89000	1.12798	0.94030
1.03312	0.85300	1.13699	0.90866	1.04855	0.87200	1.13319	0.92592	1.06104	0.89100	1.12763	0.94106
1.03400	0.85400	1.13684	0.90957	1.04929	0.87300	1.13294	0.92682	1.06161	0.89200	1.12729	0.94183
1.03487	0.85500	1.13670	0.91048	1.05001	0.87400	1.13269	0.92773	1.06217	0.89300	1.12695	0.94259
1.03574	0.85600	1.13649	0.91139	1.05073	0.87500	1.13243	0.92881	1.06272	0.89400	1.12661	0.94336
1.03659	0.85700	1.13631	0.91230	1.05144	0.87600	1.13217	0.92957	1.06325	0.89500	1.12627	0.94413
1.03744	0.85800	1.13614	0.91320	1.05214	0.87700	1.13192	0.93034	1.06378	0.89600	1.12585	0.94489
1.03829	0.85900	1.13596	0.91411	1.05284	0.87800	1.13167	0.93110	1.06430	0.89700	1.12547	0.94566
1.03912	0.86000	1.13577	0.91502	1.05352	0.87900	1.13141	0.93187	1.06481	0.89800	1.12510	0.94642
1.03995	0.86100	1.13559	0.91593	1.05420	0.88000	1.13108	0.93264	1.06531	0.89900	1.12472	0.94719
1.04077	0.86200	1.13541	0.91684	1.05486	0.88100	1.13079	0.93340	1.06580	0.90000	1.12431	0.94796





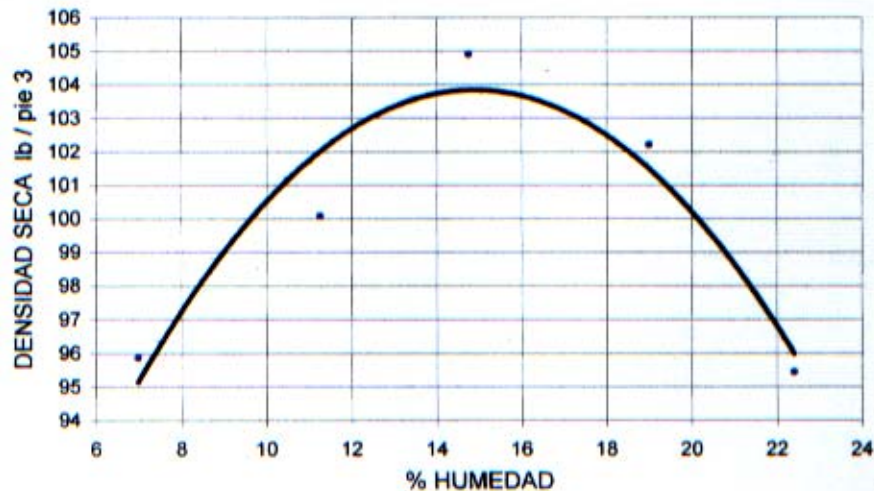
# SERVICIOS UNIFICADOS DE INGENIERIA

GEOTECNIA • CIMENTACIONES • LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INFORME No R-206-06

INTERESADO: Alvaro Alfredo Ramírez  
ASUNTO: Ensayo de Próctor Modificado ASSHO T-180  
PROYECTO: Pavimentación De Colonia La Arada  
UBICACIÓN: Colonia La Arada, Zona 4 de Villanueva.  
FECHA: Mayo de 2,006,

GRAFICA DENSIDAD SECA - HUMEDAD RELATIVA



MUESTRA : No. 1  
DESCRIPCION DEL SUELO: Arena Ligeramente Limosa con grava, Color Pardo.  
DENSIDAD SECA OPTIMA: 104,9 LIBRAS / PIE 3  
HUMEDAD OPTIMA: 14,8 %

OBS.

Atentamente,

  
ING. INF. RODOLFO ROSALES  
POR SERVICIOS UNIFICADOS DE INGENIERIA





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



INFORME No. 062 S.S

O.T.: 18,428

Interesado: Alvaro Alfredo Ramirez  
 Tipo de Ensayo: Con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27  
 Proyecto: Trabajo de Graduación  
 Ubicación: La Arada zona 4 Villa Nueva  
 Procedencia: Villa Nueva

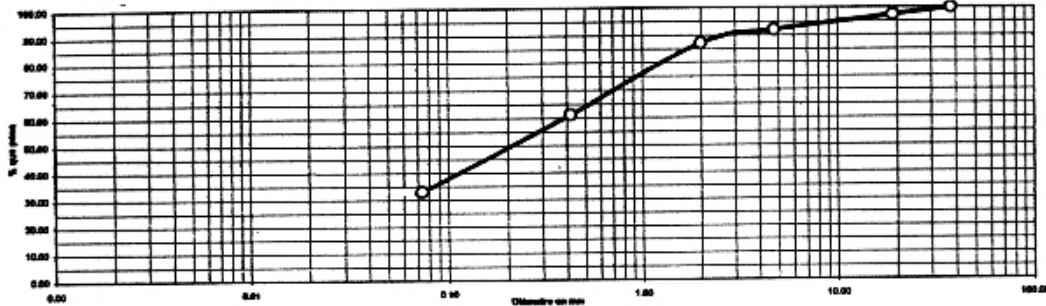
Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19.05	97.29
4	4.76	91.87
10	2.00	86.99
40	0.42	61.25
200	0.074	33.06

% de Grava: 8.13  
 % de Arena: 58.81  
 % de Finos 33.06

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa

Gs:



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

Atentamente,  
 Vo. Bo. *[Signature]*  
 Ing. Francisco Javier Quijónes de La Cruz  
 DIRECTOR CII/USAC.



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









# SERVICIOS UNIFICADOS DE INGENIERIA

GEOTECNIA • CIMENTACIONES • LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INFORME No R-207-06

INTERESADO: Alvaro Alfredo Ramírez  
ASUNTO: C.B.R. AASHO T-193  
PROYECTO: Pavimentación De Colonia La Arada  
FECHA: Mayo de 2,006,

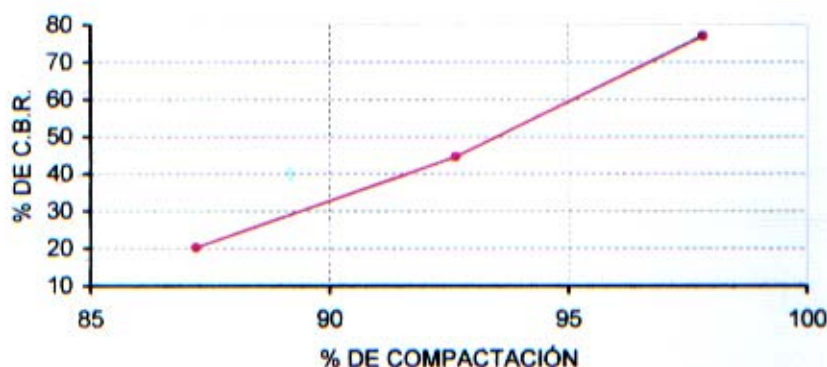
## I.- IDENTIFICACION

1.1 MUESTRA: No. 1  
1.2 DESCRIPCIÓN: Arena Ligeramente Limosa Con Grava, Color Pardo.

## II.- RESULTADOS

PROBETA No	GOLPES No	A LA COMPACTACION		COMPACTACION %	EXPANSION %	C.B.R. %
		HUMEDAD %	DENSIDAD Lb/PIE3			
1	10	15,83	91,46	87,19	0,00	20
2	30	15,83	97,17	92,63	0,00	45
3	65	15,83	102,60	97,81	0,06	77

% C.B.R. vrs % COMPACTACIÓN



Atentamente,

  
ING. INF. RODOLFO ROSALES

POR SERVICIOS UNIFICADOS DE INGENIERIA