



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

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA  
CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ,  
UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ, MUNICIPIO DE SENAHÚ,  
DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

**Dennis Salvador Argueta Mayorga**

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA  
CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ,  
UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ, MUNICIPIO DE SENAHÚ,  
DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA**  
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	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. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
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:

**“DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ, UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ, MUNICIPIO DE SENAHÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ”,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 1 de junio de 2006.

---

Dennis Salvador Argueta Mayorga



## **AGRADECIMIENTOS A**

- Dios** Por colmarme de bendiciones y su protección divina, permitiéndome lograr una de las metas más importantes de mi vida.
- Mis padres** Ing. Oscar Argueta Hernández, por todo el apoyo, amor y esfuerzo que me ha brindado en el transcurso de mi vida. Ayudándome a superar los obstáculos con su experiencia y capacidad que lo caracteriza.
- Licda. Aura Mayorga Salguero de Argueta, por su amor, esfuerzo y dedicación en todo momento de mi vida.
- Ing. Luis Alfaro Véliz** Gracias a sus consejos y por su asesoría y profesionalismo, he podido lograr este trabajo de graduación.
- Mis amigos y  
Compañeros** Por su amistad sincera y el apoyo brindado.
- La Universidad de San  
Carlos de Guatemala y  
Facultad de Ingeniería** Por abrirme las puertas para realizar mis estudios y poder cumplir así uno de mis sueños.



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **mis padres**

Oscar Argueta Hernández  
Aura Mayorga Salguero de Argueta

### **mis hermanos**

Oscar Fernando Argueta Mayorga  
José Luis Argueta Mayorga

### **mis abuelitos:**

Herminia Hernández de Argueta  
José Raúl Mayorga y  
Rosaura Salguero de Mayorga

### **mis tíos y primos en general**

### **mis amigos y compañeros, en especial a:**

José David Chen López  
Maria José Gil Lemus  
Yorik Alexander Campos Morales  
Luis Adolfo Ariza Hernández  
Rolmy Orlando Salguero Ramírez  
Camilo Barrios Urrutia

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. MONOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD ACTELÁ, SENAHÚ ALTA VERAPAZ.</b>	
1.1. Ubicación geográfica Actelá	1
1.2. Vías de acceso	1
1.3. Información geográfica y meteorológica	2
1.3.1. Topografía	2
1.3.2. Clima	4
1.4. Información Económica y servicios	4
1.4.1. Vivienda	4
1.4.2. Educación	5
1.4.3. Salubridad	5
1.4.4. Actividades productivas	5
1.4.5. Aspectos económicos	6
1.5. Estudio Poblacional y pronóstico de crecimiento	7
1.5.1. Método del incremento geométrico	7
<b>2. DISEÑO DE CARRETERA</b>	
2.1. Especificación técnica a utilizar	9

2.1.1. Tipo de camino a diseñar	9
2.2. Ubicación del proyecto en mapa 1/50,000 del Instituto Geográfico Nacional.	12
2.3. Estudio de suelos	12
2.3.1. Ensayos para la clasificación del suelo	13
2.3.1.1. Análisis granulométrico	13
2.3.1.1.1. Tamizado	14
2.3.1.1.2. Sedimentación	15
2.3.1.2. Límites de consistencia	15
2.3.1.2.1. Límite líquido	16
2.3.1.2.2. Límite plástico	17
2.3.1.2.3. Índice plástico	18
2.3.2. Ensayos para el control de la construcción	18
2.3.2.1. Determinación del contenido de humedad	19
2.3.2.2. Densidad máxima y humedad óptima	19
2.3.2.3. Ensayo de equivalente de arena	20
2.3.3. Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo	21
2.3.3.1. Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)	21
2.3.4. Análisis de resultados	22
2.4. Levantamiento topográfico	23
2.4.1. Planimetría	24
2.4.2. Altimetría	25
2.4.3. Secciones transversales	25
2.5 Cálculo topográfico	26
2.5.1. Cálculo planimétrico	26
2.5.2. Cálculo altimétrico	27
2.5.3. Dibujo de preliminar (altimétrico y planimétrico)	29
2.5.4. Curvas de nivel	30
2.6. Diseño geométrico de carretera y movimiento de tierras	32

2.6.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales	32
2.6.1.1. Cálculo de Delta	33
2.6.1.2. Grado máximo de curvatura	34
2.6.2. Cálculo de subrasante	42
2.6.2.1. Ancho de sección típica	42
2.6.2.2. Alineamiento horizontal	43
2.6.2.3. Puntos obligatorios	43
2.6.2.4. Pendiente máxima	43
2.6.2.5. Pendiente mínima	44
2.6.2.6. Datos de tipo de suelo	44
2.6.2.7. Condiciones topográficas	44
2.6.3. Cálculo de áreas de secciones transversales	45
2.6.4. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	45
2.6.5. Drenajes	46
2.6.5.1. Drenaje pluvial	48
2.6.5.2. Cunetas	49
2.6.5.3. Contracunetas	50
2.6.5.4. Drenaje transversal	51
<b>3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	
3.1. Cuantificación de materiales y mano de obra	52
3.2. Integración de precios unitarios	58
3.3. Resumen de costos de proyecto	60
3.4. Cronograma de ejecución del proyecto	61
<b>CONCLUSIONES</b>	63
<b>RECOMENDACIONES</b>	65
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	67
<b>ANEXOS</b>	69



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Acceso a la aldea Actelá, municipio de Senahú	2
2	Ubicación, mapa 1/50,000 aldea Actelá	11
3	Herramienta tipo ASTM ensayo límite líquido	16
4	Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical negativo	27
5	Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical positivo	27
6	Ejemplo de curva de nivel	30
7	Elementos de curva circular simple	30
8	Sección de una curva vertical	35
9	Elementos de curva vertical	37

### TABLAS

I	Tipo de viviendas aldea Actelá	4
II	Nivel de escolaridad aldea Actelá	5
III	Población económicamente activa año 2002	6
IV	Datos demográficos Actelá	7
V	Velocidad de diseño, según tipo de sección	9
VI	Coordenadas parciales y totales	26
VII	Valores máximos de curvatura para cada velocidad	33
VIII	Valores de k, según velocidad de diseño	36



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>km (kms)</b>	Kilómetro (s)
<b>m (mts)</b>	metro (s)
<b>r</b>	tasa de crecimiento de la población
<b>D</b>	Diámetro de tubería
<b>A</b>	Área
<b>P</b>	Población
<b>R</b>	Radio
<b>S</b>	Pendiente
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>p.u.</b>	Precio unitario
<b>PI</b>	Punto de intersección
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>LC</b>	Longitud de curva
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>Az</b>	Azimut
<b>PC</b>	Principio de curva
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>ST</b>	Sub tangente
<b>Cmax</b>	Cuerda máxima
<b>E</b>	External
$\Delta$	Delta
<b>G</b>	Grado de curvatura



## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>Alcantarilla</b>	Son conductos que se construyen debajo de la subrasante de una carretera u obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>Balasto</b>	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
<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 puntos.
<b>Carretera</b>	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
<b>Cabezales</b>	Muro central de entrada y salida de las tuberías diseñado y construido para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.

<b>Compactación</b>	Es la técnica por la cual los materiales reducen sus vacíos y por ende aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
<b>Contracuneta</b>	Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
<b>Corona</b>	Superficie final de la carretera, comprendida entre sus hombros.
<b>Corte</b>	Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción de terraplenes.
<b>Cuneta</b>	Zanja lateral, generalmente, paralela al eje de la carretera o del camino.
<b>Curvas de nivel</b>	Es la representación gráfica de los niveles del terreno.
<b>Drenajes</b>	Son los medios utilizados para controlar las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
<b>Excavación</b>	Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro de los límites de construcción, para incorporarlo al camino.
<b>Grado de curvatura máximo</b>	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva por usarse que llene las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.

<b>Pendiente</b>	Relación entre la diferencia de cotas y la distancia horizontal contemplada entre dos puntos.
<b>P.E.A.</b>	Población Económicamente Activa
<b>Rasante</b>	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
<b>Sección típica</b>	Es la sección seleccionada en diseño que permanece uniforme, la mayoría de veces en toda la extensión de una carretera.
<b>Sección transversal</b>	Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.
<b>Talud</b>	Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
<b>Tangente horizontal</b>	Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
<b>Tangente vertical</b>	Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación, contiene en forma detallada las actividades durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado, en la aldea Actelá, ubicada en el municipio de Senahú del departamento de Alta Verapaz.

El mismo contiene el diseño de la ampliación y mejoramiento del camino de acceso de la cabecera municipal Santa Catarina La Tinta hacia el puente vehicular Actelá. El reacondicionamiento y mejoramiento involucra una rasante de material granular, cunetas, contra cunetas, drenajes transversales, longitudinales, formación de taludes. El diseño de las curvas horizontales, verticales y las pendientes máximas y mínimas del terreno, así como el de velocidades mínimas, se ejecutó con base en normas y especificaciones establecidas por la Dirección General de Caminos (ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, 2001).

Además, se describe el servicio técnico profesional, que muestra las diferentes actividades realizadas, entre las cuales se mencionan: antecedentes del proyecto, levantamiento topográfico y el cálculo del diseño de la línea central de la carretera (diseño de curvas y tangentes), llevando un orden y descripción de cada paso en el diseño geométrico de la carretera; así como la integración del presupuesto para dicho proyecto.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Mejorar las condiciones de acceso de la cabecera municipal Santa Catarina La Tinta hacia el puente vehicular Actelá, a través del mejoramiento y ampliación de la carretera que los intercomunicará, ya que permitirá su integración social y productiva y facilitará el intercambio de bienes y servicios.

### **Específicos**

1. Diseñar, calcular y presupuestar el tramo carretero comprendido desde la cabecera municipal de Santa Catarina La Tinta, hasta el puente vehicular Actelá, ubicado en la aldea Actelá, en el municipio de Senahú.
2. Reducir el ausentismo laboral de la población económicamente activa de la aldea Actelá, ocasionado por problemas de tránsito en el tramo carretero.
3. Generar un ahorro sustancial en la economía familiar proveniente de los gastos que actualmente hace la población en atención médica y medicinas, y salarios perdidos por ausentismo en los centros de trabajo.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la cabecera municipal de Santa Catarina La Tinta y la aldea Actelá del municipio de Senahú están intercomunicados por una carretera de terracería en malas condiciones; en donde la rodadura es afectada por intensas lluvias y falta de un sistema de drenaje apropiado, lo que dificulta la circulación de vehículos; la topografía es ondulada, con una longitud de 6 km. En este mismo trayecto existe una quebrada que en el invierno, con las crecidas de los ríos, no permite la circulación de vehículos y se interrumpe el flujo de personas hacia la aldea Actelá.

En este trabajo se desarrollarán las técnicas de diseño en el área de de la ingeniería vial, implementando criterios y herramientas correspondientes a la rama de la Ingeniería Civil, así también mostrar detalles de importancia para mejorar las condiciones de vida de la aldea anteriormente mencionada.

En el capítulo uno se presenta la investigación, con la información monográfica de la aldea Actelá y las características de la población.

En el capítulo dos se presenta el Servicio Técnico Profesional “Diseño de carretera.”

En el capítulo tres está incluido el presupuesto del tramo carretero desde la cabecera municipal Santa Catarina La Tinta hacia el puente vehicular Actelá.

Para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones producto del diseño y planificación del presente trabajo de graduación.

# **1. MONOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD ACTELÁ, SENAHÚ ALTA VERAPAZ**

## **1.1. Ubicación geográfica Actelá**

La finca Actelá del municipio de Senahú, se encuentra ubicada en la parte sureste del departamento de Alta Verapaz, en la Región II o Región Norte. Se localiza en la latitud 15° 40' 00" y en la longitud 89° 53' 00". Limita al Sur con el municipio de Santa Catarina La Tinta (Alta Verapaz), al Este con el río Pueblo Viejo y al Oeste con el río Samiljá.

## **1.2. Vías de acceso**

Para la comunicación con la aldea Actelá, se puede observar la siguiente vía: por la carretera que procede de la cabecera municipal Santa Catarina La Tinta.

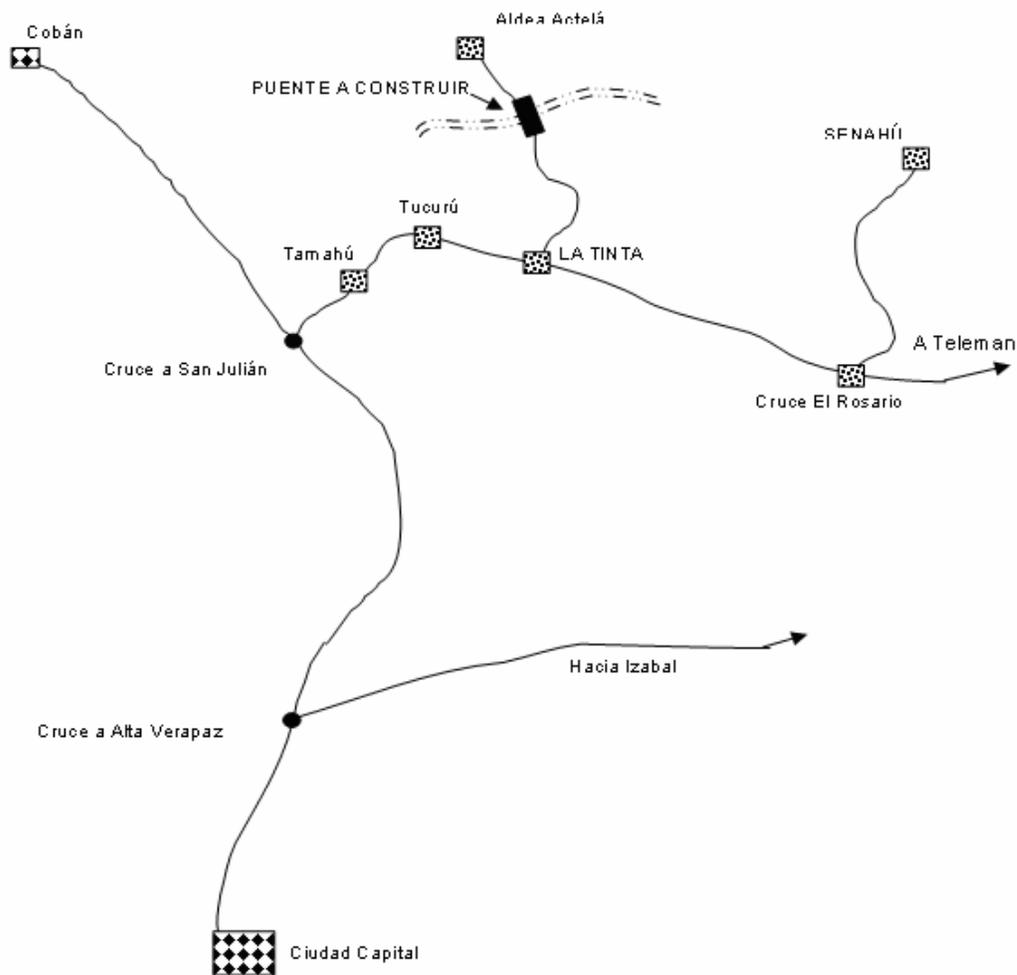
Cruce a San Julián – La Tinta: 65 km de terracería.

La Tinta – Aldea Actelá: 11.4 Km de terracería.

Cobán – Cruce a San Julián: 25 Km de asfalto.

Ciudad Capital – Cruce a San Julián: 185 Km de asfalto.

**Figura 1. Acceso a la aldea Actelá, municipio de Senahú**



### **1.3. Información geográfica y meteorológica**

#### **1.3.1. Topografía**

##### **Reconocimiento topográfico**

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar para recopilar datos de gran utilidad en el proyecto, como lo relacionado con afectaciones, características de ríos, nombre de

lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables y niveles de agua en crecientes.

Concluida esta fase, se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar, en general, las siguientes características:

- geológicas
- hidrológicas
- topográficas y complementarias

Así se verá el tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el camino, y para llevarlo a cabo se utilizan instrumentos sencillos de medición como brújulas para determinar rumbos, clinómetro para determinar pendientes, odómetro de vehículos y otros instrumentos sencillos.

A través del reconocimiento se determinan puertos topográficos que son puntos obligados de acuerdo con a la topografía y puertos determinados por lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y servicios.

Con todos los datos recabados, resaltando los más importantes, se establecerá una ruta tentativa para el proyecto.

Existen procedimientos modernos para el reconocimiento, como el fotogramétrico electrónico, pero resulta demasiado costoso, muchas veces para el presupuesto que puede tener un camino; también es importante aportar que el tipo de vegetación y clima de algunas regiones, no permite su uso, por lo que se tiene que recurrir al reconocimiento directo que se puede auxiliar por medio de cartas topográficas.

### 1.3.2. Clima

Actelá presenta temperaturas anuales cuyos promedios oscilan entre 17°C y 21°C, una precipitación promedio superior a los 2,000 mm. anuales y una humedad relativa promedio del 88%. De acuerdo con Thornthwaite, el clima de esta área se define como semi-cálido muy húmedo y sin estación seca definida. Actelá cuenta con vientos calmados, tiene un cielo parcialmente nuboso. Debido al tipo de clima, puede definirse como un territorio templado y con un suelo con vocación forestal.

## 1.4. Información Económica y Servicios

### 1.4.1. Vivienda

Según el XI Censo de población y VI de Habitación 2002. se presenta el siguiente cuadro.

**Tabla I. Tipo de Viviendas aldea Actelá**

TIPO DE LOCAL	VIVIENDAS	SERVICIOS		
		AGUA	DRENAJE	ELECTRICIDAD
Casa Formal	461	321	20	175
Apartamento	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>462</b>	<b>322</b>	<b>21</b>	<b>176</b>
<b>%</b>	100	69.70	4.55	38.09

### 1.4.2. Educación

En cuanto a la educación, se tiene el siguiente cuadro que especifica el nivel de escolaridad de los habitantes de la finca Actelá.

**Tabla II. Nivel de escolaridad aldea Actelá**

<b>NIVEL DE ESCOLARIDAD</b>	<b>POBLACIÓN %</b>
Ninguno	51.92
Pre-Primaria	1.43
Primaria	43.24
Media	3.44
Superior	-
<b>TOTAL %</b>	<b>100</b>

### 1.4.3. Salubridad

Únicamente en la cabecera municipal de Senahú existe un centro de salud tipo "A" y un puesto de salud. La mayoría de habitantes de la finca Actelá es indígena y utilizan curanderos para combatir las enfermedades con medicina natural.

### 1.4.4. Actividades productivas

#### **Producción agrícola**

La producción mayoritaria la constituye el cultivo de cardamomo. Le sigue en importancia el maíz y el café.

## Producción de Alimentos Básicos

Actelá tiene una buena parte de su espacio físico orientado a la producción de maíz, frijol, arroz, chile, papa y tomate; productos que se destinan al mercado de la región o para satisfacer la demanda de la ciudad capital.

### 1.4.5. Aspectos económicos

#### Población Económicamente Activa

Con base en los datos de la población existente en los centros poblados del área de influencia y las entrevistas realizadas a los habitantes, se estimó que la Población Económicamente Activa -PEA- es del orden de 784 personas, que representan la fuerza laboral, equivalente al 43.07% de la Población en Edad de Trabajar PET-3, es decir, la comprendida entre los 7 años y más de edad. De la PEA, un 72.45% son hombres y el 27.55% mujeres. Lo anterior ilustra el desempleo y la subocupación de la mano de obra en el área de influencia, pues debido al mal estado de la carretera, resulta difícil la posibilidad de movilizar insumos y complementar programas productivos. En la siguiente tabla se muestra la PEA de la finca Actelá.

**Tabla III. Población económicamente activa año 2002**

CENTRO POBLADO	POBLACIÓN 1/	PEA	
		HOMBRES	MUJERES
Finca Actelá	1820	568	216
<b>TOTAL %</b>	<b>100</b>	<b>31.21</b>	<b>11.87</b>

1/ Población de 7 años y mas edad

FUENTE: Estimación, con base en estadísticas del INE e información obtenida en visitas de campo.

## 1.5. Estudio Poblacional y pronóstico de crecimiento

De acuerdo con el último Censo de población y habitación realizado, se recabaron los siguientes datos demográficos de la población de la Finca Actelá.

**Tabla IV. Datos Demográficos Actelá**

SEXO		TOTAL
HOMBRES	MUJERES	
1205	1169	2374
GRUPOS DE EDAD		
0	6 años	554
7 años	14 años	562
15 años	64 años	1192
65 años	Mas	66
GRUPO ÉTNICO		
INDÍGENA	NO INDÍGENA	
2374	-	2374

### 1.5.1. Método del incremento geométrico

El método del incremento geométrico es el más utilizado para el cálculo de poblaciones de los países en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población crece a un ritmo geométrico o exponencial.

Este método tiene la ventaja de que no se necesitan muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad. Su desventaja es que se puede sobreestimar la población. La fórmula de crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

$P_n$  = Población futura  
 $P_0$  = Población actual  
 $r$  = Tasa de crecimiento  
 $n$  = año de diseño

Para la aldea se tiene registro de una tasa de crecimiento del 3.2 %.

Se hará el cálculo para 5 y 10 años, para ver cómo varía la población utilizando como dato inicial la población del año 2002.

$$P_f = 2374 (1+3.2/100)^5 = 2778.9$$

La población del año 2002 es de 2374 personas y una población futura de 2779 personas en de 5 años (2007).

$$P_f = 2374 (1+3.2/100)^{10} = 3252.95$$

La población del año 2002 es de 2374 personas y una población futura de 3253 personas en de 10 años (2012).

## 2. DISEÑO DE CARRETERA

### 2.1. Especificación técnica a utilizar

#### 2.1.1. Tipo de camino a diseñar

Para el presente proyecto se tomó el diseño propuesto en la Dirección General de Caminos, donde existen especificaciones para diferente tipo de carreteras, habiéndose utilizado para este caso las normas correspondientes a una carretera tipo F.

**Tabla V. Velocidad de diseño, según tipo de sección**

T.P.D.A	Carretera	Velocidad de diseño	Radio mínimo	Pendiente máxima	Ancho de calzada
	TIPO "A"				2 x7.20
3000	Llanas	100	375	3	
A	Onduladas	80	225	4	
5000	Montañosa	60	110	5	
	TIPO "B"				7.20
1500	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
3000	Montañosa	40	47	8	
	TIPO "C"				6.50
900	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	

1500	Montañosa	40	47	8	
	TIPO "D"				6.00
500	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
900	Montañosa	40	47	8	
	TIPO "E"				5.50
100	Llanas	50	75	8	
A	Onduladas	40	47	9	
500	Montañosa	30	30	10	
	TIPO "F"				5.50
10	Llanas	40	47	10	
A	Onduladas	30	30	12	
100	Montañosa	20	18	14	

Los parámetros que caracterizan a este tipo de carretera son los siguientes:

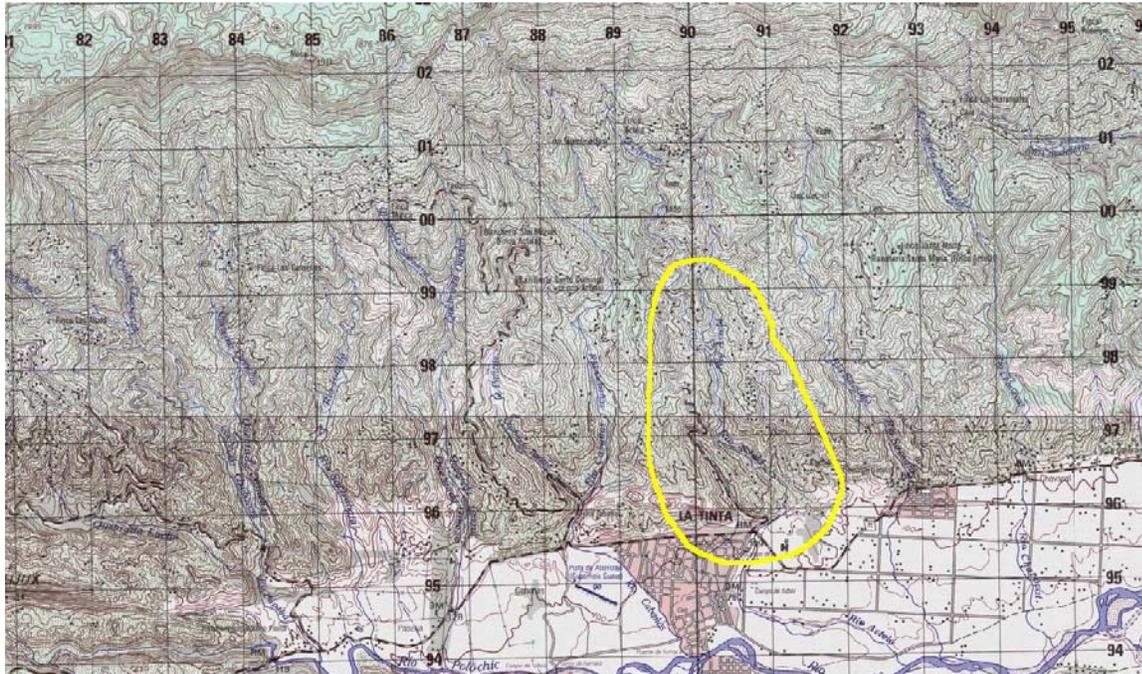
- Tráfico Promedio Diario (T.P.D.) de 10 a 100.
- Velocidad de Diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de plano a ondulado y montañoso. Así, se ha seleccionado la velocidad de 10 k.p.h.
- Ancho de calzada 5.50 metros.
- Pendiente: La pendiente máxima, para una velocidad de diseño de 10 k.p.h., es de 12%. La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que esos pequeños tramos no sean mayores de 100 metros, a menos que no haya otra solución. En este caso, debe empedrarse la superficie de rodamiento, a fin de evitar que los vehículos

resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentra húmeda y se trate de una zona en general lluviosa.

- **Curvatura:** El grado de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y por tanto su utilización no es rutinaria, porque conduciría a proyectos de baja calidad. Si se tienen varias alternativas de trazo, se elige aquella que sin elevar los costos de construcción, permita aplicar menores grados de curvatura.
- **Bombeo:** El bombeo es la pendiente dada a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación de agua sobre la superficie de rodamiento. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 3% como mínimo hacia ambos lados del eje en tangente y en un solo sentido en las curvas.
- **Sobre elevación:** La sobre elevación máxima en las curvas horizontales es del 10%.
- **Curvas Verticales:** La longitud mínima de curvas verticales es de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, los caminos rurales poseen una curvatura vertical en cresta, que está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc., la aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, por lo que para el proyecto de curvas verticales, se debe tener en cuenta la razonable seguridad.
- **Tránsito Promedio Diario:** las especificaciones son dadas para un tránsito de hasta 100 vehículos diarios. Este camino por lo tanto estará en su capacidad, ya que tiene un tránsito menor, según lo indicaron los representantes del COCODE de Actelá.

## 2.2. Ubicación del proyecto en mapa 1/50000 del Instituto Geográfico Nacional.

Figura 2. Ubicación mapa 1/50,000 Aldea Actelá



## 2.3. Estudio de suelos

Es necesario conocer el tipo de suelo con que se cuenta en el área de trabajo donde se construirá la estructura de terracería. Así, en la gran mayoría de los casos, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construirá la superficie de rodadura.

Los ensayos de suelos deben ejecutarse para:

- la clasificación del tipo de suelo
- el control de la construcción
- determinar la resistencia del suelo

### **2.3.1. Ensayos para la clasificación del suelo**

Son los ensayos para clasificar el tipo de suelo existente en el área de trabajo; son de mucha importancia y deben ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son: el análisis granulométrico y los límites de consistencia.

#### **2.3.1.1. Análisis granulométrico**

Los ensayos de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. La distribución de las partículas con tamaño superior a 0.075 mm., se determina mediante tamizado, con una serie de mallas normalizadas.

Para partículas menores que 0.075 mm., su tamaño se determina observando la velocidad de sedimentación de las partículas en suspensión en un líquido de densidad y viscosidad conocida.

De los ensayos granulométricos se calculan los siguientes coeficientes:

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

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

Donde:

Cu = Coeficiente de uniformidad

D 60 = Diámetro máximo del 60%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

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

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

Donde:

Cg = Coeficiente de graduación

D 30 = Diámetro máximo del 30%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

D 60 = Diámetro máximo del 60%

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

Los suelos no son homogéneos, presentan partículas de muy diversos tamaños, formas y componentes.

El análisis granulométrico predice el comportamiento geotécnico del suelo y se realiza por: tamizado y sedimentación.

#### **2.3.1.1.1. Tamizado**

Para realizar la granulometría por tamizado, se debe tomar en cuenta los siguientes pasos:

- a) Se toma una muestra original de suelo conteniendo partículas de varios tamaños.; se seca al horno y se determina su masa total seca.
- b) Se toma una porción A: porción de la muestra que queda retenida en el tamiz de diámetro 4.75 mm.
- c) Se toma una porción B: porción de la muestra que pasa el tamiz 4.75 mm. Ésta incluye partículas finas.
- d) La porción A, después de pasar el tamiz #4, se lava, para eliminar las partículas de arena y las más finas.
- e) La porción B, después de pasar el tamiz #200, se lava, para eliminar las partículas finas.
- f) Se determina el peso retenido en cada una de las mallas.

### **2.3.1.1.2. Sedimentación**

Consiste en estimar el porcentaje de un determinado tamaño de partículas del suelo en función de su velocidad de sedimentación en un líquido según la ley de Stokes.

Se aplica a tamaños finos,  $< 0,1\text{mm}$ .

En función del tamaño de los granos, se producirá la sedimentación de los mismos a diferente velocidad. La densidad de la suspensión varía en función de la profundidad.

Existen dos métodos: el del *densímetro* (más utilizado) y el de la *pipeta* (más exacto, pero mucho más complicado y caro).

#### **2.3.1.2.1. Límites de consistencia**

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad).

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios del siglo XX a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico.

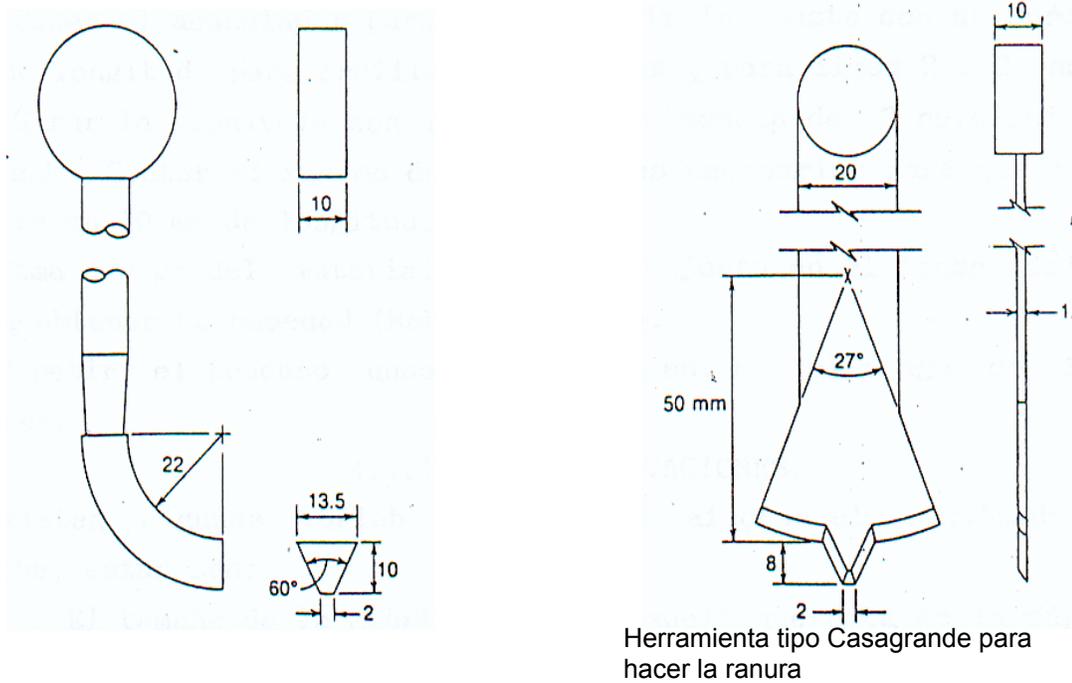
Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se define la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

#### **2.3.1.2.1. Límite líquido**

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

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación; ambos límites juntos, son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T 89, teniendo como obligatoriedad el hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

**Figura 3. Herramienta tipo ASTM ensayo límite líquido**



### 2.3.1.2.2. Límite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso.

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

### **2.3.1.2.3. Índice plástico**

El índice plástico es el más importante y el más usado; consiste simplemente en la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero, es no plástico; cuando es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando es mayor que 17, se dice que es altamente plástico.

### **2.3.2. Ensayos para el control de la construcción**

La compactación de suelos en general es el método más barato de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de sus propiedades físicas para obtener una óptima estructura, resistencia al corte y relación de vacíos deseable.

Para determinar las características de resistencia y de esfuerzo-deformación de los materiales de apoyo, será necesario investigarlos por:

- a. penetración
- b. resistencia al esfuerzo cortante
- c. aplicación de cargas

### 2.3.2.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en tanto por ciento. En otras palabras no es más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: de compactación Proctor, de valor soporte, límites de consistencia y las densidades de campo.

### 2.3.2.2. Densidad máxima y humedad óptima

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180; éste sirve para calcular la humedad óptima requerida para que un suelo alcance su máxima compactación.

La masa de los suelos, está formada por partículas sólidas y vacíos; éstos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los que, conforme se sometan a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que se establece cuando dicha masa, alcanza su menor volumen y su mayor peso; esto se conoce como **Densidad Máxima**. Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como **Humedad Óptima**.

Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- a. reducción del volumen de vacíos y de la capacidad de absorción.
- b. aumento de la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz No. 4, añadirle agua y compararlo en un molde cilíndrico en tres capas, con veinticinco golpes por capa con un martillo de compactación. Luego de compactar la muestra, ésta es removida del molde y demolida nuevamente, para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de su humedad en ese momento. Se añade más agua a la muestra, hasta obtener una muestra más húmeda y homogénea y se hace nuevamente el proceso de compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca, contra contenido de humedad.

El Proctor modificado, tiene ventaja sobre el estándar en los aspectos siguientes:

- a. mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.
- b. mayor economía en las operaciones de riego, al tener una humedad óptima más baja, lo que facilitará la compactación.
- c. Se asemeja más a la energía de compactación de los equipos modernos.

### **2.3.2.3 Ensayo de equivalente de arena**

Esta prueba se aplica para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla # 4 en una probeta estándar parcialmente llena, de una solución que propiciará la sedimentación de los finos. Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se utilizarán como base, sub-base, o como materiales de bancos de préstamo. El procedimiento analítico se rige por la norma AAASHTO T 176.

### **2.3.3. Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo**

#### **2.3.3.1. Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)**

Este ensayo conocido como California Bearing Ratio (CBR por sus siglas en inglés), sirve para determinar la capacidad de soporte que tiene un suelo compactado a su densidad máxima, en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Éste se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrán los porcentajes de compactación (%C), expansión y de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Expansión:

A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 libras, sobre dicho vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Realizado lo anterior, se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas cada 24 horas, controlando la expansión del material. Es

importante tener en cuenta que el peso de 10 a 13 libras colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto. La finalidad de sumergir la muestra durante cuatro días en agua, es para someter a los materiales usados en la construcción, a las peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento (como se mencionó al inicio).

#### **Determinación de la resistencia a la penetración:**

Luego de haber tenido la muestra en saturación durante cuatro días se saca del agua escurriéndola durante quince minutos. Se le quita la pesa y el filtro y se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente el filtro sobre la superficie de la muestra; se procede a hincar el pistón, a una velocidad de penetración de 1.27 centímetros por minuto.

Se toma la presión, expresada en libras por pulgada cuadrada que ofrece el suelo a la penetración.

#### **2.3.4. Análisis de resultados**

De los ensayos realizados, se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Clasificación: S.C.U.: SM      P.R.A.: A-4    Arena limosa color gris

Límite líquido: No plástico

Índice Plástico: No plástico

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,730 t/m<sup>3</sup>

**Humedad óptima = 17.5%**

CBR al 95% de compactación es de 68 % aproximadamente.

Como puede apreciarse, este material es buena sub-rasante, dado que el CBR al 95% es un valor alto. (Ver hojas adjuntas del laboratorio de suelos).

#### **2.4. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico es la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada, siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida.
- Azimut o rumbo de salida.
- Kilometraje de salida.
- Cota de salida del terreno.

Para el levantamiento preliminar, se calcularon en el campo, los siguientes aspectos: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar y referencias.

El levantamiento topográfico cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto y materializar una obra en terreno, ya que éste da una representación completa tanto del terreno en su relieve, como en las obras existentes. De esta manera, el constructor tiene en sus manos una importante herramienta que le será útil para buscar la forma más funcional y económica de ubicar el proyecto.

El levantamiento topográfico se realiza previo a un estudio de proyecto de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades: el trazo

planimétrico y el trazo altimétrico, utilizando para los mismos, aparatos de precisión.

#### **2.4.1. Planimetría**

La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone 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 sus diferentes puntos. La ubicación de éstos 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.

Para realizar el levantamiento planimétrico, se utilizó el teodolito, la cinta métrica, plomada, machete y clavos. El método utilizado fue mediante la poligonal abierta que es aquella que parte de un punto de coordenadas ( X, Y ) y de Azimut conocido, el cual recorre el objeto del levantamiento, hasta terminar en un punto final de coordenadas ( X, Y ).

Las distancias horizontales de las alineaciones (con la cinta métrica) y los ángulos fueron medidos directamente. Se tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros; así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (cercos, casas, orilla del río, etc.).

#### **2.4.2. Altimetría**

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.

Los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría, se encuentran representados en los planos planta-perfil, adjuntos en el presente trabajo.

#### **2.4.3. Secciones transversales**

##### **Sección transversal**

Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. en tramos en tangente y de 10 m. en tramos de curvas. En caso de quiebres en la topografía, se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre o por lo menos cada 5 m.

Se tomarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan entrar los taludes de corte y relleno hasta los límites que indique el supervisor. Además debe extenderse lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc. que por estar cercanas al trazo de la vía podrían ser afectadas por las obras de carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas. Todas las dimensiones de la sección transversal serán reducidas al horizonte desde el eje de la vía.

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. En las estaciones de la línea central se trazaron perpendiculares, haciendo un levantamiento a cada 20 metros recopilando información del lado izquierdo y derecho de la línea central.

## **2.5. Cálculo topográfico**

### **2.5.1. Cálculo planimétrico**

Para el cálculo se utiliza el método Pensilvania, dando como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar.

Se determinan en forma indirecta, las distancias horizontales y los desniveles, mediante un teodolito que tenga en su retículo hilos taquimétricos, los cuales son hilos paralelos al hilo horizontal del retículo, situados en forma equidistante uno por encima y otro por debajo de él.

$$\text{Distancia horizontal (DH)} = k (s-i)\text{Cos } \alpha$$

Donde:

s = Hilo superior

i = Hilo inferior

$\alpha$  = Ángulo vertical =  $90^\circ$ - ángulo cenital

K = Constante taquimétrica = 100

El método de Pensilvania consiste en calcular coordenadas parciales por medio de utilización de las funciones trigonométricas, seno y coseno; se asume, que las coordenadas de la primera estación serán: X=1000 y Y=1000, luego con el ángulo horizontal y distancia se obtienen las  $\Delta X$  y  $\Delta Y$ , las cuales se suman algebraicamente para obtener las coordenadas totales. Por ejemplo:

$$\Delta X = \text{seno}(131.9027) * 2.5 = 1.8607$$

$$\Delta Y = \text{coseno}(131.9027) * 2.5 = -1.6797$$

$$\Delta X = \text{seno}(76.8194) * 72.04 = 70.1422$$

$$\Delta Y = \text{coseno}(76.8194) * 72.04 = 16.4266$$

**Tabla VI. Coordenadas Parciales y Totales**

Estación	Punto Observado	$\Delta X$	$\Delta Y$	X total	Y total
0				1000	1000
1	2	1.8607	-1.6797	1001.8607	998.3203
2	3	70.1422	16.4266	1072.0029	1014.7469

### 2.5.2. Cálculo altimétrico

Para el cálculo de las cotas se partió de un valor asumido (cota) en este caso fue mil y luego aplicando fórmulas para el cálculo de las diferencias de nivel y distancias verticales, se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil.

$$\text{Distancia vertical (DV)} = \frac{k(s-i)\text{Sen}2\alpha}{2}$$

Donde:

s = Hilo superior

i = Hilo inferior

$\alpha$  = Ángulo vertical =  $90^\circ$  - ángulo cenital

$k = \text{Constante taquimétrica} = 100$

$$\text{Diferencia de nivel (DN)} = DV + (m - HINST)$$

Donde:

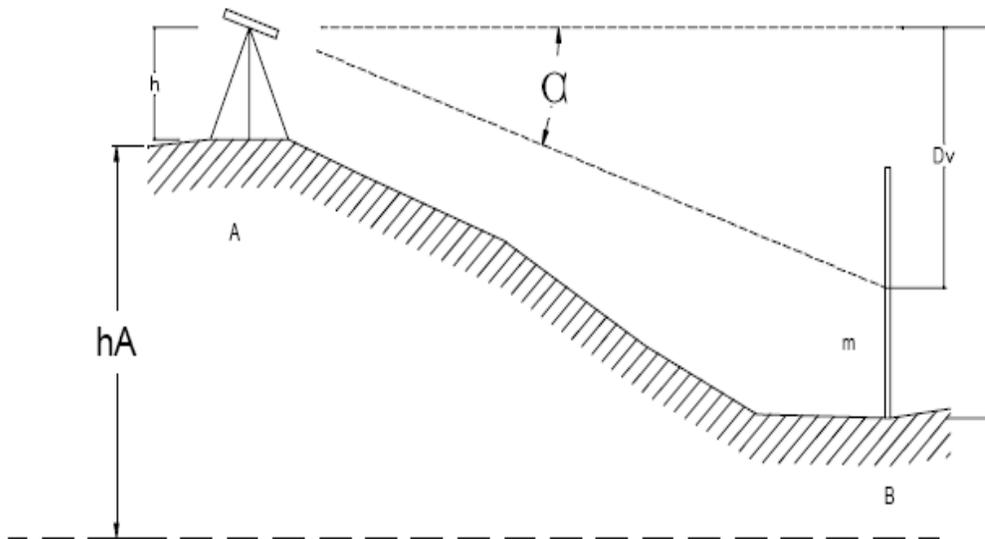
$m = \text{Hilo medio}$

$h = \text{Altura instrumental}$

$hA = \text{Cota de A}$

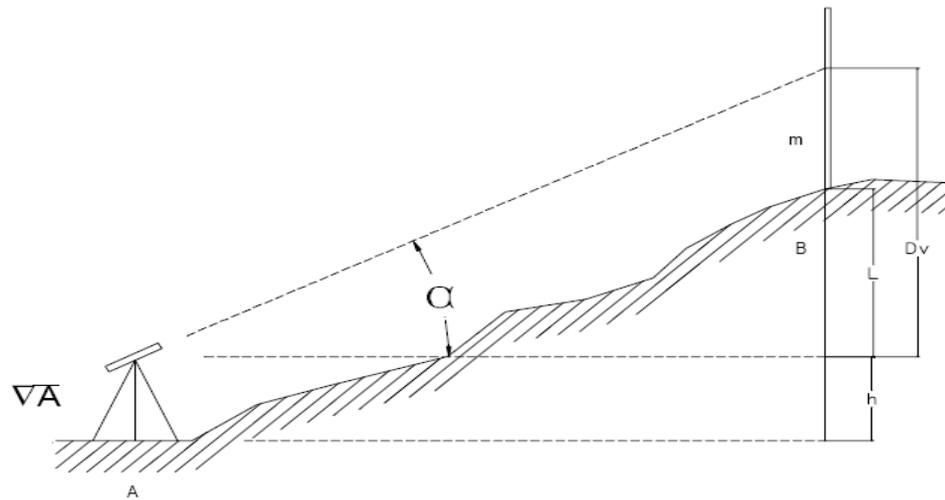
Si el ángulo vertical es **mayor de 90°**, (es decir, bajando), se utiliza la anterior fórmula. (Ver figura 4).

**Figura 4. Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical negativo**



Pero, si el ángulo vertical es **menor de 90°**, (es decir, subiendo), entonces:  
 **$DN = DV - (m + Hinst)$** .

**Figura 5. Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical positivo**



### 2.5.3. Dibujo de preliminar (altimétrico y planimétrico)

#### Altimétrico

En el dibujo de planta colocamos los niveles de cada estación a lo largo de la línea preliminar. Éstos servirán para dibujar las curvas a nivel y los perfiles de diseño; ya que la línea de localización o línea central de la carretera no pasa exactamente por la línea preliminar de topografía, pero con la interpolación de curvas a nivel se puede dibujar el perfil de la línea de localización.

#### Planimétrico

Esta es la representación gráfica en planta de la carretera, se dibuja en un plano cartesiano por medio de las coordenadas totales de las estaciones. Para el efecto se aplicó el programa Autocad, dibujada la línea central en planta sirvió para el cálculo de los azimut y distancias de la línea de localización.

### 2.5.4. Curvas de nivel.

Se denominan curvas de nivel, a las líneas que marcadas sobre el terreno desarrollan una trayectoria horizontal. Por lo tanto podemos definir que una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el terreno. En un plano, las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura, que son equidistantes sobre un plano de referencia.

De la definición de las curvas podemos citar las siguientes características:

1. Las curvas de nivel no se cruzan entre si.
2. Deben ser líneas cerradas, aunque esto no suceda dentro de las líneas del dibujo.
3. Cuando se acercan entre si indican un declive más pronunciado y viceversa.
4. La dirección de máxima pendiente del terreno queda en el ángulo recto con la curva de nivel.

Esta diferencia de altura entre curvas recibe la denominación de "equidistancia". Las curvas de nivel representan uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. En los modernos mapas topográficos es muy frecuente su utilización, ya que proporcionan información cuantitativa sobre el relieve. Sin embargo, a menudo se combinan con métodos más cualitativos como el colorear zonas o sombrear colinas para facilitar la lectura del mapa.

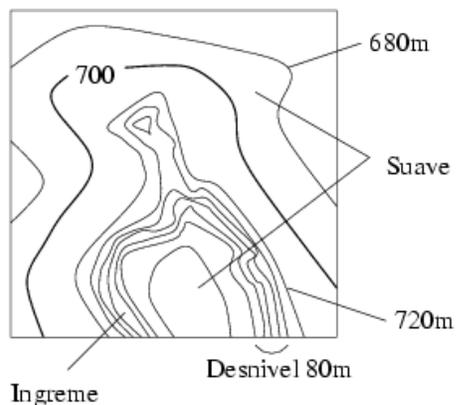
El espaciado de las curvas de nivel depende del intervalo de curvas de nivel seleccionado y de la pendiente del terreno: cuanto más empinada sea la pendiente, más próximas entre sí aparecerán las curvas de nivel en cualquier intervalo de curvas o escala del mapa. De este modo, los mapas con curvas de

nivel proporcionan una impresión gráfica de la forma, inclinación y altitud del terreno.

Las curvas de nivel pueden construirse interpolando una serie de puntos de altitud conocida o a partir de la medición en el terreno, utilizando la técnica de la nivelación. Sin embargo, los mapas de curvas de nivel más modernos se realizan utilizando la fotogrametría aérea, ciencia con la que se pueden obtener mediciones a partir de pares estereoscópicos de fotografías aéreas.

El término isólinea puede utilizarse cuando el principio de las curvas de nivel se aplica a la realización de mapas de otros tipos de datos cuantitativos, distribuidos de forma continua, pero, en estos casos, se prefiere utilizar términos más especializados con el prefijo iso (que significa igual), como isobatas para curvas de nivel submarinas, o isobaras para las líneas que unen puntos que tienen la misma presión atmosférica. Ejemplo de curvas de nivel:

**Figura 6. Ejemplo de curva de nivel**

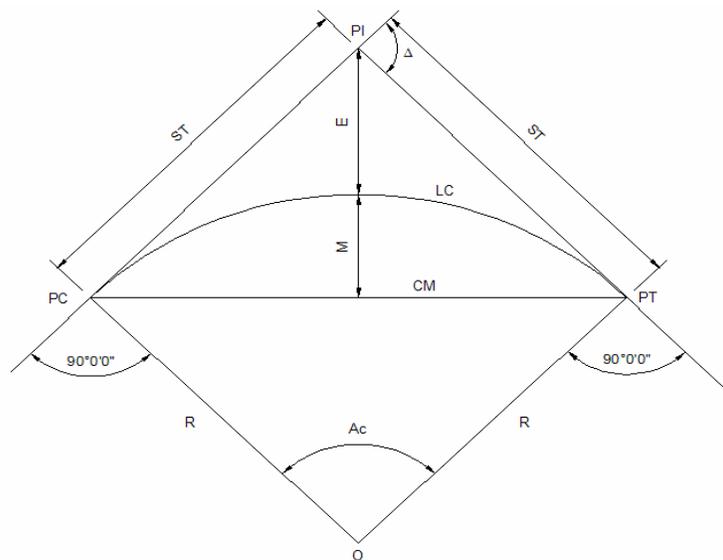


## 2.6. Diseño geométrico de carretera y movimiento de tierras

### 2.6.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes; luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de la curva, que servirán para el trazo de la carretera.

**Figura 7. Elementos de curva circular simple**



Donde:

- PC Punto donde comienza la curva circular simple
- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PT Punto en donde termina la curva circular simple
- O Centro de la curva circular
- $\Delta$  Ángulo de deflexión de la tangente

Ac	Ángulo central de la curva circular
G	Grado de curvatura
R	Radio
ST	Subtangente
E	External
Om	Ordenada media
C	Cuerda
CM	Cuerda máxima
LC	Longitud de curva

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas ( $\Delta$ ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta ( $\Delta$ ) se calculan los elementos de la curva.

El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

#### **2.6.1.1. Cálculo de Delta ( $\Delta$ )**

Entre dos líneas o azimut existe una diferencia angular, denominada delta ( $\Delta$ ), la forma de establecerlo es mediante la diferencia entre el azimut 2 y del azimut 1. El delta nos sirve para definir el tipo de curva que se utilizará, mientras mayor sea, se utilizará una curvatura mayor. Las anteriores se encuentran definidas en el manual de especificaciones de la Dirección General de Caminos.

### 2.6.1.2. Grado máximo de curvatura

El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\max} = 14600 * \frac{\mu + S_{\max}}{V^2}$$

En donde:

Gmax = Grado máximo de curvatura

$\mu$  = Coeficiente de fricción lateral

Smax = Sobreelevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

**Tabla VII. Valores máximos de curvatura para cada velocidad**

<b>Velocidad de proyecto (Km/h)</b>	<b>Coeficiente de fricción lateral</b>	<b>Sobre elevación máxima (m/m)</b>	<b>Grado máximo de curvatura calculado (Grados)</b>	<b>Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)</b>
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17

60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

### **Longitud de Curva (LC)**

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT); según gráfica que antecede se define como:

$$LC = 20 * \frac{\Delta}{G^\circ}$$

### **Subtangente (ST)**

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), cuando la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT) es igual.

$$ST = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

### **Cuerda máxima (Cmax)**

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

$$C_{\max} = 2 * R * \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

### **External (E)**

Es la distancia desde el Punto de Intersección (PI) al punto medio de la curva.

$$E = R \operatorname{sec} \frac{\Delta}{2}$$

### **Ordenada media (Om)**

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

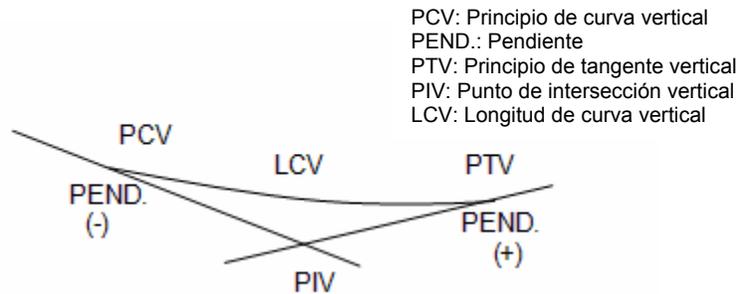
$$Om = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

### **Alineamiento vertical**

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad de diseño del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

**Figura 8. Sección de una curva vertical**



### **Diseño de curvas verticales**

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de funcionalidad de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de un trazo tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc. En el Departamento de Carreteras de la Dirección General de Caminos se utiliza la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación. Las especificaciones de la Dirección General de Caminos tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño. Al momento del diseño se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales.

### Visibilidad de Parada:

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

$$L = k * a$$

L = longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).

k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes de las tangentes verticales, en %.

**Tabla VIII. Valores de k, según velocidad de diseño**

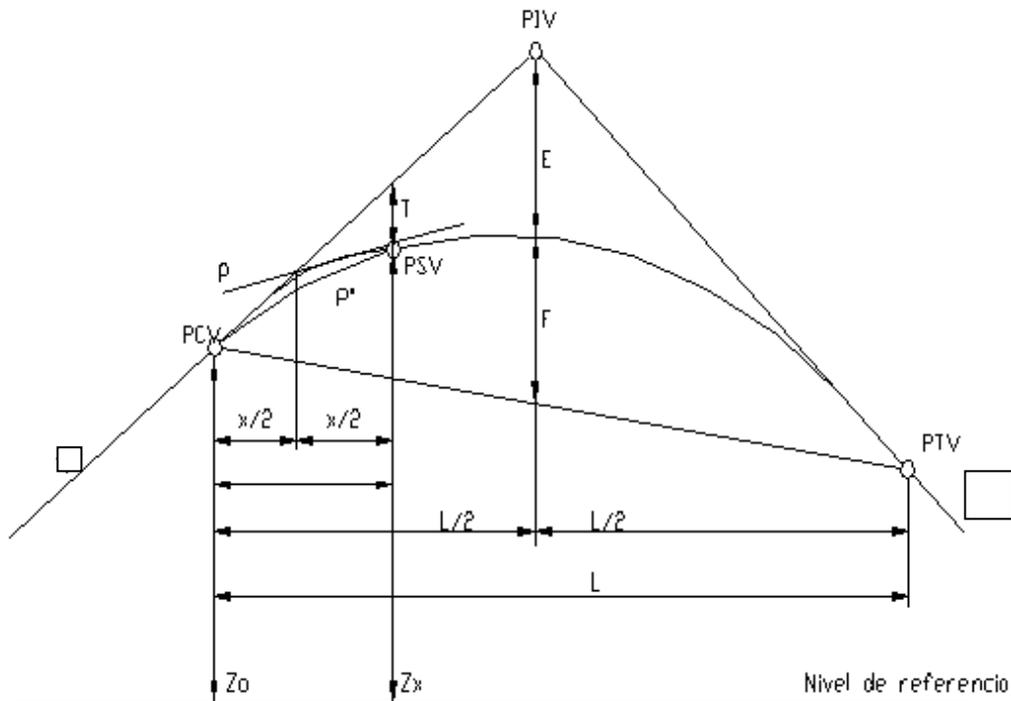
Vel. De Diseño K.P.H.	Valor de "k" según tipo de Curva	
	CONCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

### Traza de Curvas Verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser cóncava o convexa. La curva vertical en columpio es aquella cuya concavidad queda

hacia arriba, y la curva vertical en cresta, la que presenta su concavidad hacia abajo.

**Figura 9. Elementos de curva vertical**



En donde:

PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV = Punto en donde comienza la curva vertical

PTV = Punto en donde termina la curva vertical

PSV = Punto cualquiera sobre la curva vertical

$p_1$  = Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

$p_2$  = Pendiente de la tangente de salida, en m/m

$a$  = Diferencia algebraica de pendientes

$L$  = Longitud de la curva vertical, en metros

$k$  = Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

$x$  = Distancia del PCV a un PSV, en metros

$p$  = Pendiente en un PSV, en m/m

$p'$  = Pendiente de una cuerda, en m/m

E = External, en metros

F = Flecha, en metros

T = Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

Zo = Elevación del PCV, en metros

Zx = Elevación de un PSV, en metros

## Visibilidad

### a.- Curvas verticales en cresta.

Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

### b.- Curvas verticales en columpio.

Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$40 K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

### **Cálculo de curvas verticales**

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales, es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. Es necesario también respetar las condiciones de longitud mínima de las curvas verticales en cresta y columpio.

Las fórmulas de trazo de curvas verticales se muestran a continuación:

$$L = P_o - P_i$$

$$K = \frac{(P_o - P_i)}{(10)(L)}$$

P<sub>o</sub> = pendiente de entrada

P<sub>i</sub> = pendiente de salida

L = numero total de estaciones

### **Tangentes**

Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

- a. Pendiente gobernadora
- b. Pendiente máxima

- c. Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas de sección en corte no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén, la pendiente podrá ser nula.

### **2.6.2. Cálculo de subrasante**

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria; la subrasante está ubicada por debajo de la base y la capa de rodadura en proyectos de pavimentos y debajo del balasto en proyectos de terracería.

La subrasante es la que define el volumen de movimientos de tierra, el que a su vez se puede convertir en el renglón más caro en la ejecución. Un buen criterio para diseñarla es buscar la más económica.

Para calcular la rasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- Datos de la clase de material del terreno.

#### **2.6.2.1. Ancho de sección típica**

Se seleccionó la sección típica F de la Dirección General de Caminos. Con este ancho, según las tablas, se pueden observar en las secciones los cortes y rellenos que genera el movimiento de tierras y permitirá ver si en alguna sección, los taludes no se pueden hacer debido a viviendas, rocas,

monumentos, postes, etc. El tramo objeto de diseño, contiene el factor determinante de confinamientos de viviendas a ambos lados.

#### **2.6.2.2. Alineamiento horizontal**

Su importancia radica en que a partir del mismo, se dibuja el perfil actual de la carretera. En el alineamiento horizontal se indican el azimut, distancias, curvas horizontales, principios de curvas, principios de tangente, longitudes de curva, etc., que son los que definen el caminamiento de la carretera.

#### **2.6.2.3. Puntos Obligatorios**

En el alineamiento horizontal como en el vertical, existen puntos obligatorios y se definen por las elevaciones necesarias que debe tener un estacionamiento, como en el caso de un puente existente, en el que la rasante deberá pasar por este punto; debido a que el puente no puede variar su posición; otros puntos obligatorios son nacimientos de agua (para los cuales se deben construir las obras de protección necesarias), terreno rocoso, crecientes de ríos (determinando su creciente máxima) y la altura final del puente para definir la rasante, casas a la orilla de la carretera, etc.

#### **2.6.2.4. Pendiente máxima**

Cuando una pendiente que es grande se presenta en un tramo, es recomendable que se deje la máxima al principio para tratar de suavizarla en el final, a fin de evitar que los vehículos pesados pierdan velocidad. Si la pendiente es larga se recomienda hacer un descanso en medio de tangentes, para lograr avance, o sea, la recuperación del vehículo.

#### **2.6.2.5. Pendiente mínima**

En tramos de relleno no hay una pendiente mínima, pues el agua se drena por el bombeo de la carretera; cuando la sección transversal sea de corte se recomienda una pendiente mínima de 0.5%, para que el agua que cae en la cuneta pueda ser drenada hasta el cabezal de descarga.

#### **2.6.2.6. Datos de tipo de suelo**

Para resolver los problemas que se presentan en puntos específicos de la carretera, es importante conocer el tipo de suelo y darle la solución necesaria, como en el caso de material rocoso, material arcilloso, pantanos, arenas, etc.

#### **2.6.2.7. Condiciones topográficas**

Para el diseño de la rasante según los distintos tipos de terreno, la Dirección General de Caminos, establece 3 tipos de terreno de acuerdo con la topografía:

- a. **Terrenos ondulados:** son aquellos que poseen pendientes que oscilan entre el 5% y el 12%. La subrasante en estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores a los 500 metros de longitud, debido al acarreo. También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.
- b. **Terrenos llanos:** son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales menores del 5% y uniformes a la par de pendientes transversales pequeñas. En este tipo de terreno la

subrasante se debe diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal.

- c. **Terrenos montañosos:** su perfil obliga a grandes movimientos de tierras, la pendiente generalmente es máxima, la cual es permitida por las especificaciones.

### **2.6.3. Cálculo de áreas de secciones transversales**

Para el cálculo de las áreas se deben tener dibujadas las secciones transversales de la línea de localización, en estaciones a cada 20 metros; y sobreponerle la sección típica que fue seleccionada; ya que con sus taludes se delimitan las áreas de corte y relleno. El procedimiento más común es el gráfico, permitiendo medir las áreas, por medio de un planímetro graduado. Para la medición de las secciones, éstas deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Para la ejecución de lo anterior se debe proceder a marcar las áreas para delinearlas con el planímetro, teniendo un punto de partida y retornando al mismo al recorrer el contorno en dirección de las agujas del reloj, dando como resultado el área en metros cuadrados.

Otro procedimiento es a través de las coordenadas que delimitan a la sección de corte y relleno, establecidas por determinantes.

### **2.6.4. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**

El cálculo se realiza entre estaciones, regularmente cada 20 metros, si las dos secciones donde se desea obtener el volumen, se encuentran en corte o en relleno, es posible hacerlo con el volumen de un prisma irregular, que es el

resultado de la semisuma de las áreas externas por la distancia entre las estaciones.

$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d$$

V = volumen (corte o relleno)

A1 = área estación 1

A2 = área estación 2

d = distancia entre estaciones (20 mts)

Cuando las secciones a tratar contemplan áreas de corte y relleno, deben de calcularse las distancias de paso, que corresponden al punto donde el área de la sección cambia de corte a relleno o viceversa.

Para determinar la distancia de paso, se realiza una relación de triángulos, con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$\frac{C + R}{D} = \frac{R}{D1} \Rightarrow D1 = \frac{R + D}{C + R}$$

### 2.6.5. Drenajes

La vida útil de la carretera dependerá mucho de los drenajes; éstos evitan derrumbes o deslizamientos y para que funcionen eficientemente, deben de tener mantenimiento constante. En las carreteras existen los drenajes transversales (tuberías, bóvedas, puentes, badenes, etc.) y longitudinales (cunetas y contra cunetas), además de subdrenajes.

## Método Racional para la determinación de caudales de diseño

Es uno de los métodos más utilizados para la determinación de caudales de diseño, se parte de asumir que el caudal máximo para un punto determinado, se alcanza cuando el área tributaria contribuye con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta o creciente máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota más lejana, para llegar al punto a considerarse (tiempo de concentración). Para su determinación se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

- Q = caudal de diseño en m<sup>3</sup> / seg.
- A = área drenada de la cuenca en hectáreas.
- I = intensidad de lluvia en mm / hora
- C = coeficiente de escorrentía

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región a estudiar y es dada por la fórmula siguiente:

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

$$t = \left( \frac{0.886 * L^3}{H} \right)^{0.385} * 60$$

- I = intensidad de lluvia en mm. / hora
- a y b = varían en cada región, los proporciona INSIVUMEH
- t = tiempo de concentración en minutos

- L = longitud del cauce principal en Km.
- H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

### Fórmulas auxiliares (Manning)

Si:  $Q = V * A$  de donde

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

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

Entonces,

$$D = \left( \frac{Q * n * 4}{(0.002190) * \pi * S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

- Q = caudal en Lts/.Seg.
- V = velocidad
- R = radio hidráulico.
- S = pendiente en %
- A = área de tubería circular
- D = diámetro en pulgadas
- n = coeficiente de rugosidad.

#### 2.6.5.1. Drenaje pluvial

El objetivo fundamental del drenaje en un camino, es reducir al máximo la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo y pueda perjudicarlo.

Para que un camino tenga buen drenaje, debe evitarse que el agua circule en cantidades grandes por el mismo, destruyendo los pavimentos y formando baches; así también evitar que se estanque en las cunetas y reblandezca la terracería, lo que provocaría pérdida de estabilidad.

El drenaje, denominado también como obra de arte, puede clasificarse en:

- Transversal
- Longitudinal
- Subdrenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionado por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas. Esta profundidad se mide a partir de la superficie de la subrasante, hasta la parte superior del tubo, determinada de siguiente manera:

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

Datos usados en el diseño

### **2.6.5.2. Cunetas**

En concepto, son canales abiertos que se pueden diseñar por varios métodos, -(uno de ellos, el método de Manning)-, se colocan paralelamente a lo largo del camino y sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera. Cuando las pendientes son muy fuertes, deben de protegerse de la erosión y de la acción destructiva del agua por medio de estructuras escalonadas (disipadores de energía) o recubrimiento total de la sección.

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de éste, o en todo el camino, en el caso que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno, se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno y origine asentamientos.

El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos y se pueden construir de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

Las cunetas deben protegerse en pendientes fuertes (arriba de un 10%) cuando su longitud sea mayor de 50 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio; debido a que mientras más largas sean, más agua llevarán, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

### **2.6.5.3. Contracunetas**

Son zanjas que se hacen en lugares convenientes, para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual fue diseñada.

Las contracunetas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno, no se deben construir contracunetas.

#### **2.6.5.4. Drenaje transversal**

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 200 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando diámetros de 30" como mínimo.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragantes en la entrada, cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes cuya área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les construirán muros cabezales y en lugar de tragante de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en "L".

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 1.00 o 1.20 metros (dependiendo si es tráfico normal o pesado) para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

### 3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 3.1. Cuantificación de materiales y mano de obra

##### Área del proyecto

Ubicación geográfica

Aldea:	<b>ACTELÁ</b>
Municipio:	<b>SENAHÚ</b>
Departamento:	<b>ALTA VERAPAZ</b>
- Superficie de rodadura:	<b>5.00 mts.</b>
- Ancho de Calzada:	<b>5.50 mts.</b>
- Bombeo de <b>3%</b> mínimo y <b>5%</b> máximo	
- Cunetas de <b>0.50</b> metros de ancho y <b>0.25</b> de profundidad	
- Pendiente máxima:	<b>12.00 %</b>
- Pendiente mínima:	<b>0.05 %</b>
- Tránsito no mayor de 100 vehículos por día.	
- Velocidad de diseño 20 y 40 Kilómetros por hora.	
- Cunetas Naturales:	<b>6,540.00 mts.</b>
- Cunetas Revestidas:	<b>960.00 mts.</b>
- Longitud del estudio topográfico:	<b>6.00000 Km.</b>
- Longitud de Diseño:	<b>6.00000 Km.</b>

##### Especificaciones técnicas

##### Replanteo topográfico

El Contratista debe suministrar cuadrillas de topografía técnicamente calificadas, capaces de ejecutar el trabajo en tiempo y con la exactitud

requerida. Siempre que se estén realizando trabajos topográficos de replanteo, deberá estar presente en el proyecto un supervisor calificado para la cuadrilla.

Este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, del equipo necesario y del material para efectuar levantamientos y replanteos topográficos, cálculos y registros de datos para el control del trabajo.

### **Limpia, chapeo y destronque**

Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros. Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo. El trabajo también incluye la debida preservación de la vegetación que se deba conservar, a efecto de evitar cualquier daño que se pueda ocasionar a la carretera o a cualquier propiedad.

### **Corte**

Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes. La excavación se debe efectuar de conformidad con la alineación, pendientes, dimensiones y detalles mostrados en los planos. Ningún material excavado de cualquier ampliación, debe ser dispuesto de manera inadecuada a fin de que no obstaculice el drenaje de la carretera.

### **Terraplen o relleno**

Es la estructura que se construye con los materiales que se especifican en esta Sección y en capas sucesivas hasta la elevación indicada en los planos. El relleno debe ser construido en capas sucesivas horizontales y de tal espesor

que permita la compactación especificada en esta Sección. En los rellenos, cada capa se debe compactar como mínimo al 90% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T 180; y los 300 milímetros superiores deben compactarse como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado.

### **Estabilización de la subrasante**

Es la operación que consiste en escarificar, incorporar materiales estabilizadores (si se requieren), homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la mezcla de la sub-rasante con materiales estabilizadores (dependiendo del tipo de suelo y del CBR obtenido), para mejorar sus características mecánicas, adecuando su superficie a la sección típica y elevaciones de subrasante establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros.

### **Colocación de la capa de balasto**

Es la capa de balasto destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito hacia la subrasante, de tal manera que las pueda soportar, tiene un espesor mínimo de 0.15m. Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura. Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de la capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en los planos y lo descrito en las Especificaciones. Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg./metro<sup>3</sup> (90

lb./pie<sup>3</sup>) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de  $\frac{2}{3}$  del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser removido y dispuesto adecuadamente para que no obstaculice el drenaje.

### **Drenajes Transversales**

Este trabajo consiste en suministrar, acarrear y colocar las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridas en los planos; debiendo colocarse sobre una cama adecuadamente preparada, de acuerdo con los planos. La tubería de metal corrugado tendrá un diámetro de 30", con una longitud de 6 m y un ángulo de desviación de 5° para no interrumpir el flujo del agua.

### **Cajas y Cabezales**

Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto Clase 17.5 MPa (2500 psi), colocadas en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y protección de la carretera. Las cajas tendrán 1.00x1.00x1.00 a rostros interiores y un espesor de pared de 0.20 m. Los cabezales deben ser de los tipos y dimensiones, indicados en detalles adjuntos.

### **Cunetas Revestidas**

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, hechas de concreto simple fundido en sitio y NO DE CONCRETO CICLOPEO, que sirven para conducir hacia el desfogue, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las Cunetas Revestidas, deben ser las indicadas en los planos. (Ver detalles adjuntos). Antes de construir cualquiera de los trabajos mencionados anteriormente, se debe conformar y compactar la

superficie de las cunetas y retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre entre las mismas.

### **Proyección horizontal**

Radio según velocidad de diseño (20 y 40 km/hora)

Bombeo 3 % mínimo, 5% máximo.

Revestimiento de Material Balasto con un espesor de 0.15 metros

### **Proyección Vertical o Rasante**

#### **Apariencia**

Recíproco de la Variación de Pendientes por unidad de longitud mayor igual a 30

#### **Comodidad**

Recíproco de la Variación de Pendientes por unidad de longitud mayor igual a la velocidad al cuadrado dividido 395

#### **Drenaje**

Recíproco de la Variación de Pendientes por unidad de longitud mayor igual a 33

#### **Taludes**

Corte: 1/3: 1 de 7 m. en adelante.

½ : 1 de 3 a 7 m.

1: 1 de 0 a 3 m.

Relleno: 2 : 1 de 0 a 3 m.

1 ½ : 1 de 3 m. En adelante.

### **Acabados para los cabezales**

Además de cumplir con todos los detalles de construcción especificados anteriormente, la alcantarilla completa debe mostrar un acabado cuidadoso en todos los aspectos. Se rechazarán las alcantarillas en las cuales la apariencia de los cabezales no sea la adecuada, para eso será necesario de repellar y darle un acabado uniforme. Como tal, puede ser causa de rechazo, de no corregirse, la alcantarilla que tenga, entre otros, los siguientes defectos:

- (1) forma defectuosa.
- (2) variación de la línea recta central.
- (3) bordes dañados.
- (4) cabezales sin desfogue y/o mal acabado.

### 3.2. Integración de Precios Unitarios

DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ, UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ. MUNICIPIO DE SENAHÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.

<b>1 REPLANTEO TOPOGRAFICO, LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE</b>						
	DESCRIPCIÓN	Cantidad ml				Total
1.1	Replanteo topográfico	6,000.00				Q 93,600.00
1.2	Limpia chapeo y destronque	6,000.00				Q 93,600.00
<b>Total de Renglón</b>						<b>Q187,200.00</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>Q 31.20</b>

<b>2 CORTE Y ACARREO</b>						
	DESCRIPCIÓN	Cantidad m3	Rendimiento (m3/Hr)	Arrendamiento (Q/Hr)	Arrendamiento (Q/Hr)	Total
2.1	Tractor D6	14,429.92	75.00	Q500.00	Q650.00	Q125,059.79
2.2	Combustible tractor D6 (diesel)	14,429.92	75.00	Q100.00	Q130.00	Q 24,963.76
2.3	Cargador Frontal 4 ruedas 85 HP	- 10,215.19	75.00	Q250.00	Q325.00	Q -44,231.77
2.4	Combustible tractor excavadora (diesel)	- 10,215.19	75.00	Q100.00	Q130.00	Q -17,672.28
2.5	Camión de volteo 12m3(el botadero se encuentra a 2 Km)	- 10,215.19				Q -51,075.95
<b>Total de Renglón</b>						<b>Q 37,043.55</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>Q 2.57</b>

<b>3 RELLENO en capas no mayores de 0.30m. Y una compactación del 95% Proctor modificado.</b>						
	DESCRIPCIÓN	Cantidad m3	Rendimiento (m3/Hr)	Arrendamiento (Q/Hr)	Arrendamiento (Q/Hr)	Total
3.1	Moto niveladora 125HP	24645.11	60.00	Q375.00	Q487.50	Q200,364.74
3.2	Combustible moto niveladora (diesel)	24,645.11	60.00	Q100.00	Q130.00	Q 53,479.89
3.3	Compactadora tambor liso doble tracción 80 HP	24645.11	60.00	Q275.00	Q357.50	Q146,884.86
3.4	Combustible compactadora (diesel)	24,645.11	60.00	Q100.00	Q130.00	Q 53,479.89
3.5	Pipa regadora de 2000 galones	24645.11				Q 43,128.94
<b>Total de Renglón</b>						<b>Q497,338.32</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>Q 20.20</b>

<b>4 DRENAJES TRANSVERSALES</b>						
	Descripción	Cantidad	Unidad			Total
4.1	Drenaje Transversal con tubería de metal corrugado Ø 30", con una longitud de 6.00m, con 5° de desviación, caja receptora de 1.00x1.00x1.00(rostros interiores) y espesor de 0.20m en un extremo y cabezal en el otro extremo(ver detalle adjunto).	12.00	U			Q101,112.00
<b>Total de Renglón</b>						<b>Q101,112.00</b>

<b>5 ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-RASANTE, escarificación y compactación a un 95% proctor modificado. Para un ancho de 5.50m y longitud especificada en el renglon 1 de escarificación.</b>						
	DESCRIPCIÓN	Cantidad M2	Rendimiento M2/Hr	Arrendamiento (Q/Hr)	Arrendamiento (Q/Hr)	Total
5.1	Moto niveladora 125HP	27,000.00	500	Q 375.00	Q 487.50	Q 26,460.00
5.2	Combustible tractor moto niveladora (diesel)	27,000.00	500	Q 100.00	Q 130.00	Q 7,020.00
5.3	Compactadora tambor liso doble tracción 80 HP	27,000.00	500	Q 275.00	Q 357.50	Q 19,440.00
5.4	Combustible tractor compactadora (diesel)	27,000.00	500	Q 100.00	Q 130.00	Q 7,020.00
5.5	Pipa regadora de 2000 galones	27,000.00				Q 6,750.00
<b>Total de Renglón</b>						<b>Q 66,690.00</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>Q 2.47</b>

### 3.3. Resumen de costos del proyecto

DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ, UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ. MUNICIPIO DE SENAHÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.

I	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
1	REPLANTEO TOPOGRAFICO, LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	MI	6,000.00	Q 31.20	Q 187,200.00
2	CORTE Y ACARREO	M3	14,429.92	Q 2.57	Q 37,085.00
3	RELLENO en capas no mayores de 0.30m. Y una compactación del 95% Proctor modificado.	M3	24,645.11	Q 20.20	Q 497,831.00
4	Drenaje Transversal con tubería de metal corrugado Ø 30", con una longitud de 6.00m, con 5° de desviación, caja receptora de 1.00x1.00x1.00(rostros interiores) y espesor de 0.20m en un extremo y cabezal en el otro extremo(ver detalle adjunto).	U	12.00	Q8,426.00	Q 101,112.00
5	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-RASANTE, escarificación y compactación a un 95% proctor modificado. Para un ancho de 4.50m y longitud especificada en el renglon 1 de escarificación.	M2	27,000.00	Q 2.47	Q 66,690.00
6	COLOCACIÓN DE CAPA DE BALASTO, con una Compactación a un 95% Próctor modificado. Para un acho de 5.00 m, longitud especificada en el renglon 1 y espesor de 0.15 m.	M3	3,600.00	Q 41.90	Q 150,840.00
7	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	Flete	8.00	Q4,500.00	Q 36,000.00
8.1	Cunetas naturales de 0.50 m de ancho y 0.25m de profundidad.	ml	6,540.00	Q 1.69	Q 11,053.00
8.2	CUNETAS DE CONCRETO: con un espesor de 0.10 m, un ancho de 0.50m y 0.25m de profundidad.	ml	960.00	Q 98.20	Q 94,272.00
	<b>Costo Directo</b>				Q 1,182,083.00

<b>Costo Directo x</b>	<b>Km.</b>	<b>Q 197,014.00</b>
------------------------	------------	---------------------

### 3.4. Cronograma de ejecución del proyecto

**DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL SANTA CATARINA LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELÁ, UBICADO EN LA COMUNIDAD ACTELÁ. MUNICIPIO DE SENAHÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.**

I	Descripción	U	Cantidad	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
1	REPLANTEO TOPOGRAFICO, LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	MI	6,000.00	■				
2	CORTE Y ACARREO	M3	14,429.9 2	■	■			
3	RELLENO en capas no mayores de 0.30m. Y una compactación del 95% Proctor modificado.	M3	24,645.1 1		■	■		
4	Drenaje Transversal con tubería de metal corrugado Ø 30", con una longitud de 6.00m, con 5° de desviación, caja receptora de 1.00x1.00x1.00(ros tros interiores) y espesor de 0.20m en un extremo y cabezal en el otro extremo(ver detalle adjunto).	U	12.00		■	■		
5	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-RASANTE, escarificación y compactación a un 95% proctor modificado. Para un ancho de 5.50m y longitud especificada en el renglón 1 de escarificación.	M2	27,000.0			■	■	



## CONCLUSIONES

1. La mala condición en que se encuentra la carretera, ha incidido en que no se introduzcan nuevos programas sociales, productivos y de ayuda económica para beneficiar a la población de la aldea Actelá. Las condiciones existentes de la carretera contribuyen a que la población tenga que invertir mucho tiempo para trasladarse de un lugar a otro.
2. Con la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, se tuvo la oportunidad de confrontar teoría – práctica, para resolver problemas reales, a partir del conocimiento de la realidad que afrontan las comunidades del área rural, como diseñar un tramo carretero que ayudará a comunicar dos poblados con el fin de desarrollarse.
3. Como criterio de diseño se utilizó, según el normativo de la Dirección General de Caminos, la sección típica tipo F, la cual se adapta a las condiciones geométricas existentes del terreno, pues, los tramos anteriores se encuentran delimitados por una topografía quebradiza que impide una sección de mas de 5.50 metros.
4. Al ejecutarse el proyecto carretero, se beneficiará, directamente, a las comunidades de Santa Catarina La Tinta y de la Aldea Actelá, subsanando considerablemente, el subdesarrollo de las mismas, típico de las comunidades de la región norte de Guatemala; se mejorarán las condiciones de: transporte, educación, salud, proyectos productivos y comerciales; en búsqueda de un mejor desarrollo integral.



## RECOMENDACIONES

1. Al relacionarse con las comunidades y sus diversas organizaciones, como el Consejo Comunitario de Desarrollo, COCODE, Comités de vecinos y otros, se les sugiere respaldar las políticas de desarrollo comunitario, encabezados por las autoridades municipales a efecto de lograr conjuntamente el objetivo de su desarrollo.
2. Durante la construcción de la carretera deben respetarse los espesores y calidad de materiales indicados en el respectivo diseño, para garantizar que la estructura de pavimento cumpla satisfactoriamente su función durante el periodo para el cual fue diseñado.
3. Durante la ejecución del proyecto se debe tener una supervisión profesional adecuada, para velar y cumplir con las especificaciones de una carretera tipo F, con el fin de optimizar los recursos y maximizar los beneficios del mismo.
4. El costo de este proyecto puede variar con el paso del tiempo; por ello se recomienda su ejecución inmediata para no obtener variaciones monetarias que puedan dificultar la construcción del mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

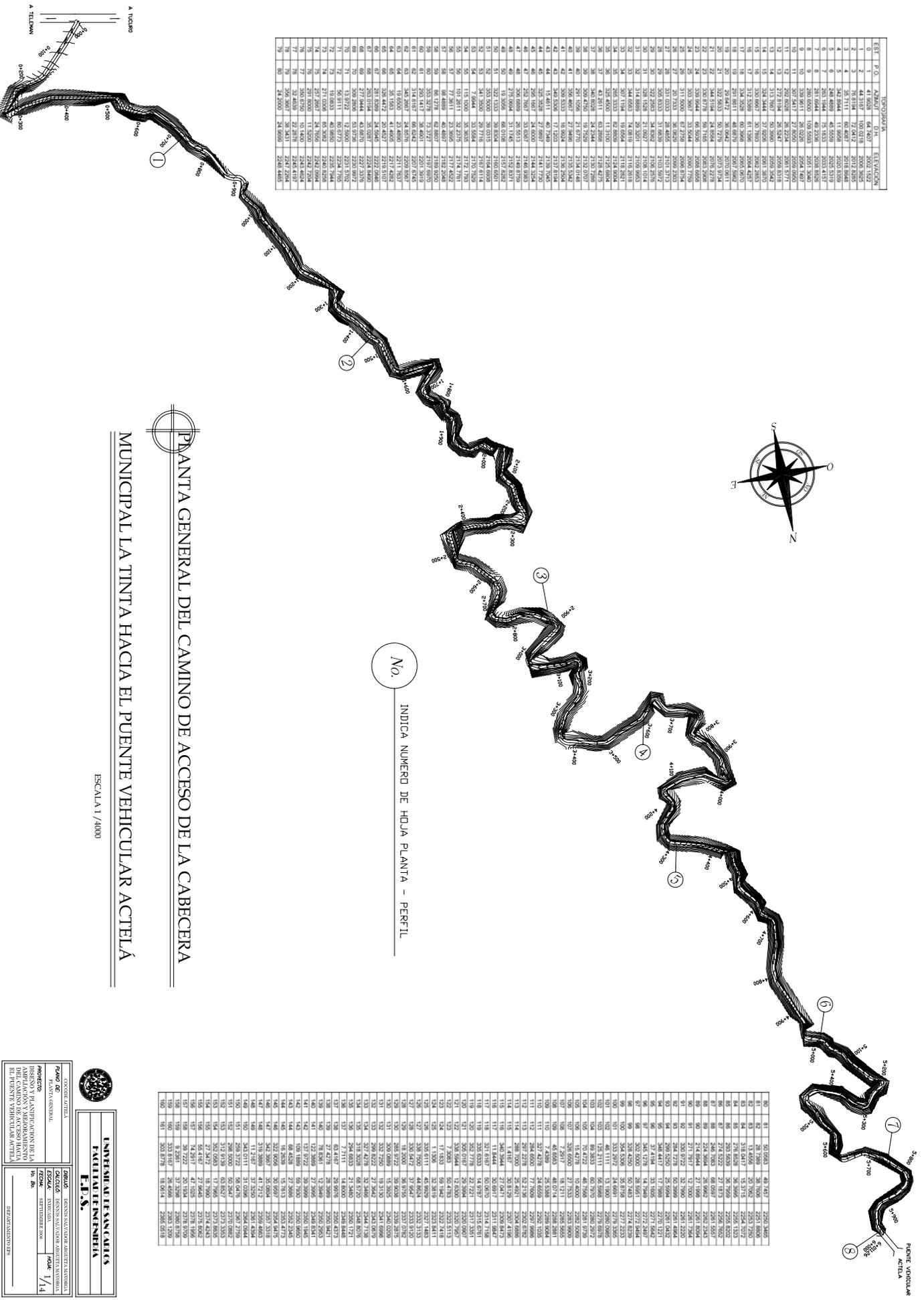
1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.** Guatemala: 2001.
2. Hernández Monzón Jorge Maynor, Consideraciones Generales Para El Diseño De Los Diferentes Tipos De Pavimentos. Tesis de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, Guatemala: 1,997.
3. Merrit, Frederick S. **Manual del Ingeniero Civil.** México: Editorial McGraw Hill, tercera edición, 1992.
4. Palma Hernández, Joel Estuardo. Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea Las Victorias y finca las Conchas, en el municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala. Guatemala: Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
5. Romero Rojas, Jairo Alberto. **Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.** Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Primera edición, 2000.



## **ANEXOS**



EST. P. O.	ZANJÓN	CLAS.	ELEVACION
1	44.3197	100.0718	2006.3852
2	78.8114	12.0417	2012.0895
3	19.1100	11.0000	2008.3852
4	34.2444	11.0000	2020.0500
5	24.8480	42.5550	2025.5519
6	28.1844	42.5550	2028.0500
7	28.1844	42.5550	2028.0500
8	28.1844	42.5550	2028.0500
9	28.1844	42.5550	2028.0500
10	28.1844	42.5550	2028.0500
11	28.1844	42.5550	2028.0500
12	28.1844	42.5550	2028.0500
13	28.1844	42.5550	2028.0500
14	32.4444	37.0000	2002.3852
15	32.4444	37.0000	2002.3852
16	32.4444	37.0000	2002.3852
17	32.4444	37.0000	2002.3852
18	32.4444	37.0000	2002.3852
19	29.1844	42.5550	2007.0602
20	29.1844	42.5550	2007.0602
21	29.1844	42.5550	2007.0602
22	29.1844	42.5550	2007.0602
23	30.0718	38.1100	2005.3852
24	30.0718	38.1100	2005.3852
25	30.0718	38.1100	2005.3852
26	30.0718	38.1100	2005.3852
27	30.0718	38.1100	2005.3852
28	30.0718	38.1100	2005.3852
29	30.0718	38.1100	2005.3852
30	30.0718	38.1100	2005.3852
31	31.4888	29.2571	2109.0653
32	31.4888	29.2571	2109.0653
33	31.4888	29.2571	2109.0653
34	31.4888	29.2571	2109.0653
35	31.4888	29.2571	2109.0653
36	31.4888	29.2571	2109.0653
37	31.4888	29.2571	2109.0653
38	31.4888	29.2571	2109.0653
39	31.4888	29.2571	2109.0653
40	31.4888	29.2571	2109.0653
41	31.4888	29.2571	2109.0653
42	31.4888	29.2571	2109.0653
43	31.4888	29.2571	2109.0653
44	31.4888	29.2571	2109.0653
45	31.4888	29.2571	2109.0653
46	31.4888	29.2571	2109.0653
47	31.4888	29.2571	2109.0653
48	31.4888	29.2571	2109.0653
49	31.4888	29.2571	2109.0653
50	31.4888	29.2571	2109.0653
51	31.4888	29.2571	2109.0653
52	31.4888	29.2571	2109.0653
53	31.4888	29.2571	2109.0653
54	31.4888	29.2571	2109.0653
55	31.4888	29.2571	2109.0653
56	31.4888	29.2571	2109.0653
57	31.4888	29.2571	2109.0653
58	31.4888	29.2571	2109.0653
59	31.4888	29.2571	2109.0653
60	31.4888	29.2571	2109.0653
61	31.4888	29.2571	2109.0653
62	31.4888	29.2571	2109.0653
63	31.4888	29.2571	2109.0653
64	31.4888	29.2571	2109.0653
65	31.4888	29.2571	2109.0653
66	31.4888	29.2571	2109.0653
67	31.4888	29.2571	2109.0653
68	31.4888	29.2571	2109.0653
69	31.4888	29.2571	2109.0653
70	31.4888	29.2571	2109.0653
71	31.4888	29.2571	2109.0653
72	31.4888	29.2571	2109.0653
73	31.4888	29.2571	2109.0653
74	31.4888	29.2571	2109.0653
75	31.4888	29.2571	2109.0653
76	31.4888	29.2571	2109.0653
77	31.4888	29.2571	2109.0653
78	31.4888	29.2571	2109.0653
79	31.4888	29.2571	2109.0653
80	31.4888	29.2571	2109.0653



No. INDICA NUMERO DE HOJA PLANTA - PERFIL

PLANTA GENERAL DEL CAMINO DE ACCESO DE LA CABECERA MUNICIPAL LA TINTA HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELA

ESCALA 1 / 4000

**UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA E.S.**

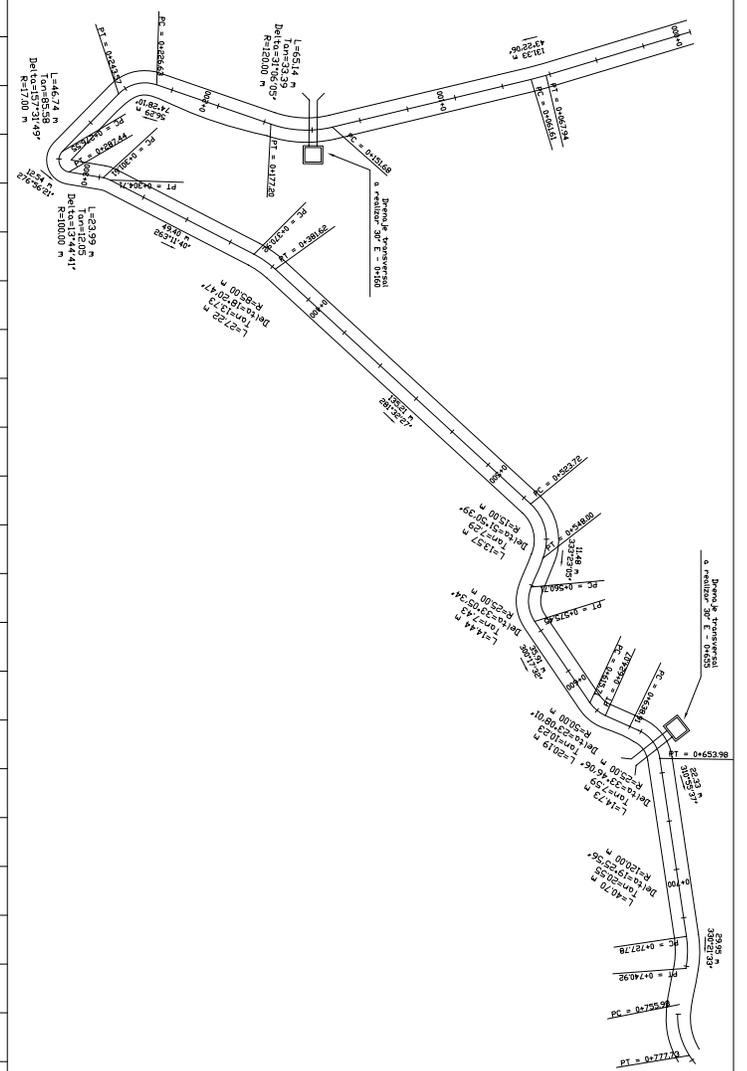
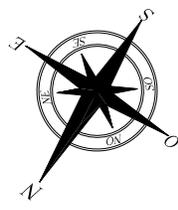
INGENIERIA DE INGENIERIA DE INGENIERIA DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACION DEL CAMINO DE ACCESO HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTELA

AUTOR: [Nombre]

FECHA: [Fecha]

ESCALA: 1/4



DE 0+000 A 0+740

ESCALA H 1/1000  
ESCALA V 1/500

CONTINUA EN HOJA 3/14

**UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA E.D.S.**

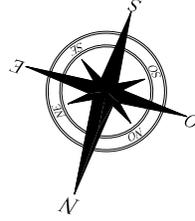
**PROYECTO:** DISEÑO Y ANILACION DEL CAMINO DE ACEROS EN EL MUNICIPIO VEHICULAR VEHICULAR

**PROFESOR:** M.Sc. JUAN CARLOS VILLALBA

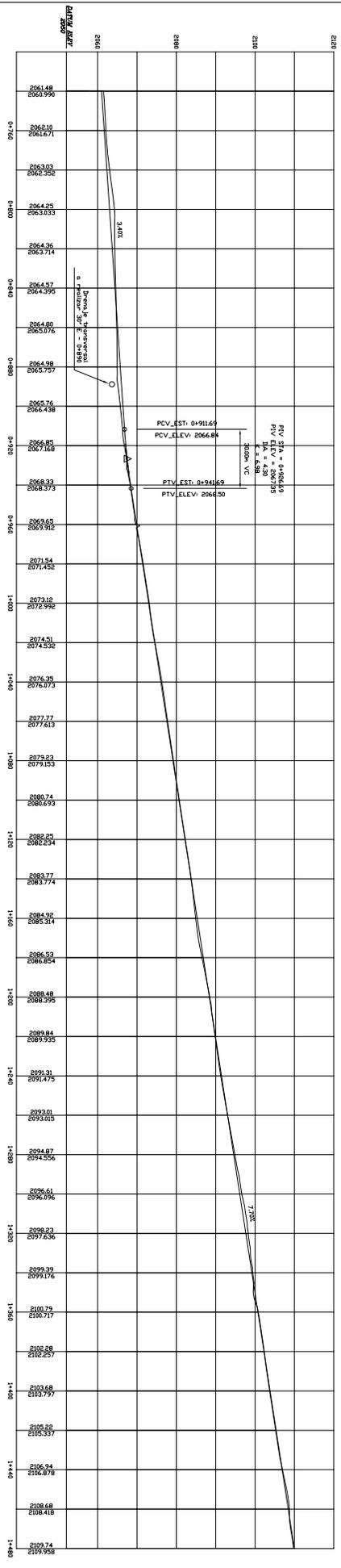
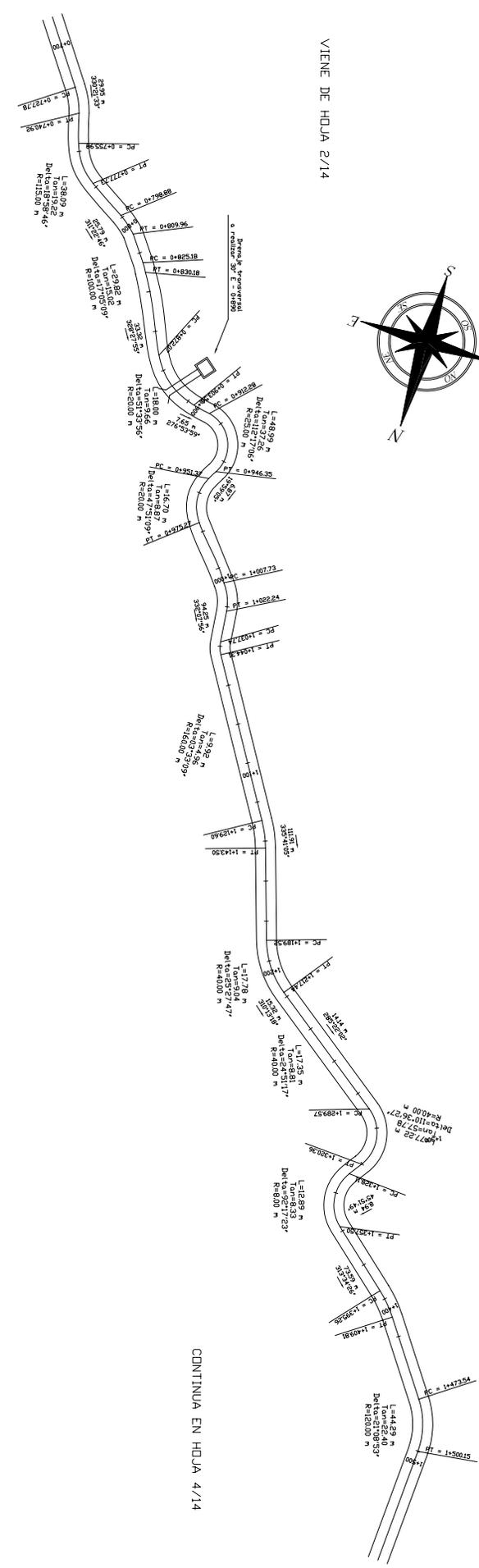
**ESTUDIANTE:** M.Sc. JUAN CARLOS VILLALBA

**FECHA:** 2/14

**DEPARTAMENTO:** DEPARTAMENTO DE INGENIERIA



VIENE DE HOJA 2/14



PLANTA - PERFIL

DE 0+740 A 1+480

ESCALA H 1/1000  
ESCALA V 1/500

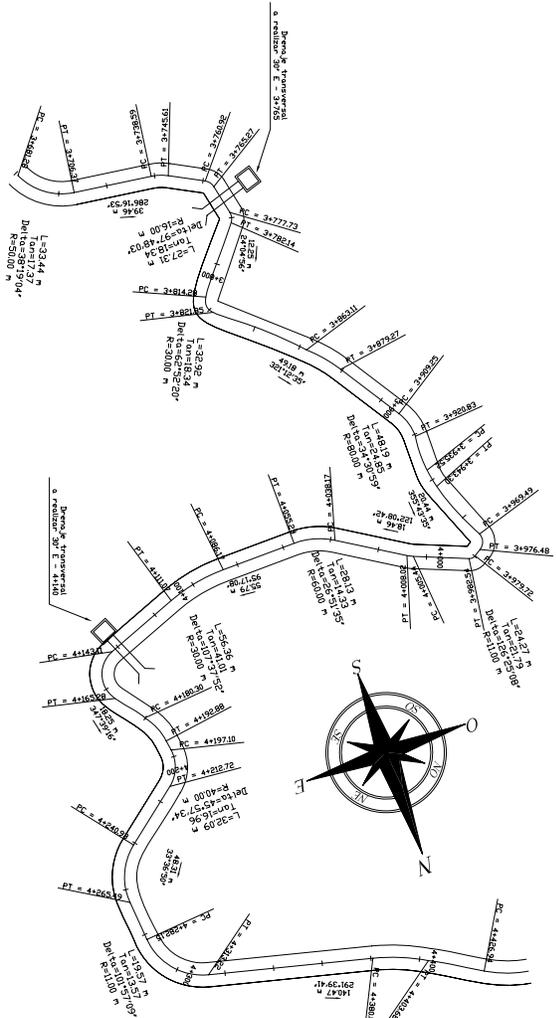
**UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA E.S.**

PROFESOR AUTORA	INGENIERA	INGENIERA SANDRA ROBERTA TAMAYO
ALUMNA	ESTUDIANTE	INGENIERA SANDRA ROBERTA TAMAYO
PROFESOR	DISENYO Y PLANIFICACION DE LA DEL CAMINO DE ACCESO HACIA EL MUNICIPIO VEHICULAR AUTORA	INGENIERA SANDRA ROBERTA TAMAYO
FECHA	FECHA	FECHA
9/14	9/14	9/14

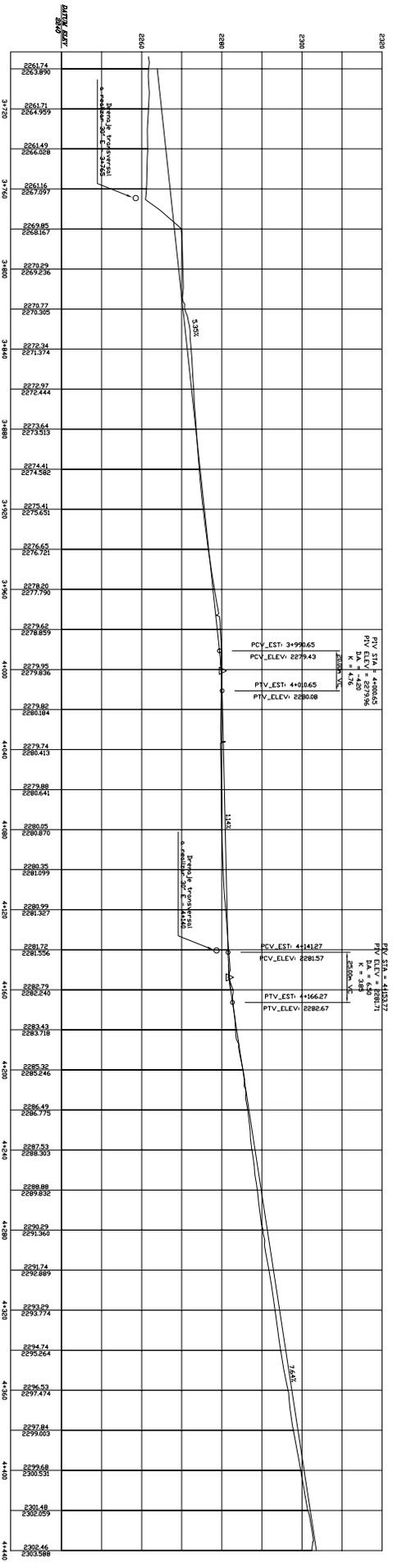








CONTINUA EN HOJA 8/14

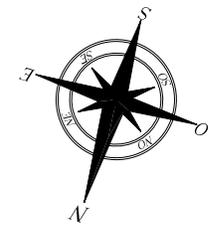
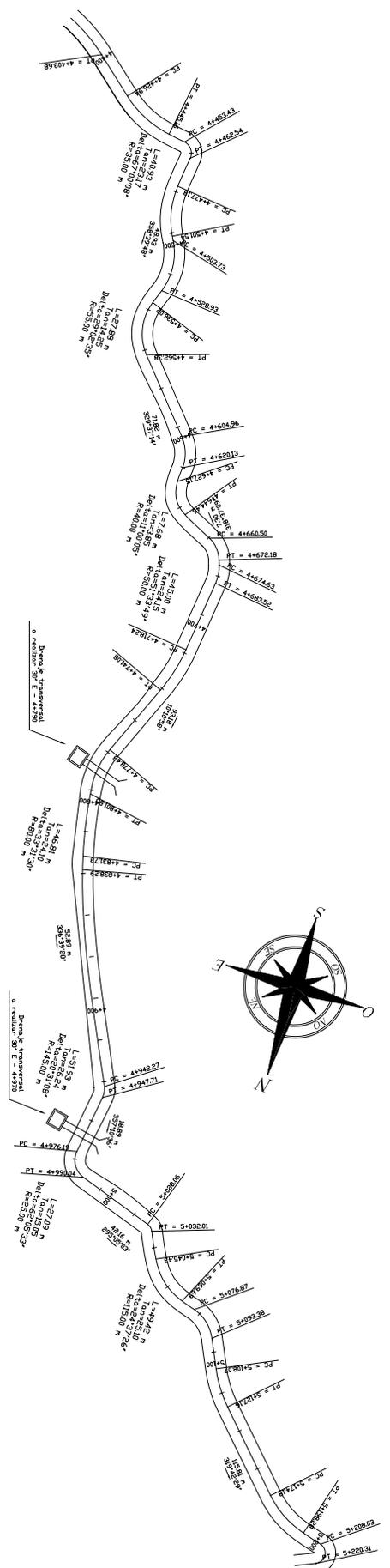


PLANTA - PERFIL

DE 3+700 A 4+440

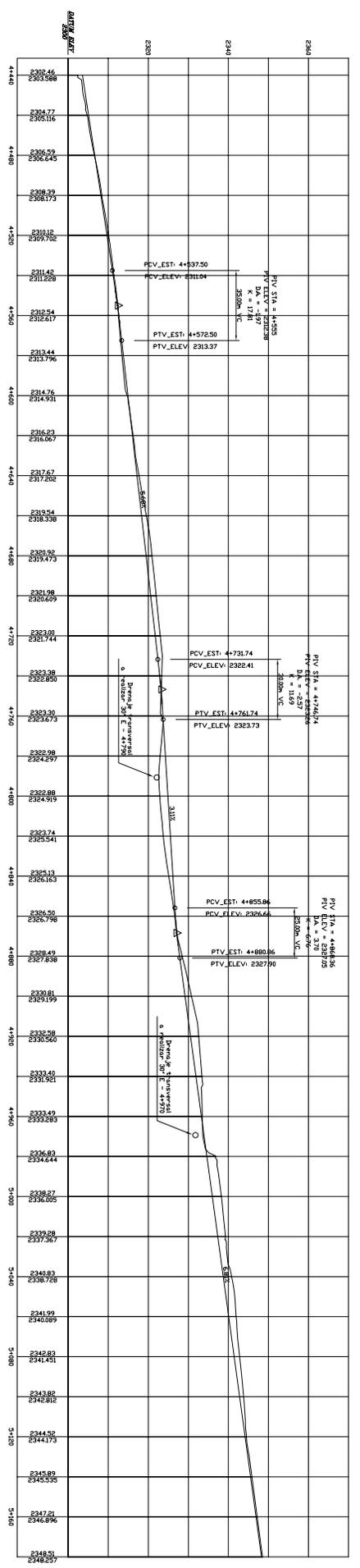
ESCALA H 1/1000  
ESCALA V 1/500

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>F.D.S.</b>	
AUTOR: INGENIERO CIVIL PROYECTO: DISEÑO Y PLANTACION DE LA DEL CAMINO DE ACEROS HACIA EL PUENTE VEHICULAR ACTUAL.	FECHA: 7/14 ESCALA: 1/500 INSTITUCION:
DEPARTAMENTO DE:	



VIENE DE HOJA 7/14

CONTINUA EN HOJA 9/14



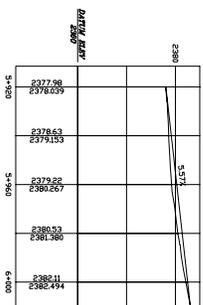
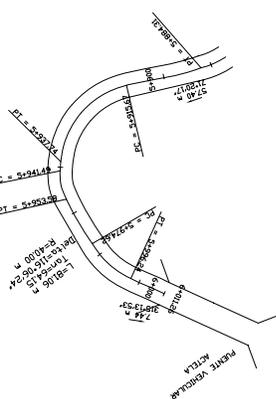
PLANTA - PERFIL

DE 4+440 A 5+180

ESCALA H 1/1000  
ESCALA V 1/500

		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUATORIAL DEL ECUADOR</b> E.T.E.	
		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
AUTOR: INGENIERO CIVIL PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACION DEL CAMINO DE ACEROS PARA EL MUNICIPIO VEHICULAR AGUILA	ESCALA: 1/500 FECHA: 9/14	TITULO:	AUTORA:

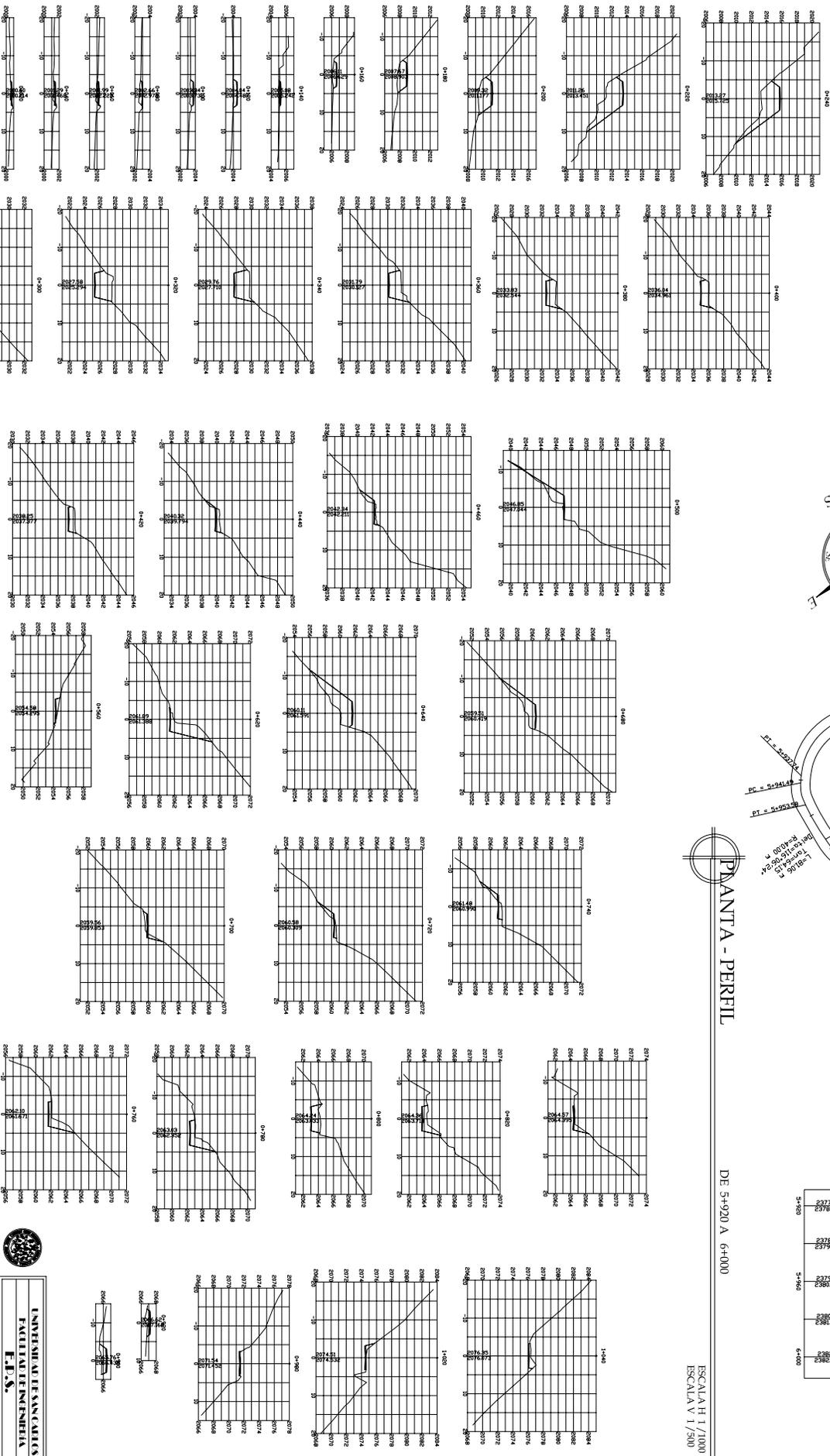




**PANTA - PERFIL**

DE 5+920 A 6+000

ESCALA H 1/1000  
ESCALA V 1/500



**SECCIONES**

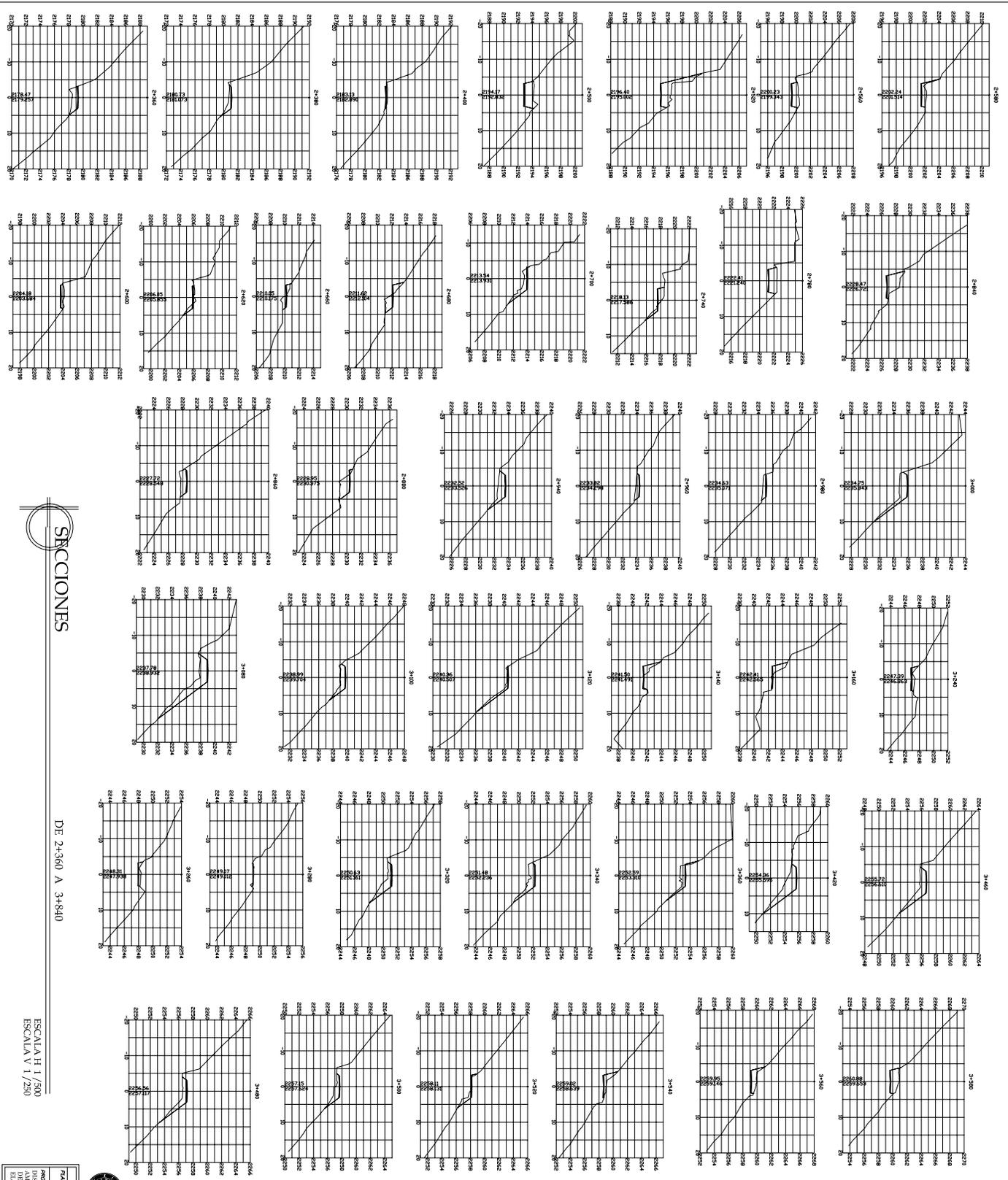
DE 0+000 A 1+040

ESCALA H 1/500  
ESCALA V 1/250



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
F.A.S.  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA  
DEL CAMINO DE ACCESO HACIA  
EL PUNTO VERTICAL ACTUAL  
PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO VILLALBA  
ESTUDIANTE: JUAN CARLOS VILLALBA  
FECHA: 10/14





**SECCIONES**

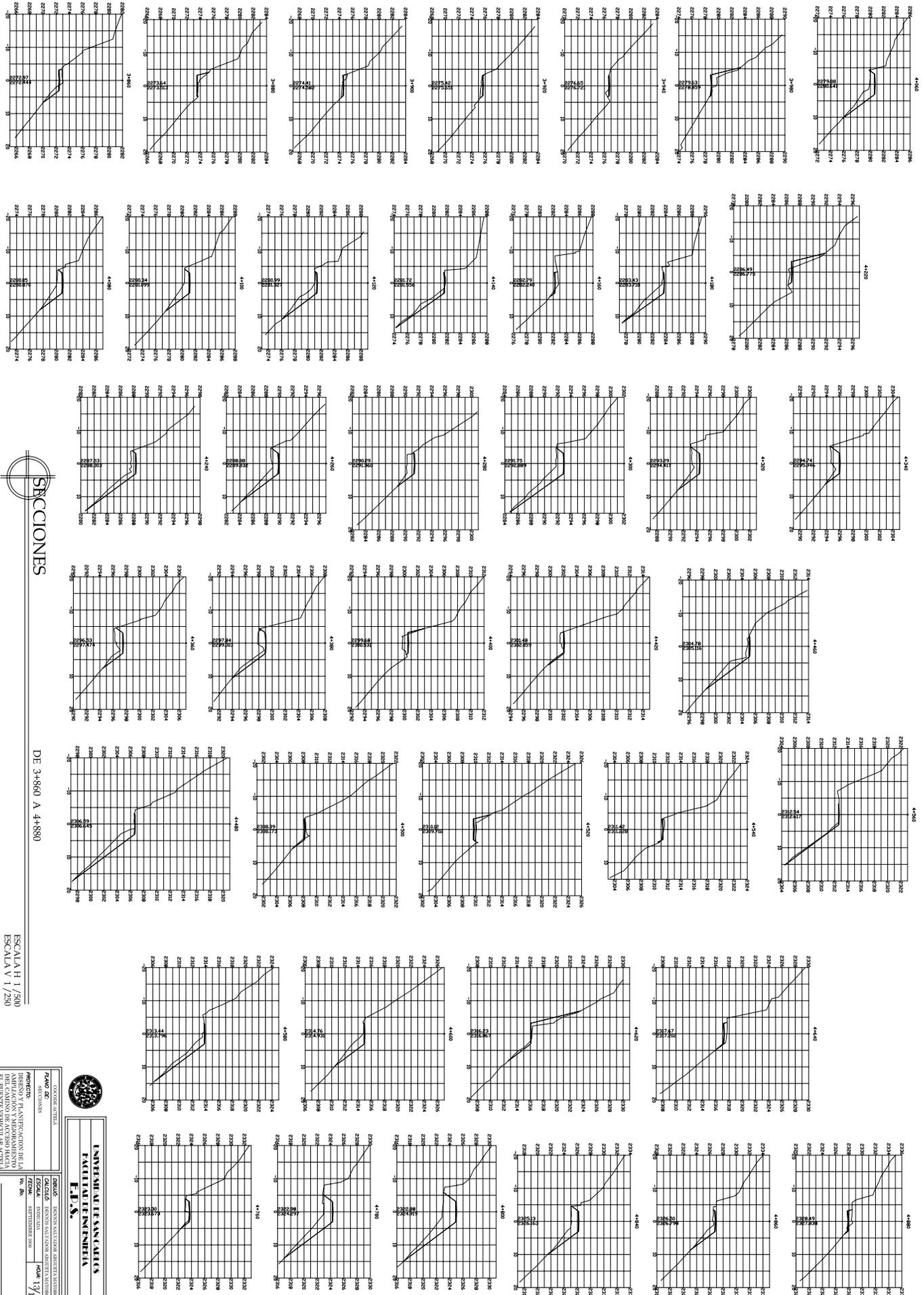
DE 2+360 A 3+940

ESCALA H 1/500  
ESCALA V 1/250



**UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**E.I.T.**

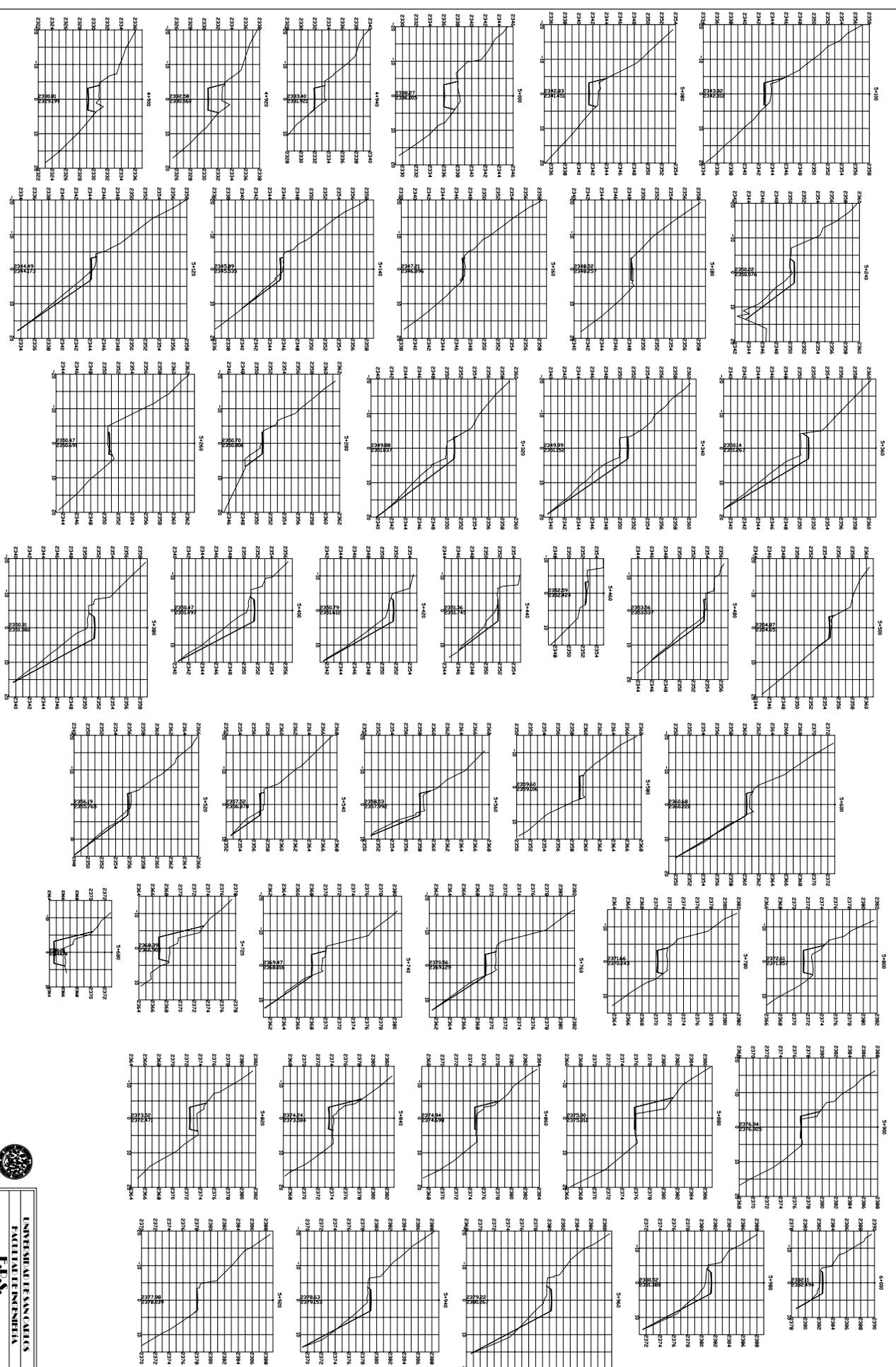
PROYECTO:	SECCIONES
DISEÑO Y ANIMACION DEL CAMINO DE ACCESO HACIA EL MUNICIPIO VEHICULAR APTLA	
FECHA:	12/14
ESCALA:	1/250
FECHA:	12/14
ESCALA:	1/250
FECHA:	12/14
ESCALA:	1/250



DE 3+860 A 4+880

ESCALA H 1/300  
ESCALA V 1/250

	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUATORIAL DEL ECUADOR E.T.E.</b>
	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
PROYECTO:	DISEÑO Y ANTIQUELACION DE LA DEL CAMINO DE ACEROSO HACIA EL MUNICIPIO VEHICULAR ACTUAL
ESCALA:	HORIZONTAL: 1/300 VERTICAL: 1/250
FECHA:	13/11/14
DISEÑADOR:	ING. JUAN CARLOS BARRERA
REVISOR:	ING. JUAN CARLOS BARRERA
APROBADO:	ING. JUAN CARLOS BARRERA



**SECCIONES**

DE 4+900 A EST 6+000

ESCALA H 1/500  
ESCALA V 1/250



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
EQUATORIAL DEL ECUADOR  
EQUATEC**

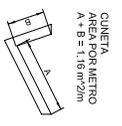
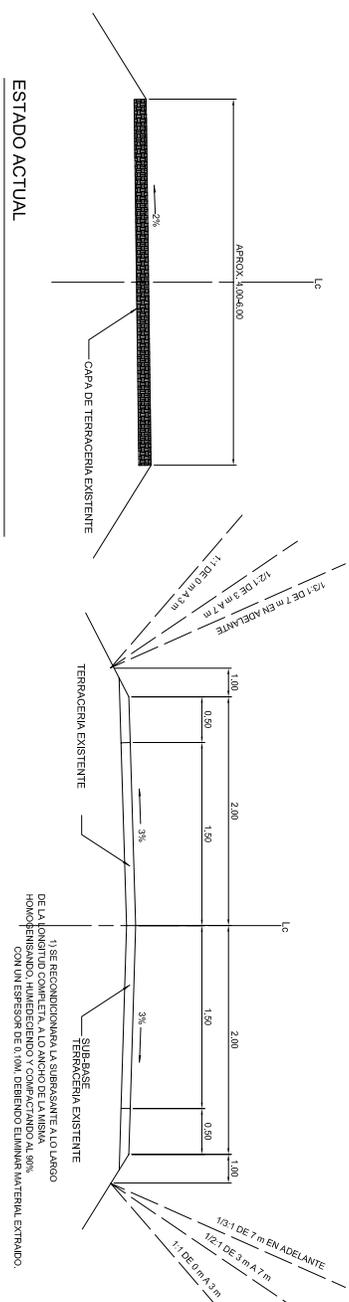
INGENIERIA DE VIALIDAD  
CARRERA DE INGENIERIA DE VIALIDAD

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA  
RECONSTRUCCION DEL CAMINO DE ACESO HACIA  
EL PUERTO VEHICULAR ACTUAL

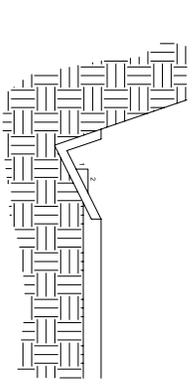
ESTADISTICO: INGENIERO CIVIL  
AUTOR: J. J. J. J.  
FECHA: 2017

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA



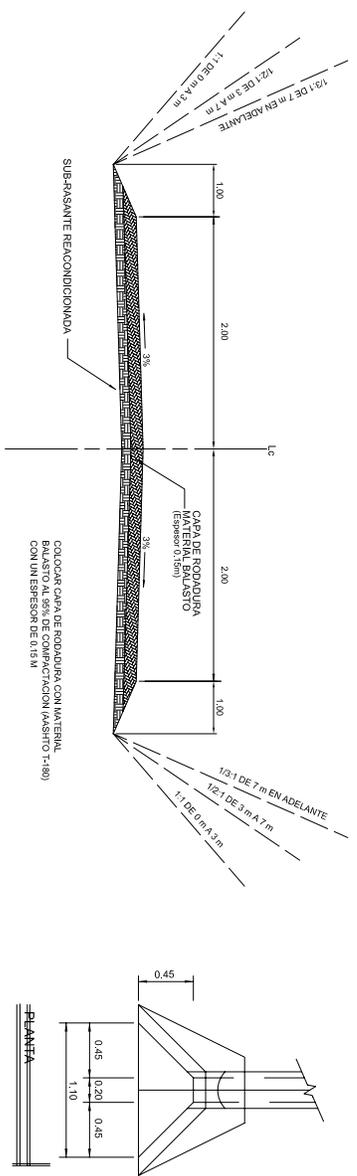


**SUPERFICIE DE CUNETAS NATURALES**



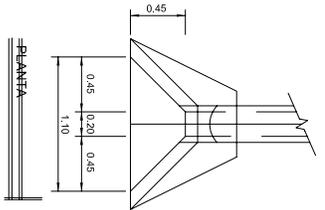
**DETALLE DE CUNETA EN CORTE**

ESCALA 1/20

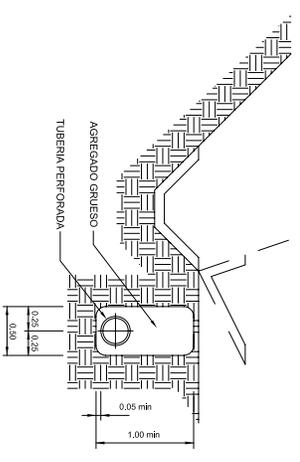


**SECCION TIPICA FINAL BALASTO**

ESCALA 1/30

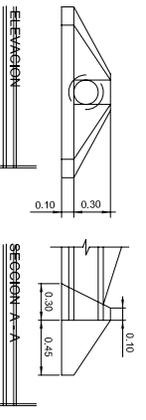


**PLANETA**



**DETALLE DE SUB - DRENAJE**

ESCALA 1/25



**CABEZAL PARA SUB DRENAJE**

ESCALA 1/20

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

Superficie de inclinación de 4.00 metros.  
Ancho de exterior 4.50 metros.  
Ancho de interior 4.50 metros.  
Bancos de 3% mínimo y 5% máximo.  
Pendiente mínima del 1%.  
Velocidad de diseño, 70-80 kilómetros por hora.

**BALASTO**

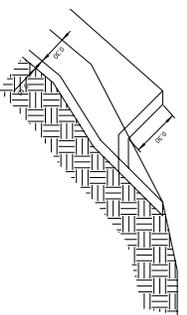
DESCRIPCION: Es un material destinado que se coloca sobre la sub-capa terrícola de un concreto, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

DESCRIPCION: Este tipo de concreto se debe utilizar en la capa de balasto, de acuerdo con la humedad requerida, conformada y compactada de la capa de balasto, de acuerdo con las disposiciones respectivas.

La pérdida del balasto variable en el tiempo 4.7% (No. 4), debe estar comprendida entre el 0.05% y el 0.20% en peso y 0.05% en volumen de acuerdo con el método ASTM D 1557. Debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método ASTM D 2000 y un índice de plasticidad no mayor de 10, determinado por el método ASTM D 2000. No debe contener más del 5% de arena, determinada por el método ASTM D 75.

El balasto, debe ser de calidad uniforme y estar sujeta de recibir de medio a otro cualquier material perjudicial o venenoso. El material de balasto debe tener un peso unitario no menor de 1,450 Kg/m<sup>3</sup> determinado por el método ASTM D 1557. El contenido de humedad debe ser menor de 10% determinado por el método ASTM D 2000. El contenido de agua por gravitación en el bulto de material a según la especificación de las Disposiciones Específicas.

CUNETA		
PENDIENTE %	CAPACIDAD lts	VELOCIDAD m/s
1.0	35	0.26
2.0	50	0.35
3.0	61	0.43
4.0	70	0.49
5.0	78	0.55
6.0	86	0.60
7.0	93	0.65
8.0	99	0.69
9.0	105	0.74
10.0	110	0.78
11.0	116	0.81
12.0	121	0.85



**DETALLE DERRAMADERO**

SIN ESCALA

**UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA E.S.P.**

CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACION DE LA OBRA DEL CAMINO DE ACCESO PARA EL PUEBLO YAHUALAR VIEJO.

AUTOR: GONZALO VARELA

FECHA: 11/11/2011

PÁGINA: 86

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

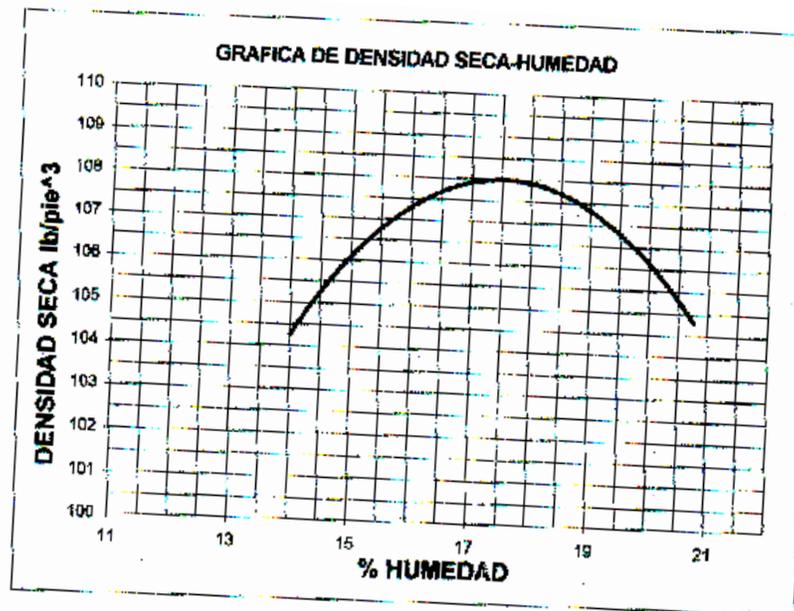




CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 053 S. S. O. T. No. 19,686  
Interesado: Dennis Salvador Argueta Mayorga, Yorik Alexander Campos Morales  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACION Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A. A. S. T. H. O. T-180  
Proyecto: Acceso a Actelá  
Ubicación: Municipio de Senahú, Alta Verapaz  
Fecha: 23 junio de 2006



Muestra No.: 1  
Descripción del suelo: Arena limosa color gris con fragmentos de roca  
Densidad seca máxima  $\gamma_{dmax}$ : 1,730  $tn/m^3$  108 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 17,5 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



INFORME No. 054 S. S.

O. T. No. 19,686

Interesado: Dennis Salvador Argueta Mayorga, Yorik Alexander Campos Morales

Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)

Norma: A. A. S. T. H. O. T-193

Proyecto: Acceso a Actelá

Ubicación: Municipio de Senahú, Alta Verapaz

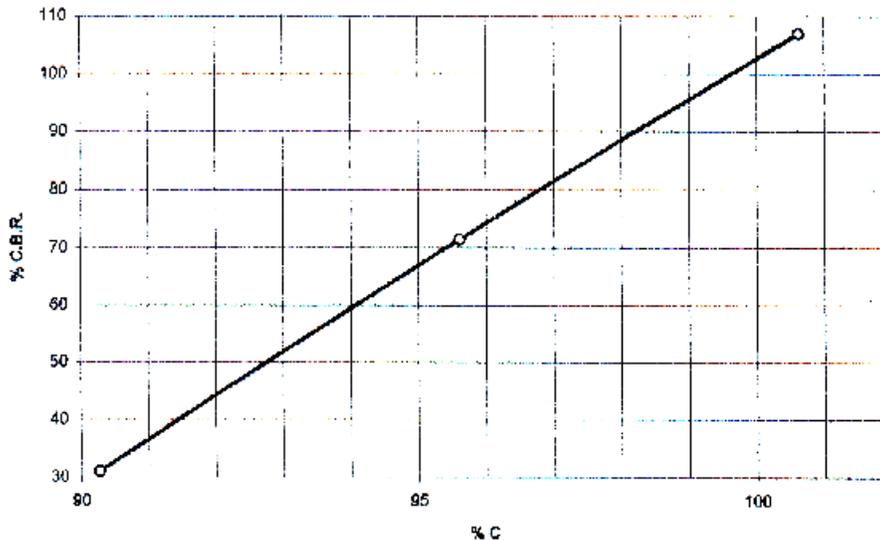
Descripción del suelo: Arena limosa color gris con fragmentos de roca

Muestra No.: 1

Fecha: 23 junio de 2006

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )			
1	10	17,1	1581,7	90,27	0,0	31,1
2	30	17,1	1654,1	95,60	0,0	71,3
3	65	17,1	1740,9	100,82	0,0	106,9

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



Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

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





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



INFORME No. 055 S. S.

O. T. No. 19,686

Interesado: Dennis Salvador Argueta Mayorga, Yorik Alexander Campos Morales

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo

Norma: A. A. S. T. H. O. T-27

Proyecto: Acceso a Actelá

Ubicación: Municipio de Senahú, Alta Verapaz

Fecha: 23 junio de 2006

Muestra No.: 1

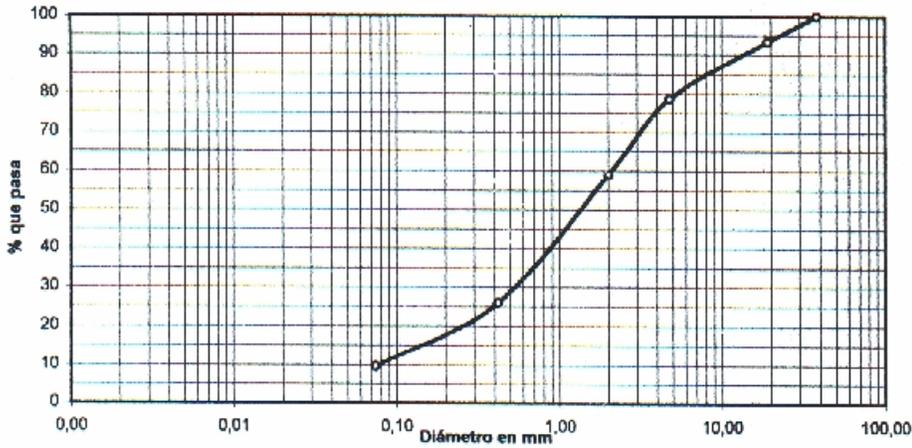
**Muestra No. 1**

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38,10	100,00
3/4"	19,05	93,33
4	4,76	78,61
10	2,00	59,06
40	0,42	25,93
200	0,074	9,80

% de Grava: 21,4

% de Arena: 69,0

% de Finos: 9,6



Descripción del suelo: Arena limosa color gris con fragmentos de roca

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1b

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



INFORME No. 056 S. S.

O. T. No. 19,686

Interesado: Dennis Salvador Argueta Mayorga, Yorik Alexander Campos Morales  
Proyecto: Acceso a Actelá  
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: A. A. S. T. H. O. T-89 y T-90

Ubicación: Municipio de Senahú, Alta Verapaz

Fecha: 23 junio de 2006

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1		No plastico		SM	Arena limosa color gris con frag. Roca

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.

  
Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC

  
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



## PASOS PARA EL INGRESO DE DATOS DE LA HOJA ELECTRÓNICA

Para el ingreso de los datos de la libreta topográfica se realizó lo siguiente:

1. Se transcribieron la estación, punto observado, azimut pero los grados, minutos y segundos en celdas diferentes, de la misma forma los ángulos verticales, los hilos superiores, altura de instrumento y la distancia horizontal.
2. Luego se agregan las secciones transversales con todos sus datos de distancias y alturas.

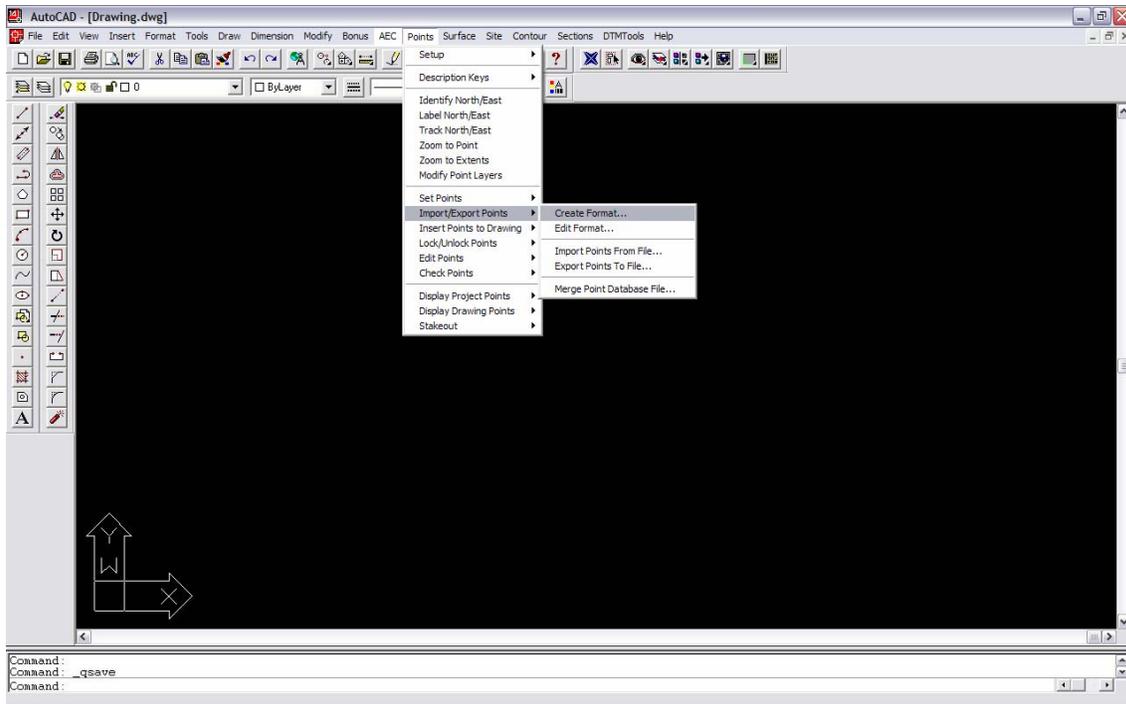
	PO	AZIMUT			ÁNGULO VERTICAL			ALT. INS	DIST. HOR.	TRANSVERSALES			
		GRADOS	MIN	SEG	HILO SUP	GRADOS	MIN	SEG		DISTANCIA	ELEVACION		
5	1												
7	DER1	2	274	12	20	1564	05	20	0	1483	0.00	150	-0.10
8	DER2										0.00	3.50	0.20
9	IZQ1										0.00	3.00	0.00
10	IZQ2										0.00	4.00	0.10
11	IZQ3										0.00	5.00	2.30
12	IZQ4										0.00	10.00	3.50
13	IZQ5										0.00	15.00	5.60
14	2	3	296	20	5	1294	06	20	50	1475	29.33		
15	DER1										0.00	4.00	-0.10
16	DER2										0.00	6.00	-0.20
17	DER3										0.00	10.00	-3.50
18	DER4										0.00	15.00	-6.00
19	IZQ1										0.00	1.00	0.10
20	IZQ2										0.00	2.50	0.50
21	IZQ3										0.00	5.00	7.50
22	IZQ4										0.00	10.00	3.00
23	3	4	320	1	0	1240	07	29	40	1463	23.97		
24	DER1										0.00	3.00	-0.20
25	DER2										0.00	7.00	-0.20
26	DER3										0.00	15.00	-4.00
27	DER4										0.00	20.00	-7.50
28	IZQ1										0.00	1.00	-0.20
29	IZQ2										0.00	2.50	0.50
30	IZQ3										0.00	7.00	7.00
31	IZQ4										0.00	15.00	11.00
32	4	5	338	31	10	1304	07	44	30	1503	31.37		
33	DER1										0.00	3.00	-0.10
34	DER2										0.00	4.00	-0.20
35	DER3										0.00	10.00	-4.50
36	DER4										0.00	15.00	-8.00
37	IZQ1										0.00	1.00	0.00
38	IZQ2										0.00	2.00	0.10
39	IZQ3										0.00	5.00	4.00
40	IZQ4										0.00	10.00	6.00
41	IZQ5										0.00	15.00	10.00
42	5	6	303	59	45	1328	07	54	30	1456	32.77		
43	DER1										0.00	1.00	0.00
44	DER2										0.00	5.00	0.50
45	DER3										0.00	10.00	-3.00
46	DER4										0.00	15.00	-7.00
47	IZQ1										0.00	4.00	-0.20
48	IZQ2										0.00	6.00	4.00
49	IZQ3										0.00	10.00	6.50
50	IZQ4										0.00	15.00	8.00

3. Se calcula el ángulo en sexagesimal y luego se transforma en radian para que el cálculo de los senos se pueda mostrar en la hoja electrónica.
4. El paso anterior se realiza también para el ángulo vertical.

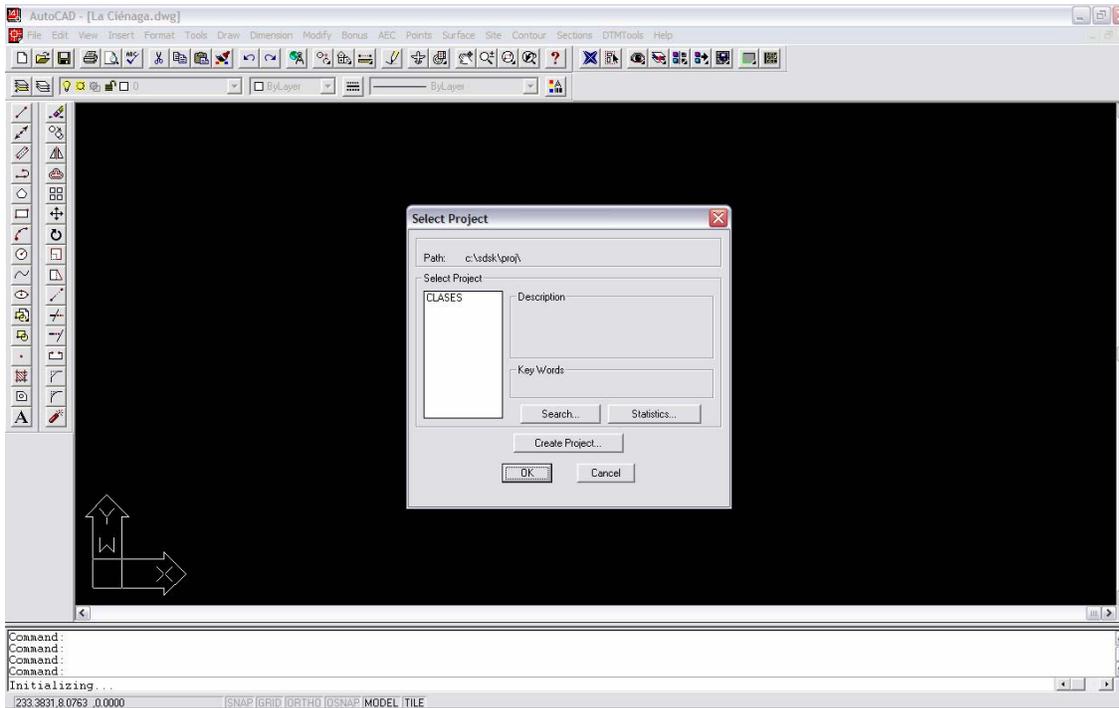
Microsoft Excel - TOPOGRAFIA														
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana Z Adobe PDF														
Escriba una pregunta														
75% Anál														
O1														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	...
15	E	PO	GRADOS	MEN	SEG	SECCION CHAL	PACHAME'S	HELD SUP	GRADOS	MEN	SEG	SECCION CHAL	PACHAME'S	GENO VERT
16	1	2	274	52	20	274.533333	4.7954973	1964	05	20	0	05.4666667	149074734	0.99677561
17	DER1					4.53333333	0.0792893							0
18	DER2					4.53333333	0.0792893							0
19	IQ21					104.533333	3.22074246							0
20	IQ22					104.533333	3.22074246							0
21	IQ23					104.533333	3.22074246							0
22	IQ24					104.533333	3.22074246							0
23	IQ25					104.533333	3.22074246							0
24	2	3	296	20	5	296.55	5.19573907	1204	06	20	50	07.9222222	152045331	0.99677543
25	DER1					26.55	0.46338496							0
26	DER2					26.55	0.46338496							0
27	DER3					26.55	0.46338496							0
28	DER4					26.55	0.46338496							0
29	IQ21					206.55	3.60497757							0
30	IQ22					206.55	3.60497757							0
31	IQ23					206.55	3.60497757							0
32	IQ24					206.55	3.60497757							0
33	3	4	320	1	0	320.066667	5.90534465	1240	07	20	40	08.06	1538907736	0.99678769
34	DER1					50.066667	0.87299594							0
35	DER2					50.066667	0.87299594							0
36	DER3					50.066667	0.87299594							0
37	DER4					50.066667	0.87299594							0
38	IQ21					230.066667	4.04549168							0
39	IQ22					230.066667	4.04549168							0
40	IQ23					230.066667	4.04549168							0
41	IQ24					230.066667	4.04549168							0
42	4	5	338	31	10	338.683333	5.91128288	1304	07	44	20	08.0666667	1537053295	0.99678769
43	DER1					68.6833333	1.19870308							0
44	DER2					68.6833333	1.19870308							0
45	DER3					68.6833333	1.19870308							0
46	DER4					68.6833333	1.19870308							0
47	IQ21					248.683333	4.34034262							0
48	IQ22					248.683333	4.34034262							0
49	IQ23					248.683333	4.34034262							0
50	IQ24					248.683333	4.34034262							0
51	IQ25					248.683333	4.34034262							0
52	5	6	303	59	45	304.733333	5.39000007	1328	07	54	30	08.4	154207099	0.99670175
53	DER1					34.7333333	0.60621827							0
54	DER2					34.7333333	0.60621827							0
55	DER3					34.7333333	0.60621827							0
56	DER4					34.7333333	0.60621827							0
57	IQ21					294.733333	3.74700368							0
58	IQ22					294.733333	3.74700368							0
59	IQ23					294.733333	3.74700368							0
60	IQ24					294.733333	3.74700368							0
61	294					294.733333	3.74700368							0
62	294					294.733333	3.74700368							0
63	294					294.733333	3.74700368							0
64	294					294.733333	3.74700368							0
65	294					294.733333	3.74700368							0
66	294					294.733333	3.74700368							0
67	294					294.733333	3.74700368							0
68	294					294.733333	3.74700368							0
69	294					294.733333	3.74700368							0
70	294					294.733333	3.74700368							0
71	294					294.733333	3.74700368							0
72	294					294.733333	3.74700368							0
73	294					294.733333	3.74700368							0
74	294					294.733333	3.74700368							0
75	294					294.733333	3.74700368							0
76	294					294.733333	3.74700368							0
77	294					294.733333	3.74700368							0
78	294					294.733333	3.74700368							0
79	294					294.733333	3.74700368							0
80	294					294.733333	3.74700368							0
81	294					294.733333	3.74700368							0
82	294					294.733333	3.74700368							0
83	294					294.733333	3.74700368							0
84	294					294.733333	3.74700368							0
85	294					294.733333	3.74700368							0
86	294					294.733333	3.74700368							0
87	294					294.733333	3.74700368							0
88	294					294.733333	3.74700368							0
89	294					294.733333	3.74700368							0
90	294					294.733333	3.74700368							0
91	294					294.733333	3.74700368							0
92	294					294.733333	3.74700368							0
93	294					294.733333	3.74700368							0
94	294					294.733333	3.74700368							0
95	294					294.733333	3.74700368							0
96	294					294.733333	3.74700368							0
97	294					294.733333	3.74700368							0
98	294					294.733333	3.74700368							0
99	294					294.733333	3.74700368							0
100	294					294.733333	3.74700368							0
101	294					294.733333	3.74700368							0
102	294					294.733333	3.74700368							0
103	294					294.733333	3.74700368							0
104	294					294.733333	3.74700368							0
105	294					294.733333	3.74700368							0
106	294					294.733333	3.74700368							0
107	294					294.733333	3.74700368							0
108	294					294.733333	3.74700368							0
109	294					294.733333	3.74700368							0
110	294					294.733333	3.74700368							0
111	294					294.733333	3.74700368							0
112	294					294.733333	3.74700368							0
113	294					294.733333	3.74700368							0
114	294					294.733333	3.74700368							0
115	294					294.733333	3.74700368							0
116	294					294.733333	3.74700368							0
117	294					294.733333	3.74700368							0
118	294					294.733333	3.74700368							0
119	294													

## Configuración del dibujo

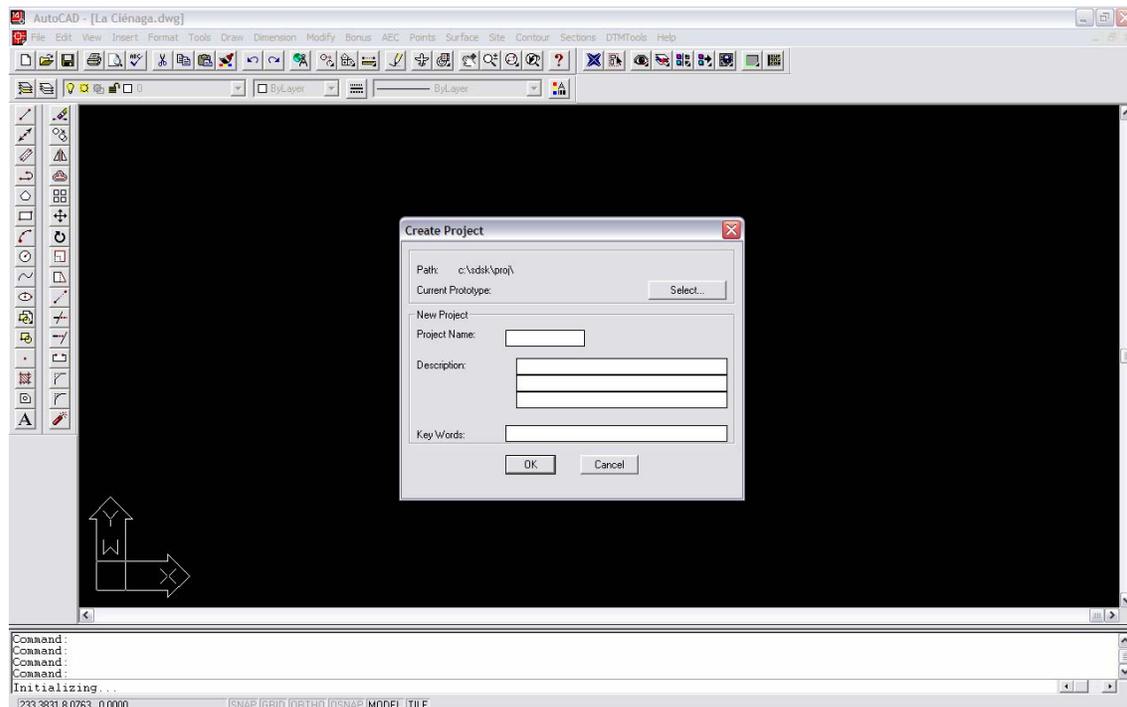
Es necesario darle un nombre al proyecto antes de empezar



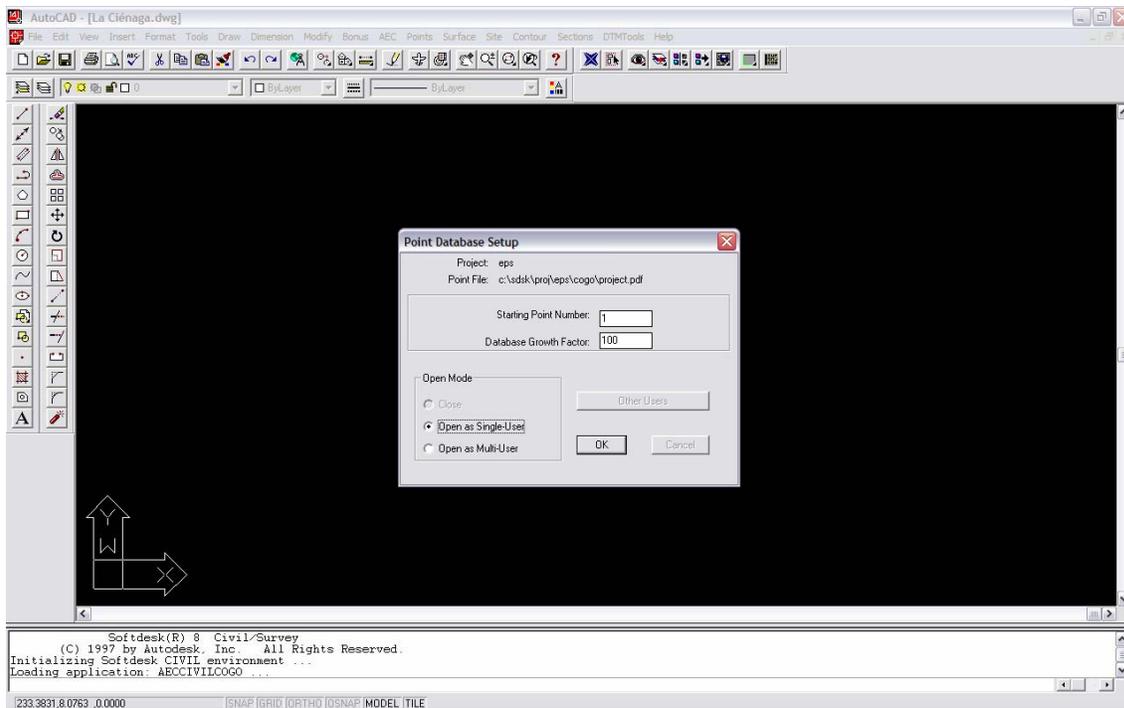
se tiene que crear un proyecto



## Dar nombre al proyecto, recomendable darle una descripción



## Solo se debe seleccionar open single user



Si desea la información completa del procedimiento de diseño, solicitar el CD a la unidad de EPS tercer nivel edificio T-1.