



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE  
AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LA CARIDAD, SAN VICENTE PACAYA**

**Lorenzo Joel Ramos Soberanis**  
**Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, octubre de 2003**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE  
AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LA CARIDAD, SAN VICENTE PACAYA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LORENZO JOEL RAMOS SOBERANIS**

Asesorado por: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
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
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Francisco Guillermo Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Rolando Vargas Oliva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y LÍNEA DE  
CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LA  
CARIDAD, SAN VICENTE PACAYA**

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha, 16 de enero de 2003.

Lorenzo Joel Ramos Soberanis

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII

### 1. INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del lugar .....	01
1.2 Antecedentes del lugar .....	04
1.3 Descripción de condiciones actuales .....	05
1.4 Antecedentes topográficos .....	06
1.5 Diagnostico de las necesidades prioritarias de la población .....	06
1.6 Evaluación de los proyectos existentes .....	07
1.7 Propuesta para la solución de los proyectos .....	07

### 2. ENSAYOS DE LABORATORIO Y COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO DE ADOQUÍN

2.1 Compactación o proctor modificado .....	09
2.2 Teoría de compactación .....	09
2.2.1 Curva de compactación .....	09
2.2.2 Humedad óptima .....	10
2.3 Relación soporte California (C.B.R.) .....	10

2.4	Análisis granulométrico .....	12
2.5	Límites de Atterberg .....	14
2.6	Determinación del valor soporte de la sub rasante .....	22
2.7	Diseño de espesores .....	22
2.7.1	Sub rasante .....	22
2.7.2	Sub base .....	23
2.7.3	Base .....	23
2.7.4	Cama de asiento .....	25
2.7.5	Carpeta de rodadura .....	26
2.8	Adoquinamiento .....	26
2.8.1	Rellenos de juntas .....	27
2.8.2	Sello de junta .....	27
2.8.3	Bordillos .....	28
2.8.4	Llaves de confinamiento de concreto .....	29

### **3. PAVIMENTO DE ADOQUÍN**

3.1	Tipos de adoquín .....	31
3.1.1	Pavimento adoquinado para tránsito pesado .....	31
3.1.2	Pavimento adoquinado para tránsito liviano .....	32
3.2	Métodos de diseño .....	33
3.3	Adaptación del método de Mills .....	33
3.4	Elementos que lo forman .....	34
3.5	Construcción de pavimento de adoquín .....	34

### **4. TOPOGRAFÍA**

4.1	Altimetría .....	35
4.1.1	Nivelación topográfica .....	35

4.1.1.1 Nivelación directa .....	36
4.1.1.2 Nivelación indirecta .....	36
4.1.2 Métodos de nivelación .....	37
4.1.3 Nivelación diferencial .....	37
4.2 Métodos de diseño .....	37
4.2.1 Diseño planimétrico .....	38
4.2.2 Diseño altimétrico .....	38
Libreta de campo .....	39
Perfil del terreno .....	43

## **5. DISEÑO DE TUBERÍA PARA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

5.1 Fórmula de Hasen Willians .....	53
5.2 Estudio de la población .....	54
5.3 Estimación de población futura .....	55
5.3.1 Datos de censos del Cantón La Caridad .....	56
5.3.2 Estimación de la población futura por el método aritmético .....	56
5.3.3 Estimación de la población futura por el método geométrico .....	56
5.3.4 Estimación de la población futura por el método de regresión exponencial .....	57
5.3.4.1 Coeficiente de correlación lineal .....	58
5.3.5 Resumen .....	58
5.4 Fuente de agua .....	61
5.5 Tipo de sistema .....	61
5.6 Periodo de diseño .....	61
5.7 Dotación .....	63

5.8 Consumo promedio diario .....	64
5.9 Parámetros de diseño .....	65
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>APÉNDICE</b>	
.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla	03
2.	Ensayo de compactación	16
3.	Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)	17
4.	Ensayo con tamices y lavado previo	18
5.	Ensayo de límites de Atterberg	19
6.	Ensayo de peso unitario suelto (P.U.S.)	20
7.	Plano planta general de adoquinado	43
8.	Plano planta perfil	44
9.	Plano planta perfil	45
10.	Plano planta perfil	46
11.	Plano planta perfil	47
12.	Plano planta perfil	48
13.	Plano planta perfil	49
14.	Plano planta perfil	50
15.	Plano de ubicación San Vicente Pacaya, Escuintla	51
16.	Detalle de colocado de adoquín	76
17.	Detalle Isométrico de adoquín	77
18.	Detalle de llave transversal de confinamiento	78
19.	Detalle de sección de calle	79
20.	Detalle de bordillo y brocal de pozo de visita	80
21.	Planta general línea de conducción	85
22.	Plano planta + pizométrica de línea de conducción	86
23.	Plano planta + pizométrica de línea de conducción	87

24.	Plano planta + pizométrica de línea de conducción	88
25.	Plano planta + pizométrica de línea de conducción	89

## TABLAS

I.	Granulometría, según AASHTO M – 147	25
II.	Libreta de campo	39
III.	Libreta de nivelación	41
IV.	Cálculo hidráulico	60
V.	Presupuesto de adoquinado	73
VI.	Listado de materiales de adoquinado	74
VII.	Listado de herramienta y equipo para adoquinado	74
VIII.	Cronograma de actividades de adoquinado	75
IX.	Especificaciones técnicas para adoquinado	81
X.	Presupuesto línea de conducción Cantón La Caridad	82
XI.	Listado de materiales, línea de conducción Cantón La Caridad	83
XII.	Listado de herramienta y equipo, línea de conducción Cantón La Caridad	83
XIII.	Cronograma de ejecución, línea de conducción Cantón La Caridad	84
XIV.	Libreta de campo, línea de conducción Cantón La Caridad	90

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>PVC</b>	Poli cloruro de Vinilo
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>EST.</b>	Estación
<b>P.O.</b>	Punto observado
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>L/hab/dia</b>	Litro por habitante por día
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>LL</b>	Límite líquido
<b>LP</b>	Límite plástico
<b>LC</b>	Límite de contracción

<b>NP</b>	No plástico
<b>CBR</b>	Valor relativo del soporte del suelo
<b>P%</b>	Pendiente del terreno en porcentaje
<b>OM</b>	Corrección máxima de curva vertical
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>HI</b>	Altura del instrumento
<b>BM</b>	Banco de marca
<b>CMD</b>	Consumo máximo diario
<b>P/U</b>	Precio unitario

## GLOSARIO

- Adoquín** Es el bloque de concreto que se fabrica por medio de moldes, de forma manual o utilizando máquinas vibroprensadoras.
- Aforo** Consiste en medir un caudal utilizando diferentes métodos (volumétrico, vertederos, molinete, etc).
- Base** Es la capa constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originales por el tránsito.
- Caudal** Es el volumen de agua que pasa por una sección de flujo por unidad de tiempo, y se expresa en litros por segundo.
- Clima** Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado atmosférico y su evolución en un lugar determinado.
- Clorado** Es el proceso de desinfección del agua por medio químico.
- Corte** Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino.

<b>Diseño</b>	Es el proceso que mediante la elaboración de gráficos (planos) y escritos (documentos) definen las características de una obra a efecto de su ejecución.
<b>Dotación</b>	Volumen de agua consumida por cada habitante.
<b>Excavación</b>	Acción de excavar o remover material innecesario excedente y/o contaminado para la instalación o colocación del material de sub-base.
<b>Junta</b>	Unión de dos o mas cosas, empalme.
<b>Límite líquido</b>	Es el que se encuentra entre el estado liquido de un suelo y su estado plástico.
<b>Límite Plástico</b>	Es el contenido de agua del suelo que tiene el límite inferior de su estado plástico.
<b>Pavimento</b>	Es la estructura que descansa sobre el terreno natural, formada por varias capas que regularmente y como requerimiento máximo son: sub-rasante, sub-base, base, capa de rodadura y sello.
<b>Proctor</b>	Se creo para determinar la humedad óptima con que el suelo puede alcanzar su máxima densidad posible.
<b>Rasante</b>	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.

- Relleno** Es el material especial de terracería uniformemente colocado y compactado en las laterales y superiores de las cajas, así como atrás de los aletones.
- Sección típica** Es toda la extensión de la carretera que tiene una sección que permanece uniforme, la mayoría de las veces. A esta se le llama típica.
- Sub-rasante** Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (sub-base y carpeta).



## **RESUMEN**

En las visitas de campo efectuadas al municipio de San Vicente Pacaya, se realizó el estudio para determinar las necesidades más urgentes de solución, estas son de infraestructura y necesidades básicas como adoquinado de calles y servicios de agua potable para dicho municipio.

Este municipio no cuenta con calles adecuadas para el tránsito de vehículos, lo cual ocasiona problemas de salud en sus habitantes, ya que únicamente cuenta con una calle principal, la cual se encuentra adoquinada en mal estado.<sup>75</sup>

Las calles secundarias son de terracería, y constituyen la fuente principal de enfermedades respiratorias y gastrointestinales.

El presente trabajo de graduación da solución al problema de infraestructura física, al proponer el adoquinado de sus calles secundarias y mejorar la calle principal, al mismo tiempo presenta en su contenido aspectos técnicos que intervienen en el diseño de pavimentos flexibles así como el presupuesto y planos del proyecto.

Lo planteado en este trabajo de graduación, es la aplicación del conocimiento teórico adquirido durante la formación académica, basándose en un diagnóstico preliminar derivado de inspecciones técnicas, realizadas en este lugar, y enfocándose básicamente a los proyectos de prioridad.



## **OBJETIVOS**

- **General**

Desarrollar los proyectos del adoquín y la línea de conducción de agua potable del Municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla. Capacitar a los miembros del personal de campo de la Municipalidad sobre aspectos muy importantes como mantenimiento, elaboración de materiales para las condiciones en específico de los proyectos de pavimento y la línea de conducción de agua potable.

- **Específicos**

- 1 Conocer la realidad económica, social y política de las poblaciones dentro del territorio nacional.
- 2 Aplicar los métodos de resolución de problemas aplicando la Ingeniería Civil.
- 3 Desarrollar habilidad para utilizar criterios tanto de distribución de espacio, planeamiento, utilizando recursos de la misma comunidad o municipio.



## **INTRODUCCIÓN**

Los proyectos de beneficio comunitario son de mucha importancia en el desarrollo nacional, pues permiten que el desarrollo de la misma sea favorable, tanto a la comunidad como el país, ya que con ello se está favoreciendo e incentivando a enfrentar los múltiples beneficios que presentan los mismos.

El presente trabajo fue desarrollado con el propósito de resolver uno de los numerosos problemas suscitados en el ámbito nacional, como es la pavimentación de las calles y línea de abastecimiento para el sector del cantonal, La Caridad, San Vicente Pacaya, municipio del departamento de Escuintla, se ha proyectado a través del presente proyecto para solucionar este problema específico, estudiando diferentes posibilidades para solventar una serie de necesidades que se originan de tan importante servicio, que vendrá a mejorar las condiciones de vida de dicho sector.

Para solucionar este problema, del punto de vista económico, como técnico, llegando a la conclusión de utilizar. Los recursos del mismo municipio que cuenta actualmente, para satisfacer estas necesidades.

La primera y segunda fase presentan aspectos técnico-profesionales que intervienen en el diseño del adoquinado como en la línea de conducción de agua potable, y recomendaciones de los estudios realizados.

# 1. INVESTIGACIÓN

## 1.1 Monografía del municipio de San Vicente de Pacaya

San Vicente de Pacaya, municipio del departamento de Escuintla.  
Municipalidad de 4ª categoría

Área aproximada 236 km<sup>2</sup>.

Nombre geográfico oficial: San Vicente Pacaya.

Colinda al norte con Amatitlán y Villa Canales (Guatemala); al este con Barberena (Santa Rosa); al sur con Guanagazapa (Escuintla); al oeste con Escuintla y Palín (Escuintla).

Dentro de sus fenómenos naturales cuenta con uno de los volcanes mas activos de Centroamérica siendo este el Volcán de Pacaya, el cual es muy visitado por propios del lugar y turistas, aun dentro del marco de la belleza que representa cada erupción, no deja de provocar zozobro por los daños que causa a viviendas, sembrados y la fauna que constituyen el medio de subsistencia de sus habitantes.

Para llegar a San Vicente Pacaya es muy fácil, tomando la ruta CA-9 SUR que de Guatemala conduce a Palín, por el kilómetro 37 esta el entronque de la carretera por la cual a 15 minutos llega al centro de dicho municipio.

En el centro se ubica un parque, el cual cuenta con un kiosco en el centro rodeado de jardines y bancas, desde las cuales se puede apreciar el volcán de Pacaya.



## **1.2 Antecedentes de San Vicente pacaya**

Según datos de 1955 en la cabecera vivían 1,931 habitantes y en todo el municipio 4,105, que componían 885 familias. Porcentaje indígena 2.6 y de analfabetos 65.7. No contaban con el servicio de agua potable; se estaban realizando los trabajos para tal fin, por la Dirección General de Obras Públicas. Carecía de asistencia médica y hospitalaria. Entre las enfermedades endémicas, se mencionó en los adultos paludismo. No tenía luz eléctrica, mercado ni industria que pudiese ser estimulada. Había 8 escuelas: 2 urbanas, 4 rurales nacionales mixtas y 2 particulares. Los cultivos se indicó ser café, maíz y frijol. La municipalidad consideraba como problema urgente, construcción o reparación de los edificios escolares.

El censo 1964 dio 5,183: Urbano 2,029 (masculino 1,021 femenino 1,008); grupo étnico no indígena 2,022 (masculino 1,015 femenino 1,007); indígena 7 (masculino 7, femenino 1). Rural 3,154 (masculino 1,697, femenino 1,457); grupo étnico no indígena 2,938 (masculino 1,565, femenino 1,373); indígena 216 (masculino 136, femenino 84). Población de 7 años y más 3,976. Urbano 1,559 (alfabetos 815, analfabetos 744); rural 2,417 (alfabetos 898, analfabetos 1,519). Viviendas 1,051 (urbano 394, rural 657). Se estimó una densidad de 22 habitantes por km<sup>2</sup>.

Los datos proporcionados por Estadística correspondientes al VIII Censo General de Población del 7 de abril 1973 dieron 6,116 (hombres 3,194, mujeres 2,922). Información posterior indicó 5,730 (hombres 3,005, mujeres 2,725); alfabetos 2,143; indígenas 225. Urbano 2,702 (hombres 1,381, mujeres 1,321); alfabetos 1,303; indígenas 54.

Comunidades rurales del municipio:

El municipio cuenta con 1 pueblo que es la cabecera, San Vicente Pacaya; 5 aldeas y 6 caseríos.

Las aldeas son:

Bejucal

El Cedro

El Patrocinio (antes El Pozo)

Con los caseríos

El Caracol, Los Jazmines, Los Ríos.

Los Chagüites

Con los caseríos

El Almendro, El camarón, Los Lotes.

San Francisco de Sales

### **1.3 Descripción de condiciones actuales**

Actualmente el municipio de San Vicente Pacaya cuenta con los siguientes servicios.

- una carretera asfaltada que comunica el Municipio con la carretera que conduce hacia el Pacífico.
- una red de electrificación que cubre en su totalidad el Municipio y en un 85% a sus aldeas y caseríos.
- un 30% de calles pavimentadas en el Municipio.

- una red de distribución de agua potable que funciona por bombeo dando así un servicio racionado, con un tanque de almacenamiento de 400m<sup>3</sup>.
- cuenta con red de drenaje sanitario, el cual no se encuentra en optimas condiciones.
- un centro de salud, instituto básico por cooperativa dos escuelas primarias. Una escuela de párvulos, y actualmente se encuentran construyendo un instituto de educación básica que asu ves funcionara para carreras medias.

#### **1.4 Antecedentes topográficos**

La cabecera está al noroeste del macizo del volcánico del Pacaya. Escuela 1,680 m. SNM, Lat. 14°24'51", Long. 90°28'02". Amatitlán 2059 II. En el Km. 34.80 de la carretera interoceánica CA-9 que al norte conduce a la capital y al sur a la cabecera Deptal. Escuintla, parte de la carretera Deptal. Escuintla 3, que unos 7.5 Km.. Al este llega al sur de la Cab. San Vicente Pacaya, de donde por camino de revestimiento suelto al norte es poco menos de un 1 Km. su Cab. Mun. Tiene así mismo caminos, roderas y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

#### **1.5 Diagnóstico de las necesidades prioritarias de la población**

En visitas que se hicieron en torno a la población se realizaron las investigaciones, donde se comprobó que existía necesidades de infraestructura tales como la pavimentaciones de algunas calles.

Por otro lado también se evaluó el sistema de agua potable, donde se determinó que el Cantón La Caridad de dicho municipio, tiene un servicio irregular por falta de una línea de conducción competente.

### **1.6 Evaluación de los proyectos existentes**

Se tomó en consideración la evaluación de los proyectos existentes donde la mayoría de estos no se encuentra en buenas condiciones de prestar un servicio eficiente, por tal razón se llegó a la conclusión de mejorar, haciendo énfasis en los proyectos que prestan un servicio básico.

### **1.7 Propuesta para la solución de los proyectos**

Esta propuesta tiene como fin primordial de solucionar la problemática que tiene esta población, por falta del vital líquido, e infraestructura en una buena parte

Para esto hemos propuesto un pavimento con adoquín el cual cumple con todas las características del pavimento de concreto; con las ventajas de un pavimento flexible, derivados de la prefabricación y facilidad de colocación y remoción.

Para la línea de conducción al Cantón La Caridad tomamos en cuenta que se utilizaría la misma red de distribución y se remplazaría la línea de conducción con un diámetro mayor, para aumentar el caudal, y dar un mejor servicio.



## **2. ENSAYOS DE LABORATORIOS Y COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO DE ADOQUÍN**

### **2.1 Compactación o próctor modificado**

Este ensaño consiste en mejorar las propiedades, aumentar la resistencia y capacidad de carga, reducir la compresibilidad y disminuir la aptitud para absorber agua, es conveniente compactar el suelo que ha de servir de base a un proyecto como el presente.

### **2.2 Teoría de compactación**

Para lograr una compactación ideal es indispensable conocer una cantidad de agua que permita la excelente lubricación del suelo. Dicha cantidad de agua, denominada humedad óptima, se puede calcular en el laboratorio por medio del ensayo de compactación. Con la humedad óptima se alcanza la mayor densidad posible del suelo o "Densidad Máxima" para lograr la compactación deseada.

#### **2.2.1 Curva de compactación**

Se obtiene compactando el suelo en diferentes contenidos de humedad, en donde se obtienen distintos valores que en un gráfico se representan por medio de ordenadas y abscisas.

- las ordenadas representan diferentes valores de pesos volumétricos (densidades) expresados en lb/pie<sup>3</sup> o kg/m<sup>3</sup>,
- las abscisas representan los porcentajes de humedad.

La gráfica obtenida con cinco puntos por lo menos, se asemeja a una parábola abierta hacia abajo y (ordenada) a su humedad óptima respectiva (abscisa).

### **2.2.2 Humedad óptima**

Para determinar la humedad óptima del suelo, se utiliza generalmente el método dinámico de PRÓCTOR, en el cual la energía de compactación se aplica por medio de golpes de pistón (martillo o mazo) según las normas mencionadas.

### **2.3 Relación soporte California (C.B.R.)**

El valor soporte o capacidad soporte de un suelo es la propiedad que le permite resistir la penetración o el escurrimiento lateral cuando se le aplica una carga y depende de la resistencia al corte del suelo. Para medir este valor soporte es ampliamente utilizado el ensayo de *California Bearing Ratio* (C.B.R) o Razón Soporte California.

En cualquier proyecto de pavimentación es indispensable establecer la condición de resistencia del suelo que ha de ser sometido a las distintas cargas.

El C.B.R. puede definirse como una medida comparativa de la resistencia del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad, puesto que se

expresa como el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo estudiado, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón bien graduada.

$$C.B.R. = \frac{\text{Resistencia a la penetración en suelo ensayado}}{\text{Resistencia a la penetración en material patrón}} * 100$$

Se toma el material patrón de compactación, la piedra triturada bien graduada, cuyo C.B.R. es el 100%.

Los valores estándar de resistencia para el material patrón de acuerdo a su penetración son:

PENETRACIÓN		RESISTENCIA	
Pulg.	mm.	Lb/Pulg <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>
0.1	2.54	1,000	70 (*)
0.2	5.08	1,500	105 (*)
0.3	7.62	1,900	133
0.4	10.16	2,300	161
0.5	12.70	2,600	182

(\*) Generalmente son los más utilizados.

Los valores del C.B.R. indican claramente el grado de capacidad soporte del suelo, es decir, si el material tienen una resistencia que lo haga apto para alguna de las fases de pavimentación, como se resume en el siguiente cuadro:

C.B.R.                      SUELO APTO PARA:

00% a 10%	Sub-rasantes malas.
10% a 20%	Sub-rasantes regulares a buenas.
20% a 30%	Sub-rasantes muy malas.
30% a 60%	Sub-bases buenas.
60% a 80%	Bases de grava.
80% a 100%	Bases de piedra y grava triturada.

## 2.4 Análisis granulométrico

El propósito del análisis granulométrico es determinar el tamaño de los granos que constituye un suelo y, al mismo tiempo, el porcentaje de los mismos en los distintos intervalos de tamaños.

Se hace este ensayo por medio de una serie de tamices, para granos de tamaño grande y mediano (diámetro mayor de 0.074 mm), que de acuerdo a las características del material fino de la muestra, el análisis por tamices puede realizarse con la muestra íntegra o con una fracción de la misma después de lavarla. Debe lavarse si los finos consisten esencialmente en arcillas.

El tamaño de la muestra puede variar según el tipo de suelo así:

- suelo de grano fino: 100 a 200 gr.
- suelo arenoso: 200 a 500 gr.
- suelo gravoso: 1 a 3 Kg.

El procedimiento utilizado con la muestra íntegra consiste en:

pesar la muestra sin lavar, lavar la muestra, secar la muestra al horno, pesar la muestra requerida después de enfriada, colocar el juego de mallas o tamices desde el más grueso (3/4") en la parte superior, hasta el más fino (No. 200) en la parte inferior, dejando una charola o fondo al final. agregar el material seco, agitar manual o mecánicamente el juego de tamices, pesar el material retenido en cada tamiz en forma acumulada. Anotando los pesos en el registro de cálculos.

Los cálculos se deben realizar de la siguiente manera:

- se divide el peso de la fracción de suelo retenido en el tamiz más grueso (3/4") entre el peso seco de la muestra original, con lo que se obtiene el porcentaje retenido en la malla,
- se repite el proceso dividiendo cada peso retenido acumulado entre el peso total,
- se determinan los porcentajes acumulativos del material que ha pasado por cada malla, restando de 100 el porcentaje retenido en dicha malla.

Para dibujar la curva granulométrica se utiliza papel semilogarítmico. En la escala aritmética vertical se anotan los porcentajes del material que pasó por la distintas mallas, en la escala logarítmica horizontal se anotan las aberturas de las mallas utilizadas, lo que equivale a los distintos diámetros de las partículas.

## 2.5 Límites de Atterberg

Los ensayos que determinan los límites de consistencia del suelo se utilizan para conocer las propiedades plásticas del mismo. Al incrementar el contenido de agua de un suelo, este puede pasar desde un contenido de agua de un suelo, este puede pasar desde un estado sólido, por varias etapas de consistencias definidas por Atterberg así: estado sólido, estado semi-sólido, estado plástico y estado líquido. Los cambios de estado se producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente se denominan: límite líquido (L.L.), y límite plástico (L.P.).

Límite Líquido (L.L.): Es el porcentaje de humedad o contenido de agua que determina la división entre el estado líquido y el estado plástico del suelo.

El método utilizado actualmente para la determinación del límite líquido es el creado por A. Casagrande, con el cual se puede calcular el contenido de agua de un suelo que posee una consistencia tal, que una muestra a la que se le ha practicado una ranura, al sujetarse al impacto de varios golpes fuertes, se cierra sin que el suelo resbale sobre su apoyo. El dispositivo conocido como Copa de Casagrande produce un impacto mecánico estándar desde una altura fija y se complementa con una herramienta especial para realizar la ranura. Así, el límite líquido puede definirse como el contenido de agua que permite cerrar la ranura típica con 25 golpes en el aparato de Casagrande.

Con tres o más contenidos de agua se determina el número de golpes necesarios para cerrar la ranura hecha en la muestra de suelo, con únicamente el material que pase por la malla No. 40 empíricamente, se ha encontrado que se obtiene una línea recta si este se grafica en papel semilogarítmico así: el contenido de agua en la escala aritmética vertical y el número de golpes en la

escala logarítmica horizontal. El contenido de agua al cortar esta resta en la escala vertical que corresponda a 25 golpes, será el límite líquido.

Límite Plástico (L.P.): Es el porcentaje de humedad con el cual el suelo cambia del estado plástico al estado sem.-sólido.

El método para determinar el límite plástico en una muestra de suelo consiste en hallar el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm. (1/8") de diámetro al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa.

De los ensayos de límites de consistencia se pueden obtener el índice de plasticidad (I.P.) que sirve principalmente para determinar separaciones marcadas entre los distintos tipos de suelo.

Índice de Plasticidad (I.P.): Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico.

$$IP = Ll - Lp$$

PARA:	PLASTICIDAD DEL SUELO:
IP = 0	no plástico
0 < IP < 7	baja plasticidad
7 < IP < 17	mediana plasticidad
IP > 17	alta plasticidad

Figura 2. Ensayo de compactación

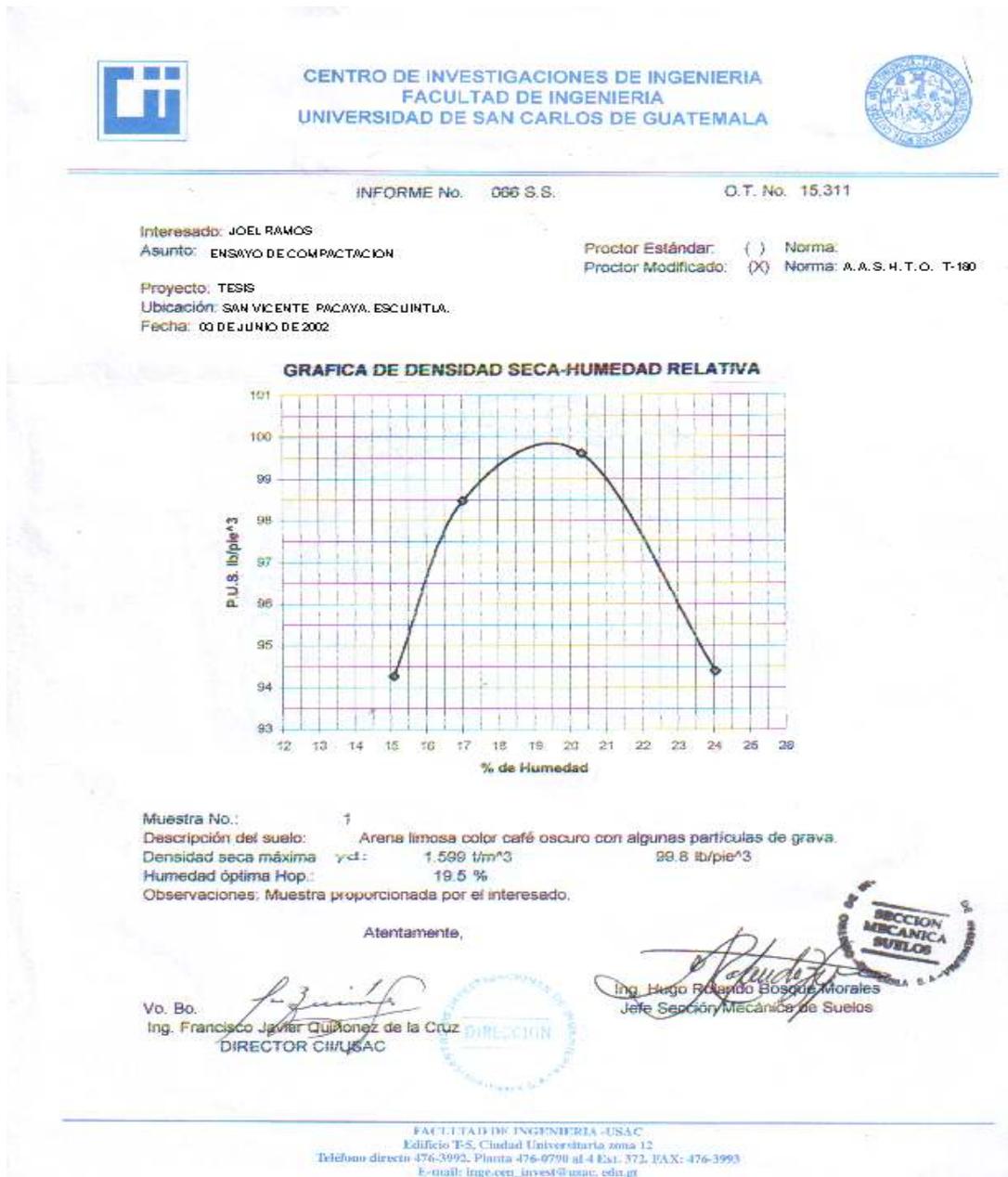


Figura 3. Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)

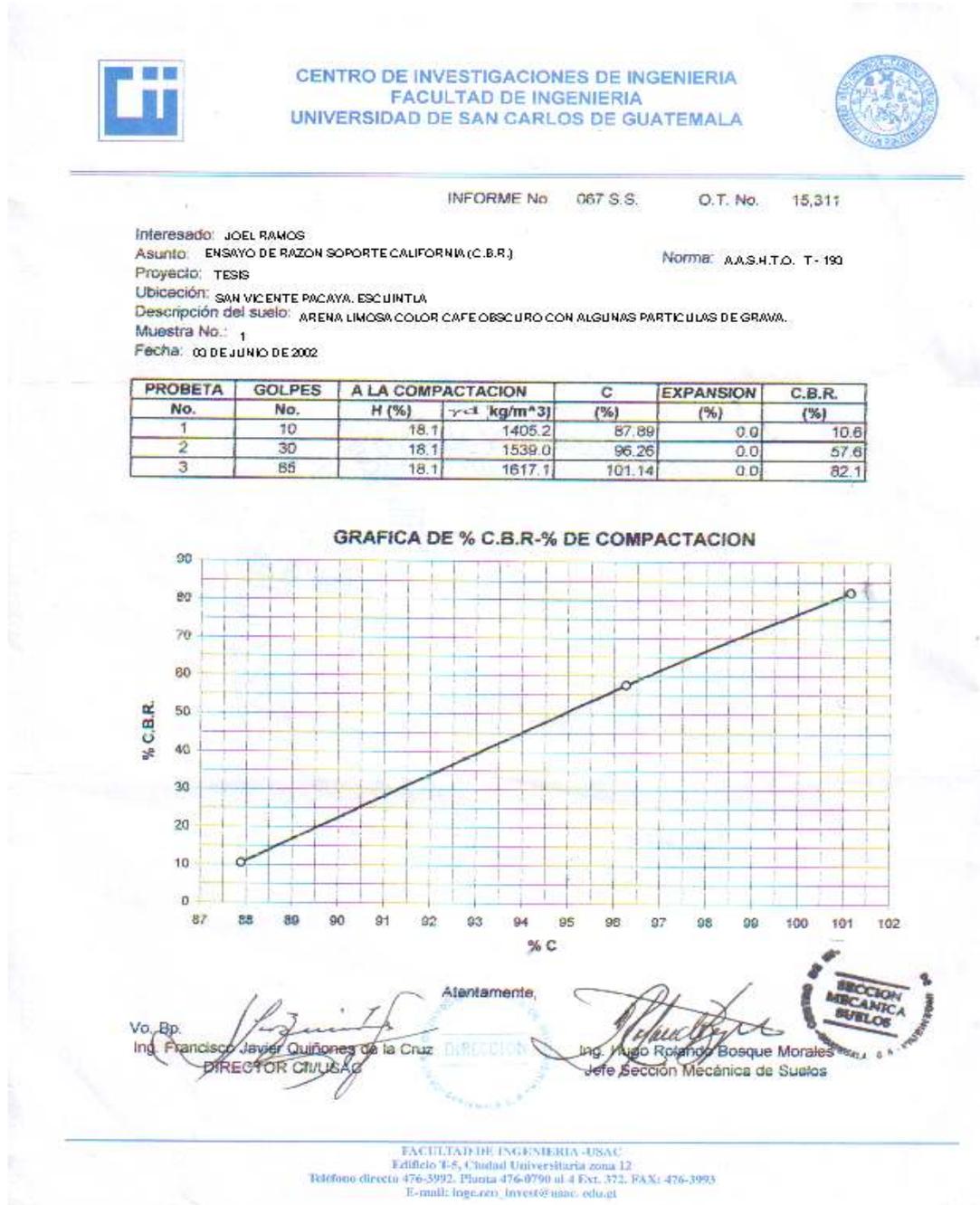
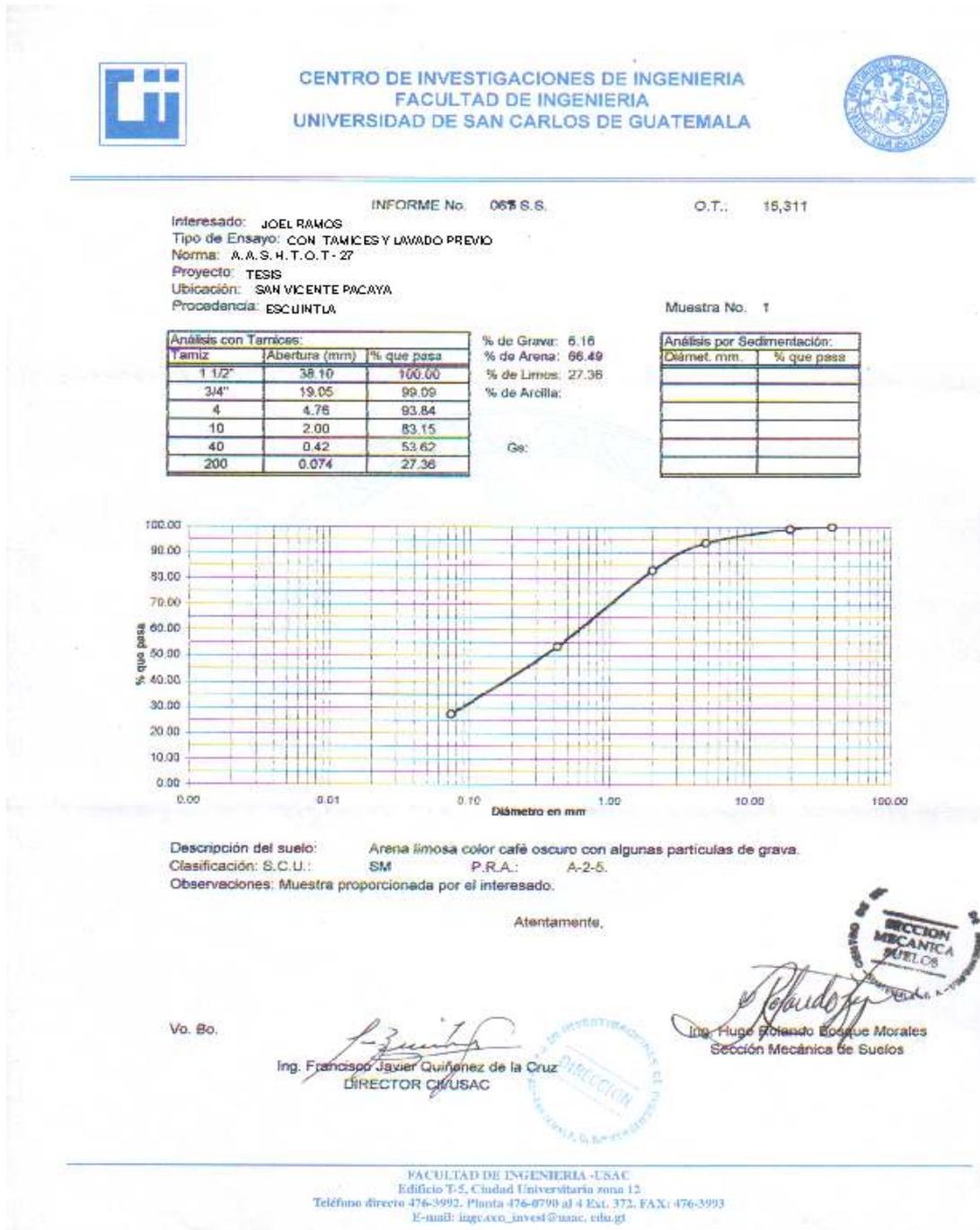
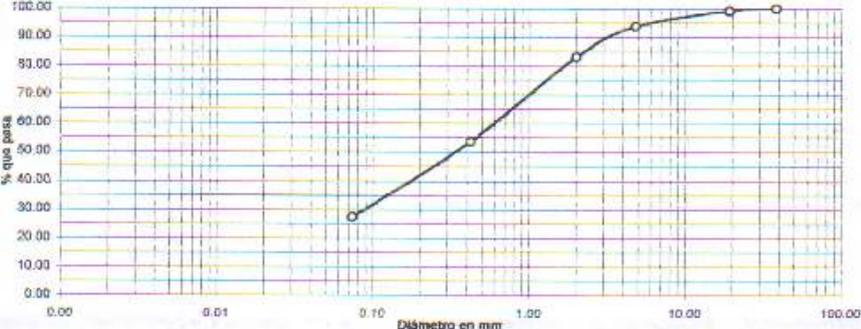


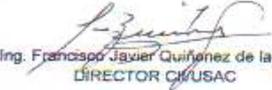
Figura 4. Ensayo con tamices y lavado previo

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

Atentamente,

Va. So.

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



  
 Ing. Hugo Roberto Espinosa Morales  
 Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 476-3992. Planta 476-0798 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993  
 E-mail: ingc.oco\_invest@usac.edu.gt

**Figura 5. Ensayo de limites de Atterberg**



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



---

INFORME No. 089 S.S.

O.T. No. 15311

Interesado: JOEL RAMOS  
 Proyecto: TESIS  
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AASHTO T-99, T-90

Procedencia: ESCUINTLA  
 Ubicación: SAN VICENTE PACAYA

FECHA: 03 DE JUNIO DE 2002

**RESULTADOS:**

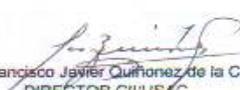
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	49.9	2.0	ML	LIMO COLOR CAFE OSCURO.

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

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Ing. Francisco Javier Quirónez de la Cruz  
DIRECTOR CI/USAC





Ing. Hugo Roberto Bosque Morales  
Sección Mecánica de Suelos



---

FACULTAD DE INGENIERIA USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 476-3992, Planta 476-0790 al 4 EAL 372, FAX: 476-3993  
 E-mail: inge.cen\_invest@usac.edu.gt

Figura 6. Ensayo de peso unitario suelto (P.U.S.)

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

---

O.T. No.: 15,311  
INFORME No.: 070 S.S.

INTERESADO: JOEL RAMOS  
PROYECTO: TESIS  
ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P. U. S.)  
Norma: A. A. S. H. T. O. T - 19  
UBICACIÓN: SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA.  
MUESTRA No.: 1  
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: ARENA LIMOSA COLOR CAFE OSCURO CON ALGUNAS PARTICULAS DE GRAVA.

FECHA: 03 DE JUNIO DE 2002

**RESULTADO DEL ENSAYO:**

**P.U.S.= 1188.0 kg/m<sup>3</sup>**

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

  
Ing. Hugo Rolando Bosque Morales  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Vo. Bo.   
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
DIRECTOR CIMUSAC



---

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 476-3992. Pínona 476-9790 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993  
E-mail: inguac\_inves@usac.edu.gt

## **Dictamen estudio de suelos**

Según el análisis de las muestras de suelo tomadas en el proyecto de estudio de suelos realizados por parte del centro de Investigaciones de ingeniería, por medio de laboratorio de suelos de la Universidad de San Carlos de Guatemala CII-USAC, se describe que el área del municipio de san Vicente Pacaya se encuentra un suelo limo orgánico limoso arenoso color café oscuro.

Por lo ya expuesto, se determina que es necesario estabilizar la sub-base para utilizar mejor sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores. Este proceso justifica su inclusión y esta relacionado con los pavimentos flexible de superficie adoquinada que debe su adecuado comportamiento y su larga vida, a la calidad y espesor de esta capa, principalmente.

Se propone una base granular de grava de veinte centímetros y mezcla natural de agregado de con tres centímetros (un tercio del espesor del adoquín) sobre ella de arena gris de río tamizada y cernida, sin contenidos de arcilla, cal o cemento para cubrir cualquier irregularidad que puede tener en su acabado del adoquín.

De la sub-rasante se deberá tratar de mover lo mínimo posible para iniciar su compactación y su estabilización, esta dentro de los 15 centímetros propuesto en el diseño, ya que esta parte de rodadura actual ha sido sometida a cargas que duren años, han alcanzado una compactación natural, ayudada por el hombre y el transporte que a diario esta sometida con sus cargas, así se evita dejar en esta capa residuos orgánicos que contaminen o dañen este proceso.

## **2.6 Determinación del valor soporte de la sub-rasante**

Este valor se puede determinar observando los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio.

Como se puede apreciar los resultados indican que la sub-rasante esta constituida por arenas con pocos finos arcillosos, siendo las propiedades físicas para el diseño.

## **2.7 Diseño de espesores**

Este diseño será calculado por medio de lo que recomienda el método de Mills

### **2.7.1 Sub-rasante**

Es un proceso que se aplica a la superficie del terreno, para ponerla en condiciones no solo de calidad sino de posición, con el objeto de poder utilizarla.

Este consiste en limpieza, evaluación de los materiales a utilizar como sub-rasante, trazo, excavación y/o relleno, escarificación, homogenización del material y compactación, seleccionando los materiales que presenten las mejores características físicas y mecánicas (ángulo de fricción interna)

Los materiales a utilizar serán los encontrados en el lugar. No se permite el uso de la sub-rasante, de materiales como suelos con materia orgánica fibrosa, turbas y turbas arenosas, turbas arcillosas, que son suelos que se

pueden identificar visualmente, correspondientes al grupo A-8 de la clasificación AASHTO.

La limpieza deberá hacerse hasta 1 mt. De cada lado, como máximo fuera del límite de la pista, siempre que lo permitan los linderos.

### **2.7.2 Sub-base**

Esta capa, por lo regular, puede suprimirse si la sub rasante es buena o si el tránsito es de tipo liviano; comúnmente es de material selecto, y sus funciones son:

- a) Eliminar la acción del bombeo
- b) Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la carpeta de rodadura
- c) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base
- d) Controlar los cambios de volumen que puedan tener los materiales de la sub rasante

### **2.7.3 Base**

La secuencia de operaciones necesarias para la construcción de la base granular será de la siguiente forma. Se esparce el material ya sea en forma manual o mecanizada.

Se debe lograr la compactación del material hasta lograr el 95% del peso específico seco máximo, determinado según la prueba AASHTO T-99, haciendo como mínimo una prueba cada 120 m<sup>2</sup> de área a pavimentar.

Cuando se utilice equipo mecánico de compactación deberán tomarse precauciones para no dañar las redes de tuberías existentes.

La compactación se hará partiendo de los bordillos hacia la línea central de la calle.

El contenido de humedad se comprobará oportunamente para que el material alcance el grado de compactación, especificado.

- a) La granulometría debe ser gruesa y continua
- b) El porcentaje que pasa el tamiz número 20 deberá ser no mayor de 25
- c) Su valor soporte CBR debe ser mayor de 70
- d) El límite líquido no mayor de 25%
- e) El índice de grupo deberá ser igual a cero
- f) El material no deberá ser plástico
- g) El agregado grueso debe tener un porcentaje de desgaste en el ensayo de "Los Ángeles" menor de 50
- h) El porcentaje que pase la malla No. 200 no debe ser mayor que 2/3 partes del porcentaje que pasa la mala No. 40
- i) Las especificaciones de la AASHTO ha fijado las graduaciones que pueden dar una buena estabilidad; estas son indicadas en la norma AASHTO M – 147

**Tabla I. Granulometría, según AASHTO M - 147**

TAMIZ	% EN PESO DE MATERIAL QUE PASA EN TAMICES DE MALLA CUADRADA					
	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F
2"	100	100				
1"		75 – 95	100	100	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 - 85	60 - 100		
4	25 – 55	30 – 60	35 - 85	50 - 85	55 – 100	70 - 100
10	15 – 40	20 – 45	25 - 50	40 - 70	40 – 100	55 - 100
40	08 – 20	15 – 30	15 - 30	25 - 45	20 – 50	30 - 70
200	02 – 08	05 – 20	05 - 15	10 - 25	06 – 20	08 - 25

#### **2.7.4 Cama de asiento**

En la colocación de esta se observara lo siguiente:

- a) El material de esta capa se espaciara hasta alcanzar un espesor de 3 cm. sobre la cual serán colocados los adoquines
- b) El nivel superior de esta capa deberá quedar 1 cm. sobre el nivel de diseño de la rasante indicada en planos de perfiles.
- c) El material deberá cumplir con los mismos requisitos establecidos para el agregado fino en la preparación del concreto, o cumplir con los siguientes requisitos
  - c.1) El CBR debe ser igual o mayor de 70% (AASHTO T-193)
  - c.2) Graduación:  
Porcentaje que pasa el tamiz número 40; 95–100  
Porcentaje que pasa el tamiz número 200; 0-5
  - c.3) Coeficiente de uniformidad 6

- c.4) La fracción del material que pasa el tamiz número 40 deberá tener un índice de plasticidad igual o menor de 6; límite líquido igual o menor de 25

### **2.7.5 Carpeta de rodadura**

Esta es una capa formada por adoquines que soporta directamente el tránsito de vehículos; su propósito es proveer una superficie que cumpla con las siguientes funciones:

- a) Resistir con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por las llantas de los vehículos
- b) Proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y frío
- c) Ofrecer una superficie lisa, uniforme y ornamental

Al usar adoquines de concreto para la construcción de esta capa, cumple satisfactoriamente con estos requisitos, además reúne las características positivas de los pavimentos de concreto con las ventajas de los pavimentos flexibles agregando las ventajas derivadas de la prefabricación, facilidad de colocación y remoción.

## **2.8 Adoquinamiento**

Lo conforman los siguientes elementos.

### **2.8.1 Rellenos de juntas**

Las juntas que hayan quedado entre adoquines deberán ser perfectamente llenadas con un material que impida el menor movimiento de los bloques entre si en el sentido lateral; sin embargo, no debe ser un mortero ya que este le quita su flexibilidad al pavimento y dificulta su remoción de parte del adoquinado cuando se hace necesario.

Las juntas deberán tener una separación de 6 a 10 mm, llenándolas con una arena fina de río o de mina con las siguientes características:

Tamaño máximo de grano de 3 a 5 mm.

No debe contener materia orgánica.

### **2.8.2 Sello de junta**

Ayudando a sellar las juntas contra la infiltración de agua superficial es conveniente usar una mezcla de arena fina con arcilla en proporciones entre 5:1 a 10:1 en volumen. En este caso debe mezclarse perfectamente los materiales en seco, humedeciéndola antes de colocarla.

Al utilizar esta mezcla se logra un relleno de juntas que aunque es flexible es menos erosionable que la arena sola y una vez seca se vuelve impermeable al agua que escurre sobre el pavimento.

Para poder distribuir bien la mezcla, esta se podrá depositar sobre las juntas y luego barrerlas con un cepillo hasta que se logre el lleno completo.

### **2.8.3 Bordillos**

Estos serán de concreto, con una resistencia mínima a la compresión de  $F'_{C} = 175 \text{ kg/cm}^2$ , generalmente se utilizan para delimitar el borde o contorno de un trabajo realizado especialmente en aceras, calles, parques, arriates y trabajos de urbanización.

Se cuenta con una gran serie de bordillos que se van implementando según las necesidades urbanísticas de los trabajos que se complementan con ellos, de allí que existen bordillos de sección rectangular, romboides, ovalados, triangulares.

Para la elaboración de las formaletas para bordillos, preferentemente deberán ser de metal, para que el acabado sea uniforme y recto el montaje de estas piezas, es más rápido y fácil por los pines y clavijas que cada plancha tiene, aunque en su mayoría se usan tablas de pino rustico siempre que se encuentren en buen estado, es decir sin pandeos, rajaduras, etc.

En base de que los bordillos se determina de acuerdo a la funcionalidad de los trabajos a ejecutar, es decir, que se toma en cuenta dimensionalmente en función de ancho, profundidad, y topografía del lugar de trabajo.

La longitud del bordillo no se debe exceder de 3 m sin colocar una junta, la cual es sencillamente una pequeña sisa de  $\frac{1}{4}$ " de ancho y de hendidura con esto se prevé que allí fallé o se raje.

Se deberá eliminar las señales que dejen los moldes y cualquiera otra irregularidad.

Los materiales para la fabricación deberán tener las mismas características que los usados en la fabricación de adoquines de acuerdo con lo indicado en las especificaciones técnicas de concreto

#### **2.8.4 Llaves de confinamiento de concreto**

En calles con pendiente longitudinal del 5% o mayor, se deberá colocar llaves de confinamiento o bordillos fundidos en el lugar en forma transversal para asegurar los adoquines cuando haya necesidad de levantar el pavimento o alguna porción del mismo aguas abajo y que no haya desajuste entre los mismo o se lave la arena de asiento.

Se recomienda espaciar estas llaves a cada 10 mts mínimo, aunque en algunos proyectos por la longitud de los tramos se puedan color a menos longitud, también si la inclinación de la pendiente o las condiciones locales lo ameritan. La sección de estos bordillos deberá ser de 10X30 cm y a ras del pavimento.



### **3. PAVIMENTO DE ADOQUÍN**

#### **3.1 Tipos de adoquín**

Actualmente se utilizan bloques de concreto fabricados por medio de moldes. Estos moldes pueden ser llenados a mano, con pequeñas máquinas vibro-prensadoras semi manuales o fabricados con grandes máquinas que producen adoquines vibro-prensados de gran calidad y con gran rendimiento.

No existe una forma científicamente definida, anteriormente se fabricaron en forma de adoquines antiguos de piedra rectangulares de aproximadamente 15X10 cm y cuadrados de 10X10 en la cara superficial.

En la actualidad se cuenta con una gran variedad de formas geométricas que casan muy bien entre si. Hasta ahora la forma mas utilizada en Centro América y México es la llamada huella-cruz, la cual resulta de fácil fabricación y manipulación y tiene una figura estéticamente muy agradable.

#### **3.1.1 Pavimento adoquinado para tránsito pesado**

Cuando las calles que se van a pavimentar soportarán tránsito pesado, se procederá como para tránsito liviano, con la diferencia de que las capas de arena y adoquín se apoyaran sobre una sub-base colocada sobre sub-rasante preparada convenientemente.

Este debe colocarse en carreteras urbanas, calzadas y calles que tengan tránsito frecuente de vehículos pesados, como camiones y autobuses, y paso constante de gran número de vehículos aun siendo estos de tipo liviano.

Estas calzadas y calles comprenden las vías que atraviesan la población y que conducen a diferentes sitios de elevada concurrencia, ejemplo: mercados, plazas, edificio municipal, etc.

### **3.1.2. Pavimento adoquinado para tránsito liviano**

Cuando las calles que se van a pavimentar estén dentro del rango de tránsito liviano, se procederá de forma siguiente: el terreno o sub-rasante original deberá nivelarse si fuera necesario cuando existan deformaciones (hoyos o promontorios de tierra) demasiado pronunciados y que no permitan dar forma al pavimento.

Luego se colocará una capa de arena de río, la que deberá ser gruesa y con granos de aproximadamente 6 mm, de tamaño máximo, esta capa cubrirá deformaciones menores y principalmente servirá para dar el nivel requerido del pavimento y sobre todo como base de sustentación y colocación de los adoquines pero en ningún caso el espesor deberá ser menor de 5 cms.

Cuando sea este el caso la arena y el adoquín se van colocando simultáneamente lo que significa que cada adoquín deberá nivelarse uno a uno por lo que se hace necesario tener cuidado en mantener los niveles deseados y una pendiente transversal del eje central hacia los lados de 3%.

Debe colocarse en calles secundarias, estacionamientos de automóviles o aun, en calles principales, cuando se estime que el volumen de transito es relativamente bajo, inclusive tratándose de vehículos pesados.

### **3.2 Métodos de diseño**

Debido a que en la actualidad no se cuenta con ningún metodo racional reespecificó para el diseño de espesores de pavimentos de adoquín, siendo común el uso de espesores adaptados de diseños de otros tipos de pavimentos flexibles y darle a su vez un diseño adecuado.

La obtención de fórmulas racionales que ligen el comportamiento del adoquín con la calidad de la sub-rasante es dificultosa por el mecanismo estructural un tanto complicado de este, pero llegando a la conclusión de que se trata de un pavimento de tipo flexible, puede adaptarse a su diseño un método similar a los utilizados en el diseño de pavimentos asfálticos.

### **3.3 Adaptación del método de Mills**

El método de Mills se empezó a utilizar en Guatemala en 1956 por la Dirección General de Caminos y desde 1972 lo ha estado utilizando el Instituto de Fomento Municipal INFOM, en la mayor parte de proyectos de pavimentos que han sido construidos en la Republica.

Este método toma como factor principal el CBR, auxiliado por el índice de grupo, un factor adicional que toma en cuenta el drenaje de la superficie y considera además la intensidad y peso del tránsito.

### **3.4 Elementos que lo forman**

Dentro de estos se encuentran: Tránsito, Carpeta de Rodadura, Capa Base. Capa Sub-base, espesor adicional por mal drenaje, entre otros.

### **3.5 Construcción de pavimento de adoquín**

En los últimos años la construcción con pavimento de adoquín ha sido la solución a la necesidad de la mayoría de sus pueblos, en los cuatro puntos cardinales, tiende a mejorar el recubrimiento de la superficie de la rodadura de las calles urbanas.

Se caracteriza por ser un pavimento fácil de remover, manejabilidad y colocación en casos de levantar un tramo para instalar algún servicio público o reparación del mismo.

## **4. TOPOGRAFÍA**

### **4.1 Altimetría**

El objetivo primordial de esta es determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Esta consiste en realizar una nivelación en todos los puntos fijados por el levantamiento planimétrico, fijar bancos de marca a cada estación de inicio de calle, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto, en los que deberán de anotarse la estación, la elevación y las distancias acumuladas. Como cota de salida se fijará una arbitraria entera, la cual se recomienda que sea de cien metros para no tener cotas negativas.

Al finalizar el día es recomendable dibujar el perfil que se ha levantado en el día, con el objeto de apreciar si tiene una forma congruente de acuerdo al terreno y si cumple con lo especificado en lo que a pendientes máximas permisibles se refiere.

Esto anterior se recomienda para apreciar posibles errores a tiempo y no hasta realizar el dibujo en gabinete.

#### **4.1.1. Nivelación topográfica**

El objetivo principal de la nivelación es determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, siendo el más común de ellos el del nivel del mar. A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama Cotas de Elevación, o Alturas, y a veces Niveles.

Para tener puntos de referencia y de control para obtener las cotas de los puntos del terreno, se escogen o se construyen puntos fijos, notables, invariables, en lugares convenientes. A estos puntos se les conoce como Bancos de Nivel; su cota se determina con respecto a otros puntos conocidos, o se les asigna una cualquiera según el caso.

#### **4.1.1.1 Nivelación directa**

Estas nivelaciones como su nombre lo indica las hacen directamente, sin necesidad de elementos auxiliares.

Esta nivelación es la que se ejecuta con los aparatos llamados niveles, entre los cuales se encuentra una gran variedad de los usados en ingeniería, por ejemplo Nivel de albañil, fijos o topográficos y de mano.

#### **4.1.1.2 Nivelación indirecta**

Las nivelaciones indirectas son las que se valen de la medición de otros elementos auxiliares para obtener los desniveles.

Para poder realizar la nivelación por estos métodos, es necesario por ejemplo, el uso exacto de trigonometría y barómetros, entre otros elementos.

### **4.1.2 Métodos de nivelación**

Entre los métodos de nivelación se encuentran dos, los cuales son:

Nivelación diferencial

Nivelación de perfil

### **4.1.3 Nivelación diferencial**

Esta tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos (generalmente bancos de nivel, de control).

En distancias cortas, cuando hay algún lugar donde se puede poner el aparato de modo que puedan verse desde él los dos estadales, colocados en sus respectivos puntos, y si la distancia del aparato a ellos no se exceda de la calculada, para obtener la aproximación deseada, el desnivel se obtiene simplemente por la diferencia de lecturas en a y b

Cuando las distancias fueren largas, y no se puedan cumplir las condiciones del caso anterior, o sea que los puntos estén muy distantes uno de otro y con obstáculos intermedios, desnivel se obtiene repitiendo la operación cuantas veces sea necesario, utilizando puntos intermedios, llamados puntos de liga (PL). La nivelación se va llevando por la ruta mejor posible hasta llegar al punto final.

## **4.2 Métodos de diseño**

Los métodos a usar son los siguientes:

#### **4.2.1 Diseño planimétrico**

En el diseño planimétrico de este proyecto no se utilizarán curvas horizontales; ya que como se puede apreciar en el plano de localización, las calles presentan tramos rectos, anchos y con mucha facilidad para transitar.

#### **4.2.2 Diseño altimétrico**

Para este diseño se tomará el criterio de diseñar la rasante aproximadamente sobre el terreno natural, para evitar, cortes y rellenos exagerados en lo posible; y que el ingreso de las personas a sus propiedades no sea dificultosa.

### 4.3 Libreta de campo

**Tabla II. Topografía de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle, de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª Avenida**

ESTACIÓN	PO	AZIMUT	DISTANCIA	OBSERVACIÓN
E1	A1	290 ° 36 ' 00 "	03.10	Inicio de banqueteta
	B1	349 ° 09 ' 20 "	06.87	Caja de llaves de paso
	C1	355 ° 15 ' 50 "	18.36	Final de banqueteta
	D1	11 ° 08 ' 50 "	34.62	Final de banqueteta
	E1	62 ° 01 ' 40 "	04.50	Inicio de banqueteta
	E2	06 ° 05 ' 20 "	101.00	
	A2	288 ° 08 ' 50 "	06.16	Esquina de casa
	B2	239 ° 21 ' 20 "	05.12	Poste de luz
	C2	302 ° 06 ' 20 "	05.71	Esquina de casa
	D2	40 ° 24 ' 27 "	03.86	Esquina de casa
E2	E2	147 ° 05 ' 40 "	04.63	Esquina de casa
	E3'	91 ° 23 ' 10 "	98.50	
	A3'	184 ° 30 ' 25 "	04.97	Esquina de casa
E2	B3'	333 ° 41 ' 40 "	02.42	Esquina de casa
	E3	06 ° 00 ' 30 "	103.79	
E3	A3	207 ° 08 ' 40 "	13.30	Inicio de banqueteta
	B3	232 ° 27 ' 40 "	06.95	Final de banqueteta
	C3	299 ° 04 ' 10 "	06.04	Esquina de casa
	D3	44 ° 36 ' 30 "	04.25	Esquina de casa
	E3	157 ° 31 ' 40 "	05.60	Esquina de casa
	E4'	93 ° 53 ' 00 "	94.56	
	A4'	206 ° 31 ' 50 "	02.22	Final de banqueteta
	B4'	270 ° 00 ' 40 "	34.90	Inicio de banqueteta
	C4'	284 ° 46 ' 45 "	22.64	Inicio de banqueteta
	D4'	355 ° 10 ' 40 "	04.72	Final de banqueteta
E3	E4	04 ° 34 ' 15 "	95.45	
	A4	206 ° 25 ' 50 "	10.42	Final de banqueteta
	B4	233 ° 51 ' 45 "	06.02	Esquina de casa
	C4	313 ° 17 ' 42 "	05.38	Orilla de banqueteta
	D4	40 ° 20 ' 55 "	04.40	Esquina de banqueteta
E4	E4	150 ° 22 ' 18 "	04.43	Esquina de banqueteta
	E5	03 ° 06 ' 35 "	98.38	
	A5	255 ° 42 ' 47 "	03.35	Final de banqueteta
	B5	346 ° 28 ' 00 "	08.03	Final de banqueteta
	C5	26 ° 57 ' 30 "	08.13	Final de banqueteta
	D5	90 ° 56 ' 28 "	03.35	Final de banqueteta
	A'5	358 ° 26 ' 00 "	12.20	Caja de llaves de paso

E5	E6	03 ° 46 ' 50 "	99.98	
	A6	240 ° 06 ' 05 "	01.74	Esquina de banquetta
	B6	111 ° 23 ' 20 "	03.73	Esquina de banquetta
	C6	40 ° 11 ' 10 "	05.00	Orilla de serco
	D6	346 ° 11 ' 27 "	03.50	Esquina de casa

Tabla III. Libreta de nivelación de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle, de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª Avenida

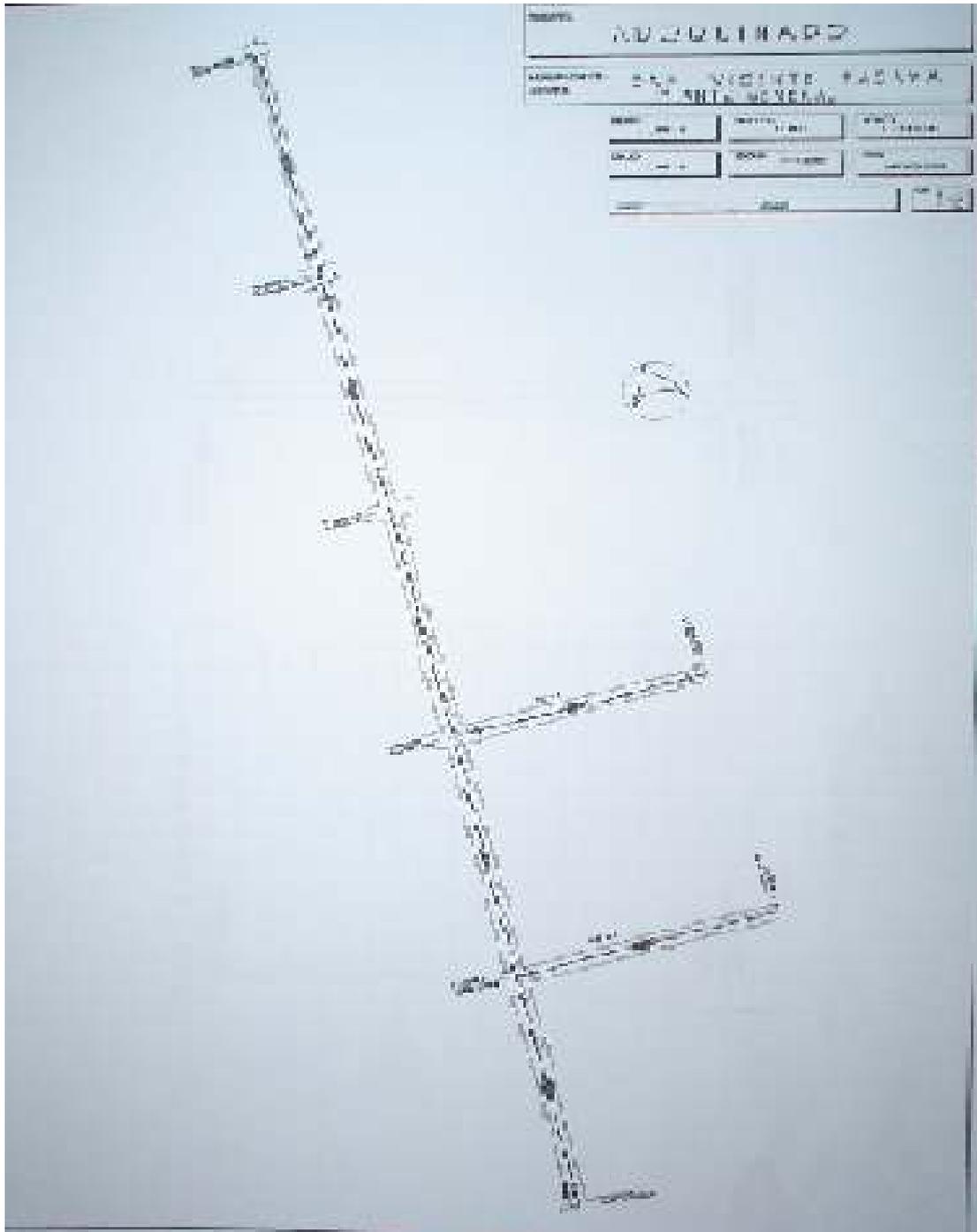
ESTACION	+	H.I.	-	(-)	COTA	OBSERVACIONES
BM # 1	1.888	101.888			100.000	
00 + 000			1.666		100.220	Estacion (E-1)
00 + 010			1.859		100.030	
00 + 020			1.512		100.380	
00 + 030			1.692		100.200	
00 + 040			1.865		100.020	
00 + 050			1.97		99.920	
00 + 060			2.06		99.830	
00 + 070			2.585		99.300	
00 + 080			2.899		98.990	
00 + 090			3.039		98.850	
00 + 100			3.045		98.840	
00 + 101			3.04		98.840	Estacion (E-2)
BM # 2	2.442	101.650		2.6800	99.208	
00 + 110			2.448		99.200	
00 + 120			2.05		99.600	
00 + 130			1.89		99.760	
00 + 140			1.673		99.980	
00 + 150			1.454		100.200	
00 + 160			1.357		100.290	
00 + 170			1.42		100.230	
00 + 180			1.41		100.240	
00 + 190			1.55		100.100	
00 + 200			1.579		100.070	
00 + 204.79			1.45		100.200	Estacion (E-3)
BM # 3	3.070	103.292		1.4280	100.222	
00 + 210			3.02		100.270	
00 + 220			2.487		100.800	
00 + 230			2.163		101.130	
00 + 240			1.91		101.380	
00 + 250			1.56		101.730	
00 + 260			1.569		101.720	
00 + 270			1.642		101.650	
00 + 280			1.8		101.490	
00 + 290			2.062		101.230	
00 + 300			2.09		101.200	
00 + 300.24			2.08		101.210	Estacion (E-4)
00 + 310			2.022		101.270	
00 + 320			1.841		101.450	
00 + 330			1.35		101.940	
00 + 340			1.092		102.200	
00 + 350			0.9		102.390	
00 + 360			0.552		102.740	
PV	3.950	106.782		0.4600	102.832	Punto de Vuelta
00 + 370			3.351		103.430	
00 + 380			3.338		103.440	
00 + 390			3.128		103.650	
00 + 398.62			2.97		103.810	Estacion (E-5)
00 + 400			2.913		103.870	

Continuación

ESTACION	+	H.I.	-	(-)	COTA	OBSERVACIONES
00 + 410			2.622		104.160	
00 + 420			1.952		104.830	
00 + 430			1.386		105.400	
00 + 440			0.82		105.960	
00 + 450			0.15		106.630	
PV	3.165	109.850		0.1008	106.680	Punto de Vuelta
00 + 460			2.691		107.160	
00 + 470			1.975		107.870	
00 + 480			1.412		108.430	
00 + 490			1.1		108.750	
00 + 498.60			0.673		109.170	Estacion (E-6)

ESTACION	+	H.I.	-	(-)	COTA	OBSERVACIONES
BM # 2	0.050	99.258			99.208	
00 + 110			0.948		98.310	
00 + 120			2.158		97.100	
00 + 130			2.765		96.490	
00 + 140			3.12		96.140	
00 + 150			3.288		95.970	
00 + 160			3.612		95.650	
00 + 170			3.712		95.550	
00 + 180			3.81		95.450	
00 + 190			3.84		95.420	
00 + 199.50			3.92		95.340	Estacion (E-3')

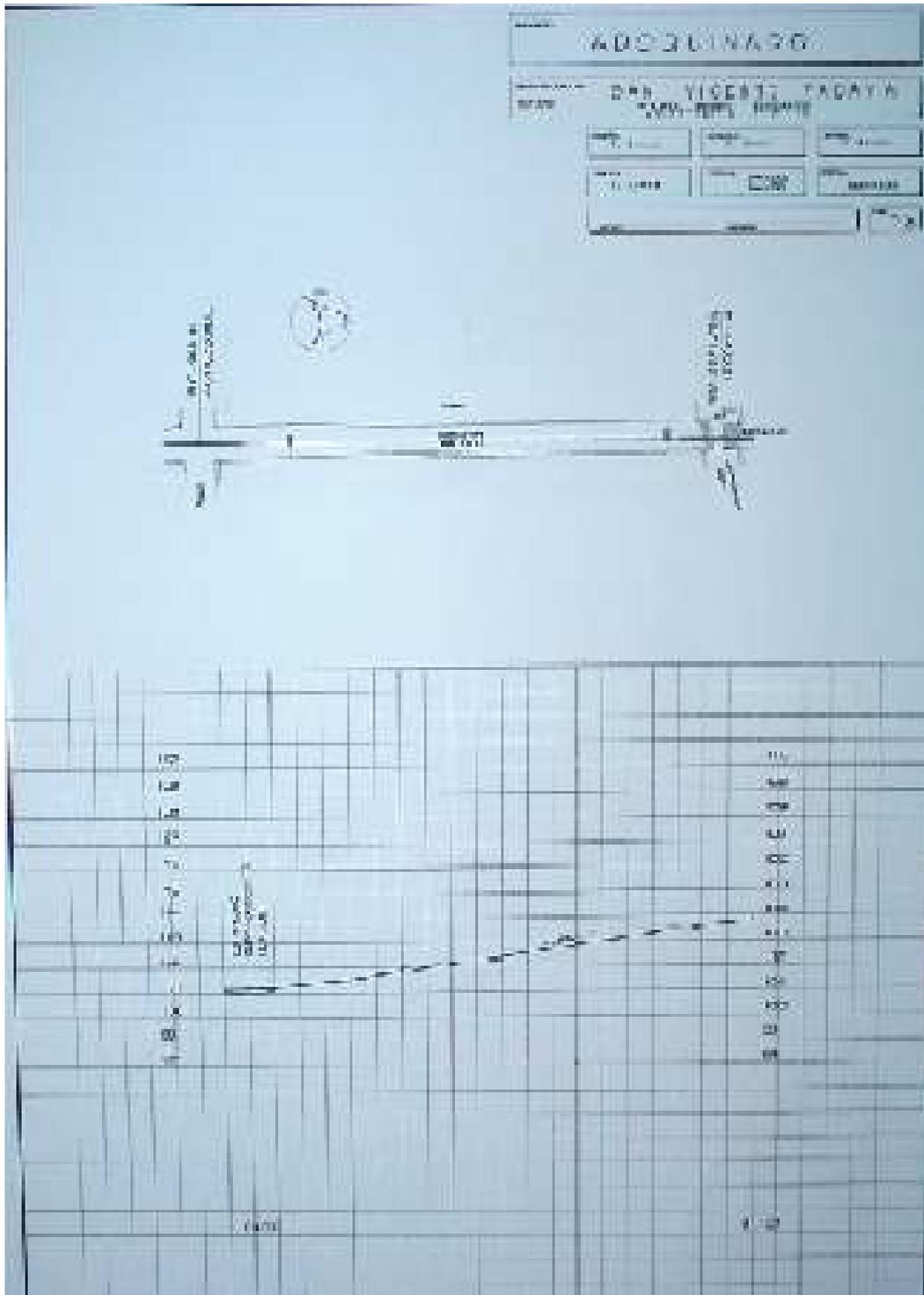
ESTACION	+	H.I.	-	(-)	COTA	OBSERVACIONES
BM # 3	0.151	100.373			100.222	
00 + 210			0.925		99.450	Estacion (E-3)
00 + 220			2.228		98.150	
00 + 230			2.805		97.570	
00 + 240			3.29		97.080	
00 + 250			3.56		96.810	
PV	0.270	97.307		3.3360	97.037	Punto de vuelta
00 + 260			1.17		96.140	
00 + 270			1.625		95.680	
00 + 280			1.973		95.330	
00 + 290			2.09		95.220	
00 + 299.354			2.18		95.130	Estacion (E-4')

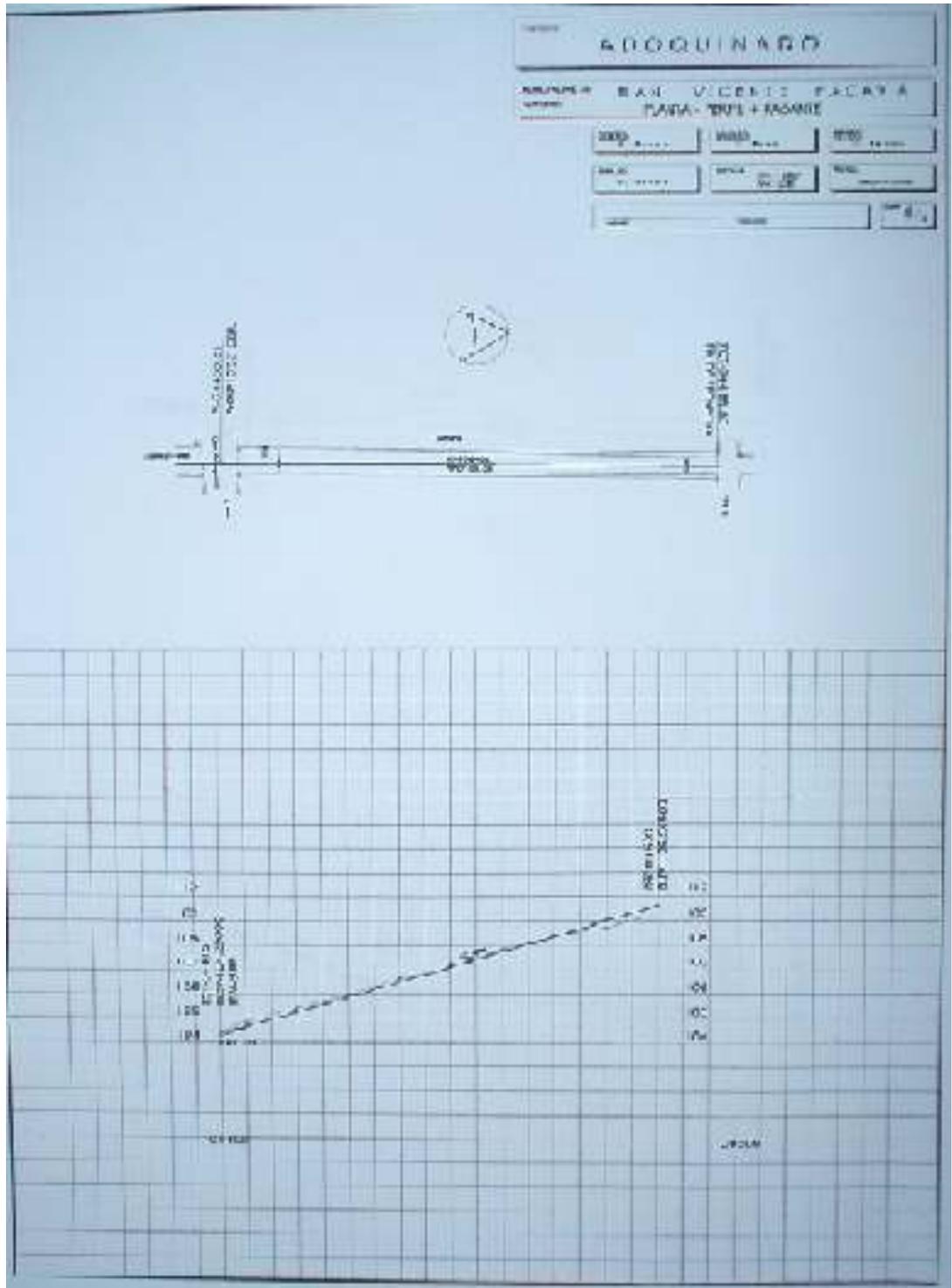




















## 5. DISEÑO DE TUBERÍA PARA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

### Línea de conducción

Esta línea de distribución esta constituida por un diámetro de 4" de 160 PSI, con una longitud de 1027.55 m, con una capacidad de conducir 17.48 Lt/sg. Dicha línea se construirá en paralelo a una línea ya existente, debido a que esta línea no es capaz de suplir la demanda de la población, por tal razón, se hace necesario construir esta línea de conducción que se conectara a la red para aumentar asi la demanda y garantizar el caudal necesario de gasto de cada vivienda

La red de conducción está compuesta por diversidad de diámetros que van desde 1 pulg. Hasta 2 pulg y domiciliareos 3/4pulg hasta de 1/2 pulg.

### 5.1 Fórmula de Hazen Williams

Para el cálculo hidráulico se utilizó la fórmula de Hazen & Williams para pérdida de carga, se describe a continuación:

$$H_f = K * (Q)^{1.85}$$

$$K = \frac{K' L}{1000}$$

$$K' = \frac{173300}{(C)^{1.85} * (D)^{4.87}}$$

donde:

Hf = pérdida de carga en metros columna de agua.

K = coeficiente.

Q = caudal en litros por segundo.

K' = coeficiente.

L = longitud en metros.

C = constante que depende de la tubería P.V.C. 140, & H.G. 100

D = diámetro en pulgadas.

## 5.2 Estudio de la población

Para elaborar el referenciado estudio, se efectuó una encuesta sanitaria por medio de boletas elaboradas. Con el objeto de obtener datos que nos permitan conocer la situación actual del lugar en estudio; de la encuesta sanitaria se obtuvieron los datos siguientes:

a) Viviendas censadas	151 casas	100%
b) Pobladores actuales	777 habitantes	100%

### EDAD

Menores de edad	505	64.99%
Adultos	212	27.28%

### SEXO

Masculino	590	75.90%
Femenino	187	24.07%

### **EDUCACIÓN**

Alfabetos	58	07.46%
Analfabetos	719	92.54%

### **OCUPACIÓN DE LOS JEFES DE FAMILIA**

Agricultor	140	92.72%
Otros	11	7.28%

### **CARÁCTER ÉTNICO**

Ladinos	648	83.40%
Indígenas	129	16.60%

De acuerdo con el modelo de información básica de consumo y demanda para San Vicente Pacaya, preparado dentro del nuevo programa de agua potable, se ha estimado una tasa de crecimiento poblacional de 3.1%, adicionalmente se estima una dotación de 100lts/hab/días, en consideración a la categoría de población, clima, actividades económicas, etc.

La planta de potabilización existente es capaz de tratar un caudal medio de 40Lts/Seg. (3,456 m<sup>3</sup>/día.) razón por la cual se estimará que mediante una buena operación, la misma tiene un periodo útil de funcionamiento de 2 años a partir de cuando sea necesario aumentar la capacidad de la mayoría de sus elementos mediante una ampliación o una remodelación al sistema.

### **5.3 Estimación de población futura**

Para la estimación de población futura se utilizaron los métodos aritméticos geométrico y exponencial.

### **5.3.1 Datos de censos del Cantón "La Caridad"**

Dirección General de Estadística según censo de 1998, se cuenta con 527 habitantes.

Según alcaldía auxiliar del Cantón "La Caridad" 6 de enero de 2002, se cuenta con 764 habitantes.

Según encuesta sanitaria realizada 29 de mayo de 2002, se cuenta con 777 habitantes.

### **5.3.2 Estimación de la población futura por el Método Aritmético**

$$Pf = TL + (TL - TE) \frac{(tm - tl)}{(tl - te)}$$

donde:

Pf = Población futura

TL = Población dada por el último censo

TE = Población dada por el penúltimo censo

tm = Fecha de estimación futura

tl = Fecha del último censo

te = Fecha del penúltimo censo

### **5.3.3 Estimación de la población futura por el método geométrico**

Se decidió utilizar el método de crecimiento geométrico para el cálculo de población futura, porque es un método que nos permite calcular la población futura, sólo conociendo la tasa de crecimiento, la cual se obtuvo por medio del

Instituto Nacional de Estadística (INE), y gracias al último censo obtenido con el apoyo del Centro de Salud y los habitantes de la comunidad.

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

$$Pf = 777(1+0.031)^{21}$$

$$Pf = 1475$$

Donde:

Pf = Población futura en un determinado periodo

Pa = Población actual

r = Tasa de incremento geométrico, r = 3.1%

n = Periodo de diseño, n = 21 años

#### **5.3.4 Estimación de la población futura por el Método de Regresión Exponencial**

$$Pf = e^{(a+b)x}$$

Donde:

Pf = Y = Población futura en fecha de estimación

x = fecha de estimación

$$a = \frac{\sum LNY * \sum X^2 - \sum X * \sum LNY * X}{N(\sum X)^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N(\sum X * LNY) - \sum X * \sum LNY}{N(\sum X)^2 - (\sum X)^2}$$

Donde:

LN = Logaritmo natural

N = Número de fechas de estimación

Σ = Sumatoria

#### 5.3.4.1. Coeficiente de correlación lineal

$$\ell = \frac{N(ExLny) - Ex * ELNY}{\sqrt{[N(Ex^2) - (Ex)^2][N(ELNY^2) - (ELNY)^2]}}$$

$$\ell = -1 \leq \ell \leq 1$$

#### 5.3.5 Resumen

##### Cálculo de caudal

$$hf = 45.45 \text{ mts}$$

$$D = 4 \text{ Pulg}$$

$$C = 140$$

$$L = 1027.75 \text{ mts}$$

$$Q = \left[ \frac{hf * D^{4.87} * C^{1.85}}{1743.81111 * L} \right]^{1/1.85}$$

$$Q = \left[ \frac{45.45 * 4^{4.87} * 140^{1.85}}{1743.81111 * 1027.55} \right]^{1/1.85}$$

$$Q = 17.46 \text{ mt / sg}$$

### **Cálculo de pérdida de carga, tramo E1 – E2**

$$Q = 17.64 \text{ mts/seg}$$

$$L = 106.38$$

$$D = 4 \text{ Pulg}$$

$$C = 140$$

$$hf = \frac{1743.811141 * Q^{1.85} * L}{D^{4.87} * C^{1.85}}$$

$$hf = \frac{1743.811141 * 17.64^{1.85} * 106.38}{4^{4.87} * 140^{1.85}}$$

$$hf = 4.61 \text{ mts}$$

### **Cálculo de la cota piezométrica**

Cota piezométrica = cota de terreno + presión dinámica

Cota dinámica = Piezométrica - cota de terreno

Piezométrica = cota de inicio - hf

Tabla IV. Cálculo hidráulico

PROYECTO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN  
 CANTON: LA CARIDAD  
 MUNICIPIO: SAN VICENTE PACAYA  
 DEPARTAMENTO: ESCUINTLA  
 CONTIENE: CÁLCULO HIDRÁULICO

EST.	P.O.	LONGITUD	CAUDAL	DIAMETRO NOMINAL (Pulg)	DIAMETRO INTERNO (Pulg)	TIPO	C	PSI	MCA	V (M/seg)	Hf (Mts)	COTA DE TERRENO	COTA DE PIOZOMETRICA	PRESION DE TRABAJO
	E0+000	0.00	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	0.00	980.37	980.37	0.00
E01	E02	106.38	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	4.81	972.95	975.73	2.81
E02	E03	75.20	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	3.25	964.61	972.48	7.77
E03	E04	71.04	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	3.07	960.86	969.47	8.61
E04	E05	32.91	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	1.42	965.94	968.05	2.11
E05	E06	87.70	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	3.80	968.46	964.25	5.79
E06	E07	93.40	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	4.04	958.16	960.21	2.05
E07	E08	31.14	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	1.34	957.75	958.87	1.12
E08	E09	88.00	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	3.81	959.45	955.06	4.39
E09	E10	83.93	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	3.63	957.95	951.43	6.62
E10	E11	42.35	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	1.83	946.68	953.26	6.58
E11	E12	111.76	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	4.84	946.82	948.42	1.60
E12	E13	204.00	17.46	4	4.154	PVC	140	160	112	1.99	8.84	946.16	951.84	6.58

#### **5.4 Fuente de agua**

En los estudios preliminares realizados se comprobó que la única fuente disponible que llena las características reunidas para ser aprovechadas en la construcción de un sistema de agua para el Cantón La Caridad, es el tanque de almacenamiento con una capacidad de 400 m<sup>3</sup>, que se encuentra a una distancia de 1.5 Km. Del cantón La Caridad.

#### **5.5 Tipo de sistema**

Por la ubicación topográfica de la fuente que se proyecta, el sistema será por gravedad.

#### **5.6 Período de diseño**

Hay varias definiciones entre las cuales están:

- Tiempo en el cual se estima que el proyecto proporcione un servicio eficiente.
- Tiempo en años en que todos los elementos del sistema cumplen adecuadamente su función.
- Lapso de tiempo comprendido entre la puesta de servicio y el momento en el que su uso sobrepase las condiciones establecidas en el diseño, por falta de capacidad para prestar un buen servicio.

En este período intervienen dos aspectos principales, la durabilidad de las instalaciones y su capacidad para prestar buen servicio para las condiciones previstas.

El primer aspecto dependerá de los materiales y equipos empleados, la calidad de construcción, las condiciones externas tales como, desgaste, corrosión a que estén sometidas.

En el segundo interviene una serie de factores, principalmente de origen socioeconómico que determinan el aumento de la población, cambio de las necesidades y exigencias de la misma hacia el acueducto, aumento de la demanda, etc.

En términos generales, puede afirmarse que el período de diseño máximo es de veinte años, generalmente aceptado como vida útil de materiales, también por razones de futuras ampliaciones, de económicas y de crecimiento de población.

Los períodos de diseño se seleccionan considerando los siguientes factores:

Vida útil de las estructuras y equipo constante tomando en cuenta antigüedad, desgaste y daño

Facilidad o dificultad para hacer operaciones o adiciones a las obras existentes o planeadas.

Relación anticipada de crecimiento de población incluyendo posibles cambios en los desarrollos de la comunidad, industrial y comercial.

## 5.7 Dotación

Existen varias definiciones sobre dotación entre ellas:

- Cantidad de litros de agua que una persona consume durante un día.
- Cantidad de agua suministrada en un día a cada usuario.
- Volumen de agua que se suministra diariamente a un habitante.

Desde el punto de vista económico, la dotación es muy importante, y que a mayor consumo de agua mayor será el diámetro de tubería y en el diseño de acueductos rurales este factor es considerable.

Para proporcionar una dotación ideal hay que tomar en cuenta cientos factores: climatológicos, sociales, costumbres, económicos, etc.

Tomando como base el clima, así como el desarrollo que se piensa alcanzar, el tipo de servicio que será por medio de conexiones domiciliarias, se adoptará una dotación de 100 lts/hab/día.

Según estudio efectuado, el resultado del consumo de agua por habitante en el transcurso de un día se puede apreciar en el siguiente ejemplo.

Para bebida	5 litros
Para preparación de alimentos	4 litros
Para uso culinario	6 litros
Para lavado de ropa	8 litros
Para limpieza general del hogar	8 litros
Para lavado y baños	34 litros

Para acueductos rurales dadas las condiciones actuales del medio rural del país, es preferible tomar en cuenta para el cálculo de la dotación por habitante, únicamente consumo doméstico.

### **5.8 Consumo promedio diario**

Es el consumo durante 24 horas, obtenido como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se conocen registros, podrá asumirse como el producto de la dotación por el número de habitantes servidos. Para obtener este consumo se adoptará una dotación que variará entre 60 y 150 litros por día.

#### **Consumo máximo diario**

Es el consumo máximo durante 24 horas observado en el período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendio. Se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente 1.2

$$C.M.D. = 1.2 * cmd$$

#### **Consumo máximo horario**

Es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendio. Se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente 1.8.

$$C.M.D. = 1.8 * cmd$$

## 5.9 Parámetros de diseño

Población actual	777 habitantes
Población futura	1431 habitantes
Período de diseño	21 años
Aforo	T. A de 400mtr cúbicos
Dotación	100 lts/hab/día
Caudal necesario	17.48 lts/seg
Caudal de conducción	17.48 lts/seg
Distribución por vivienda	0.0188 lts/seg
Factor día máximo	1.2
Factor hora máximo	1.8
Almacenamiento	30% del consumo diario



## **CONCLUSIONES**

1. Para una optimación en la elección del pavimento adecuado, a determinada región es necesario conocer la magnitud de la obra, topografía, clima, y composición de los suelos.
2. El diseño de pavimento puede incluir diferentes espesores en la capa de sub-base, y base como consecuencia de las variaciones en los tipos de suelos que se pueden encontrar a lo largo de todo el camino.
3. Los pavimentos de adoquín son la solución óptima cuando existen servicios públicos pendientes de construir o se necesitan hacer reparaciones a las instalaciones dentro del área pavimentada.
4. La construcción de la línea de conducción funcionará por gravedad, y beneficiará con agua potable a la población del Cantón la Caridad, por los próximos 20 años. Así también se estarán mejorando las condiciones de salud, educación, economía y convivencia social de esta población.



## **RECOMENDACIONES**

1. Debe investigarse minuciosamente el área de influencia de la región donde se construirá el pavimento, con el fin de obtener datos sobre posibles bancos de materiales, disponibilidad de materiales de construcción, costo de mano de obra y vías de acceso al proyecto.
2. Utilizar el adoquinado, donde exista suficiente pendiente, ya que es indispensable que haya una evacuación rápida de aguas de lluvia, para evitar infiltraciones y erosiones en la capa de base.
3. Cuando se elija un pavimento se debe de tomar en consideración, si existe o no servicios públicos debajo del área que se va a pavimentar, si se construye un pavimento flexible o rígido y se pretende levantar el pavimento por donde pasan las instalaciones el bacheo que se realice después será anti-estético y le dará una mala vista a la superficie.
4. Para la ejecución del proyecto se deberá cumplir con las especificaciones técnicas de construcción que garanticen los resultados esperados en el proyecto.

5. Dar un adecuado mantenimiento a todo sistema que lo requiera para evitar mayores daños, a fin de garantizar un buen funcionamiento y servicio durante el período tomado para el diseño.
  
6. Se sugiere realizar una vez por día, un estricto control de clorado en el tanque de almacenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aqueche Medrano, Denizard, Diseño del sistema de agua potable para cuatro sectores del cantón Chiquix, municipio de Nahualá, departamento de Sololá. Facultad de ingeniería, Tesis de Graduación de ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 2002.
2. Hernández Corado, Cesar Arnoldo, Contribución al estudio de pavimentos con adoquín. Facultad de ingeniería, Tesis de Graduación de ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, agosto de 1988.
3. Ramírez Cabrera, Edin Manuel, Adoquinado de la aldea El Jocotillo, del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala. Facultad de ingeniería, Tesis de Graduación de ingeniero Civil, Universidad de San Carlos De Guatemala, noviembre de 2002.



## APÉNDICES

Tabla V. Presupuesto de adoquinado de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle,  
de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª  
Avenida

Nº.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL (Q.)
1	TRAZO MAS ESTAQUIADO	M.2	4083.00	3.45	14086.35
2	CORTE PARA BASE	M.2	4083.00	27.90	113915.70
3	NIVELACIÓN	M.2	4083.00	7.75	31643.25
4	COLOCADO DE BASE MAS COMPACTADO	M.2	4083.00	29.25	119427.75
5	COLOCADO DE ADOQUIN	M.2	3843.79	83.84	322263.35
6	CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO	M.L	1380.00	54.75	75555.00
7	LLAVES DE CONFINAMIENTO	M.L	515.00	52.50	27037.50
8	LIMPIEZA FINAL	GLOBAL	1.00	855.00	855.00

**TOTAL Q. 704783.90**

**Tabla VI. Listado de materiales de adoquinado de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle, de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª Avenida**

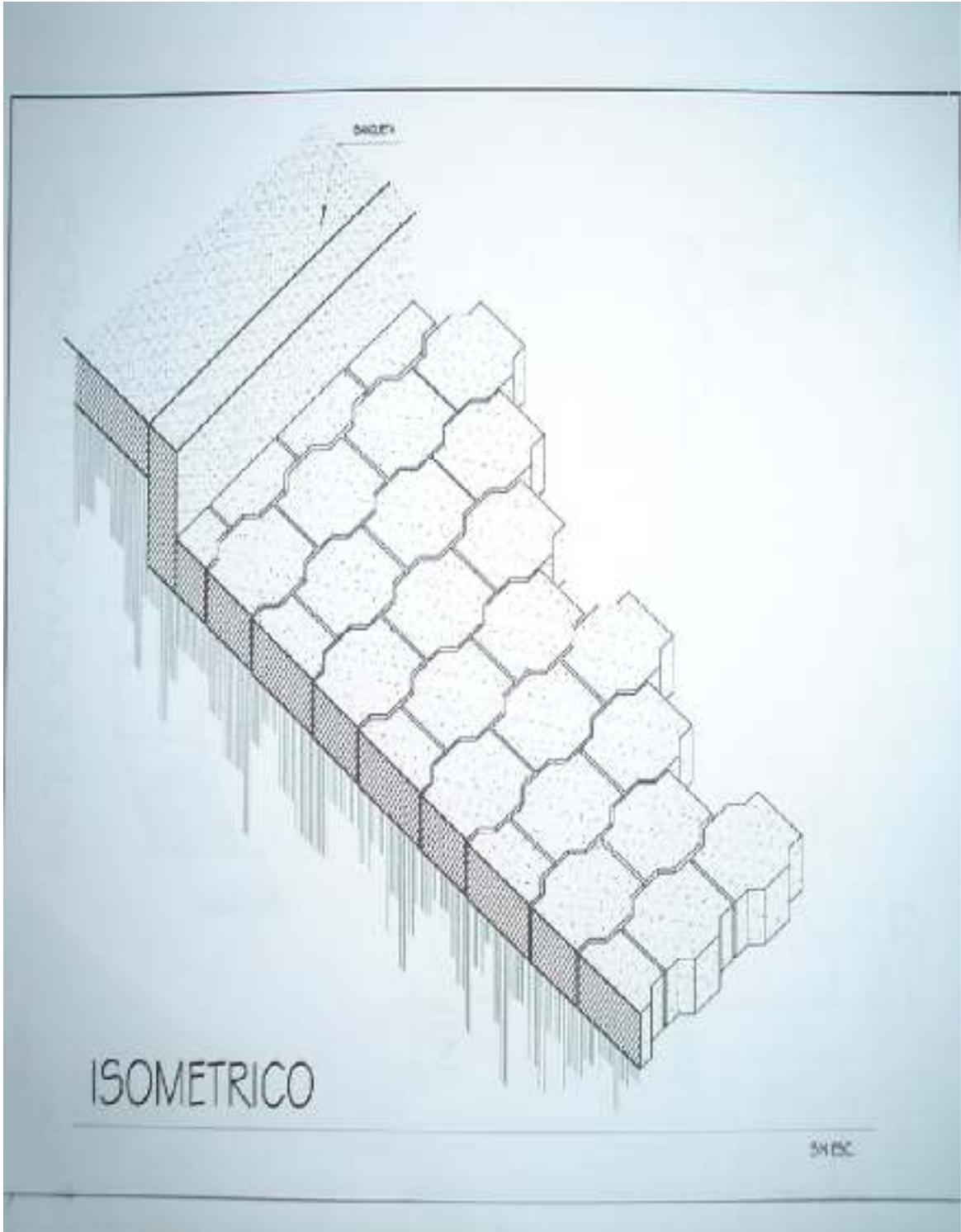
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL (Q.)
1	ADOQUÍN	UNIDAD	79,182.00	2.90	229627.80
2	SELECTO	M.3	700.00	65.00	45500.00
3	PIEDRÍN TRITURADO	M.3	68.00	140.00	9520.00
4	ARENA DE RÍO	M.3	95.00	70.00	6650.00
5	HIERRO LIZO DE 1/4	VARILLA	550.00	5.00	2750.00
6	ALAMBRE DE AMARRE	QUINTAL	1.00	275.00	275.00
7	TABLA DE PINO RUSTICA DE 1x1x8	UNIDAD	50.00	30.00	1500.00
8	PARAL DE PINO RUSTICO DE 4X3X10	UNIDAD	24.00	30.00	720.00
9	CLAVO DE 3 1/2	LIBRA	50.00	2.75	137.50
10	CEMENTO PORTLAND	SACO	675.00	36.50	24637.50
<b>TOTAL</b>					<b>Q321,317.80</b>

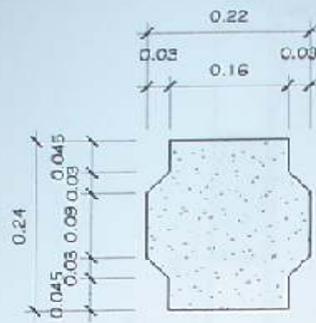
**Tabla VII. Herramienta y equipo para adoquinado de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle, de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª Avenida**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL (Q.)
1	PALAS CON CABO	UNIDAD	20.00	50.00	1000.00
2	PIOCHAS CON CABO	UNIDAD	22.00	50.00	1100.00
3	CARRETAS	UNIDAD	15.00	200.00	3000.00
4	CUBETAS	UNIDAD	36.00	10.00	360.00
5	MAZOS DE METAL	UNIDAD	10.00	450.00	4500.00
6	BARRETAS DE 6 PIES	UNIDAD	3.00	200.00	600.00
7	VIBRO COMPACTADOR	UNIDAD	3.00	24000.00	72000.00
8	MANGUERA DE 50 PIES	UNIDAD	3.00	65.00	195.00
<b>TOTAL</b>					<b>Q82,755.00</b>

Tabla VIII. Cronograma de actividades de adoquinado de la 1ª Av de la 5ª A la 10ª calle, de la 9ª calle entre 1ª Y 2ª Av., y de la 8ª calle entre 1ª y 2ª Avenida

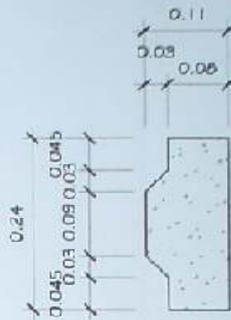
No.	DESCRIPCIÓN	M E S E S											
		1			2			3			4		
1	LIMPIEZA DEL ÁREA	■											
2	TRAZO MAS ESTAQUIADO	■	■										
3	CORTE DE BASE	■	■	■									
4	CONFORMACIÓN DE BASE		■	■	■	■	■						
5	COMPACTACIÓN DE BASE			■	■	■	■	■	■	■			
6	NIVELACIÓN PARA COLOCAR ADOQUIN				■	■	■	■	■	■			
7	COLOCADO DE CAPA DE ARENA				■	■	■	■	■	■			
8	COLOCADO DE ADOQUIN					■	■	■	■	■	■	■	■
9	CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO							■	■	■	■	■	■
10	CONSTRUCCION DE LLAVES DE CONFINAMIENTO							■	■	■	■	■	■
11	LIMPIEZA FINAL												■





ADOQUIN

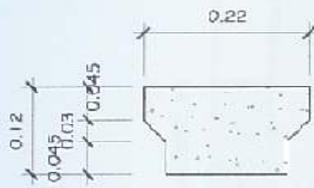
ESC. 1/7.5



1/2 ADOQUIN

LONGITUDINAL

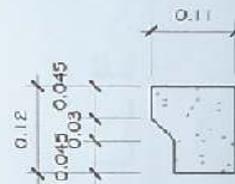
ESC. 1/7.5



1/2 ADOQUIN

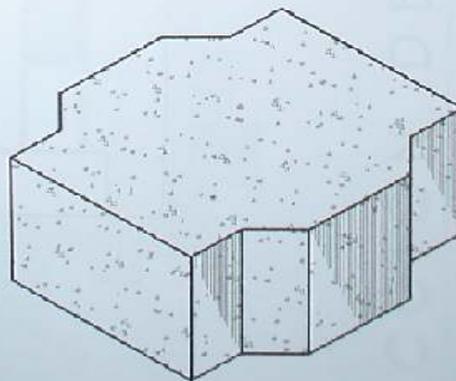
TRANSVERSAL

ESC. 1/7.5



1/4 ADOQUIN

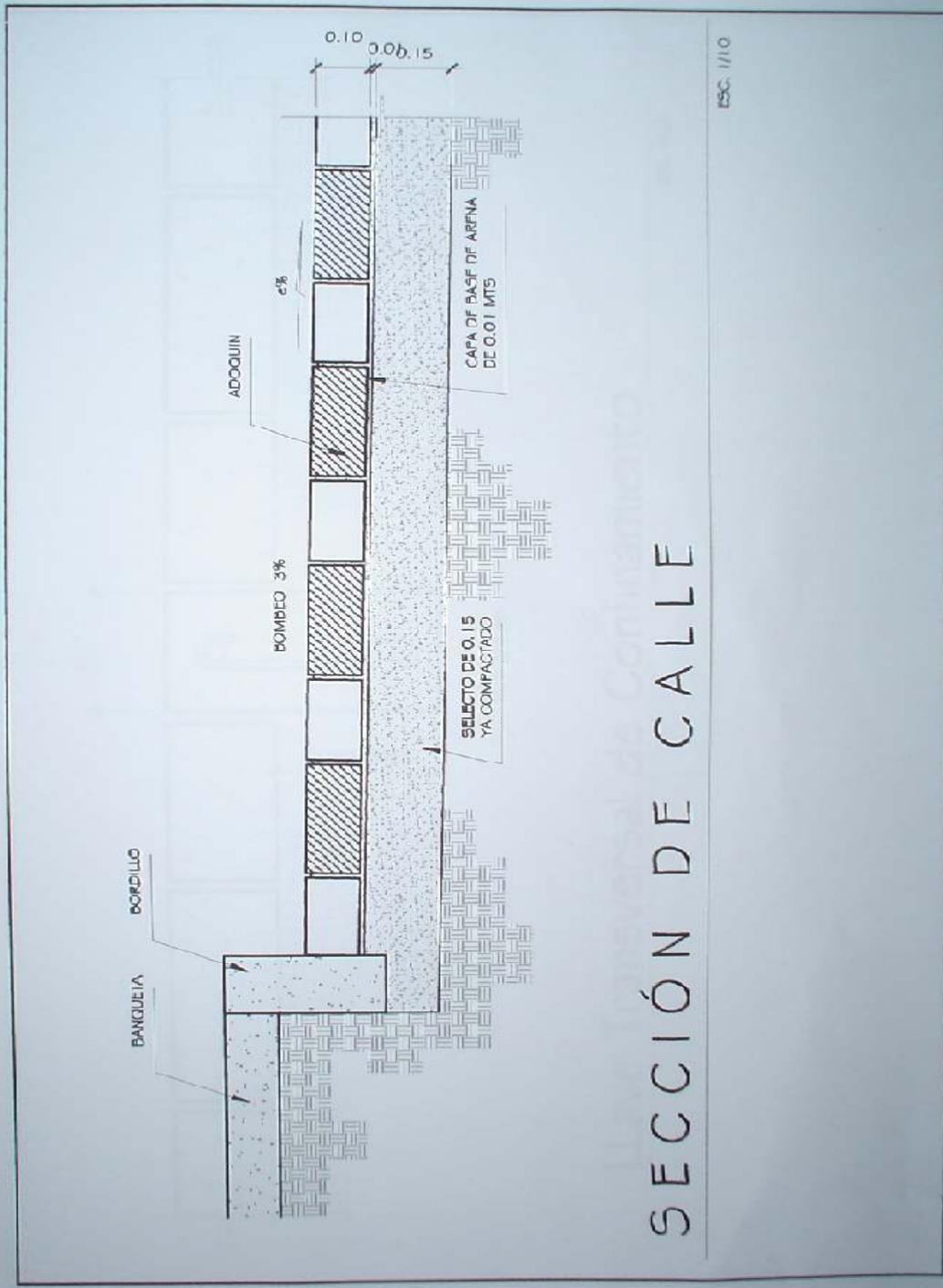
ESC. 1/7.5

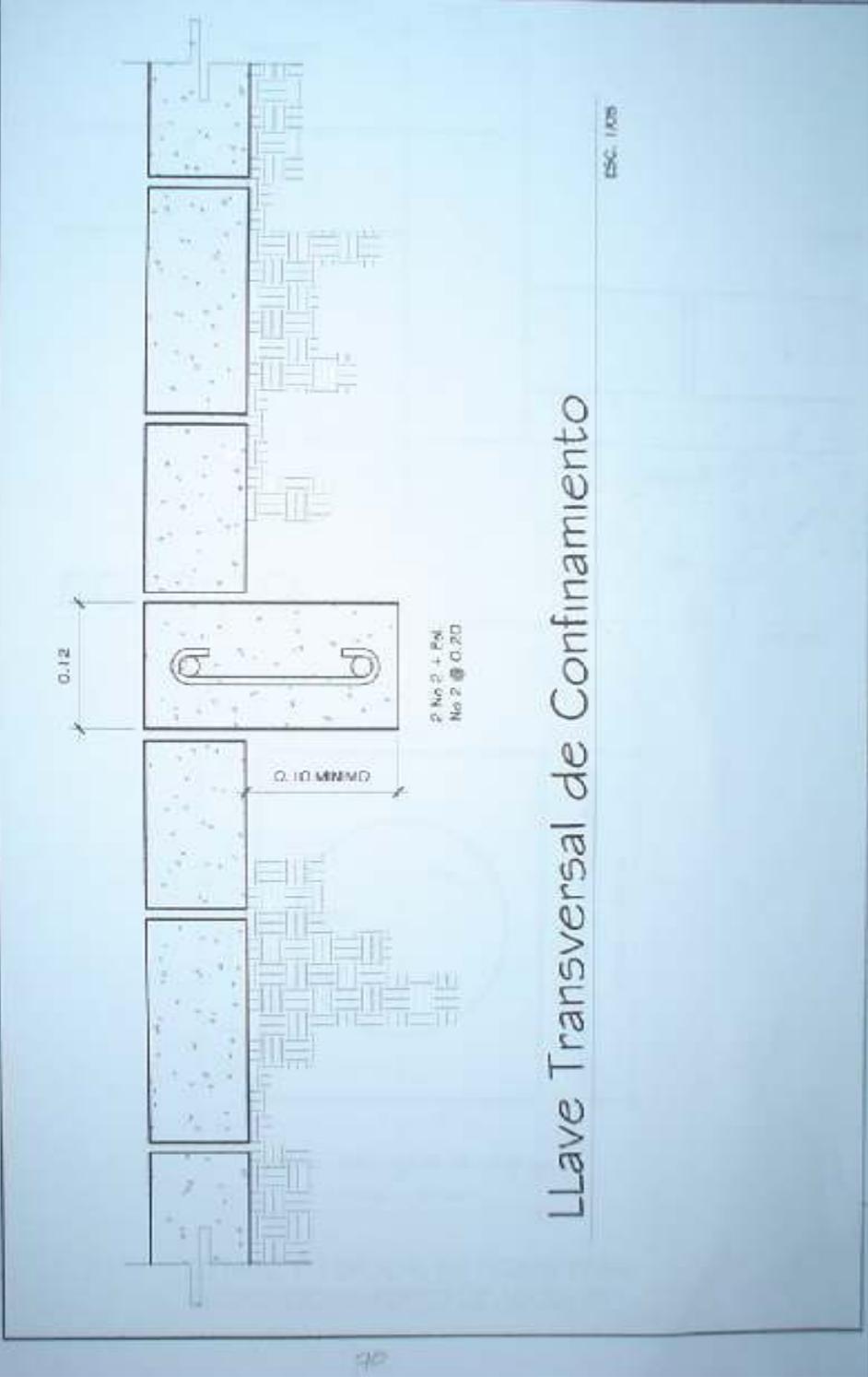


ISOMETRICO ADOQUIN

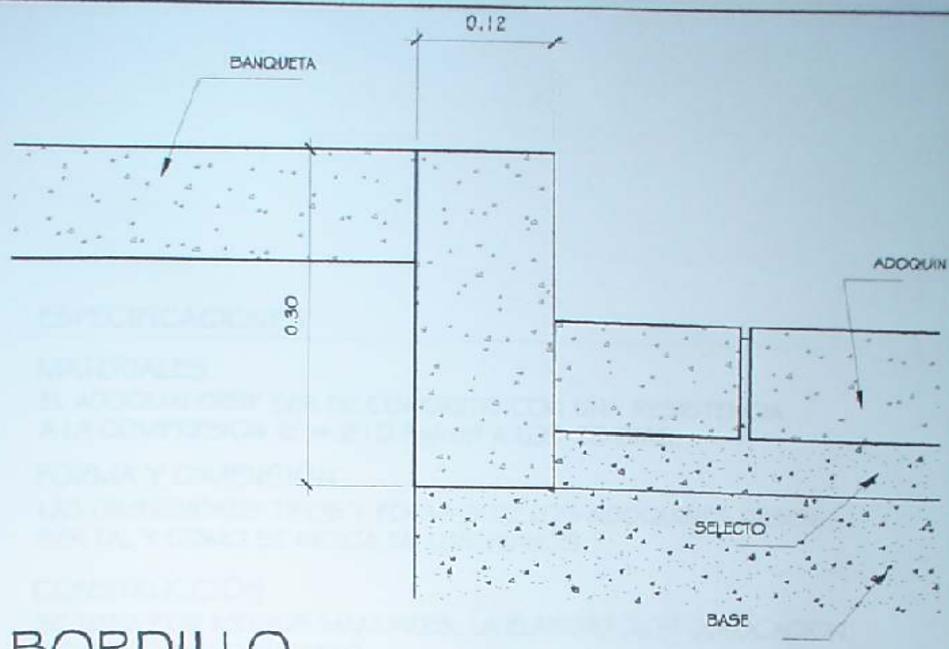
SIN ESC.

SIN ESC.



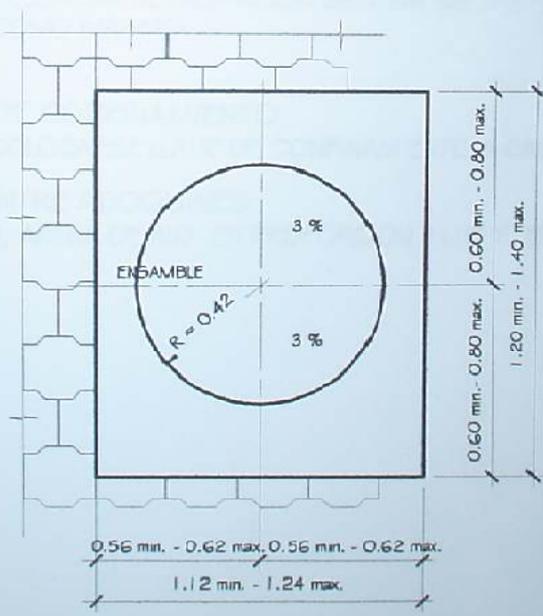


Llave Transversal de Confinamiento



# BORDILLO

ESC. 1/05



DETALLE DE BROCAL EN POZOS PARA ACONDICIONAMIENTO DE ADOQUIN

ENC. 17.3

## ESPECIFICACIONES

---

### MATERIALES

EL ADOQUIN DEBE SER DE CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  A LOS 28 DIAS.

### FORMA Y DIMENSIÓN

LAS DIMENSIONES TIPOS Y FORMAS DE LOS ADOQUINES DEBEN SER TAL Y COMO SE INDICA EN LOS PLANOS.

### CONSTRUCCIÓN

SE HARA POR MEDIOS MANUALES, LA ELABORACIÓN COLOCACION Y CURADO DEL CONCRETO.

### JUNTAS DE DILATACIÓN

SE DEJARA JUNTAS DE DILATACIÓN DE 1 cm. DE ANCHO A CADA 6.00 m. COMO MAXIMO.

### LLAVES DE CONFINAMIENTO

DEBERA COLOCARSE LLAVE DE CONFINAMIENTO A CADA 6.00 m. MAXIMO.

### JUNTA ENTRE ADOQUINES

CEMENTO, ARENA DE RIO. EN PROPORCIÓN 1:10 Y ESPESOR DE 1 cm.

Presupuesto línea de conducción Cantón La Caridad

PRESUPUESTO

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL
1	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ML	15.00	75.50	1,132.50
2	TRAZO DE ZANJA	ML	1,027.75	2.50	2,569.38
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA	ML	1,027.75	7.50	7,708.13
4	COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 4" 160 PSI	ML	1,027.75	55.50	57,040.13
5	PEGADO DE TUBERÍA DE 4" 160 PSI	ML	1,027.75	2.50	2,569.38
6	COLOCACIÓN DE LLAVES DE PASO DE 4"	UNIDAD	1.00	1,500.00	1,500.00
7	COLOCACIÓN DE LLAVES DE PASO DE 2"	UNIDAD	2.00	325.00	650.00
8	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE LLAVES DE PASO	UNIDAD	3.00	425.00	1,275.00
9	RELLENO DE ZANJA	ML	1,027.75	5.50	5,652.63
			<b>TOTAL Q.</b>		<b>80,097.13</b>

**Tabla XI. Listado de materiales, línea de conducción Cantón La Caridad, San Vicente Pacaya, Escuintla**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P/U</b>	<b>TOTAL</b>
1	TUBERIA PVC DE 4" DE 160 PSI	UNIDAD	75	Q325.00	Q24,375.00
2	CODOS DE 4" A 90° 160 PSI	UNIDAD	7	Q72.50	Q507.50
3	TEES DE 4" 160 PSI	UNIDAD	2	Q130.00	Q260.00
4	ADAPTADORES MACHOS DE 4"	UNIDAD	2	Q45.00	Q90.00
5	ADAPTADORES MACHOS DE 2"	UNIDAD	6	Q22.00	Q132.00
6	REDUCIDORES DE 4" A 2"	UNIDAD	2	Q19.00	Q38.00
7	LLAVES DE PASO DE 4"	UNIDAD	1	Q950.00	Q950.00
8	LLAVES DE PASO DE 2"	UNIDAD	2	Q275.00	Q550.00
9	TEFLON 3/4"	ROLLO	6	Q11.00	Q66.00
10	THINER	GALON	1	Q45.00	Q45.00
11	WIPE	LB	10	Q8.50	Q85.00
12	PEGAMENTO TANGIT	GALON	2	Q450.00	Q900.00
<b>TOTAL Q.</b>					<b>Q27,998.50</b>

**Tabla XII. Listado de herramienta y equipo, línea de conducción Cantón La Caridad, San Vicente Pacaya, Escuintla**

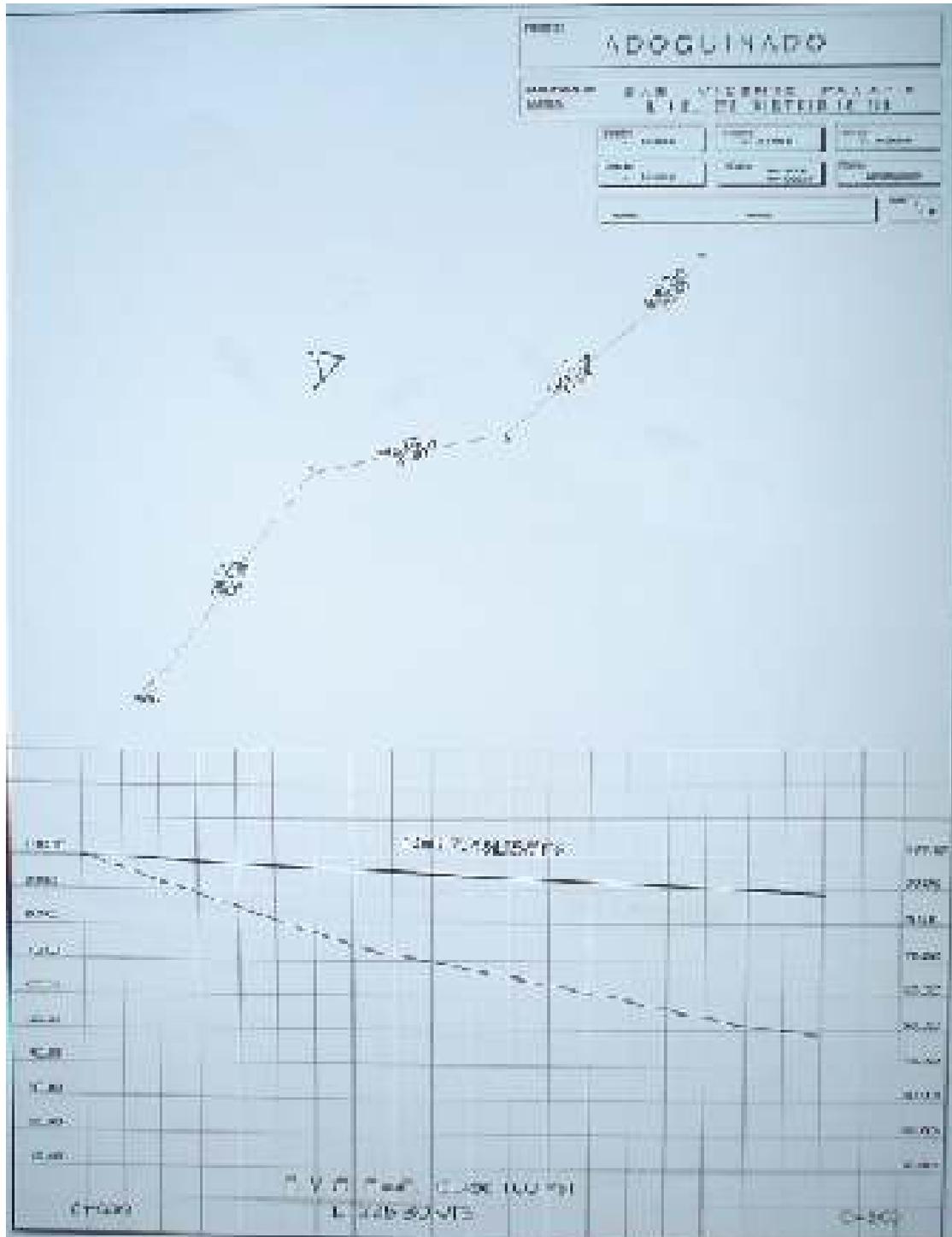
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P/U</b>	<b>TOTAL</b>
1	AZADON	UNIDAD	10	Q75.00	Q750.00
2	PALAS	UNIDAD	15	Q45.00	Q675.00
3	PIOCHAS	UNIDAD	18	Q70.00	Q1,260.00
4	BARRETAS	UNIDAD	3	Q150.00	Q450.00
5	PUNTAS	UNIDAD	5	Q60.00	Q300.00
6	ALMAGADA DE 10 Lb.	UNIDAD	3	Q75.00	Q225.00
7	MACHETES	UNIDAD	10	Q25.00	Q250.00
8	CARRETAS	UNIDAD	5	Q190.00	Q950.00
9	SIERRAS	UNIDAD	3	Q10.50	Q31.50
10	LIMAS	UNIDAD	6	Q10.00	Q60.00
<b>TOTAL Q.</b>					<b>Q4,951.50</b>

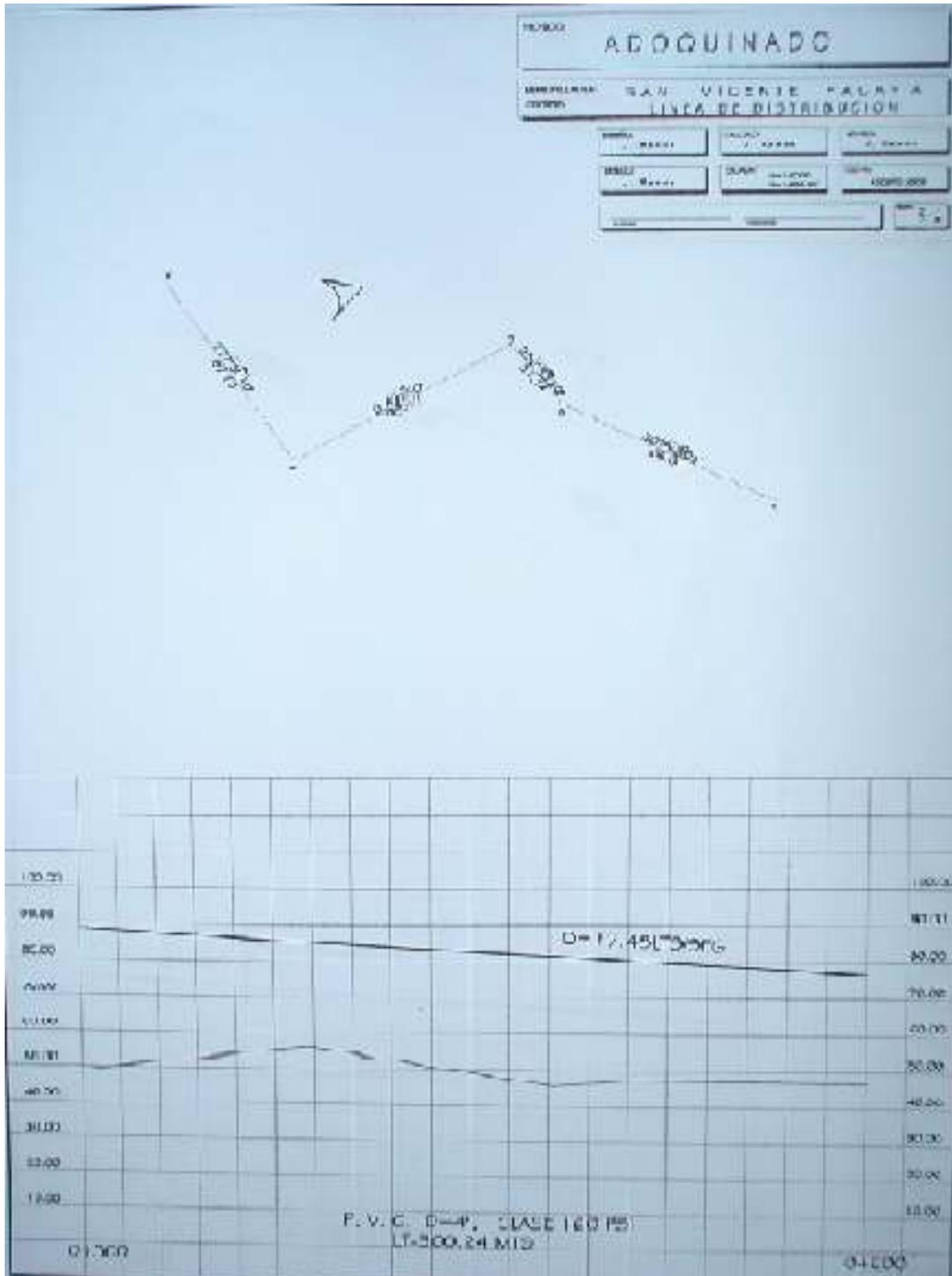
## CRONOGRAMA DE EJECUCION

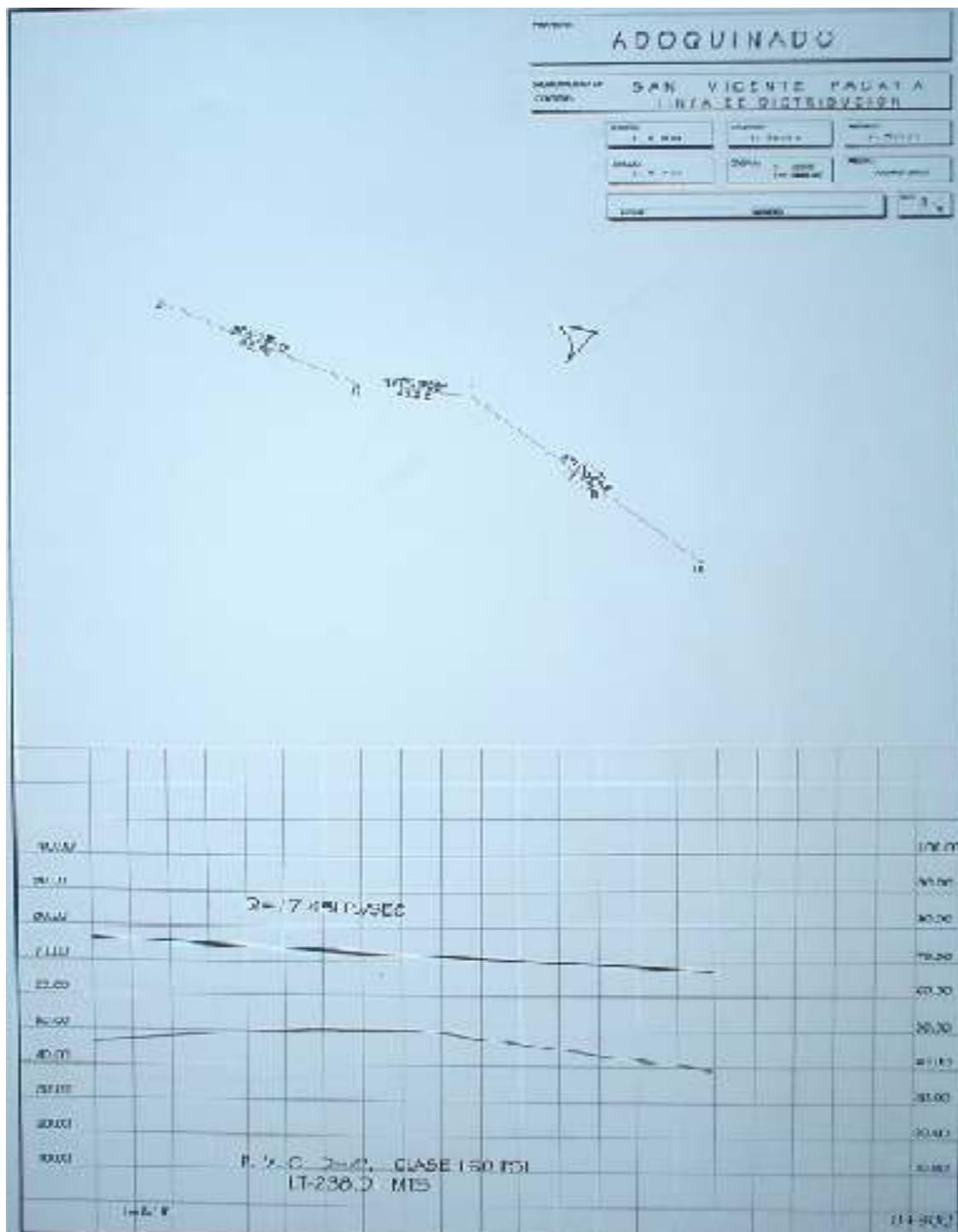
Tabla XIII. Cronograma de ejecución, línea de conducción Cantón La Caridad, San Vicente Pacaya, Escuintla

No.	DESCRIPCIÓN	SEMANAS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	PERFORACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO									
2	COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE SALIDA									
3	COLOCACIÓN DE LLAVE DE PASO									
4	CONSTRUCCIÓN DE CAJA DE LLAVE DE PASO									
5	CHAPEO PARA EXCAVACIÓN DE ZANJA									
6	TRAZO DE ZANJA									
7	EXCAVACIÓN DE ZANJA									
8	COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 4" 160 PSI									
9	PEGADO DE TUBERÍA DE 4" 160 PSI									
10	COLOCACIÓN DE LLAVES DE PASO DE 4"									
11	COLOCACIÓN DE LLAVES DE PASO DE 2"									
12	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE LLAVES DE PASO									
13	RELLENO DE ZANJA									









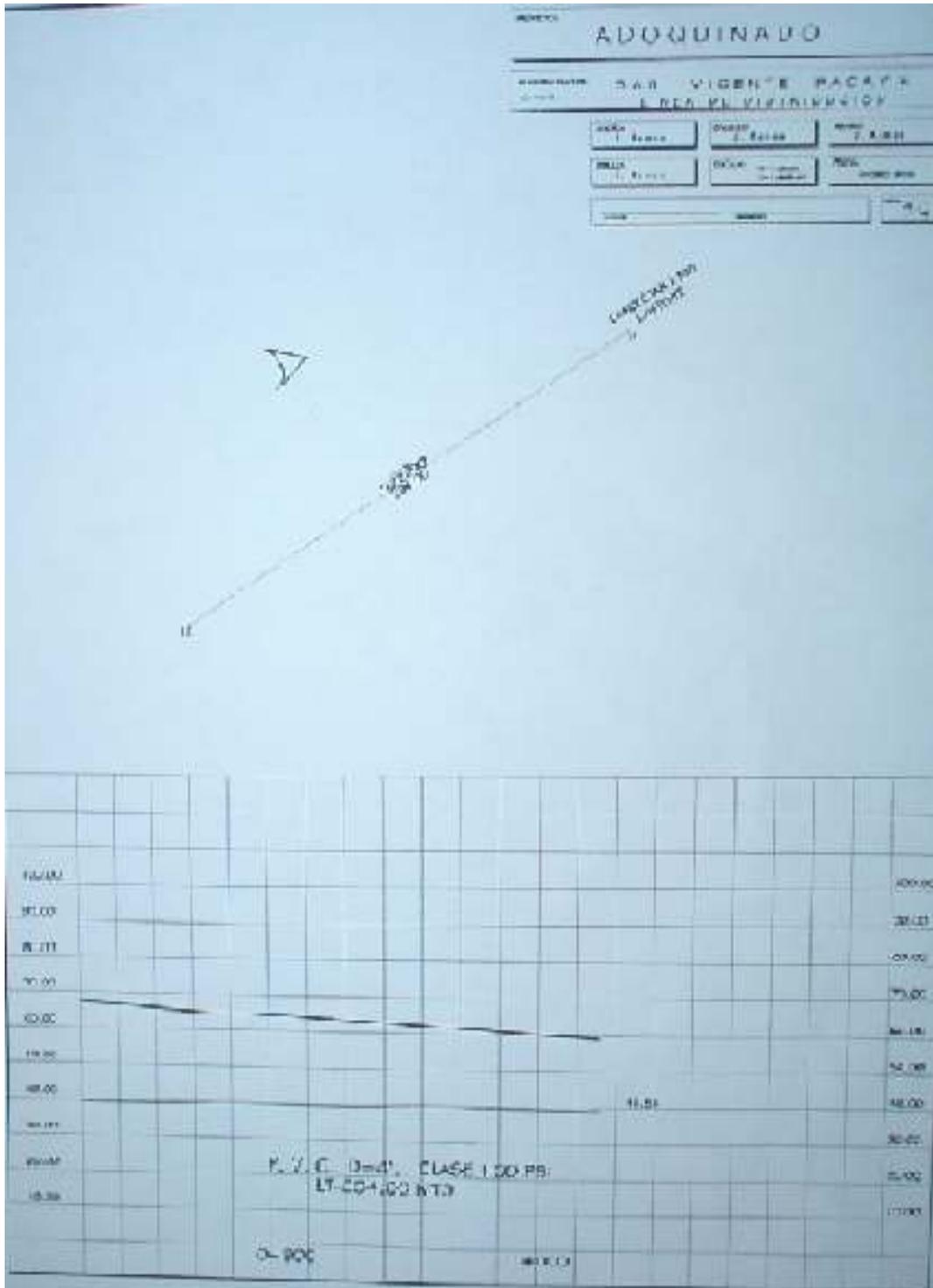


Tabla XIV. Libreta de campo, línea de conducción cantón la Caridad

LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE  
CANTON LA CARIDAD  
SAN VICENTE PACAYA

ESTACION	AZIMUT	H SUP	H MED	H INF	ANG. VERT.	H I	DIST	OBSERVACIONES
E1 - E2	029 ° 16 20 "	2.15	1.1	1.05	100 ° 27 00 "	1.57	106.38	
E2 - E3	345 ° 49 00 "	2.28	0.76	1.52	095 ° 36 50 "	1.55	75.20	
E3 - E4	016 ° 41 15 "	1.96	0.72	1.24	096 ° 36 50 "	1.55	71.04	
E4 - E5	020 ° 34 30 "						32.91	Distancia medida con cinta
E5 - E6	277 ° 30 10 "	2.04	0.88	1.16	086 ° 40 50 "	1.68	87.70	
E6 - E7	003 ° 02 50 "	2.07	0.94	1.13	094 ° 34 40 "	1.56	93.40	
E7 - E8	282 ° 38 20 "						31.14	Distancia medida con cinta
E8 - E9	307 ° 43 05 "	2.04	0.88	1.16	090 ° 15 50 "	1.53	88.00	
E9 - E10	308 ° 18 10 "	1.72	0.84	0.88	088 ° 23 10 "	1.57	83.93	
E10 - E11	327 ° 33 20 "						46.35	Distancia medida con cinta
E11 - E12	231 ° 34 48 "						111.76	Distancia medida con cinta
E12 - E13	008 ° 08 26 "	2.82	2.04	0.78	089 ° 57 30 "	1.54	204.00	

NOTA:

Para el calculo de la distancia se utilizó la siguiente formula:

$$DIST = \frac{(H SUP - H INF) * SEN(ANG. VERT.)}{2} * 100$$

NOMENCLATURA:

H SUP : Hilo Superior  
H MED : Hilo Medio  
H INF : Hilo Inferior  
ANG. VERT.: Angulo Vertical  
H I : Altura del Instrumento  
DIST : Distancia