



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

**REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL
CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN
MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL
SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.**

Coralia Larissa Vásquez Pinelo
Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL
CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN
MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL
SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PINELO

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR:	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR:	Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de febrero de 2007.

Coralía Larissa Vásquez Pinelo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Ref.EPS.SUMAAO.0023.2007
Guatemala,
7 de agosto de 2007

Ingeniera
Norma I. Sarmiento de Serrano
Directora de la
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ingeniera de Serrano.

Por medio de la presente, envié a usted el informe final correspondiente a la Práctica de Ejercicio Profesional Supervisado titulado: REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.

Este Trabajo lo desarrollo la estudiante universitaria CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PINELO quien fue asesorado y supervisado por el suscrito.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Manuel Alfredo Arriyillaga Ochaeta
Ingeniero Civil
Supervisor de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,
22 de agosto de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Coralía Larissa Vásquez Pinelo, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdés
Coordinador del Área de Topografía y Transmisión



/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,
3 de septiembre de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Coralia Larissa Vásquez Pinelo, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Euardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 9 de agosto de 2007
Ref. EPS. C. 482.08.07

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PINELO**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"D y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zetena
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S., Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación de la estudiante Coralia Larissa Vásquez Pinelo, titulado REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL Y DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, septiembre 2007.

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

Fuente inagotable de sabiduría, fuerza y amor, que me brindó la oportunidad de alcanzar esta meta.

MIS PADRES

Virgilio Ezequiel Vásquez Iglesias
Flora Yolanda Pinelo de Vásquez
Por sus sacrificios, esfuerzos y apoyo incondicional.

MIS HERMANAS

Rita Mariela Vásquez Pinelo
Mariana Anahiza Vásquez Pinelo
Por su apoyo, amistad y cariño.

MIS TIOS

Con cariño, en especial a Elma, Cándida, Lili, Gloria (D.E.P.) y Rafael.

MI NOVIO

Jorge Alejandro Sánchez Torres
Con amor, por su compañía incondicional y apoyarme en todo momento.

MIS ABUELOS

Sóstenes Pinelo Díaz (D.E.P.)
Joaquín Vásquez Chacón (D.E.P.)
Por el cariño que me brindaron

MIS FAMILIARES Y AMIGOS EN GENERAL

AGRADECIMIENTOS A

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, ESPECIALMENTE A LA FACULTAD DE INGENIERÍA.

DIOS

A quien le debo todo por darme vida y salud.

MIS PADRES

Por su gran ejemplo, amor, ánimo y confianza en todo el transcurso de mi carrera, que este triunfo sea una de las recompensas a todos sus esfuerzos.

MI HERMANA

Por todo el apoyo, los buenos momentos y desvelos que hemos compartido.

EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

Por su amistad y la asesoría prestada para la realización del presente trabajo de graduación.

MIS PRIMOS

Por brindarme su cariño y apoyo.

MIS AMIGOS

Norma Chajón, Patricia Taracena, Paolo Gómez, Mario Aguilar, Milton Siguán. Leonel Sitavi, Osmar Ramírez, Dorian González, Bladimir Chicas, Julio Morán, Pablo Suárez, por brindarme su amistad sincera en todo momento y ayudarme a lo largo de mi carrera.

**MIS AMIGOS DE LA O.M.P.
DE CHIQUIMULA**

Seño Marieta, Saúl, Vinicio, Maco,
Dennilson, Oscar, Ludwin, don Edgar,
por su amistad y apoyo incondicional a lo
largo de mi E.P.S.

SAÚL RODAS

Por abrirme las puertas de la O.M.P. y
darme la oportunidad de realizar en este
lugar mi E.P.S.

TIRZA DE MORATAYA

Por su amistad y hospitalidad a lo largo
de mi E.P.S.

EL ING. MARIO CORZO

Por su amistad y apoyo para completar
mi carrera.

EL ING. RODOLFO FERNÁNDEZ Por su colaboración para culminar con
este trabajo.

**LA FAMILIA SÁNCHEZ TORRES,
CASTRO TORRES Y TORRES** Por la amistad brindada hacia mi
persona.

ÍNDICE GENERAL

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

1. ASPECTOS MONOGRAFÍCOS DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Características geográficas	3
1.2.1. Localización	3
1.2.2. Colindancias	3
1.2.3. Vías de acceso	4
1.2.4. Clima e hidrografía	8
1.2.5. Fisiología y orografía	8
1.3. Características económicas	9
1.3.1. Producción agropecuaria	9
1.3.2. Actividad comercial	9
1.4. Características socioculturales	10
1.4.1. Población	10
1.4.2. División política	10
1.4.3. Educación	11
1.4.4. Servicios básicos existentes	11

2. REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

2.1.	Descripción del proyecto	13
2.2.	Definición de camino rural	13
2.3.	Definición de balasto	13
2.4.	Período de diseño	14
2.5.	Clasificación de los caminos por sus características	14
2.6.	Objetivo de rehabilitar la rodadura de la carretera	15
2.7.	Importancia de balastar un camino	16
2.8.	Levantamiento topográfico	16
2.8.1.	Planimetría	17
2.8.2.	Altimetría	17
2.9.	Estudio de suelos para carreteras	18
2.9.1.	Límites de Atterberg	19
2.9.1.1.	Límite Líquido	19
2.9.1.2.	Límite Plástico	20
2.9.1.3.	Índice Plástico	20
2.9.2.	Granulometría	21
2.9.2.1.	Tamizado	22
2.9.3.	Proctor modificado	22
2.9.4.	Valor soporte del suelo CBR	23
2.10.	Análisis de resultados	25
2.11.	Tipo de carretera a diseñar	25
2.11.1.	Metodología usada para el diseño	26
2.11.2.	Componentes de la sección típica	27
2.12.	Alineamiento horizontal	28
2.12.1.	Tangente horizontal	28
2.12.2.	Curvas circulares	29
2.12.3.	Procedimiento de cálculo de curva horizontal	35

2.13.	Alineamiento vertical	36
2.13.1.	Tangente vertical	37
2.13.2.	Curva vertical	37
2.13.3.	Procedimiento de cálculo de curva vertical	41
2.14.	Elementos geométricos del alineamiento transversal	43
2.15.	Movimiento de tierras	44
2.15.1.	Cálculo de áreas	45
2.15.2.	Cálculo de volúmenes	45
2.16.	Capas que conforman el balasto	46
2.16.1.	Subrasante	46
2.16.1.1.	Reacondicionamiento de subrasante	46
2.16.2.	Capa de rodadura de balasto	46
2.17.	Banco de materiales	47
2.18.	Importancia del drenaje en la vida de un camino	47
2.18.1.	Sistema de drenaje	48
2.18.1.1.	Drenaje superficial	48
2.18.1.1.1.	Cunetas	48
2.18.1.2.	Drenaje transversal	49
2.19.	Presupuesto del proyecto	51
2.20.	Especificaciones técnicas	52
2.21.	Evaluación de impacto ambiental	55
2.21.1.	En construcción	56
2.21.2.	En operación	56

3. MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG ZONA 5 DE CHIQUIMULA

3.1.	Descripción del proyecto	59
3.2.	Tipos de muro de contención	59
3.2.1.	Muros por gravedad	60
3.2.2.	Muros de concreto armado (muros en voladizo)	61
3.2.3.	Muros de semi-gravedad	62

3.2.4. Muros con contrafuertes	62
3.2.4.1. Con contrafuertes en el intradós	62
3.2.4.2. Con contrafuertes en el trasdós	62
3.3. Criterios y especificaciones para los muros de contención	63
3.4. Tipos de suelos	64
3.4.1. Arenas	66
3.4.2. Limos	67
3.4.3. Arcillas	67
3.4.4. Gravas	68
3.4.5. Talpetate	68
3.5. Características físicas de los suelos	69
3.5.1. Densidad	69
3.5.2. Peso volumétrico	69
3.5.3. Absorción	70
3.5.4. Granulometría	70
3.6. Estudios de suelos	71
3.6.1. Prueba de compresión triaxial	71
3.6.1.1. Prueba rápida o sin drenaje	72
3.7. Empuje de tierras	72
3.8. El agua en el suelo	73
3.9. Drenaje en los muros de contención	74
3.10. Estabilidad de taludes	75
3.11. Cálculo y diseño del muro de contención	76
3.11.1. Muro en voladizo	76
3.11.2. Muro por gravedad	101
3.12. Presupuesto del proyecto	108
3.13. Especificaciones técnicas	109
3.14. Evaluación de impacto ambiental	110
3.14.1. En construcción	111
3.14.2. En operación	111

4. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

4.1. Valor presente neto	113
4.2. Tasa interna de retorno	114
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	121
APÉNDICE A	123
APÉNDICE B	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Localización de los poblados del municipio de Chiquimula	6
2	Parte del tramo carretero del proyecto	18
3	Sección típica de camino tipo F	27
4	Elementos de curva horizontal	31
5	Sección de una curva vertical	36
6	Elementos de curva vertical	39
7	Muestras para el estudio de suelos	71
8	Diagrama de presiones en el muro	79
9	Diagrama de distribución geométrica	81
10	Diagrama de presiones bajo la base del muro	87
11	Diagrama de presiones en el rostro del diente	89
12	Diagrama de presiones y cargas sobre el diente	91
13	Diagrama de chequeo al rostro del pie del muro	94
14	Diagrama de presiones al rostro del talón	96
15	Diagramas de cargas sobre la pantalla del muro	99
16	Diagrama de distribución geométrica	103

TABLAS

I	Distancia entre los municipios de Chiquimula	5
II	Tramos carreteros del municipio	7
III	Población de Chiquimula	10
IV	Niveles de educación	11
V	Alumnos inscritos y promovidos	11
VI	Clasificación de carreteras de la Dirección General de Caminos	15
VII	Valores máximos de curvatura para cada velocidad	33

VIII	Visibilidad de parada	34
IX	Valores de k según tipo de curva	39
X	Cálculo de curvas vertical	42
XI	Cuadro de cantidades de trabajo	51
XII	Predimensionamiento del muro en voladizo	78
XIII	Cálculos de las partes de cada una de las figuras del muro	84
XIV	Predimensionamiento del muro por gravedad	102
XV	Cálculos de las partes de cada una de las figuras del muro	105
XVI	Cuadro de cantidades de trabajo	108

LISTA DE SÍMBOLOS

As	Área de acero
As máx	Área de acero máxima
As min	Área de acero mínima
Az	Azimut
b	Base unitaria
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> , o Relación Soporte California
Cm	Cuerda máxima
γ_{concreto}	Peso volumétrico del concreto
d	Peralte efectivo
E	External
f'c	Resistencia nominal a compresión del concreto
f'y	Resistencia a la fluencia del acero
G	Grado de curvatura
Ha	Hectárea
Km	Kilómetro

LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
M	Metros
ΣM	Sumatoria de momentos
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
ml	Metro lineal
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PVC	Cloruro de Polivinilo (material de tubo plástico)
ST	Subtangente
T.P.D.	Tránsito Promedio Diario
γ_{suelo}	Peso volumétrico del suelo
Δ	Delta

GLOSARIO

Altimetría	Parte de la topografía que trata de la medida de las alturas
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados.
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir que, consta de material fino y grueso con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Carretera	Vía de tránsito público, construida dentro de los límites del derecho de vía.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad con el trazo de la carretera o camino. Se realiza en ladera o en trinchera.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular, trapezoidal y cuadrada.

Gravedad	Se refiere al método de diseño, en este caso del muro de contención, el cual se refiere a que es un muro diseñado por medio de concreto ciclópeo, es decir, concreto pobre más piedra bola.
Planimetría	Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación, que puede ser el norte magnético o astronómico, y partiendo de él conocer la orientación de los puntos que se han definido en el estudio.
Sección típica	Es la sección que permanece uniforme, la mayoría de veces en toda la extensión de una carretera.
Subrasante	Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (sub-base y carpeta) de una carretera o camino.
Suelo	Material con arreglo variable de partículas que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes que se comunican tanto con la superficie del terreno, las fisuras y grietas del mismo.
Voladizo	Se refiere al método de diseño, en este caso del muro de contención, el cual se refiere a que es un muro diseñado por medio de concreto armado, es decir, concreto más acero de refuerzo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, contiene en forma detallada el procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo de los proyectos de rehabilitación del tramo carretero, que conduce del caserío El poshte a la aldea El Barreal y muro de contención para el Polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5, del municipio de Chiquimula.

El proyecto de rehabilitación del tramo carretero consiste en la aplicación de una capa de rodadura, la cual es de balasto y posee una longitud de 6.32 kilómetros, con un ancho promedio de siete metros y para el efecto se realizaron estudios de suelos, levantamiento topográfico y conteo de tránsito. De lo cual se obtuvieron resultados como el tipo de suelo que es limo arenoso, el cual se utilizó para la subrasante, asimismo se colocaron cunetas y tragantes transversales, mientras que el muro de contención para el polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5, es de forma escalonada, siendo el primer muro de concreto armado con una altura de 4.50 metros y el segundo de concreto ciclópeo con una altura de 2.50 metros, tiene una longitud de 126 metros y se encuentra dividido en veintidós módulos de seis metros lineales cada uno, dejando juntas de construcción de cinco centímetros a cada tres metros, la altura del talud a proteger es de aproximadamente 6.60 metros, contando con un sistema de drenaje que permita quitarle cualquier sobrecarga a la estructura, debido a la presencia de agua y al empuje que ésta pueda ocasionar.

OBJETIVOS

General

1. Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones con la rehabilitación del tramo carretero que comunica al caserío El Poshte con la aldea El Barreal, y diseño del muro de contención para el Polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5 del municipio de Chiquimula.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica, así como un diagnóstico de las prioridades en cuanto a servicios básicos y de infraestructura, que se necesitan tanto en la aldea como en el caserío y en el sector Bella Vista.
2. Rescatar la infraestructura del polideportivo CDAG, así como la integridad física de la población que hace uso de las instalaciones en el sector Bella Vista zona 5, del municipio de chiquimula.

INTRODUCCIÓN

El E.P.S nos da la oportunidad de vivir de cerca lo que es el trabajo conjunto de la municipalidad con la población y ser un medio por el cual muchos proyectos municipales pueden llevarse a cabo en beneficio de la población del municipio, lo que es sinónimo de satisfacción, tanto personal como profesional.

El presente trabajo de graduación “Rehabilitación del tramo carretero que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal y diseño de un muro de contención para el polideportivo CDAG, del sector Bella Vista zona 5, del municipio de Chiquimula”, tiene como principio fundamental promover el desarrollo por medio de proyectos viales y estructurales, para lograr que dichas poblaciones tengan acceso a un mejor nivel de vida.

En Guatemala, a nivel nacional, es necesario ampliar la red de infraestructura vial, tal es el caso de la aldeas El Barreal y el caserío El Poshte. En la mayoría de veces, esto significa mejorar o ampliar caminos existentes, adaptándolos a las especificaciones de caminos, dependiendo de la categoría de cada uno de éstos. Asimismo, se denota la falta de proyectos de infraestructura que ayuden a salvaguardar los recursos, tanto materiales, naturales, como las vidas de las personas aledañas al polideportivo.

1. ASPECTOS MONOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

1.1. Antecedentes históricos

El municipio de Chiquimula, remonta su historia al período hispánico de la conquista de Guatemala y Centro América. A Chiquimula se le menciona como un corregimiento que era una forma de clasificar los pueblos, según su importancia en esa época. El nombre de Chiquimula proviene de vocablos ancestrales que significa jilgueros; otros le llaman Tierra de Pájaros derivado del nahuatl “chiqin” que significa pájaro y de “molín” que significa lugar de.

La primera ciudad de Chiquimula fue erigida al oriente de la ciudad, a orillas de las cercanías del río San José. Los terremotos de la “Santísima Trinidad” en 1765 la destruyeron, pero aún quedan sus ruinas y vestigios presentados por la “Iglesia Antigua”, cuya estructura es clasificada como un monumento y patrimonio cultural nacional y de la humanidad.

A la llegada de los españoles, el señorío estaba en total decadencia y sus pobladores habían abandonado las ciudades, estableciéndose en otros lugares, aunque se supone que las mismas fueron azotadas por hambres y pestes. Durante el período hispánico, a este departamento se le conoció como "Corregimiento de Chiquimula", y en la misma forma se le menciona en la Constitución Política del Estado de Guatemala decretada el 11 de octubre de 1825. Más tarde, por Decreto de la Asamblea Constituyente del 4 de noviembre del mismo año, fue erigido en departamento, según Decreto

del 12 de septiembre de 1839; por lo extenso del territorio, por Decreto del Ejecutivo No. 30 del 10 de noviembre de 1871, se dividió en dos departamentos que ahora son Chiquimula y Zacapa.

El Padre Domingo Juarros señala los límites siguientes: “Al oeste, la Verapaz; al este, Comayagua; al sur, Escuintla, Sácatepeques y Sonsonate; y el mar del norte por el rumbo norte”. Según estos lugares limítrofes dadas por el sacerdote, la provincia comprendía la zona de oriente, extendiéndose hacia el norte y el este en dirección al mar y hacia las montañas de Honduras, a lo largo del Motagua y de las faldas occidentales, la cordillera de Copán.

Según las anotaciones de Juarros, la provincia estaba formada por 30 pueblos, como algunos valles, muchas haciendas y trapiches repartidos en curatos, contaba con 52,423 habitantes de todos los costos y se dividía en dos partidos que eran dos Corregimientos; uno, Zacapa y Acasaguastlán y otro Chiquimula.

Los pueblos más importantes del primero fueron San Agustín Real de la Corona o Acasaguastlán, que fue capital del Corregimiento, residencia de los corregidores y Calesa de Curato y el de San Pedro Zacapa, que tenía bastante vecindario, con algunas familias de españoles, muchos mulatos o indios y era cabecera de su Curato del corregimiento.

El de Chiquimula tenía como pueblo principal a Chiquimula de la Sierra, que era capital de la provincia y la sede de su corregidor; con 2,000 habitantes indios, 295 españoles y 589 mulatos. Allá por el año 1760 los dos Corregimientos se unieron en uno que se llamó Chiquimula y Zacapa.

Dentro de los sólidos argumentos para fundar Chiquimula, lo constituye el hecho de haber sido tomada como centro de pernoctación por don Pedro

y Jorge de Alvarado, para poder restablecer y continuar la lucha contra las etnias existentes en ese tiempo.

El clima prevaleciente en esa época era mucho más templado que el existente actualmente, pues no existía mucha población y además no había mucha deforestación, sus calles en un 50% eran empedradas, en ese tiempo no habían calles adoquinadas ni asfaltadas todo esto venía a contribuir que se viviera un clima muy agradable. El recurso hídrico, era abundante, ejemplo de ello es que en el período invernal, la quebrada del Tacó, identificando en forma similar al río San José y Shusho. Sus bosques eran densos, pues existía mucha vegetación, conociendo especies arbóreas, como: ceiba, matilísguate, roble, morro, quebracho, madre cacao, upay etc., en ese período se identifican las especies animales siguientes: mapache, venado, tepezcuintle, guacamayas, armado, pavo real, loro, clarinero, tigres, etc.

1.2. Características geográficas

1.2.1. Localización geográfica

El municipio de Chiquimula se encuentra situado al oriente de la República de Guatemala a una distancia de 170 kilómetros de la capital y cuenta con una extensión de 372 kilómetros cuadrados.

1.2.2. Colindancias

Colinda al norte con Zacapa (Zacapa); al este con Jocotán, San Juan Ermita y San Jacinto (Chiquimula); al sur con San José La Arada y San Jacinto (Chiquimula); y al oeste con Huité y Cabañas (Zacapa).

1.2.3. Vías de acceso

Las principales carreteras que lo atraviesan son la Nacional 18 que de la capital conduce a Esquipulas; la Nacional 20 que del departamento de Zacapa, pasa por Concepción las Minas y conduce a la frontera; la CA-10 que pasa por Esquipulas y conduce a la frontera con Honduras.

Adicional a esto, dentro de las alternativas de acceso a través de otros municipios y departamentos aledaños podemos encontrar que para acceder a la ciudad y municipio de Chiquimula se puede hacer procedente de la ciudad capital, por medio de la carretera que conduce a Puerto Barrios, desviándose en el cruce ubicado en el municipio de Río Hondo, Zacapa; en la carretera que pasando por el municipio de Agua Blanca, Jutiapa, atraviesa el municipio de Ipala y San José La Arada, llegando a la Aldea San Esteban y luego cruzando hacia esta ciudad.

Procedente de Honduras ingresando por la frontera El Florido, atraviesa los municipios de Camotán, Jocotán y San Juan Ermita, llegando al cruce de la aldea Vado Hondo y luego tomando al norte hasta la ciudad; también procedente de Honduras se puede llegar ingresando por la frontera de Agua Caliente en el municipio de Esquipulas y después por los municipios de Quezaltepeque, San Jacinto y finalmente Chiquimula.

Procedente de El Salvador, se puede ingresar de la frontera de Nueva Anguiatú, municipio de Concepción Las Minas, atravesando luego los municipios de Quezaltepeque, San Jacinto y llegando así a Chiquimula.

Existe una carretera de terracería que partiendo del municipio de San José La Arada, atraviesa el río San José, pasa por la aldea Vega Arriba y finalmente llegar a la cabecera municipal.

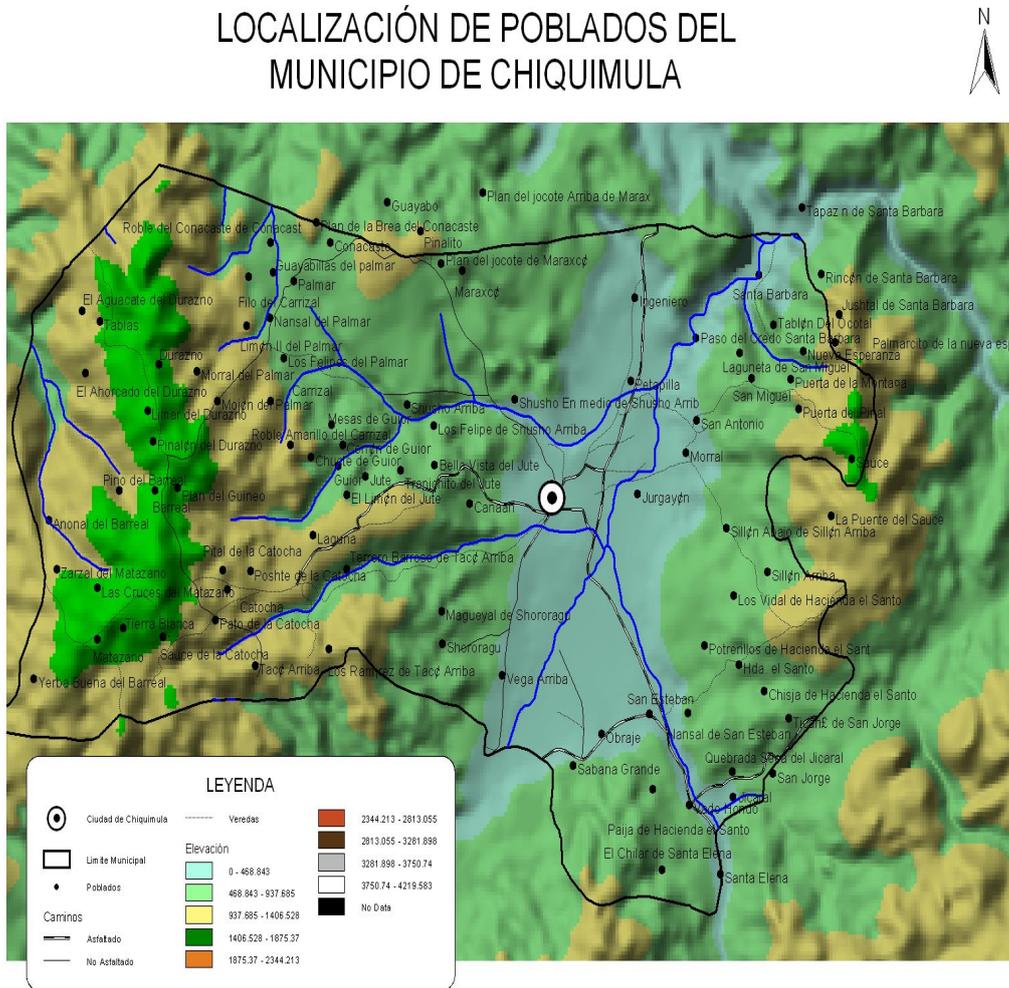
Procedente de San Diego, Zacapa existe una carretera de terracería, que pasando por las aldeas de Pampur, El Matasanos, El Sauce, El Pato, El Poshte, La Catocha, La Laguna, El Jute, se llega a la cabecera municipal de Chiquimula.

Tabla I Distancia entre los municipios de Chiquimula

Municipio	Distancia a la cabecera municipal
1.Chiquimula	-----
2.Camotán	35 kilómetros
3.Concepción Las Minas	48 kilómetros
4.Esquipulas	55 kilómetros
5.Ipala	28 kilómetros
6.Jocotán	31 kilómetros
7.Olopa	42 kilómetros
8.Quetzaltepeque	25 kilómetros
9.San Jacinto	17 kilómetros
10San José La Arada	11 kilómetros
11San Juan Ermita	22 kilómetros

Fuente: Municipalidad de Chiquimula

Figura 1 Localización de los poblados del municipio de Chiquimula



Fuente: Elaboración propia

Tabla II Tramos carreteros del municipio.

Tramos carreteros

No.	ruta	DESDE	HASTA	LONGITUD DEL TRAMO EN KM.	RUTA DE ASFALTO	RUTA DE TERRACERIA
1	CHI01 Antigua	Chiqui-El Molino	San José La Arada	3	Si	No
2	CHI05	Chiqui-Shusho Abajo	El Barreal	23	No	Si
3	CHI06	CA10 San Esteba	San José La Arada-Ipala	17	Si	No
4	CHI06-Antigua	San Esteban	Sábana Grande	5	No	Si
5	CHI09	Entronque CA10 San Esteban	Entronque CHI06	1.3	No	Si
6	CHI11	Entronque CHI01	Shororaguá	3	No	Si
7	CHI20	Entronque CA10 Chiquimula	La Laguna	9	Si	No

Fuente: Zona Vial 8 Caminos, Chiquimula, 2,001

1.2.4. Clima e hidrografía

El municipio de Chiquimula se encuentra a 423 metros sobre el nivel del mar y según información obtenida del INSIVUMEH, Chiquimula cuenta con una temperatura media anual de 25.3 °C, alcanzando una temperatura máxima de 32.7 °C, y una temperatura mínima de 20.6 °C, para los últimos 10 años. Su humedad media anual es de 69%; considerados en aproximadamente 120 días de precipitación promedio anual

En lo que se refiere a su hidrografía, son dos las principales cuencas hidrográficas (Río Grande y San José) cuyas corrientes, a su vez, son tributarias de las que hacia el norte descargan sus aguas en el mar Caribe, y hacia el sur, después de atravesar la República de El Salvador, desembocan en el océano Pacífico.

1.2.5. Fisiología y orografía

Orográficamente, la cordillera Central proveniente de Jalapa penetra por la parte sur del departamento, formando estribaciones de la sierra del Merendón en el confín de la República de Honduras y El Salvador. El sistema montañoso que penetra el departamento de Zacapa desciende a los municipios de Jocotán, Camotán y Chiquimula formando un valle por donde corre el río Copán procedente de Honduras, pero que dentro del territorio nacional se conoce como río de Jocotán, el cual a su vez, desemboca en el río Grande, conocido más adelante como río Grande de Zacapa hasta su desembocadura en el río Motagua. Debido a que el macizo montañoso es irregular pues sus alturas varían entre los 1,350 metros sobre el nivel del mar en Olopa y los 435 en San José La Arada, su clima, tiene algunas variantes. En Esquipulas se encuentra el cerro de Montecristo, denominado "Biosfera de la Amistad" que en 1987 fue declarado por los presidentes centroamericanos como "Área Protegida del Trifinio".

1.3. Características económicas

La actividad económica se basa fundamentalmente en productos de exportación tradicional y para consumo interno. Los productos agrícolas más importantes son el maíz, arroz, frijol, papa, café, caña de azúcar, cacao, banano y frutas de clima cálido. Siendo la agricultura una de las principales actividades económicas. Según datos proporcionados por el MAGA, el municipio de Chiquimula cultiva 260 hectáreas de tomate, 5,270 con maíz, 556 con frijol.

El subsector ganadería tiene una participación bastante importante predominando la crianza de ganado bovino en fincas y haciendas; y en lo que respecta a la producción artesanal, esta muy variada, sobresaliendo los productos de cerámicas, jarcia, cuero y palma entre otros.

1.3.1. Producción agropecuaria

Las principales actividades pecuarias en el municipio son la crianza y engorde de ganado bovino y porcino, así como de aves de corral.

1.3.2. Actividad comercial

Una de las ventajas comparativas del municipio de Chiquimula es la actividad comercial que se desarrolla, debido a que se le considera un mercado regional, pues sus consumidores provienen de los departamentos y municipios vecinos y también de los departamentos fronterizos de los países vecinos de El Salvador y Honduras.

La mayor transacción comercial se da los días jueves y domingo, que son los días de mercado.

Chiquimula cuenta con una gama de servicios comerciales entre los que se pueden mencionar tiendas, supermercados, almacenes, farmacias, carnicerías, librerías, bloqueras, ferreterías, agro servicios, venta de vehículos, venta de muebles y electrodomésticos, zapaterías, hoteles, restaurantes y comedores, venta de computadoras, molinos de nixtamal, constructoras, talleres de reparación de vehículos, aparatos, talleres de estructuras, vidrierías, etc.

1.4. Características socioculturales

1.4.1. Población

En el municipio se estima que la población económicamente activa alcanza un 38.9 por ciento el cual incluye a niños mayores de siete años en adelante

Tabla III Población de Chiquimula

Edad	Población	Porcentaje (%)
<1 año	1,832	5.0%
1-5 años	7,487	19.0%
6-14 años	12,913	32.0%
15-24 años	11,497	28.0%
25 años y más	6,618	16.0%
Total	40,347	100.0%

Fuente: Caracterización social del municipio de Chiquimula, Municipalidad de Chiquimula, 2002

1.4.2. División política

El municipio de Chiquimula en su división político administrativa, posee 37 aldeas, 50 caseríos y el casco urbano es elevado a ciudad, por resolución de la corte de España, el 29 de junio de 1821.

1.4.3. Educación

En el aspecto educación cabe mencionar que el municipio de Chiquimula cuenta con la siguiente infraestructura escolar.

Tabla IV Niveles de educación

Nivel	Tipo	Cantidad
Preprimaria	Escuelas	58
Primario	Escuelas	97
Medio	Institutos	20
Diversificado	Establecimiento	11
Universitario	Establecimiento	3
Total		189

Fuente: Caracterización social del municipio de Chiquimula, Municipalidad de Chiquimula, 2002

Y con la siguiente cantidad de niños de edad escolar inscritos.

Tabla V Alumnos inscritos y promovidos

Nivel Educativo	Tipo	Cantidad
Preprimaria	3014	1320
Primario	6760	5850
Básico	3736	-
Diversificado	2301	-
Total	15811	7170

Fuente: Caracterización del municipio de Chiquimula, Municipalidad de Chiquimula, 2002

1.4.4. Servicios básicos existentes

El municipio de Chiquimula, según la Jefatura del Área de Salud, el 73% de la población cuenta con el servicio de agua potable, es decir que el 27% carece del mismo, el 26% de la población cuenta con el servicio de drenaje sanitario y carecen del mismo el 74%, se dispone de ese vital servicio, tanto domiciliar, industrial y público, el que es proporcionado en su

totalidad por DEORSA, y según datos obtenidos en esa empresa, en el municipio existen 13,637 hogares conectados a la red de distribución de energía eléctrica, urbana y rural.

2. REHABILITACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.

2.1. Descripción del proyecto

Consiste en una rehabilitación del tramo carretero que une al caserío El Poshte con la aldea El Barreal el cual tiene 6.32226 kilómetros de terracería, se dará una nueva carpeta de rodadura la cual será de balasto en mejores condiciones que la actual carpeta y con esto se pretende dar seguridad a los vehículos y a las personas que transitan por esta vía.

2.2. Definición de camino rural

Un camino rural es una vía de comunicación por donde se transita en el área rural y cuyo tráfico promedio no sobrepasa de 100 vehículos al día. Estos caminos van de un poblado a otro; los que unen un poblado con un punto cualquiera de una vía de comunicación.

2.3. Definición de balasto

El balasto es un material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura. Este material debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño y tener un peso unitario suelto no menor de 80 libras por pie cúbico.

Es conveniente que el material balasto, contenga cierto material aglomerante con alguna plasticidad como por ejemplo: limos arcillosos, esto con el fin de procurar una mayor cohesión entre sus agregados. Aunque esta plasticidad no debe ser excesiva puesto que la arcilla reduce significativamente la capacidad soporte de este tipo de material.

2.4 Período de diseño

El período de diseño será definido en función del tamaño de la población a beneficiar, que determinará un tráfico promedio diario (T.P.D) proyectado y los componentes a ser construidos. Para el presente estudio el T.P.D. proyectado fue muy bajo, ya que el conteo vehicular y el tráfico inducido actualmente para estas comunidades es bajo. Se tomó en cuenta que el aumento de población generalmente tiene una relación directa con el nivel de desarrollo de la comunidad, que mejorará con la construcción del camino, por lo que el período de diseño propuesto fue de 20 años

2.5. Clasificación de los caminos por sus características

Los caminos en la República de Guatemala, están divididos en atención a sus funciones y características, se tienen en primer término las rutas troncales, conocidas también como nacionales, estos caminos son por lo general de longitud considerable y comunican a la república con las fronteras y con los puertos, o unen litorales formando en conjunto una gran red vial y su construcción ha obedecido a la necesidad de comunicación de los principales centros de producción y de consumo.

A continuación de las rutas troncales siguen por sus características de importancia y volumen de tránsito, los caminos departamentales; que son de longitud menor que las nacionales y comúnmente más angostos y sirven para comunicar los municipios con sus respectivas cabeceras departamentales. Y por último con el objeto de cubrir las necesidades que no

satisfagan los troncales y los departamentales, están los caminos vecinales y de penetración, que completan la red vial nacional, estos son de características más moderadas que los otros dos y generalmente de longitudes cortas, dominan las cordilleras y descienden los valles y penetran alas regiones más apartadas.

La clasificación utilizada para determinar el tipo de camino a rehabilitar es la clasificación de la Dirección General de Caminos para carreteras nacionales; esta clasificación se basa en el Tráfico Promedio diario o T.P.D. de la siguiente forma:

Tabla VI Clasificación de carreteras de la Dirección General de Caminos

TIPO DE CARRETERA	T.P.D.	ANCHO DE CALZADA
Tipo A	3,000 a 5,000	2 x 7.20 m
Tipo B	1,500 a 3,000	7.20 m
Tipo C	900 a 1,500	6.50 m
Tipo D	500 a 900	6.00 m
Tipo E	100 a 500	5.50 m
Tipo F	10 a 100	5.50 m

Fuente: Secciones típicas. Departamento de Carreteras. Dirección General de Caminos

2.6. Objetivo de rehabilitar la rodadura de la carretera

Estos caminos por sus características no son pavimentados y la mayoría son transitables sólo en época de verano, tal es el caso del tamo carretero que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal, lo que equivale a decir que un gran porcentaje de estas poblaciones por carecer de caminos construidos para todo tiempo permanecen incomunicados una gran parte del año, debido a esto los pobladores se ven en la necesidad de transportar sus productos agrícolas por medio de bestias de carga o por medio del uso de tracción humana.

El objetivo de rehabilitar la rodadura del tramo carretero es precisamente para tratar de reducir al mínimo los problemas anteriormente mencionados, con el fin de minimizar las dificultades del transporte de los productos agrícolas y sus consumos; y por medio de éstos poder mejorar las condiciones de vida de los habitantes de los poblados beneficiados.

2.7. Importancia de balastar un camino

La mayoría de caminos rurales se construyen empleando el sistema que mejor se adapte con respecto a la cantidad que para este se haya presupuestado, teniendo en consideración las necesidades tanto de tráfico, materiales, así como del clima que impere en la zona de construcción del camino en estos poblados el clima es templado. Se debe de tener la mayor eficiencia técnica y el mejor aprovechamiento y aplicación de los materiales para poder construir con todas las condiciones ideales este tramo carretero que favorecerá al caserío El Poshte y la aldea El Barreal.

Para que los resultados sean satisfactorios en la construcción del proyecto, se estudiaron los posibles sistemas de construcción, así como los materiales a emplear en el mismo. También fue necesario conocer la importancia y ventajas del uso de los materiales que se encuentran en las cercanías del proyecto a través de un estudio de suelos.

2.8. Levantamiento topográfico

Se llama así al levantamiento topográfico de la línea preliminar seleccionada, siguiendo la línea de banderas. El método utilizado para levantamientos topográficos en carreteras es de poligonal abierta (que incluye el trazo de curvas circulares), formada por ángulos y tangentes, donde se establece el punto de partida, azimut o rumbo de salida, kilometraje de salida y cota del terreno. Es recomendable dejar estaciones cada 20 metros, PC, PT, fondos y en cada cambio significativo del terreno.

El levantamiento topográfico que se realiza, debe de tener un grado razonable de precisión, de forma que sea una medición total que, además de marcar las sinuosidades topográficas, muestre pormenores y accidentes que en alguna forma pudiesen afectar la localización final. Para cada levantamiento preliminar se debe tomar en el campo:

- Tránsito preliminar
- Niveles preliminares
- Secciones transversales de preliminar
- Radiaciones
- Referencias

2.8.1 Planimetría

Esta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación, es la proyección sobre un plano horizontal del eje central de la carretera.

En la medición de la planimetría para el proyecto se utilizó el método de deflexiones simples en una poligonal abierta; que consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana. En la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Colocaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (cercos, orillas de calle, postes de luz, etc.).

2.8.2 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. Al eje de la carretera en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

2.9 Estudio de suelos para carreteras

Es de mucha importancia realizar estos estudios, para conocer el tipo de suelo con que se cuenta en el área de trabajo.

Se obtuvo una muestra de 1qq (100lb) de suelo del lugar del proyecto, para posteriormente ser trasladada al laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos donde se le realizaron los diferentes tipos de estudios que se requieren para la ejecución de este tipo de proyectos.

Figura 2 Parte del tramo carretero del proyecto



Fuente: Elaboración propia

2.9.1. Límites de atterberg

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

2.9.1.1. 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 muestra preparada en húmedo.

2.9.1.2. 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 3mm (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.

2.9.1.3. 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 el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando presenta un índice plástico mayor de 17, se dice que es altamente plástico.

2.9.2. Granulometría

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo según tamaños, representando los datos obtenidos en forma gráfica. De ellos se calculan los siguientes coeficientes:

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

$$Cu = D60/D10$$

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.

$$Cg = (D30)^2 / D10 \times D60$$

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.

Condiciona el comportamiento geotécnico del suelo y se realiza por: tamizado y sedimentación.

2.9.2.1. Tamizado

Consiste en pasar la muestra de suelo a través de una serie de tamices con ancho de malla decreciente, pesando la cantidad contenida en cada uno de ellos.

Se aplica a tamaños gruesos, superiores a 0,1 mm.

Las partículas se consideran de un tamaño igual a la abertura o ancho de malla del menor tamiz que permite el paso.

Es necesario secar previamente la muestra.

2.9.3. Proctor Modificado

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180; éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que ocurre cuando alcanza 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 la masa del suelo, 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 compactarlo 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.

2.9.4 Valor soporte del suelo (CBR)

Este ensayo conocido como Californian 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 obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Expansión: A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 libras, sobre el 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 menciona al inicio).

Determinación de la resistencia a la penetración: Luego de haber obtenido 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 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 necesaria para hincar a determinadas penetraciones.

2.10 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-1-b Arena limosa color café

Límite Líquido: 25.95%

Índice Plástico: 5.19%

Densidad seca máxima γ_d : 121.7 lb/pie³

Humedad óptima = 10.7%

CBR al 99.50% de compactación es de 16.7% aproximadamente.

Como puede apreciarse, el material cumple con los requisitos de subrasante, dado que el CBR al 99.5% se encuentra en el rango de 10 - 20 %, la cual se considera una subrasante regular a buena.

Ver hojas adjuntas del laboratorio de suelos.

2.11 Tipo de Carretera a Diseñar

A partir de un historial de conteos de tránsito anuales efectuados durante un período de tiempo se tabulan los datos y se crean curvas de crecimiento, pero para el presente diseño no se contó con un historial de conteos vehiculares.

Para el cálculo de crecimiento vehicular se aplicó una tasa del 3% anual basado en experiencias en el medio nacional. A partir de conteos vehiculares realizados en la estación 3+200 del proyecto y la tasa de crecimiento geométrico de 3% anual, se calculó el volumen de vehículos con la expresión: $P_f = P_o * (1 + 0.03)^{\#años}$, lo que arrojó un volumen de 50 vehículos diarios, que es un valor menor al T.P.D. de un camino tipo F, por lo que se propuso diseñar un camino Tipo F. **Diseño geométrico**

Un diseño geométrico de carreteras óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adoptado, estos criterios a su vez, dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

2.11.1 Metodología usada para el diseño

Según la clasificación de la Dirección General de Caminos la carretera a rehabilitar para el proyecto es una Tipo F.

Para este tipo de camino la Dirección General de Caminos presenta las siguientes especificaciones:

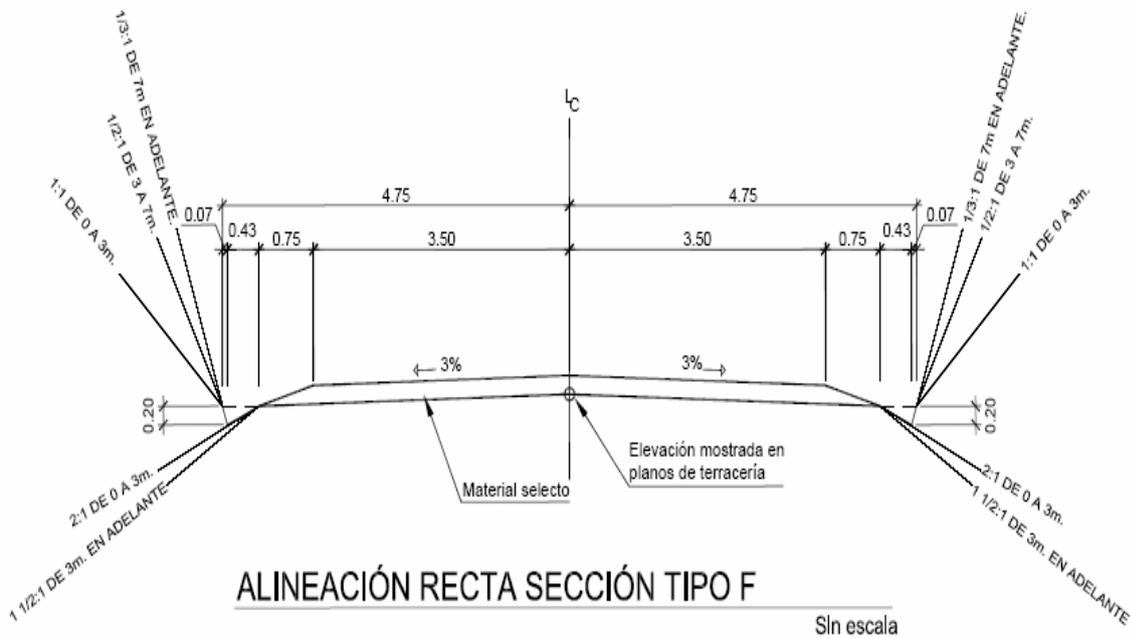
- Camino de terracería de un carril de 5.50 metros de rodadura
- Ancho de corona de 7 metros
- Tráfico Promedio Diario (T.P.D.) de 10 a 100 vehículos
- Velocidad de diseño
 - Regiones llanas 40 K.P.H.
 - Regiones onduladas 30 K.P.H.
 - Regiones montañosas 20 K.P.H.
- Ancho de terracería
 - En corte 9.50 m
 - En relleno 8.50 m
- Radio de curva mínimo
 - Región llana 47 m
 - Región ondulada 30 m
 - Región montañosa 18 m
- Pendiente máxima

Región llana 10 %
 Región ondulada 12 %
 Región montañosa 14 %

- Distancia de visibilidad de parada
 Región llana 40 m
 Región ondulada 30 m
 Región montañosa 20 m
- Distancia de visibilidad de paso
 Región llana 180 m
 Región ondulada 110 m
 Región montañosa 50 m.

2.11.2 Componentes de la sección típica

Figura 3 Sección típica de camino tipo F



2.12. Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera.

Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son la tangente, las curvas circulares y las curvas de transición.

2.12.1. Tangente horizontal

Las tangentes son la proyección de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y el ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa como Δ . Las tangentes horizontales están definidas por su longitud y su dirección.

La longitud máxima de una tangente esta condicionada por la seguridad, las tangentes largas son causa potencial de accidentes. Conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas esta definida por la longitud necesaria para la sobre elevación y ampliación a esas curvas.

2.12.2. Curvas circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate en un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

Cuando dos tangentes están unidas entre si por una curva circular, esta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamiento, las curvas pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Los elementos de una curva circular y su cálculo son los siguientes:

- **Grado de curvatura:**

Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

- **Radio de la curva:**

Es el radio de la curva circular

$$R = \frac{1145.9156}{G}$$

- **Ángulo de deflexión central Δ :**

Deflexión entre la tangente de entrada y la tangente de salida

- **Longitud de curva:**

Es la distancia siguiendo la curva desde el PC al PT

$$Lc = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

- **Sub-tangente:**

Es la distancia del PI al PC o principio de curva, y del PI al PT o principio de tangente, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St.

$$St = \frac{R \times Tg\Delta}{2}$$

- **External:**

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

- **Cuerda máxima:**

Es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

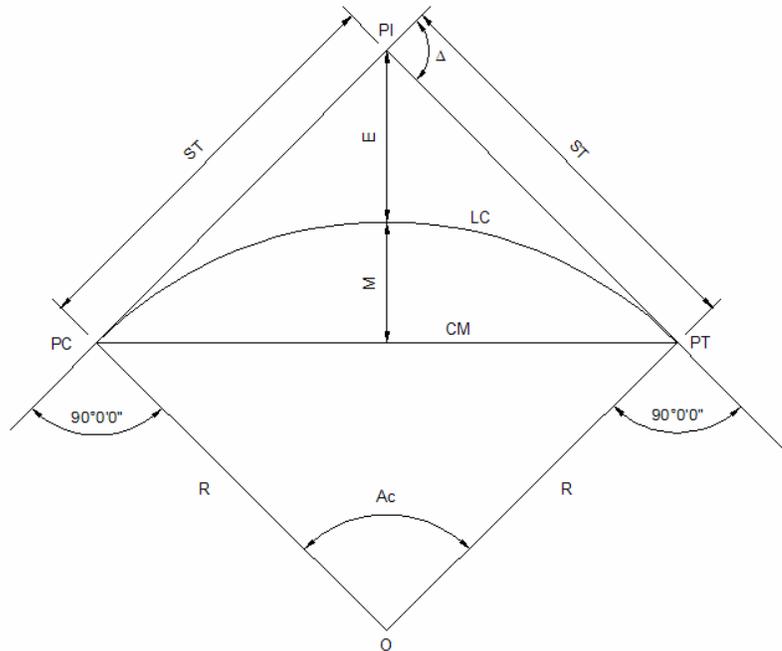
$$Cm = 2R \left(\sen \frac{\Delta}{2} \right)$$

- **Ordenada media:**

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

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

Figura 4 Elementos de curva horizontal



- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC Punto donde comienza la curva circular simple
- PT Punto en donde termina la curva circular simple
- O Centro de la curva circular
- Δ Ángulo de deflexión de la tangente
- Ac Ángulo central de la curva circular
- G Grado de curvatura
- R Radio
- ST Subtangente
- E External
- M Ordenada media
- C Cuerda
- CM Cuerda máxima
- L Longitud de curva

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

- **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

μ = Coeficiente de fricción lateral

Smax = Sobre elevación 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

Velocidad de proyecto (Km/h)	Coefficiente de fricción lateral	Sobre elevación máxima (m/m)	Grado máximo de curvatura calculado (Grados)	Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)
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 mínima:**

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

- **Longitud máxima:**

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

- **Distancia de visibilidad de parada:**

La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$Dp = V * t = \frac{V^2}{254 * f}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en Km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

En la siguiente tabla se muestran los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de parada, que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

Tabla VIII. Visibilidad de parada

Velocidad de proyecto (Km/h)	Velocidad de marcha (Km/h)	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado (m)	Distancia de visibilidad	
		Tiempo (seg)	Distancia (m)			Calculada (m)	Para proyecto (m)
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

- **Tangentes**

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

a.- Longitud mínima. Dependiendo de la forma de las curvas circulares, la longitud mínima tiene las siguientes propiedades:

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta, deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
4. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b.- Longitud máxima. la longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.

c.- Azimut. el azimut definirá la dirección de las tangentes.

2.12.4 Procedimiento de cálculo de curva horizontal (estación 0+392.75 a 0+466.01)

Se tomó un radio de 76.39 m. (curva No. 8)

$$G^{\circ} = \frac{1145.9156}{R} = \frac{1145.9156}{76.39} = 15$$

$$\Delta = Az2 - Az1 = 197^{\circ}22'05'' - 142^{\circ}25'24'' = 54^{\circ}56'41''$$

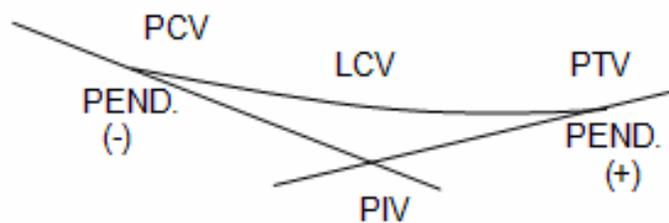
$$L_c = 20 * \frac{\Delta}{G^\circ} = 20 * \frac{54^\circ 56' 41''}{15} = 73.26\text{m}$$

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 76.39 * \tan\left(\frac{54^\circ 56' 41''}{2}\right) = 39.72\text{m}$$

2.13. Alineamiento vertical

La altimetría o alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la carretera. Al eje de la carretera en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son tangentes y curvas verticales.

Figura 5 Sección de una curva vertical



PCV: Principio de curva vertical
 PEND: Pendiente
 PTV: Principio de tangente vertical
 PIV: Punto de intersección vertical
 LCV: Longitud de curva vertical

2.13.1. Tangente vertical

Estas se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la tangente. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

- **Pendiente máxima**

Es la mayor pendiente que se permite en un proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

- **Pendiente mínima**

Es la menor pendiente que se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar un buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

2.13.2. Curva vertical

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la carretera. Las curvas verticales

deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de una apariencia 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. La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo 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

$$L = k * a$$

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

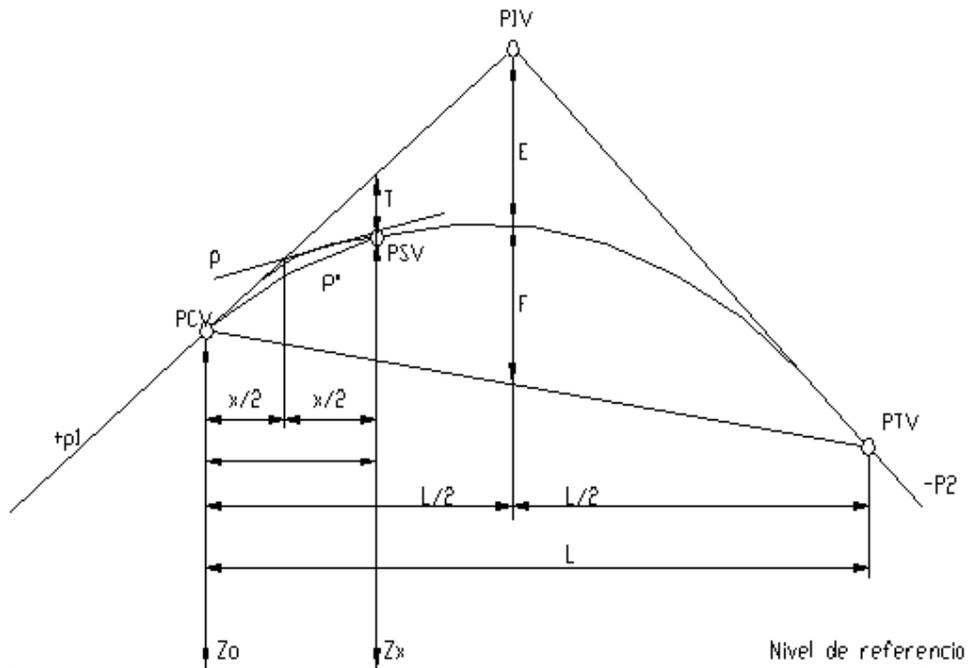
k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes.

Tabla IX. Valores de k según tipo de curva

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

Figura 6 Elementos de curva vertical



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

p1 = Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
 p2 = 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 = Externa, 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

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:

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

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)

2.13.3. Procedimiento de cálculo de curva Vertical (estación 0+640 a 0+690)

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. El cálculo se efectúa por medio de las siguientes formulas, cuya deducción esta basada en las propiedades de la parábola.

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} \times LCV$$

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} \left[(PI - X) - \left(\frac{LCV}{2}\right) \right]^2$$

Donde:

OM = Corrección máxima para cada curva vertical (ordenada media)

P1 = Pendiente de entrada

P2 = Pendiente de salida

LCV = Longitud de curva vertical

PI = Punto de intersección vertical

X = Punto cualquiera del estacionamiento

Y = Corrección para un punto correspondiente a X

Ejemplo:

P1 = -12%

P2 = 8.95%

LCV = 50 m

PIV en estación 0+665

$$OM = \frac{8.95 - (-12)}{800} \times 50 = 1.3094$$

$$Y = \frac{1.3094}{\left(\frac{50}{2}\right)^2} \left[(665 - 640) - \left(\frac{50}{2}\right) \right]^2 = 0$$

Tabla X Cálculo de curvas vertical

Estacion	X	Pendiente	Rasante	Correccion Y	Rasante Corregida
0+640	PCV		512.60	0	512.60
0+645		-12.00%	512.26	0.052	512.31
0+650			511.91	0.209	512.12
0+655			511.57	0.471	512.04
0+660			511.22	0.838	512.06
0+665	PIV			510.88	1.844
0+670		8.95%	511.07	0.838	511.91
0+675			511.26	0.471	511.74
0+680			511.46	0.209	511.67
0+685			511.65	0.052	511.70
0+690	PTV			511.84	0

2.14. Elementos geométricos del alineamiento transversal

Los elementos geométricos del alineamiento transversal son aquellos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal.

Sobre la sección transversal es posible definir disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección.

Ancho de corona. Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Los elementos que definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

Rasante. Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior de la base de rodadura.

Ancho de calzada. Es la parte del ancho de corona destinada a la circulación de vehículos, constituido por uno o más carriles.

Hombros. El hombro es el área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada, que se diseña para obtener ventajas tales como la conservación de la base de rodadura, la protección contra humedad y posibles erosiones en la calzada, proporcionando al mismo tiempo seguridad al usuario al poder disponer de un espacio adicional fuera del ancho de calzada.

Cunetas y contra cunetas. Son obras de drenaje que pertenecen a la sección típica. Son canales o conductos abiertos para la conducción del agua, construidas paralelamente al eje de la carretera para drenar el agua de lluvia.

Pendiente transversal. Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal pueden darse tres tipos:

- a. Pendiente por bombeo. Es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.
- b. Pendiente por peralte. Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.
- c. Pendiente por transición. Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente, por peralte hacia la pendiente por bombeo.

Taludes. Son los planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica de una carretera. Los taludes determinan los volúmenes de tierra tanto en corte como en relleno.

2.15. Movimiento de tierras

Las cotas de proyecto de rasante y subrasante de las carreteras establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario en algunos casos rebajar dichas cotas, y en otros casos elevarlas.

En el primer caso corresponde ejecutar un trabajo de "corte o excavación", y en el segundo, un trabajo de "relleno o de terraplén.

2.15.1. Cálculo de áreas

Los elementos que definen el área son los que se especifican en la sección típica como:

- taludes de corte o relleno
- dimensiones de cunetas
- hombros
- anchos de calzada

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales existen infinidad de métodos tales como:

- el analítico
- el gráfico
- el planimétrico

Pero al utilizar el programa Autodesk Land Desktop el cálculo de las áreas y de los volúmenes es automático y preciso.

2.15.2. Cálculo de volúmenes

Para este tipo de cálculo se realiza el tazo de la línea subrasante con sus curvas verticales, se determinan los espesores tanto de corte o relleno dados por la diferencia que existe entre elevaciones del terreno natural y la

subrasante. El cálculo de volúmenes se realiza en base al área medida en cada sección transversal de material a cortar o de relleno.

2.16. Capas que conforman el balasto

2.16.1. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura de la capa de rodadura y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponda al tránsito previsto.

2.16.1.1. Reacondicionamiento de subrasante

Esto consiste en escarificar, homogenizar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de la carretera, efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20 centímetros de espesor, esto se hace a lo largo de la carretera, previo a la colocación del balasto.

El material que actualmente conforma la carretera se encuentra entre el rango de subrasante regular que es de 7% a 20%, teniendo un porcentaje de 16.7% en el CBR, según el estudio de suelos realizado. Teniendo este tipo de suelo se evitara en la mayor parte de la carretera realizar un reacondicionamiento de la subrasante.

2.16.2. Capa de rodadura de balasto

Por las características de la carretera, la capa de rodadura será conformada con material de balasto.

El balasto es un material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de la carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva como superficie de rodadura.

El revestimiento o capa de rodadura de la carretera es la última etapa del trabajo, y consiste en colocar una capa de espesor la cual varía entre 0.15 y 0.2 metros de material seleccionado.

2.17. Banco de materiales

Es de mucha importancia la localización de los bancos de materiales que serán utilizados en la rehabilitación de la carretera, ya que la distancia de los bancos del área de construcción incidirá significativamente en los costos.

2.18. Importancia del drenaje en la vida de un camino

El objeto fundamental del drenaje es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma perjudica el camino. Esto se logra evitando que el agua llegue a él, o bien dando salida a la que inevitablemente le llega.

Para que un camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos, además debe evitarse que el agua subterránea reblandezca de subrasante.

2.18.1. Sistemas de drenaje

El drenaje se divide en drenaje superficial y en drenaje transversal, de acuerdo al funcionamiento del escurrimiento.

2.18.1.1. Drenaje superficial

Se le llama así al que tiende a eliminar el agua que escurre encima del terreno o del camino, sea que provenga directamente de lluvia, de escurrimientos naturales o de aguas almacenadas.

El drenaje superficial comprende dos aspectos:

- Es el que trata de evitar que el agua llegue al camino por medio de obras que lo protejan.
- Es el que trata de eliminar el agua que inevitablemente llega al camino, por medio de estructuras especiales.

Las principales obras para la protección del camino son las siguientes:

- Longitudinal: cunetas, contracunetas y canales.
- Alcantarillas: alcantarillas, bóvedas y puentes.

2.18.1.1.1. Cunetas

Son estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre de los taludes de los cortes.

Las cunetas son zanjas que se localizan a la orilla del camino en los cortes o cuando el camino se encuentra en terreno llano; desaguan en alcantarillas o por medio de canales de salida.

Las cunetas son zanjas laterales, paralelas al eje de la carretera o camino construidas entre los extremos de los hombros y el de los taludes. Se debe de evitar la construcción de cunetas de gran longitud, mediante la construcción de alcantarillas de alivio. La longitud de la cuneta esta limitada por su capacidad hidráulica, pues no se permite que el agua rebalse su sección. Es recomendable evacuar el agua a una longitud no mayor de 200 metros.

No es aconsejable el empleo de cunetas de sección transversal rectangular, por peligrosas y su conservación es difícil, ya que muy pocas veces conservan sus taludes verticales porque se derrumban y asolvan (para el uso de cunetas no revestidas). Para la carretera del proyecto se empleará la de forma de V, con el talud adyacente al camino, lo más tendido posible, para evitar la sedimentación, la cuneta deberá tener por lo menos una pendiente de 0.5% y para evitar la erosión, 2% como máximo.

2.18.1.2. 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 tubería de 30" como mínimo. En el caso de la Rehabilitación del

tramo carretero que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal se localizaron veintiséis drenajes transversales.

A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragante en la entrada cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes que su área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les hará muros cabezales.

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 metros para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

2.19. Presupuesto del proyecto

Tabla XI Cuadro de cantidades de trabajo

MUNICIPALIDAD DE CHIQUMILLA

PROYECTO: REHABILITACIÓN DE TRAMO CARRETERO
 UBICACIÓN: CASERÍO EL POSHTE Y ALDE EL BARREAL
 MUNICIPIO: CHIQUMILLA
 DEPARTAMENTO: CHIQUMILLA

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

No.	REGLONES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Limpia, chapeo y destronque	2.00	Ha.	Q 2,646.00	Q 5,292.00
2	Excavación no clasificada	9,278.00	m³	Q 36.95	Q 342,783.12
3	Excavación no clasificada de desperdicio	14,251.00	m³	Q 29.53	Q 420,846.53
4	Corte en roca	1,065.57	m³	Q 25.41	Q 27,071.22
5	Reacondicionamiento de subrasante	17,810.88	m²	Q 3.72	Q 66,233.21
6	Capa de balasto	8,297.97	m³	Q 146.37	Q 1,214,540.57
7	Alcantarillado (tubería corrugada diametro = 30")	108.00	ml	Q 707.00	Q 76,356.02
8	Alcantarillado (tubería corrugada diametro = 36")	20.00	ml	Q 882.00	Q 17,640.00
9	Cajas y cabezales de mampostería	144.00	m³	Q 637.28	Q 91,768.32
10	Cunetas	4,780.00	ml	Q 167.96	Q 802,852.62
11	Señalización	2.00	u	Q 5,000.00	Q 10,000.00
COSTO TOTAL				Q	3,075,383.63

2.20. Especificaciones Técnicas

Nombre del Proyecto:

Rehabilitación del tramo carretero que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal.

Características específicas:

La longitud total de rehabilitación será de 6.32226 kilómetros. La capa de rodadura (balasto) actual deberá ser balastada y reacondicionada mediante la escarificación, conformación y compactación con el ancho y espesor marcados en los planos.

Reparación

Limpia, chapeo y destronque

Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.

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, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar, o que tenga que ser removida de acuerdo con otras Secciones de estas Especificaciones Generales. 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.

La medida se debe hacer del número de hectáreas, con aproximación de cuatro decimales, que hayan sido satisfactoriamente limpiadas, chapeadas y destroncadas, de conformidad con estas Especificaciones Generales.

El pago se debe hacer por el número de hectáreas medidas como se indica anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a la Limpia, Chapeo y Destronque.

Excavación no clasificada

Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción de la carretera. Cuando se hayan completado todos los rellenos y demás elementos, con el material proveniente del corte y exista material sobrante, éste tendrá que desperdiciarse cuando así haya sido contemplado en el diseño o por que el material es inadecuado.

Excavación no clasificada de desperdicio

Es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra.

Conformación de subrasante

Subrasante. Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del balasto y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Capa de balasto

El balasto 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 estas Especificaciones Generales y en las Disposiciones Especiales.

El balasto 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./metro³ (90 lb./pie³) 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 separado ya sea por tamizado en el banco de material o según lo autorice el Delegado Residente.

Cuando la capa de balasto se deba colocar sobre una subrasante existente, ésta debe ser previamente conformada, escarificada y compactada superficialmente, respetando las líneas, pendientes y sección típica establecidas en los planos y especificaciones. En los lugares donde se encuentre material inadecuado, éstos deben ser removidos hasta una profundidad de por lo menos 300 milímetros y reemplazados con material apropiado. Todas las rocas o piedras grandes que se encuentren en el lecho de la carretera, se deben excavar hasta los límites laterales de la misma,

mostrados en los planos y a una profundidad por lo menos de 300 milímetros debajo de la subrasante.

Cunetas

Son los canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a una carretera, con el objeto de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes. Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben construir en tal forma, que se evite cualquier daño a dichos terraplenes, debido a la erosión y darles una pendiente adecuada, removiendo todas las raíces, rocas o materias similares salientes que obstruyan el libre corrimiento de las aguas, para evitar el rebalse de la misma sobre el terraplén. Se construirán de concreto ciclópeo para darles mayor tiempo de vida útil. Todo el material excavado de las cunetas se debe depositar fuera de los límites de la carretera, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente; y no se debe dejar apilado en montones que tengan mal aspecto, sino que se debe esparcir en capas uniformemente conformadas.

2.21. Evaluación de impacto ambiental

De manera general se puede afirmar que todo proyecto de inversión física tiende a agredir al ambiente natural de manera directa y al ambiente antropico de manera indirecta.

Es importante tener en cuenta los riesgos en que se incurre al llevar a cabo cualquier proyecto. Los riesgos financieros y económicos han sido los que tradicionalmente, se han evaluado. Los riesgos ambientales directos e

indirectos tienen poco tiempo de ser incorporados al análisis, por lo que se falla en gran medida en cuanto a su prevención.

Se entiende que los riesgos existen cuando se pueden medir las probabilidades de la ocurrencia de un evento.

2.21.1. Impacto ambiental en construcción

En el proceso de rehabilitación del tramo carretero que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal, uno de los aspectos a tomar en cuenta para el impacto ambiental que este pueda tener es la remoción de suelo, lo que generará polvo procedente de los trabajos de nivelación, excavación y compactación en el área a rehabilitar. Otro aspecto es la remoción de áreas verdes para poder realizar los cortes en la carretera, pero teniendo el cuidado de remover lo necesario sin dañar áreas que no están incluidas en los cortes, el ruido ya que se utilizará maquinaria para la extracción y compactación de dicho suelo, en este proyecto en particular se tuvo el cuidado de humedecer el suelo para evitar la generación de polvo.

2.21.2. En operación

En el proceso de operación del proyecto uno de los aspectos en el tema del ambiente, es el de estudiar y registrar la disminución de derrumbes, debido a los cortes de talud y rellenos mal compactados. Se propone un buen diseño en el corte de talud, teniendo en cuenta el ángulo de reposo del material respectivo, y compactación conforme a las especificaciones generales para construcción de carreteras de la Dirección General de Caminos.

Es necesario decir que la erosión se da en la limpia, chapeo y destronque, durante los trabajos de excavación y nivelación, en el aprovechamiento de los bancos de material. Se propone la revegetación de las áreas afectadas con gramíneas o arbustos y en el caso de taludes se utilizará hidrosiembras.

3. MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CDAG ZONA 5 DE CHIQUIMULA

3.1 Descripción del proyecto

Consistió en el diseño de un muro de contención de 126 metros lineales y una altura de 6.60 metros, el muro se diseño de forma escalonada teniendo el primer talud una altura de 4.50 metros y el segundo una altura de 2.50 metros, el primer talud se diseño en forma de voladizo, es decir, es un muro de concreto armado, en el sentido longitudinal se dejaron juntas de construcción a cada seis metros, por lo que se dice que el proyecto consta de 21 módulos de seis metros lineales cada uno, lo que da como resultado que se cubrieron los 126 metros lineales, el segundo talud se diseño como muro de gravedad, ya que se puede trabajar de este tipo por la altura que es bastante considerable entre este tipo de muro de contención . Así mismo el muro cuenta con su respectivo sistema de drenaje, ya que es uno de los principales problemas no solo para la estructura sino que también para el talud. Además es importante mencionar que se encontró un suelo tipo limo arenoso, el cual su valor soporte dado por el estudio triaxial de suelos es de 17.90 ton/m².

3.2 Tipos de muros de contención

Un muro de contención es una estructura que sirve para contener lateralmente una masa de suelo, debido a la fuerza de empuje que lo hace perder el equilibrio de la forma como fue diseñado.

Para que un muro de contención sea eficiente en el servicio para el cual se le diseñó, es necesario que llene dos requisitos fundamentales que son:

- El muro, en su estructura interna, debe ser capaz de resistir la fuerza de empuje que actúa sobre él.
- La cimentación del muro debe ser resistente a fallas de volteo, por deslizamiento o por asentamiento del suelo que lo soporta.

Entre los materiales en que se puede fabricar un muro de contención están: Piedra, concreto ciclópeo, concreto armado, mampostería, tierra, madera y metal.

Atendiendo a los factores mencionados anteriormente, los muros de contención se pueden dividir básicamente en los siguientes:

- Muros por gravedad
- Muros de concreto armado (en voladizo)
- Muros de semi-gravedad
- Muros con contrafuertes

3.2.1 Muros por gravedad

Son aquellos que resisten los empujes mediante su propio peso, y son económicos para alturas menores de 4.00 metros en cuanto a su sección transversal estos pueden ser de diferentes formas y con lo que respecta a los materiales, estos pueden ser de mampostería, de ladrillo o de concreto ciclópeo. Utiliza su propio peso como elemento estabilizador, por lo que se requiere de grandes dimensiones dependiendo de los empujes.

Su ventaja fundamental es que no van armados, el muro diseñado tiene un talud de este tipo, se diseño de concreto ciclópeo con una proporción de 1/3 de piedra bola de 4" de diámetro + 2/3 de concreto pobre.

Tiene su propio drenaje para lo cual se colocaron tuberías en todo el sentido longitudinal de dicho muro, las tuberías tienen una longitud de 2.00 metros esto se debe al espesor del muro, y separadas verticalmente a 0.70 metros para que el agua drene de una mejor manera y no se sature el suelo provocando así presiones mucho mas altas en el suelo.

3.2.2 Muros de concreto armado (muros en voladizo)

Son muros elaborados con concreto armado, y están diseñados para poder soportar esfuerzos de flexión, su procedimiento de calculo es de forma de voladizo, este tipo de muro es recomendable cuando se tengan alturas entre 4 y 10.00 metros, es por eso que se opto por este tipo de muro para el talud No.1 del Polideportivo CDAG ya que la altura que tiene es de 4.50 metros.

Para el diseño del talud se considero una proporción de 1:2:3 que viene dada de la formula de Fuller, este muro cuenta con su respectivo drenaje ya que se colocaron tuberías de 1.35 metros de largo, y las normas de AGIES NR 1:2000 sugiere una separación de 1.50 metros como parámetro, pero en este caso se colocaron a 1.00 metro por la altura que se tiene del muro solamente se podrían colocar 2 tuberías, lo cual dificultaría el drenaje del agua en el suelo y provocarle una saturación del mismo, por tal motivo se opto por dicha medida para así colocar 3 tuberías en el sentido vertical.

3.2.3 Muros de semi-gravedad

Son muros poco más esbeltos que los muros por gravedad, porque se toleran esfuerzos de tracción pequeños que se absorben con pequeñísimas cuantías de refuerzo y que en general pueden resultar aún más económicas que los muros de gravedad para alturas de 4.00 metros.

3.2.4 Muros con contrafuertes

Constituyen una solución evolucionada de la anterior, en la que al crecer la altura y por lo tanto los espesores del concreto, compensa el aligerar las piezas. Esto conduce a encofrados y desencofrados mucho más complicados y a un concreto más difícil de ser trabajado y por lo tanto mucho más costoso, sin embargo, a partir de los 10 ó 12 m de altura es una solución que debe considerarse.

Puede tener los contrafuertes en la parte interna del muro, es decir en la que está en contacto con el suelo contenido (trasdós) o en la parte externa del muro (intradós).

3.2.4.1 Con contrafuerte en el intradós

Consiste en aligerar un muro de gravedad, suprimiendo concreto en las zonas que colaboran muy poco en el efecto estabilizador.

3.2.4.2 Con contrafuerte en el trasdós

Su idea es igual al del muro con contrafuerte en el intradós, pero en este caso los contrafuertes son interiores, es decir, no se ven.

La segunda solución es técnica y económicamente mejor, por disponer el alzado en la zona comprimida de la sección que se forma. La primera solución, al dejar los contrafuertes vistos produce además, generalmente, una mala sensación estética.

3.3 Criterios y especificaciones para los muros de contención

Estas se refieren directamente a este caso en particular, es decir a muros de concreto armado y que el comportamiento de sus elementos es a flexión, por lo cual se diseña el acero de manera que sea capaz de resistir el momento actuante. El muro, que es caso del tipo voladizo, se hace necesario realizar un análisis detallado de las cargas que actúan en el, para después determinar el momento y por último se realiza el cálculo y diseño del acero, no dejando sin importancia los chequeos relativos a volteo y deslizamiento del muro.

De igual manera para el muro por gravedad se realiza un análisis detallado de las cargas que actúan sobre el y se verifica los chequeos correspondientes al volteo y deslizamiento.

A continuación se presentan las especificaciones que se utilizaron para el primer talud del muro de contención del Polideportivo CDAG del Sector Bella Vista Zona 5 del Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula.

El área de acero mínimo está dada por la ecuación:

$$A_{smin} = 0.002 * b * t$$

De donde:

b = ancho unitario en cm (100).

t = espesor de la losa en cm.

El cortante resisten del concreto está dado por:

$$V_{res} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

f'c = resistencia a compresión del concreto en kg/cm²

b = base unitaria en cm

d = peralte efectivo en cm

Longitudes de traslapes de las varillas de acero de la No. 2 a la No. 11 vienen dadas por:

$$L_d = \frac{0.06 * A_{var} * f_y}{\sqrt{f'c}} > 0.0057 * \phi_{varilla} * f_y$$

Longitud de desarrollo para varillas con ganchos a 90 grados.

$$L_d = 12 * \text{diámetro de la varilla}$$

3.4 Tipos de suelos

Por la erosión y la actividad de los seres vivos, la porción externa de la corteza rocosa terrestre, su superficie, se convierte en aquello que se conoce como "suelos".

Sin el suelo sería imposible la existencia de plantas superiores y sin ellas, ni nosotros ni el resto de los animales podríamos vivir. A pesar de que forma una capa muy delgada, es esencial para la vida en tierra firme. Cada región del

planeta tiene unos suelos que la caracterizan, según el tipo de roca de la que se ha formado y los agentes que lo han modificado.

Cuando se habla de tipos de suelos se puede decir que estos se dividen en dos amplios grupos, los cuales son: los que cuyo origen es principalmente orgánico y los que su formación u origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas. Los suelos orgánicos, ellos se forman siempre en el sitio donde se formó, ya sea en forma no descompuesta o de humus, en su estado de descomposición, es tan alta con relación a la cantidad de suelo inorgánico que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas.

En los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual, en caso contrario, forman un suelo transportado. El agente transportador puede ser por glaciares, por vientos, gravedad, agua, etc.

El suelo procede de la interacción entre la atmósfera, y biosfera. El suelo se forma a partir de la descomposición de la roca madre, por factores climáticos y la acción de los seres vivos. Esto implica que el suelo tiene una parte mineral y otra biológica, lo que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales y animales.

La descomposición de la roca madre puede deberse a factores físicos y mecánicos, o por alteración, o descomposición química. En este proceso se forman unos elementos muy pequeños que conforman el suelo, los coloides y los iones. Dependiendo del porcentaje de coloides e iones, y de su origen, el suelo tendrá unas determinadas características.

La materia orgánica procede, fundamentalmente, de la vegetación que coloniza la roca madre. La descomposición de estos aportes forma el humus bruto. A estos restos orgánicos vegetales se añaden los procedentes de la descomposición de los aportes de la fauna, aunque en el porcentaje total de estos son de menor importancia.

La descomposición de la materia orgánica aporta al suelo diferentes minerales y gases: amoníaco, nitratos, fosfatos. Estos son elementos esenciales para el metabolismo de los seres vivos y conforman la reserva trófica del suelo para las plantas, además de garantizar su estabilidad.

A continuación se describen los suelos más comunes con nombres que son utilizados por los ingenieros civiles y cualquier otro profesional que intervenga y/o trabaje directamente con lo que es el suelo.

3.4.1 Arenas

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 milímetros y 0.05 milímetros de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas, las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito.

La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y de arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

3.4.2 Limos

Los limos son suelos de granos finos con poco o nula plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido artificialmente en las canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo de este último caso de características plásticas. El tamaño de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 milímetros y 0.005 milímetros. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

3.4.3 Arcillas

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con tamaño menor de 0.005 milímetros y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de aluminio hidratado, aunque en muchas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. Algunas entidades consideran como arcillas a las partículas menores a 0.02 milímetros, y son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicárseles una carga en su superficie se comprimen lentamente, desde el punto de vista de la construcción, es que la resistencia perdida por el remoldeo se recupera parcialmente con el tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre de tixotropía y es de naturaleza físico-química. Se puede decir que un contenido

mínimo del 15% de arcilla en un suelo le dará a éste las propiedades de la arcilla.

3.4.4 Gravas

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de 2 milímetros de tamaño. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas, las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas o rodadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos y márgenes de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos rellenadas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 centímetros, es decir 3 pulgadas hasta 2 milímetros.

Además de los clásicos suelos indicados anteriormente, se pueden enumerar otros que por su naturaleza son especiales y que a continuación se describen.

3.4.5 Talpetate

Es un material polvoriento, de color café claro o café oscuro, compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables, con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbonato de calcio. Según sea el componente predominante el talpetate se suele llamar arcilloso, limoso, arcillo-limoso si es que predomina la arcilla, areno-limoso si predomina la arena, limo-arenoso si predomina el limo y así sucesivamente.

La mayor parte de las veces el talpetate debe su origen a la descomposición y alteración, por intemperismo, de cenizas volcánicas basálticas. Pueden encontrarse dentro del talpetate capas de arena y cenizas basálticas que no alcanzaron a intemperizarse cuando fueron cubiertas por una capa que si se alteró.

3.5 Características físicas de los suelos

Dentro de lo que es la mecánica de suelos, uno de los aspectos más importantes va a ser el conocimiento de las propiedades físicas de los mismos, pues mediante su acertada interpretación se puede predecir un futuro comportamiento de un terreno con determinado tipo de suelo cuando éste se encuentre bajo cargas y con diferentes contenidos de humedad. Algunas de las características físicas más importantes se mencionan a continuación.

3.5.1 Densidad

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos, es por eso que se dice que es absoluta, y la densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen incluyendo sus vacíos.

3.5.2 Peso volumétrico

Se denomina peso volumétrico de un suelo al peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen, esta relación se expresa generalmente en kg/cm^3 , y vamos a decir que es peso volumétrico seco y suelto al peso volumétrico aparente del mismo, tomando el peso previamente cuarteado y secado en un horno a peso constante. Cuando decimos que es peso

volumétrico aparente se refiere al considerar el volumen de vacíos que forman parte del suelo.

3.5.3 Absorción

Es importante conocer la capacidad de absorción de cualquier suelo, ya que uno de los aspectos más importantes en el estudio de suelos va a ser la presencia de agua en estos, ya que este aspecto está relacionado directamente con la capacidad de soporte.

Cuando se ha hecho la prueba respectiva de laboratorio, el resultado obtenido nos sirve para compararlo con lo que marque la especificación correspondiente al uso que se le vaya a dar al material y saber si este satisface o no la norma.

3.5.4 Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo sirve para conocer y comprender sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentajes de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos, pero el más utilizado es el de tamizado.

3.6 Estudio de suelos

El estudio realizado para el suelo del polideportivo CDAG, fue la prueba de compresión triaxial, para la cual se sustrajo una muestra de por lo menos 1m³ inalterada la cual se cubrió con parafina para que guardara la humedad natural.

Figura 7 Muestras para el estudio de suelos



Elaboración Propia

3.6.1 Prueba de compresión triaxial

El estudio de la línea de resistencia intrínseca, o envolvente de Mohr, de los suelos puede llevarse a cabo por medio de la prueba de compresión triaxial.

La prueba de compresión triaxial se realiza envolviendo en una membrana impermeable un espécimen cilíndrico del suelo que se desea probar, cuyas bases quedan en contacto con cabezas sólidas provistas de piedras porosas que sirven de filtro; los filtros están conectados a tubos delgados provistos de válvulas que permiten gobernar la salida o entrada del agua al espécimen. Dichos tubos de drenaje están conectados a una bureta graduada mediante la cual se puede conocer el volumen de agua expulsada o absorbido por el suelo.

La prueba de compresión triaxial puede ejecutarse de diferentes maneras, la que se le realizó a la muestra del suelo se describe a continuación:

3.6.1.1 Prueba rápida o sin drenaje

En este caso se aplica una presión de agua a la cámara que se transmite hidrostáticamente al espécimen, actuando sobre la membrana y las cabezas.

Las válvulas de drenaje se cierran antes de aplicar la presión al agua y permaneciendo cerradas se comienza a cargar axialmente la muestra de suelo desde el exterior de la cámara, aplicando al vástago una carga creciente hasta alcanzar la falla, que generalmente se presenta a lo largo de un plano inclinado.

Un micrómetro marca las deformaciones longitudinales del espécimen.

Los resultados obtenidos en este ensayo fueron:

- Ángulo de fricción interna $\Phi = 30.69$
- Cohesión $C_u = 8 \text{ T/m}^2$

Los cuales sirvieron para obtener el valor soporte del suelo el cual fue de 17.90 T/m^2 , dicho valor se relaciona directamente con la base del muro

3.7 Empuje de tierras

En la acción o reacción de la tierra ejercida sobre una estructura, se deben distinguir dos situaciones diferentes, en el primer caso, la acción de la tierra sobre una estructura, se denomina "Empuje Activo"; en cambio en el segundo caso, la acción de la estructura sobre la tierra, se denomina "Empuje Pasivo".

El empuje de la tierra depende de numerosos factores de compleja determinación que inclusive no son constantes en el tiempo. Los principales factores son:

- Rugosidad e inclinación de la superficie en contacto con el suelo,
- Rigidez y deformación de la estructura,
- Densidad, ángulo de fricción interna, humedad, coeficiente de vacíos, cohesión, nivel freático e inclinación del terraplén,
- Factores externos al terreno y a la estructura, como lluvias, sobrecargas, vibraciones, etc.

En consecuencia el "Calculo del Empuje de Tierra", deberá ser considerado como una estimación o evaluación en el que el encargado, en este caso el ingeniero civil, deberá recurrir a su mejor criterio y al grado de seguridad que desea.

3.8 El agua en el suelo

El suelo, como ya se ha observado, es un material con arreglo variable de partículas que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes que se comunican tanto con la superficie del terreno, las fisuras y grietas del mismo, entonces el agua escurre a través de estos y parte se infiltra por acción de la gravedad hasta estratos impermeables más profundos, a estos se les conoce comúnmente con el nombre de nivel freático. Al agua que pasa a través de estos poros se le llama agua gravitacional y a aquella que se encuentra por debajo del nivel freático se le llama agua freática. Al agua que no es capaz de drenar ya sea por las fuerzas de tensión superficial y de absorción a través de

estos poros recibe el nombre de agua retenida. Estas son las dos formas básicas de presencia de agua en el suelo, y las cuales requieren un estudio especial para tomar las medidas pertinentes para evitar que estas afecten la estructura.

3.9 Drenaje en los muros de contención

La mayoría de las paredes de retención fallan debido a la presión que la pared tiene que resistir, causadas por el agua o por el incremento de humedad en la tierra detrás de la pared. Todas las paredes deben de poder permitir la circulación de agua en dirección contraria a la pared. Esto se logra rellenando la parte posterior de la pared con grava, o con cubiertas para drenar prefabricadas y conductos para drenaje.

Las paredes estructurales en ocasiones requieren de la colocación de tubería para permitir que el agua se drene detrás de la pared. Los dos procedimientos citados anteriormente fueron aplicados en el diseño del muro de contención para el polideportivo CDAG del sector bella vista zona 5 de Chiquimula, el cual cuenta con una capa de aproximadamente 20 centímetros de grava de tamaño de $\frac{3}{4}$ " a 1" para romper la energía y la presión que el agua pueda ejercer sobre la estructura del muro, así mismo fueron colocados tubos p.v.c de $\text{Ø } 3$ " a una distancia de 1.00 metro para el muro en voladizo y a 0.70 metros para el muro en gravedad para ayudar a drenar el agua gravitacional que corre por el suelo de relleno colocado atrás de la pared del muro, en el fondo de la capa de grava se colocó en forma longitudinal, un tubo p.v.c perforado de $\text{Ø } 8$ ", el cual recolectará toda el agua que drene de la grava y la desfogará hacia una cuneta que se encuentra al lado de la estructura.

3.10 Estabilidad de taludes

Un talud de tierra no puede considerarse estable porque tarde o temprano la estabilidad que este pueda presentar se pierde debido a los agentes naturales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y la erosión. Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable.

La estabilidad de los paramentos de un corte se confía a la resistencia propia del material que los forma y el valor soportante del suelo subyacente al pie del talud.

Cuando el material que forma los paramentos de un corte tiene un límite elástico bien definido, la falla de talud consiste en el deslizamiento de una parte de dicho paramento a lo largo de una superficie conchoidal bien definida que puede aflorar al pie del talud o puede extenderse por debajo del corte y aflorar a una cierta distancia del talud. A este tipo de falla se le denomina deslizamiento y se observa tanto en materiales cohesivos como en los de poca cohesión.

Cuando el suelo además de ser cohesivo se encuentra en un estado plástico, o bien cuando se trata de materiales granulares sueltos y saturados, es muy frecuente que la falla tenga las características de un escurrimiento lodoso o flujo plástico.

A menudo la falla por deslizamiento, una vez que ha dado comienzo el movimiento, degenera en flujo plástico por haber perdido su estructura y elasticidad el material que participó en el deslizamiento. Cuando el material que

forma los taludes se encuentra fracturado, o está formado por bloques mal cementados con suelos limosos erosionables, entonces se producen desprendimientos de los estratos superficiales. A este tipo de falla se les denomina derrumbe, es decir, se han clasificado las fallas de los taludes por las características del material que forma el suelo, pero también pueden clasificarse de acuerdo con el tiempo en que estas se presentan. Cuando la falla ocurre durante la construcción del corte, ella se deberá, casi exclusivamente, a que la altura del talud es mayor que la necesaria para que el peso propio del suelo pueda ser equilibrado por la resistencia interna del mismo. Cuando la falla del corte se produce algún tiempo después de efectuado aquel, es muy probable que en la inestabilidad del mismo hayan intervenido causas variadas, tales como presiones hidrostáticas, intemperismo y erosión.

3.11 Cálculo y diseño del muro de contención para el polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5

3.11.1 Muro en voladizo

$\gamma_{\text{suelo}} = 1.90 \text{ toneladas / m}^3$

$\gamma_{\text{concreto}} = 2.40 \text{ toneladas / m}^3 \text{ (concreto armado).}$

Ángulo de fricción interna $\phi = 30.69^\circ$

Valor soporte del suelo = $17.90 \text{ toneladas / m}^2$

Coeficiente $\mu = 0.33$

$f'_y = 2810 \text{ Kg. / cm}^2$

$f'_c = 210 \text{ Kg. / cm}^2$

Factor de carga última = 1.70

Sobrecarga $q = 0.6 \text{ ton/m}^2$

Predimensionamiento de muro:

Uno de los primeros pasos y que es muy importante es el predimensionamiento del muro, para esto existen algunos parámetros que la mayoría están en función de la altura.

Para la base del muro se puede tomar un valor de $H/2$.

Para el espesor de la cortina del muro que en este caso es un trapecio la base superior se puede tomar un valor entre $H/10$ y $H/11$ y la inferior 2 veces la base superior.

Para el pie del muro puede tomarse un tercio de la base anteriormente calculada, es decir $Base/3$.

El talón del muro será los dos tercios restantes de la base, es decir $2/3 * Base$.

El espesor de la zapata se puede tomar un valor entre 0.40 metros a 1.25 metros.

Con los parámetros anteriores, procedemos a realizar el cálculo respectivo de predimensionamiento para el muro de contención.

Para el cálculo de la carga sobre el muro en voladizo se sumaron la carga del polideportivo y la del muro por gravedad la cual se cálculo de la siguiente manera teniendo el peso de la estructura se dividió por su longitud.

$$\text{carga del muro} = \frac{\text{peso del muro por gravedad}}{\text{longitud del muro}} = \frac{7.5\text{Ton/m}}{126\text{m}} = 0.06\text{Ton /m}^2$$

Sobre carga = carga del muro + carga del polideportivo

$$\text{Sobre carga} = 0.06\text{ton/m}^2 + 0.5\text{ton/m}^2 = 0.6\text{ton/m}^2$$

Tabla XII Predimensionamiento del muro en voladizo

PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO			
ELEMENTO	PARÁMETRO	CALCULADO	UTILIZAR
Altura total de muro	H	4.50	4.50
Cortina de muro superior	H/11	0.40	0.40
Cortina de muro inferior	2* H/11	0.80	0.80
Base de muro	0.5*H	2.25	2.00
Talón de muro	2/3*H	1.33	1.33
Pie de muro	Base/3	0.67	0.67
Espesor de zapata	De 0.40 a 1.25metros	0.40	0.40
Desplante	14% de H	0.63	0.60
Recubrimiento	3 pulgadas	0.075	0.075

Esta tabla muestra los valores calculados y con los que se va a trabajar en el diseño del muro de contención.

Ahora se procede al cálculo de lo que son los coeficientes tanto pasivo como el activo, para posteriormente calcular lo que son las presiones respectivas.

Empuje activo:

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \frac{1 - \text{sen}(30.69^\circ)}{1 + \text{sen}(30.69^\circ)} = 0.33$$

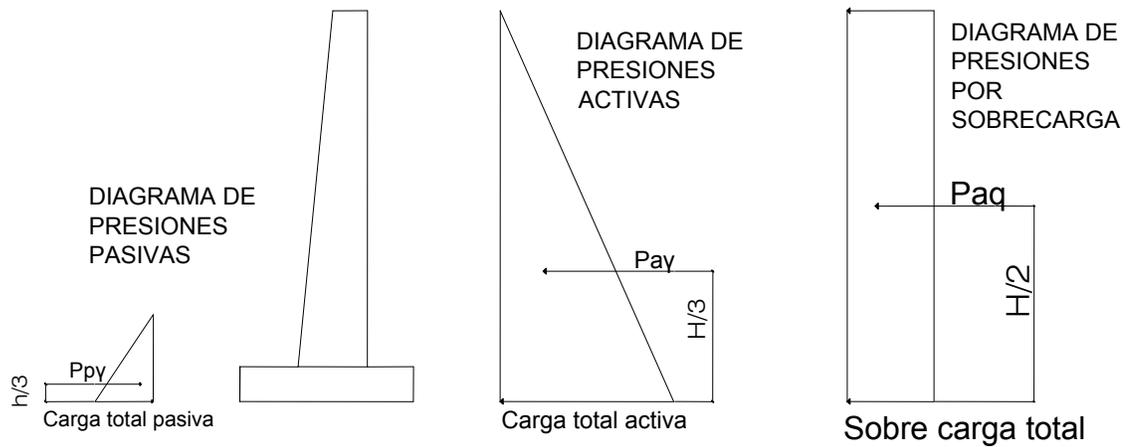
Empuje pasivo:

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} = \frac{1 + \text{sen}(30.69^\circ)}{1 - \text{sen}(30.69^\circ)} = 3.09$$

Es importante que se conozca el comportamiento de las diferentes presiones que actúan sobre la estructura, es decir sobre el muro.

Ahora procedamos con el cálculo de estas presiones horizontales, las cuales como se observa en los diagramas, se encuentran a diferentes profundidades.

Figura 8 Diagramas de presiones en el muro



- $P_{py} \text{ pasiva} = K_p * \gamma_{\text{suelo}} * h_1$

Donde:

$h_1 = \text{desplante} + \text{espesor de zapata}$

$$P_{py} = 3.09 * 1.90 \text{ ton/m}^3 * 1.00 \text{ m} = 5.87 \text{ ton/m}^2$$

- $P_{ay} \text{ activa} = K_a * \gamma_{\text{suelo}} * H$

Donde:

$H = \text{altura total del muro}$

$$P_{ay} = 0.33 * 1.90 \text{ ton/m}^3 * 4.50 \text{ m} = 2.82 \text{ ton/m}^2$$

- **Paq sobrecarga = Ka * sobrecarga**

$$Paq = 0.33 * 0.60 \text{ ton/m}^2 = 0.20 \text{ ton/m}^2$$

A continuación se calculan las cargas totales utilizando los diagramas de presiones, tanto pasiva, activa y la de sobrecarga, es importante mencionar que estas cargas se calculan como el área de la figura geométricas que forman, es decir la carga pasiva y la activa se calculan como el área de un triángulo, y la de sobrecarga como el área de un rectángulo.

$$\text{Carga total pasiva} = \frac{1}{2} * P_{py} * h_1$$

$$\text{Carga total pasiva} = \frac{1}{2} * 5.87 \text{ ton/m}^2 * 1.00 \text{ m} = 2.94 \text{ ton/m}$$

$$\text{Carga total activa} = \frac{1}{2} * \text{presión activa} * H$$

$$\text{Carga total activa} = \frac{1}{2} * 2.82 \text{ ton/m}^2 * 4.50 \text{ m} = 6.35 \text{ ton/m}$$

$$\text{Carga total de la sobrecarga} = \text{presión de sobrecarga} * H$$

$$\text{Carga total de la sobrecarga} = 0.20 \text{ ton/m}^2 * 4.50 \text{ m} = 0.90 \text{ ton/m}$$

El cálculo de los momentos al pie del muro será de la siguiente forma:

$$\text{Mpy Momento pasivo} = \text{Carga total pasiva} * h_1/3 \text{ (momento resistente)}$$

$h_1/3$ es igual a la distancia que hay entre la fuerza y el centroide de la figura, recordemos que para un triángulo su centroide se encuentra a $1/3$ de la altura a partir de su ángulo recto.

$$Mpy = 2.94 \text{ ton/m} * (1.00/3) \text{ m} = 0.98 \text{ ton} - \text{m/m}$$

May Momento activo = Carga total activa * H/3 (momento actuante)

$$\text{May} = 6.35 \text{ ton/m} * (4.50/3) \text{ m} = 9.53 \text{ ton} - \text{m/m}$$

Maq Momento por sobrecarga = Carga total de la sobrecarga * H/2 (momento actuante)

H/2 es la distancia que existe entre la fuerza y el centroide de la figura, recordemos que el centroide de un rectángulo está a la mitad de su altura.

$$\text{Maq} = 0.90 \text{ ton/m} * (4.50/2) \text{ m} = 2.03 \text{ ton} - \text{m/m}$$

Cálculo del peso total de la estructura

Para el cálculo del peso total de la estructura va a ser necesario que dividamos de una forma geométrica la sección del muro, a continuación se presenta un diagrama de la distribución geométrica para posteriormente calcular el peso de cada una de ellas.

Figura 9 Diagrama de distribución geométrica

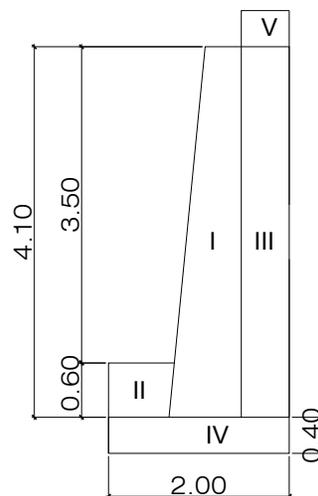


Figura I = trapecio que forma la cortina del muro

Figura II = trapecio que forma el desplante encima del pie del muro.

Figura III= rectángulo que forma el suelo que se encuentra encima del talón del muro.

Figura IV =rectángulo que forma la zapata (pie + talón) de la sección del muro.

Figura V = rectángulo que se forma debido a la sobrecarga.

Se hace necesario calcular el peso total de la estructura ya que necesitamos conocer el momento que se produce en el punto o que está localizado en el pie del muro, este cálculo se hace necesario para el chequeo de lo que es el volteo que pueda llegar a tener el muro.

Figura I

$$\text{Área} = \left(\frac{\text{base} + \text{Base}}{2} \right) * (\text{desplante} + \text{talud})$$

$$\text{Área} = \left(\frac{0.4\text{m} + 0.8\text{m}}{2} \right) * (0.60\text{m} + 3.50\text{m}) = \mathbf{2.46\text{m}^2}$$

Peso volumétrico del concreto $\gamma_c = \mathbf{2.4 \text{ ton/m}^3}$

$$W = \text{Área} * \gamma_c = 2.46\text{m}^2 * 2.4\text{ton/m}^3 = \mathbf{5.904\text{ton/m}}$$

Brazo = ((Pie+ (espesor inferior de la cortina-espesor superior de la cortina)-
1/3*espesor superior de la cortina)+ (Pie+ (espesor inferior de la cortina-espesor
superior de la cortina)+1/2*espesor superior de la cortina))/2

$$\text{Brazo} = \left(\frac{(0.67 + (0.8 - 0.4) - (1/3 * 0.4)) + (0.67 + (0.8 - 0.4) + (1/2 * 0.4))}{2} \right) = \mathbf{1.10\text{m}}$$

$$\text{Momento}_1 = W * \text{brazo} = 5.904\text{ton/m} * 1.10\text{m} = \mathbf{6.49\text{ton} - \text{m/m}}$$

Figura II

$$\text{Área} = \left(\frac{\text{base} + \text{Base}}{2} \right) * (\text{desplante}) = \left(\frac{0.67 + 0.73}{2} \right) * 0.60 = \mathbf{0.42m^2}$$

$$\gamma_s = \mathbf{1.9 \text{ ton/m}^3}$$

$$W = \text{Área} * \gamma_c = 0.42 \text{ m}^2 * 1.9 \text{ ton/m}^3 = \mathbf{0.80 \text{ ton/m}}$$

$$\text{Brazo} = ((\text{Pie} + 1/3 * \text{base del trapecio del desplante}) * (1/2 * \text{pie})) / 2$$

$$\text{Brazo} = \left(\frac{(0.67 + (1/3 * 0.06)) + (1/2 * 0.67)}{2} \right) = \mathbf{0.51m}$$

$$\text{Momento}_2 = W * \text{brazo} = 0.80 \text{ ton/m} * 0.51 \text{ m} = \mathbf{0.41 \text{ ton} - \text{m/m}}$$

Figura III

$$\text{Área} = (\text{Base} - (\text{pie} + \text{espesor inferior de la cortina}) * (\text{altura de talud} + \text{desplante}))$$

$$\text{Área} = (2\text{m} - (0.67\text{m} + 0.8\text{m})) * (3.50\text{m} + 0.6\text{m}) = \mathbf{2.17 \text{ m}^2}$$

$$\gamma_s = \mathbf{1.90 \text{ ton/m}^3}$$

$$W = \text{Área} * \gamma_s = 2.17 \text{ m}^2 * 1.90 \text{ ton/m}^3 = \mathbf{4.12 \text{ ton/m}}$$

$$\text{Brazo} = \text{Base} - (\text{base} - (\text{pie} + \text{espesor inferior de cortina}))$$

$$\text{Brazo} = 2 - \left(\frac{2 - (0.67 + 0.8)}{2} \right) = \mathbf{1.74m}$$

$$\text{Momento}_3 = W * \text{Brazo} = 4.12 \text{ ton/m} * 1.74 \text{ m} = \mathbf{7.17 \text{ ton} - \text{m/m}}$$

Figura IV

$$\text{Área} = \text{Base (m)} * \text{espesor de zapata (m)} = 2.00 \text{ m} * 0.40 \text{ m} = \mathbf{0.80m^2}$$

$$\gamma_c = \mathbf{2.40 \text{ ton/m}^3}$$

$$W = \text{Área} * \gamma_c = 0.80 \text{ m}^2 * 2.40 \text{ ton/m}^3 = \mathbf{1.92 \text{ ton/m}}$$

$$\text{Brazo} = \text{Base} / 2 = 2.00 / 2 = \mathbf{1.00 \text{ m}}$$

$$\text{Momento}_4 = W * \text{Brazo} = 1.92 \text{ ton/m} * 1.00 \text{ m} = \mathbf{1.92 \text{ ton} - \text{m/m}}$$

Figura V

$$\text{Área} = \text{Base} - (\text{pie} + \text{espesor inferior de la cortina}) (2 - (0.67 + 0.8)) = \mathbf{0.53 \text{ m}^2}$$

$$\text{Sobre carga} = \mathbf{0.6 \text{ ton/m}^2}$$

$$W = \text{Área} * \text{sobre carga} = 0.53 \text{ m}^2 * 0.6 \text{ ton/m}^2 = \mathbf{0.318 \text{ ton/m}}$$

$$\text{Brazo} = \text{Base} - (\text{Base} - (\text{pie} + \text{espesor inferior de la cortina}))$$

$$\text{Brazo} = 2 - \frac{(2 - (0.67 + 0.8))}{2} = \mathbf{1.74 \text{ m}}$$

$$\text{Momento}_5 = W * \text{Brazo} = 0.318 \text{ ton/m} * 1.74 \text{ m} = \mathbf{0.55 \text{ ton} - \text{m/m}}$$

A continuación se encontrara una tabla con el resumen de cada una de las partes que se encontraron en las figuras.

Tabla XIII Cálculos de las partes de cada una de las figuras del muro

FIGURA #	ÁREA (m ²)	γ (ton/m ³)	W (ton/m)	BRAZO (m)	M (t-m/m)
1	2.46	2.4	5.904	1.10	6.49
2	0.42	1.9	0.80	0.51	0.41
3	2.17	1.9	4.12	1.74	7.17
4	0.80	2.4	1.92	1.00	1.92
5	0.53	0.6	0.318	1.74	0.55

$$\Sigma \text{ de Pesos (W) total} = 13.062 \text{ ton/m}$$

$$\Sigma \text{ de Momentos de peso total Mw} = 16.54 \text{ ton} - \text{m/m}$$

Chequeo de estabilidad contra el volteo

Para realizar este cálculo vamos a necesitar la sumatoria de los momentos resistentes y la sumatoria de los momentos actuantes, es importante que conozcamos cuales van a ser los momentos resistentes y los actuantes para la estructura.

Los momentos resistentes van a ser el momento pasivo y el momento del peso total, mientras que los momentos actuantes van a ser, el momento activo más el momento por sobrecarga, teniendo claro este concepto, se procede al chequeo contra el volteo de la estructura.

$$\text{Factor contra volteo (F.C.V)} = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos actuantes}} > 1.5$$

$$\text{F.C.V} = \frac{M_{py} + M_w}{M_{ay} + M_{aq}} = \frac{0.98 + 16.54}{9.53 + 2.03} = 1.52$$

Como se puede observa el F.C.V > 1.5, por lo tanto chequea.

Chequeo de estabilidad contra el deslizamiento

Para realizar este cálculo los parámetros a tomar en cuenta van a ser las cargas, tanto pasiva, activa, sobrecarga y el peso total de la estructura afectada por un factor de fricción, al igual que en el chequeo por volteo se van a tener cargas resistentes y cargas actuantes, el chequeo contra deslizamiento se realiza de la siguiente manera.

$$\text{Factor contra deslizamiento (F.C.D)} = \frac{\sum \text{Cargas resistentes}}{\sum \text{Cargas actuantes}} > 1.5$$

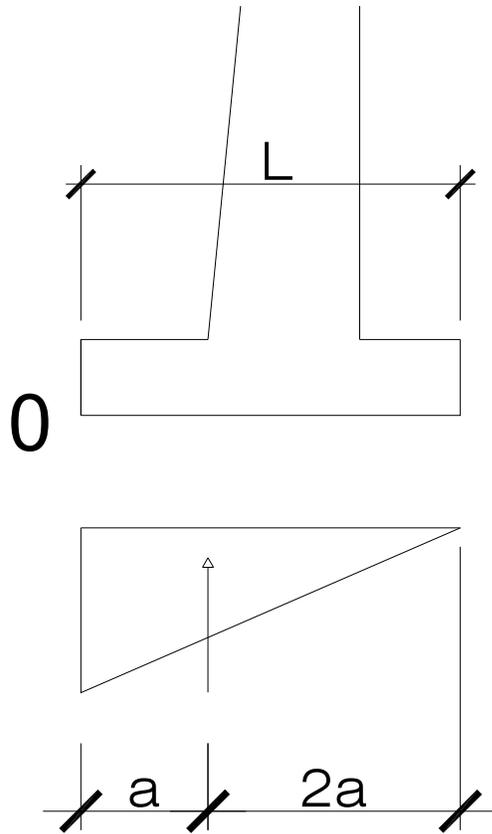
$$\text{F.C.D} = \frac{P_p \gamma + \mu w}{P_a \gamma + P_a q} = \frac{2.94 + 0.33 * 13.062}{6.35 + 0.90} = \mathbf{1.00}$$

Como se puede observa el F.C.D < 1.5, por lo tanto no chequea por estabilidad contra el deslizamiento, se hace necesario aumentar las dimensiones del muro o colocar un diente para evitar el mismo, en este caso se colocara un diente.

Chequeo de presión máxima bajo la base del muro

Aquí lo que se procede a realizar es una sumatoria de momentos con respecto a un punto ubicado en el pie del muro y este lo vamos a dividir dentro del peso total de la estructura, vamos a tomar positivos los momentos que están a favor de las agujas del reloj. Debajo de la base se forma un triángulo de presiones, ya se había mencionado que el centroide de un triángulo está a un tercio de su altura partiendo de su ángulo recto, por lo tanto el resultado que obtengamos va a ser la tercera parte de la base buscada, vamos a denotar a esta distancia como a.

Figura 10 Diagrama de presiones bajo la base del muro



$$a = \frac{\sum Mo}{W} = \frac{Mpy + Mw - May - Maq}{W} = \frac{0.98 + 16.54 - 9.53 - 2.03}{13.062} = \mathbf{0.46 \text{ m}}$$

base requerida $3a = \mathbf{0.46 \text{ m}}$

$a = 3 * 0.46 = \mathbf{1.38 \text{ m}}$

El chequeo aquí consiste en que la base buscada debe ser menor que la base que ha sido pre-dimensionada anteriormente (como se muestra en la tabla) y con la cual se está trabajando en el diseño del muro, es decir:

$3 * a < \text{Base de muro}$

Por lo tanto chequea ya que la base requerida $3a = 1.38 \text{ m} < a$ la base del muro = 2 m.

Cálculo de la presión en el terreno, el cual debe de ser menor que el valor soporte del suelo para que todo el diseño y cálculo esté correcto.

$$\text{Presión máxima } q_{\max} = \frac{W}{1.5 * a * \text{base}} = \frac{13.062}{1.5 * 0.46 * 2} = \mathbf{9.47 \text{ ton/m}^2}$$

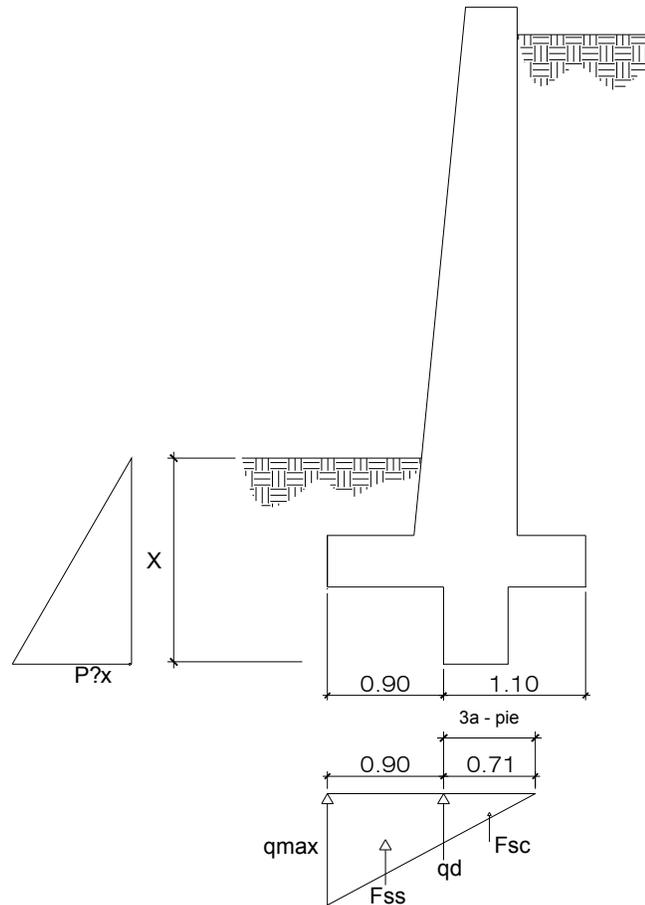
Vemos que la presión máxima es menor al Valor soporte por lo tanto Chequea, esto es lo que se busca que la Presión máxima no exceda el valor soporte del suelo.

Diseño de los elementos estructurales del muro

Diseño diente del muro para evitar el deslizamiento

Para la presión en el rostro del diente se utiliza una relación de triángulos

Figura 11 Diagrama de presiones en el rostro del diente



$$\text{Presión en el rostro del diente } q_d = \frac{(\text{base requerida} - \text{pie}) * \text{presión máxima}}{\text{base requerida}}$$

$$q_d = \frac{(1.38 - 0.67) * 9.47}{1.38} = 4.87 \text{ ton/m}^2$$

Se procede a realizar el cálculo de las cargas totales

F_{ss} = Carga que se produce en el centroide del trapecio entre el pie y el rostro del diente.

Cálculo de cargas totales

$$F_{ss} = \frac{(q_{max} + q_d) * pie}{2} = \frac{(9.47 + 4.87) * 0.67}{2} = \mathbf{4.80 \text{ T/m}}$$

$$F_{sc} = \frac{q_d * (base\ requerida - pie)}{2} = \frac{4.87 * (1.38 - 0.67)}{2} = \mathbf{1.73 \text{ T/m}}$$

$$WT = F_{ss} + F_{sc} = 4.80 + 1.73 = \mathbf{6.53 \text{ T/m}}$$

Para el chequeo de estabilidad contra el deslizamiento se tiene la condición mínima.

$$F_{sd} = \frac{\sum Fr}{\sum Fact} = 1.5$$

$$\sum Fr = 1.5 * \sum Fact$$

$$K_p * \gamma_s * X * X/2 + F_{ss} * tg\phi + \mu F_{sc} = 1.5 * (P_{ay} + P_{aq})$$

$$\frac{3.09 * 1.9 * X^2}{2} + 4.80 * 0.593520 + 0.33 * 1.73 = 1.5 * (6.35 * 0.90)$$

$$2.9355X^2 + 2.85 + 0.57 = 10.875$$

$$X = \sqrt[2]{\frac{10.875 - 2.85 - 0.57}{2.9355}} = \mathbf{1.59 \text{ m}}$$

Profundidad del diente $c = X - (\text{desplante} + \text{espesor de zapata})$

Profundidad del diente $c = 1.59 - (0.60 + 0.40) = 0.59 \text{ m}$

Utilizaremos $0.60 \text{ m} = 60 \text{ cms.}$

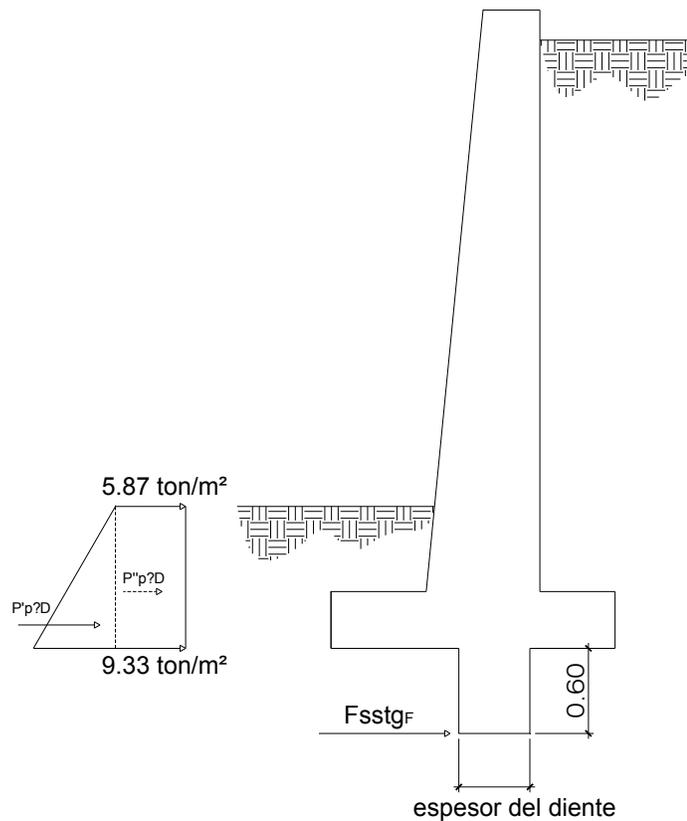
Diseño estructural de los elementos

1.- Diente

La presión pasiva a $X = 1.59$ será.

$$PP\gamma = K_p * \gamma_s * X = 3.09 * 1.9 * 1.59 = 9.33 \text{ T/m}^2$$

Figura 12 Diagramas de presiones y cargas sobre el diente



Las presiones y cargas sobre el diente son

$$P'p\gamma d = (PP\gamma - Pp\gamma) * c = (9.33 - 5.87) * 0.60 = \mathbf{2.10 \text{ T/m}}$$

$$P''p\gamma d = Pp\gamma * c = 5.87 * 0.60 = \mathbf{3.52 \text{ T/m}}$$

$$F_{ss} * tg\phi = 4.80 * 0.593520 = \mathbf{2.85 \text{ T/m}}$$

Chequeo por corte de diente

$$V_u \text{ actuante} = FCU * (P'p\gamma d + P''p\gamma d + F_{ss} * tg\phi)$$

$$V_u \text{ actuante} = 1.70 * (2.10 + 3.52 + 2.85) = \mathbf{14.40 \text{ T/m}}$$

Tomando un espesor de diente $t = \mathbf{60 \text{ cms.}}$

$$d = t - \text{recubrimiento} = 60 - 7.5 = \mathbf{52.50 \text{ cms}}$$

Chequeo por corte resistente

$$V_r = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 52.50}{1000} = \mathbf{34.27 \text{ Ton/m}}$$

Como $V_r > V_u$ el espesor del diente chequea por corte.

Chequeo por flexión de diente

$$M_u \text{ act} = (F_{ss} * tg\phi * c + P''p\gamma d * c/2 + P'p\gamma d * (2/3) * c) * FCU$$

$$M_u \text{ act} = (4.80 * 0.593520 * 0.60 + 3.52 * 0.60/2 + 2.10 * (2/3) * 0.60) * 1.70$$

$$M_u \text{ act} = \mathbf{6.13 \text{ T - m/m}}$$

Calculando el verdadero $d = t - \text{rec} - \phi/2 = 60 - 7.5 - \frac{(5/8 * 2.54)}{2} = 51.71 \text{ cm}$

Calculando áreas de acero

$$\text{As min} = \frac{14.1}{f_y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 100 * 51.71 = 25.95 \text{ cm}^2$$

$$\text{As requerida} = (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{\text{Mu} * 1000 * b}{0.003825 * f'c} * \frac{0.85 * f'c}{f_y}}$$

$$\text{As requerida} = (100 * 51.71) - \sqrt{(100 * 51.71)^2 - \frac{6.13 * 1000 * 100}{0.003825 * 210} * \frac{0.85 * 210}{2810}}$$

$$\text{As requerida} = 4.72 \text{ cm}^2$$

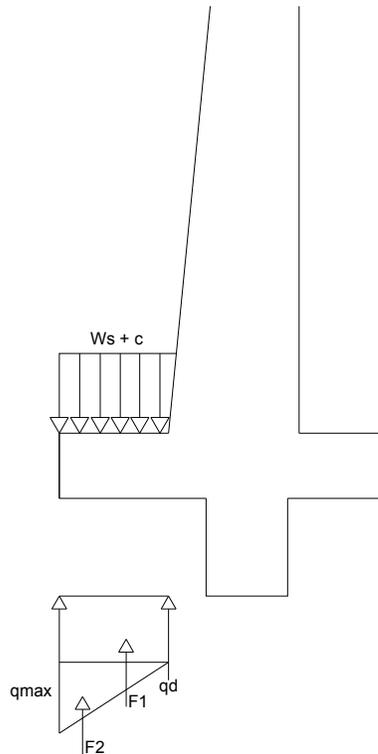
$$\text{As temperatura} = 0.002 * t * c = 0.002 * 60 * 60 = 7.20 \text{ cm}^2$$

As min	= 25.95 cm ²
As requerida	= 4.72 cm ²
As temperatura	= 7.20 cm ²

2.- Pie

Se procede a chequear por corte.

Figura 13 Diagrama de chequeo al rostro del pie del muro



Peso del suelo + cimiento = $W_s + C$

$$W_s + C = (\gamma_s * \text{desplante} * \text{pie}) + (\gamma_c * \text{espesor de zapata} * \text{pie})$$

$$W_s + C = (1.9 * 0.60 * 0.67) + (2.4 * 0.40 * 0.67) = \mathbf{1.407 \text{ T/m}}$$

$$\text{FUERZA 1} = q_d * \text{pie de muro} = 4.87 * 0.67 = \mathbf{3.26 \text{ T/m}}$$

$$\text{FUERZA 2} = \frac{(q_{\text{max}} - q_d) * \text{pie de muro}}{2} = \frac{(9.47 - 4.87) * 0.67}{2} = \mathbf{1.54 \text{ T/m}}$$

$$\text{Peralte efectivo } d = \text{espesor de zapata} - \text{recubrimiento} - \left(\frac{\text{diametro de varilla}}{2} \right)$$

$$d = \left(0.40 - 0.075 - \left(\frac{(5/8 * 2.54)/100}{2} \right) \right) * 100 = \mathbf{31.71 \text{ cm}}$$

$$V_r = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d}{1000} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 31.71}{1000} = \mathbf{20.70 \text{ Ton/m}}$$

$$V \text{ actuante} = \text{FCU} * (\text{FUERZA1} + \text{FUERZA2} - W_s + C)$$

$$V \text{ actuante} = 1.7 * (3.26 + 1.54 - 1.407) = \mathbf{5.77 \text{ Ton/m}}$$

Chequea ya que V resistente (20.70 Ton/m) > V actuante (5.77 Ton/m).

Cálculo de chequeo por flexión

$$M_u \text{ rostro} = \text{FCU} * \left(\text{FUERZA1} * \frac{L_{\text{pie}}}{2} + \text{FUERZA2} * \left(\frac{2}{3} \right) * L_{\text{pie}} - W_s + C * \frac{L_{\text{pie}}}{2} \right)$$

$$M_u \text{ rostro} = 1.7 * \left(3.26 * \frac{0.67}{2} + 1.54 * \left(\frac{2}{3} \right) * 0.67 - 1.407 * \frac{0.67}{2} \right) = \mathbf{2.22 \text{ T - m/m}}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 100 * 31.71 = \mathbf{15.91 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s \text{ requerida}} = (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * 1000 * b}{0.003825 * f_c} * \frac{0.85 * f_c}{f_y}}$$

$$A_{s \text{ requerida}} = (100 * 31.71) - \sqrt{(100 * 31.71)^2 - \frac{2.22 * 1000 * 100}{0.003825 * 210} * \frac{0.85 * 210}{2810}} = \mathbf{2.79 \text{ cm}^2}$$

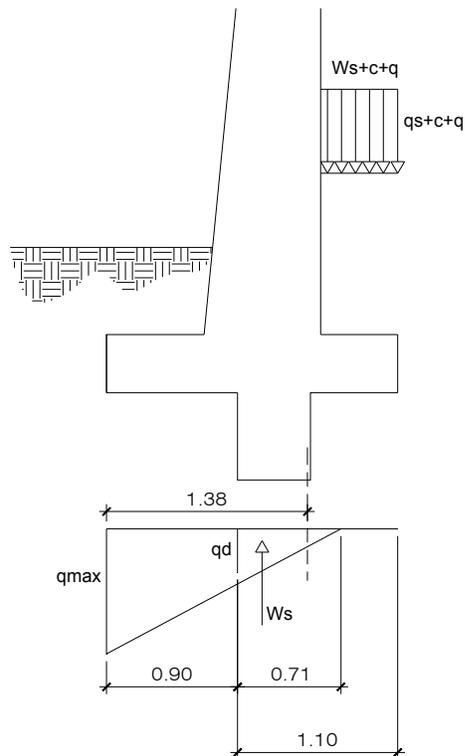
$$A_{s \text{ temperatura}} = 0.002 * \text{espesor de zapata} * \text{pie} = 0.002 * 40 * 67 = \mathbf{5.36 \text{ cm}^2}$$

As min	= 15.91 cm ²
As requerida	= 2.79 cm ²
As temperatura	= 5.36 cm ²

3.-Talón

La presión al rostro interno del talón se calcula por medio de relación de triángulos.

Figura 14 Diagrama de presiones al rostro del talón



$$\frac{qd}{3a - \text{base del pie}} = \frac{q_{\max}}{3a}$$

$$\frac{qd}{1.38 - 0.67} = \frac{9.47}{1.38}$$

$$qd = \frac{9.47}{1.38} * 0.71 = \mathbf{4.87 \text{ T/m}^2}$$

$$q_s + c + q = \gamma_s * (\text{altura de talud} + \text{desplante}) * \gamma_c * \text{espesor de zapata} + q$$

$$q_s + c + q = 1.9 * 4.10 * 2.4 * 0.40 + 0.6 = \mathbf{9.35 \text{ T/m}^2}$$

$$W_s = qd * \frac{(3a - \text{base del pie})}{2} = 4.87 * \frac{0.71}{2} = \mathbf{1.73 \text{ T/m}}$$

$$W_s + c + q = q_s + c + q * L_{\text{talón}} = 9.35 * 1.33 = \mathbf{12.4355 \text{ T/m}}$$

Chequeo por corte

$$V_{\text{actuante}} = FCU * (W_s + c + q - W_s) = 1.7 * (12.4355 - 1.73) = \mathbf{18.19 \text{ T/m}}$$

$$V_r = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d}{1000} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 31.71}{1000} = \mathbf{20.70 \text{ Ton/m}}$$

Chequea ya que V resistente (20.70 Ton/m) > V actuante (18.19 Ton/m).

Chequeo por flexión

$$M_u \text{ rostro} = FCU * \left(W_s + c + q * \frac{\text{Talón}}{2} - W_s * \left(\frac{1}{3} * (3a - \text{base del pie}) \right) \right)$$

$$M_u \text{ rostro} = 1.7 * \left(12.4355 * \frac{1.33}{2} - 1.73 * \left(\frac{1}{3} * 0.71 \right) \right) = \mathbf{13.36 \text{ Ton} - m/m}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 100 * 31.71 = \mathbf{15.91 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s \text{ requerida}} = (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * 1000 * b}{0.003825 * f'c} * \frac{0.85 * f'c}{f_y}}$$

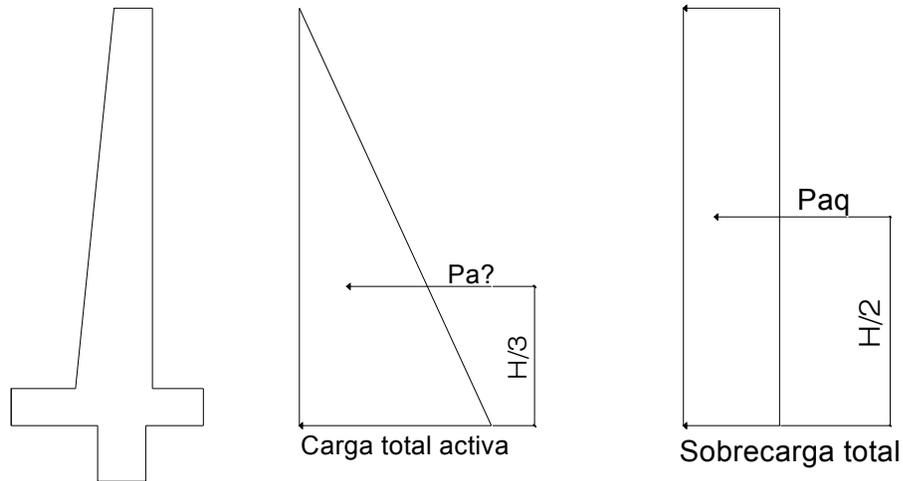
$$A_{s \text{ requerida}} = (100 * 31.71) - \sqrt{(100 * 31.71)^2 - \frac{13.36 * 1000 * 100}{0.003825 * 210} * \frac{0.85 * 210}{2810}} = \mathbf{17.41 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s \text{ temperatura}} = 0.002 * \text{espesor de zapata} * \text{pie} = 0.002 * 40 * 67 = \mathbf{5.36 \text{ cm}^2}$$

As min	= 15.91 cm ²
As requerida	= 17.41 cm ²
As temperatura	= 5.36 cm ²

4.-Pantalla

Figura 15 Diagrama de cargas sobre la pantalla del muro



$$P_{a\gamma s} = K_a * \gamma_s * (\text{desplante} + \text{altura de talud}) = 0.33 * 1.9 * 4.10 = \mathbf{2.57 \text{ T/m}^2}$$

$$P_{aq} = K_a * q = 0.33 * 0.6 = \mathbf{0.2 \text{ T/m}^2}$$

$$P_{a'\gamma s} = P_{a\gamma s} * h/2 = 2.57 * 4.10/2 = \mathbf{5.27 \text{ T/m}}$$

$$P_{a'q} = P_{aq} * h = 0.2 * 4.10 = \mathbf{0.82 \text{ T/m}}$$

Chequeo por corte

t = espesor de la cortina del muro por medio de un promedio se obtiene un t= 60 cm, y el diámetro a utilizar de varilla es de ¾ de pulgada que equivale a 1.91cm.

$$V_u \text{ actuante} = FCU * (Pa' \gamma_s + Pa' q) = 1.7 * (5.27 + 0.82) = \mathbf{10.35 \text{ T/m}}$$

$$\text{Si } d = t - \text{rec} - \phi/2 = 60 - 7.5 - 1.91/2 = \mathbf{51.55 \text{ cm}}$$

$$V_r = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000} = \frac{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 51.55}{1000} = \mathbf{33.65 \text{ Ton/m}}$$

Chequea ya que V resistente (33.65 Ton/m) > V actuante (10.35 Ton/m).

Chequeo por flexión

$$M_u \text{ rostro} = FCU * (Pa' \gamma_s * \frac{1}{3} * h + Pa' q * \frac{h}{2})$$

$$M_u \text{ rostro} = 1.7 * (5.27 * \frac{1}{3} * 4.10 + 0.82 * \frac{4.10}{2}) = \mathbf{15.10 \text{ T - m/m}}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d = \frac{14.1}{2810} * 100 * 51.55 = \mathbf{25.87 \text{ cm}^2}$$

$$A_s \text{ requerida} = (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * 1000 * b}{0.003825 * f'c} * \frac{0.85 * f'c}{f_y}}$$

$$A_s \text{ requerida} = (100 * 51.55) - \sqrt{(100 * 51.55)^2 - \frac{15.10 * 1000 * 100}{0.003825 * 210} * \frac{0.85 * 210}{2810}} = \mathbf{11.79 \text{ cm}^2}$$

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 * (\text{altura de talud} + \text{desplante}) * t$$

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 * (4.10 * 100) * 60 = \mathbf{49.20 \text{ cm}^2}$$

As min	= 25.87 cm ²
As requerida	= 11.79 cm ²
As temperatura	= 49.20 cm ²

3.11.2 Muro por gravedad

$\gamma_{\text{suelo}} = 1.90$ toneladas / m²

$\gamma_{\text{concreto}} = 2.40$ toneladas / m² (concreto armado).

Ángulo de fricción interna $\phi = 30.69^\circ$

Valor soporte del suelo = 17.54 toneladas / m²

Coefficiente $\mu = 0.33$

$f'_y = 2810$ Kg. / cm²

$f'_c = 210$ Kg. / cm²

Factor de carga última = 1.70

Sobrecarga $q = 0.50$ ton/m²

Predimensionamiento de muro

Las reglas que se utilizan o se toman como un parámetro para empezar el diseño y predimensionamiento del muro de gravedad es el siguiente:

- Establecer el ancho del muro en su parte superior puede variar desde 30 hasta 60 centímetros.
- Establecer una profundidad de hincamiento del muro en el suelo, de aproximadamente $0.2h$, donde h es la altura del talud a contener.

- Establecer el ancho B del muro en su parte inferior, el cual variara de 0.5H a 0.7H, donde H es la altura del muro de contención
- Para el cálculo de la carga sobre el muro de gravedad se utilizo 0.5 ton/m² que corresponde a la carga del polideportivo ubicado en la parte superior y se obtuvo de la tabla No. 1.1 del libro de Diseño de Estructuras de Concreto del Autor Arthur H. Nilson en la página 10.

Los valores anteriormente descritos se utilizan como rangos o parámetros pero pueden variar según las necesidades y tamaños a cubrir para lograr valores que puedan llevarnos a los chequeos satisfactorios.

Tabla XIV Predimensionamiento del muro por gravedad

PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO			
ELEMENTO	PARÁMETRO	CALCULADO	UTILIZAR
Altura total de muro	H	2.50	2.50
Altura de talud	h	2.10	2.10
Ancho superior	0.30 a 0.60 m	0.75	0.75
Desplante	0.2h	0.42	0.40
Base de muro	0.5H a 0.7H	1.75	1.75
Recubrimiento	3 pulgadas	0.075	0.075

Los coeficientes de empuje activo y pasivo respectivamente serán:

Empuje activo:

$$K_a = \frac{1 - \operatorname{sen}\phi}{1 + \operatorname{sen}\phi} = \frac{1 - \operatorname{sen}(30.69^\circ)}{1 + \operatorname{sen}(30.69^\circ)} = 0.33$$

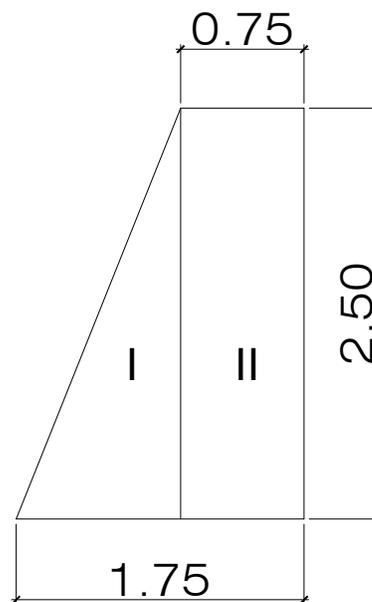
Empuje pasivo:

$$K_p = \frac{1 + \operatorname{sen}\phi}{1 - \operatorname{sen}\phi} = \frac{1 + \operatorname{sen}(30.69^\circ)}{1 - \operatorname{sen}(30.69^\circ)} = 3.09$$

Cálculo del peso total de la estructura

Para el cálculo del peso total de la estructura va a ser necesario que dividamos de una forma geométrica la sección del muro.

Figura 16 Diagrama de distribución geométrica



A continuación se presenta un diagrama de la distribución geométrica para posteriormente calcular el peso de cada una de ellas.

Figura I = triángulo que forma la cortina del muro

Figura II = rectángulo que forma la base superior del muro.

Se hace necesario calcular el peso total de la estructura ya que necesitamos conocer el momento que se produce en el punto o que está localizado en el pie del muro, este cálculo se hace necesario para el chequeo de lo que es el volteo que pueda llegar a tener el muro.

Figura I

$$\text{Área} = \frac{1}{2} * \text{Base (m)} * \text{altura (m)} = \frac{1}{2} * 1 * 2.50 \text{ m} = 1.25 \text{ m}^2$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$W = \text{Área} * \gamma_c = 1.25 \text{ m}^2 * 2.40 \text{ ton/m}^3 = 3.00 \text{ ton/m}$$

$$\text{Brazo} = \frac{2}{3} * \text{Base} = \frac{2}{3} * 1.00 = 0.67 \text{ m}$$

$$\text{Momento}_4 = W * \text{Brazo} = 3.00 \text{ ton/m} * 0.67 \text{ m} = 2.01 \text{ ton} - \text{m/m}$$

Figura II

$$\text{Área} = \text{Base (m)} * \text{altura (m)} = 0.75 * 2.50 \text{ m} = 1.875 \text{ m}^2$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$W = \text{Área} * \gamma_c = 1.875 \text{ m}^2 * 2.40 \text{ ton/m}^3 = 4.50 \text{ ton/m}$$

$$\text{Brazo} = \text{Base de la figura 1} + \text{Base superior}/2 = 1 + 0.75/2 = 1.375 \text{ m}$$

$$\text{Momento}_4 = W * \text{Brazo} = 4.50 \text{ ton/m} * 1.375 \text{ m} = 6.19 \text{ ton} - \text{m/m}$$

A continuación se encontrará una tabla con el resumen de cada una de las partes que se encontraron en las figuras.

Tabla XV Cálculos de las partes de cada una de las figuras del muro.

FIGURA #	ÁREA (m²)	γ (ton/m³)	W (ton/m)	BRAZO (m)	M (t-m/m)
1	1.25	2.4	3.00	0.67	2.01
2	1.875	2.4	4.50	1.375	6.19

Σ de Pesos (W) total = 7.50 ton/m

Σ de Momentos de peso total Momento Resistente MR = 8.20 ton – m/m

Cálculo del Momento Actuante

$$M_{act} = F_A * Y_a$$

$$F_A = \frac{\gamma_s * H^2 * K_a}{2} = \frac{1.9 * 2.50^2 * 0.33}{2} = \mathbf{1.96 \text{ T/m}}$$

$$Y_a = \frac{H}{3} = \frac{2.50}{3} = \mathbf{0.83 \text{ m}}$$

$$M_{act} = 1.96 * 0.83 = \mathbf{1.63 \text{ T - m/m}}$$

Chequeo de estabilidad contra volteo

$$F_{sv} = \frac{MR}{M_{act}} > 1.5$$

$$F_{sv} = \frac{8.20 \text{ T - m/m}}{1.63 \text{ T - m/m}} = \mathbf{5.03}$$

Como $F_{sv} = 5.03$ por lo tanto chequea ya que es mayor a 1.5

Chequeo contra deslizamiento

La fuerza actuante conocida es $FA = 1.96 \text{ T/m}$ y a continuación se calculará la Fuerza Resistente FR

$$FR = F_p + F_f$$

$$F_p = \frac{\gamma_s \cdot \text{desplante}^2 \cdot K_p}{2} = \frac{1.9 \cdot 0.40^2 \cdot 3.09}{2} = \mathbf{0.47 \text{ T/m}}$$

$$F_f = W \cdot \mu = 7.50 \cdot 0.33 = \mathbf{2.48 \text{ T/m}}$$

$$FR = 0.47 + 2.48 = \mathbf{2.95 \text{ T/m}}$$

Chequeo de estabilidad contra deslizamiento

$$F_{sd} = \frac{FR}{FA} > 1.5$$

$$F_{sd} = \frac{2.95 \text{ T/m}}{1.96 \text{ T/m}} = \mathbf{1.51}$$

Como $F_{sd} = 1.51$ por lo tanto chequea ya que es mayor a 1.5

Chequeo contra asentamiento

El peso del muro $W = 7.5 \text{ T/m}$ a continuación se calcula la excentricidad e

$$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{MR - Mact}{W} \right) = \frac{1.75}{2} - \left(\frac{8.20 - 1.63}{7.5} \right) = \mathbf{0.001}$$
 a la derecha del centro de la base

Cálculo de las presiones actuantes sobre el terreno

$$P1 = \frac{W}{B * (1 + 6e/B)} = \frac{7.5}{1.75 * (1 + 6 * 0.001/1.75)} = \mathbf{4.27 \text{ T/m}^2}$$

$$P2 = \frac{W}{B * (1 - 6e/B)} = \frac{7.5}{1.75 * (1 - 6 * 0.001/1.75)} = \mathbf{4.30 \text{ T/m}^2}$$

Se observa que los valores obtenidos son menores que el valor soporte del suelo que es de $V_s = 17.54 \text{ T/m}^2$, por lo tanto si chequean.

3.12 Presupuesto del proyecto

Tabla XVI Cuadro de cantidades de trabajo

MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA

PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN PARA POLIDEPORTIVO CDAG
 UBICACIÓN: SECTOR BELLA VISTA ZONA 5
 MUNICIPIO: CHIQUIMULA
 DEPARTAMENTO: CHIQUIMULA

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

No.	REGLON	U MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	LIMPIA Y CHAPEO	M ²	22.5	6.62	148.84
1.2	CORTE Y NIVELACIÓN	M ²	882	2.26	1,993.32
1.3	TOPOGRAFIA	ML	126	4.00	504.00
2	CIMENTACIÓN				
2.1	EXCAVACIÓN PARA DIENTE DE 0.50X126X0.60 MT DE PROFUNDIDAD	M ²	63	27.78	1,750.33
2.2	EXCAVACIÓN PARA BASE DE 2.00X126X0.40 MT DE PROFUNDIDAD	M ²	252	27.78	7,001.32
2.3	EXCAVACIÓN PARA BASE DE 1.75X126X0.40 MT DE PROFUNDIDAD	M ²	220.5	27.78	6,126.15
2.4	RELLENO DE CIMENTACION	M ²	104.58	15.88	1,660.31
2.5	DIENTE DE 0.50X126X0.60 MT DE PROFUNDIDAD	ML	126	730.37	92,027.00
2.6	BASE DE 2.00X126X0.40 MT DE PROFUNDIDAD	ML	126	1,071.44	135,001.39
2.7	BASE DE 1.75X126X0.40 MT DE PROFUNDIDAD	ML	126	577.67	72,786.17
3	MUROS				
3.1	LEVANTADO DE CORTINA EN VOLADIZO	M2	516.6	1,885.84	974,222.76
3.2	LEVANTADO DE CORTINA EN GRAVEDAD	M2	264.6	1,620.58	428,806.53
4	DRENAJES				
4.1	CUNETAS DE 0.30X0.08 M DE PROFUNDIDAD	ML	126	36.40	4,586.05
4.2	CUNETAS DE 0.50X0.13 M DE PROFUNDIDAD	ML	126	54.32	6,844.67
4.3	DRENEJE	GLOBAL	1	198,280.95	198,280.95
	COSTO TOTAL				1,931,739.78

3.13 Especificaciones técnicas

Ejecución

Los muros de contención de concreto armado y por gravedad se ejecutarán conforme a lo siguiente:

Las dimensiones del muro y la resistencia del concreto estarán dadas por los planos estructurales.

Las piedras a utilizar en los muros deben cumplir con las especificaciones del proyecto y tendrá sus parámetros normales a la dirección del esfuerzo y será de material no modificable por los agentes atmosféricos. La piedra carecerá de grietas, nódulos y de restos orgánicos, resistirá al fuego, no será permeable y deben tener gran adherencia con el mortero. La piedra se colocará horizontalmente prohibiéndose la colocación en esquinas de canto o partes estrechas, debiéndose mojar previamente a su colocación, deben quedar totalmente rodeadas de mortero y se sentarán por golpe para que el mortero refluya en todo el perímetro. Es preciso un perfecto enlace de todas sus hiladas para que la trabazón y el monolitismo sean totales.

Morteros

Los morteros a emplear serán de cemento Pórtland normal, con una proporción de 1:2:3 para el muro en voladizo y de 1/3 de piedra grande de 4" + 2/3 de concreto pobre para el de gravedad ya que esta hecho de concreto ciclópeo. El mortero hecho a base de cemento deberá usarse inmediatamente después de elaborado y no aquel que tenga mas de treinta minutos de preparado.

Se deberá prever la ejecución de drenes conforme a lo indicado por el proyecto

Armado

El armado del acero de refuerzo se ejecutará conforme a lo dispuesto por la especificación descrita en los planos.

Drenaje

Se deberán prever lloraderas en la construcción de muros sujetos a presiones hidrostáticas, los cuales se colocarán conforme a lo que indiquen los planos del proyecto.

Medición para fines de pago

Se cuantificará el concreto por metro cúbico con aproximación a una centésima.

3.14 Evaluación de impacto ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta para la toma de decisiones y para la planificación del desarrollo, que permite definir las medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de los impactos y efectos negativos que pueda generar o esté generando un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad.

3.14.1 Impacto ambiental en construcción

En el proceso de construcción del proyecto del muro de contención para el polideportivo CDAG del sector bella vista zona 5 de Chiquimula, uno de los aspectos a tomar en cuenta para el impacto ambiental que este pueda tener es la remoción de suelo, lo que generará polvo procedente de los trabajos de nivelación, excavación y compactación en el área donde se construirá el muro de contención. Otro aspecto es el ruido ya que se utilizará maquinaria para la extracción de dicho suelo, así como ruidos de la propia construcción, en este proyecto en particular se tuvo el cuidado de humedecer el talud para evitar la generación de polvo.

3.14.2 En operación

En el proceso de operación del proyecto uno de los aspectos en el tema del ambiente, es el de estudiar y registrar la disminución de deslizamientos que se generan en el talud del polideportivo CDAG.

Es necesario decir que la forma de extraer el suelo de dicho talud se hará de tal manera que podamos evitar accidentes tanto para los trabajadores como para los habitantes de dicho sector y el diseño en si del muro evitara en todo su periodo de vida estos deslizamientos así se podrán salvaguardar las vidas de los habitantes del sector bella vista.

Es importante mencionar que los habitantes se comprometieron a mantener limpias las áreas aledañas a la construcción y un tipo de vigilancia en el sentido ambiental, ya que este es un requisito fundamental tanto en la construcción como en la operación del proyecto para el impacto ambiental que pueda llegar a tener el mismo.

4. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica es la que intenta medir el rendimiento del proyecto en términos de recursos reales, para la sociedad como un todo, más concretamente, la evaluación económica tiene por objetivo la identificación del impacto de un proyecto sobre el bienestar económico de un país, como un todo, se interesa identificar sólo los beneficios y costos que representan un flujo neto para el conjunto de individuos y entidades que componen la sociedad.

Una de estas herramientas consiste en determinar el valor presente neto (VPN) de una inversión, lo cual permite determinar de ante mano si vale la pena o no realizarla, y no hacer así malas inversiones que provoquen en un futuro pérdidas.

4.1 Valor presente neto

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$\text{VPN} < 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} > 0$$

Cuando el VPN < 0, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, nos esta alertando o previniendo que el proyecto no es rentable, ya que se están estimando que habrán pocos ingresos y en el tiempo que se pretende recuperar la inversión no se lograra, pero cuando nos da un VPN < 0 cercano a cero, no esta diciendo que la opción puede ser rentable.

Cuando el VPN = 0 nos esta indicando que exactamente se esta generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el VPN > 0, esta indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad, como se vera mas adelante.

4.2 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

Esta claro que para los proyectos realizados en este trabajo no se pueden realizar los análisis anteriormente descritos, ya que no son proyectos a través de los cuales se vaya a obtener una tasa de rentabilidad, sino que todo lo contrario, son proyectos en los cuales la municipalidad gasta el dinero en obras de beneficio comunitario.

CONCLUSIONES

1. El tramo que conduce del caserío El Poshte a la aldea El Barreal, es de 6.32 Km, con un ancho de 7.00 metros correspondiente a la sección típica F; este tramo carretero no cumple con los parámetros establecidos por la Dirección General de Caminos, en la mayoría de su recorrido, debido a que existe propiedad privada a la orilla de la carretera y es imposible obtener áreas de estos terrenos.
2. El material encontrado en el lugar es un limo arenoso; por los estudios de suelo realizados, obtuvimos un valor soporte de 16.70%, lo cual nos indica que es una subrasante regular a buena, por lo que se utilizará para conformar esta parte de la carretera.
3. El costo del proyecto de la rehabilitación del tramo carretero es de Q3,075, 383.63 por los 6.32 kilómetros, lo que representa un costo de Q 486,432.39 por kilómetro, el cual, comparado con proyectos realizados por la municipalidad de Chiquimula, se encuentra arriba del máximo realizado, que es un tramo de 4.57 kilómetros con un precio unitario de Q200,580.65 por kilómetro; el costo por kilómetro es justificable, porque en la rehabilitación del tramo carretero se requiere corte en roca, además que se realizarán rellenos por las condiciones del terreno, y esto incrementa grandemente el precio del proyecto.

4. El muro de gravedad se utiliza para alturas no mayores a cuatro metros, y el de voladizo para alturas de cuatro hasta 10 metros, por lo que el muro de contención para el Polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5, del municipio de Chiquimula, es de tipo voladizo y por gravedad, ya que tiene 6.60 metros de altura y cumple con los parámetros para cada uno de estos tipos de muros.
5. El muro de contención se dividió en veintiún módulos o pequeños muros de seis metros lineales cada uno, para cubrir la longitud total del proyecto, la cual es de 126 metros lineales, esto se hizo con el objetivo de dejar juntas de construcción de cinco centímetros a cada seis metros.
6. El sistema de drenaje del muro de contención se rigió por los parámetros establecidos por AGIES NR – 1:2000 y por el código ACI, que consiste en la colocación de tubos P.V.C. de 3” de diámetro colocados a cada 1.00 metros para el muro en voladizo y a 0.70 metros para el de gravedad, tanto vertical como horizontalmente, teniendo en cuenta que llevarán una inclinación de 15° en cada uno de los módulos, además de una capa de grava en la parte interna del muro, la cual ayudará a contrarrestar la energía y el empuje que pueda ocasionar la presencia del agua, y de aquí el agua cae a una tubería de P.V.C. con 8” de diámetro colocada en el sentido longitudinal del muro para desfogar a un barranco, esto cumple con los parámetros establecidos por AGIES NR – 1:2000.

7. El costo del proyecto del muro de contención es de Q1,931,739.78 por los 126 metros lineales, lo que representa un costo de Q 15,331.27 por metro lineal, el cual, comparado con registros dentro de la municipalidad de Chiquimula, sí se encuentra arriba del máximo registrado que es de Q7,487.04 por metro lineal, de un muro de 6.60 metros de altura y una base de tres metros; el costo por metro lineal se justifica porque el muro de contención para el Polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5, como proyecto en sí, es mucho más grande que los que se habían diseñado y ejecutado dentro de la municipalidad, comenzando porque es un muro escalonado, y teniendo dos diferentes tipos de muro para su construcción total, aunque sus dimensiones son casi las mismas pero la forma del muro es diferente.

RECOMENDACIONES

1. Durante la ejecución de los proyectos se debe tener una supervisión profesional con el fin de optimizar los recursos y maximizar los beneficios de los proyectos, debiendo seguir cuidadosamente las especificaciones técnicas del mismo.
2. Para que este camino trabaje adecuadamente, soportando pesadas cargas de tráfico y que presente mayor estabilidad, se le debe colocar un espesor de 20 centímetros en la subrasante y de 15 centímetros para la base, además, el proceso de compactación se debe efectuar de forma adecuada y eficiente.
3. Hacer conciencia en los vecinos del sector Bella Vista Zona 5, para que no depositen la basura en áreas cercanas al muro de contención, ya que esto provocaría que el agua se estancara y que el suelo se saturará, provocando así una socavación que perjudicaría de manera directa al muro de contención.
4. Implementar en la municipalidad de Chiquimula, a través de la Oficina Municipal de Planificación, un programa para la mitigación de desastres en puntos que se encuentren bajo amenaza de riesgo, para esto se puede tener asesoría o solicitar el apoyo respectivo a CONRED, ya que dicha institución ha mencionado en varias oportunidades la necesidad de trabajar conjuntamente con la municipalidad de Chiquimula.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES NR-1:2000. Normas estructurales de diseño recomendadas para la república de Guatemala.
2. Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Tesis de graduación de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994.
3. Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 4ta. edición. Editorial Limusa. México 2000.
4. Código de diseño de concreto reforzado ACI 318R-99.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala, Septiembre de 2001.
6. Escobar García, Pablo Bernabé. Pavimentación de calles de la aldea La Ciénaga, calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío La Comunidad, y construcción de drenajes aldea La Ciénaga del municipio de San Raymundo departamento de Guatemala. Tesis de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Agosto de 2005.

7. Fernández Motta, Rodolfo Arturo. Diseño de la carretera aldea El Rodeo Plan Redondo municipio San José La Arada, departamento de Chiquimula. Tesis de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Octubre de 2006.

8. Gómez Sagastume, Freddy Paolo. Diseño del sistema de agua potable para la aldea La Catocha y caserío El Poshte y diseño de muro de contención para la Escuela Oficial Rural Mixta caserío El Poshte, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

APÉNDICE A



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



INFORME No. 003 S.S. O.T. No.: 20,894

Interesado: Coralia Larissa Vásquez Pinelo
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Ubicación: Chiquimula
Fecha: 25 de enero de 2007



Muestra No.: 1
Descripción del suelo: Arena limosa color café
Densidad seca máxima γ_{d1} : 1.950 Kg/m³ 121.7 lb/pe³
Humedad óptima Hop.: 10.7 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



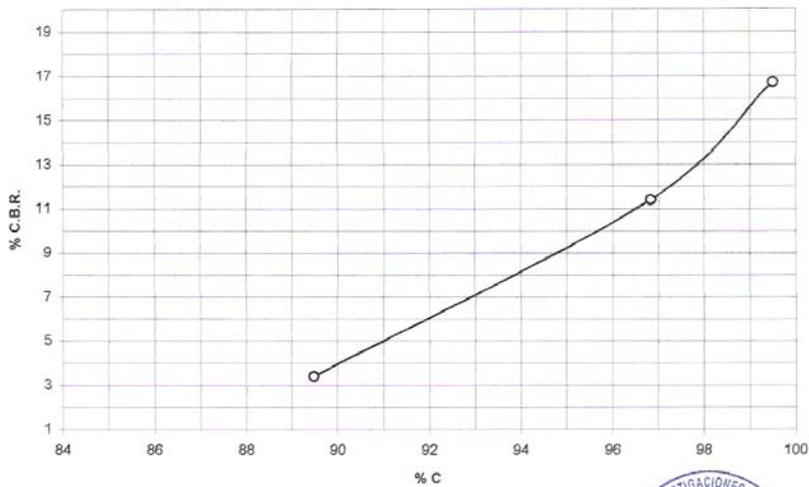
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 004 S.S. O.T. No.: 20.894
 Interesado: Coralía Larissa Vásquez Pinelo
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS
 Ubicación: Chiquimula
 Descripción del suelo: Arena limosa color Café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 25 de enero de 2007

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (kg/m ³)			
1	10	10.80	1743.0	89.47	0.0	3.4
2	30	10.80	1917.1	96.83	0.0	11.4
3	65	10.80	1962.0	99.50	0.0	16.7

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



Atentamente,

Va. Bo.:

[Signature]
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
 DIRECTOR CII/USAC

[Signature]
 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. 005 S.S.

O.T. No. 20,894

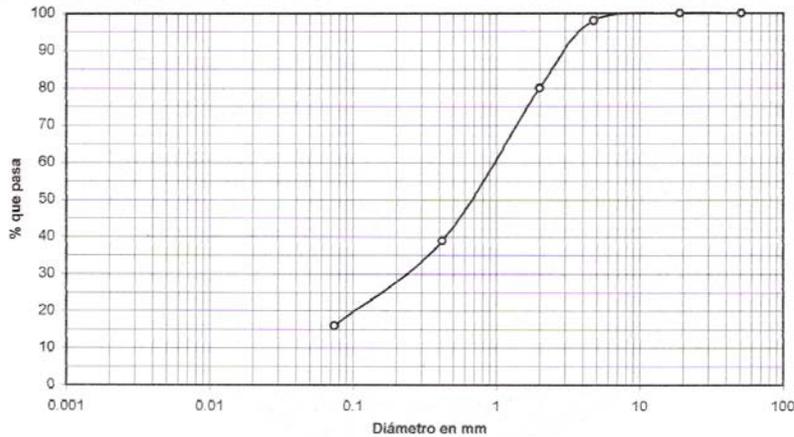
Interesado: Coralia Larissa Vásquez Pinelo
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Chiquimula
 Fecha: 25 de enero de 2007

Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	98.00
10	2.00	80.00
40	0.42	39.00
200	0.074	16.00

% de Grava: 2.00
 % de Arena: 82.00
 % de Finos: 16.00



Descripción del suelo: Arena limosa color café
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1-b
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
 DIRECTOR CII/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 006 S.S.

O.T. No. 20.894

Interesado: Coralia Larissa Vásquez Pinelo
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

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

Ubicación: Chiquimula

FECHA: 25 de enero de 2007

RESULTADOS:

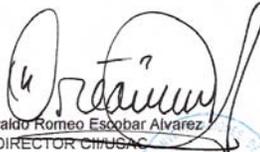
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	25.95	5.19	ML	Arena limosa color café

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.


Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC




Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

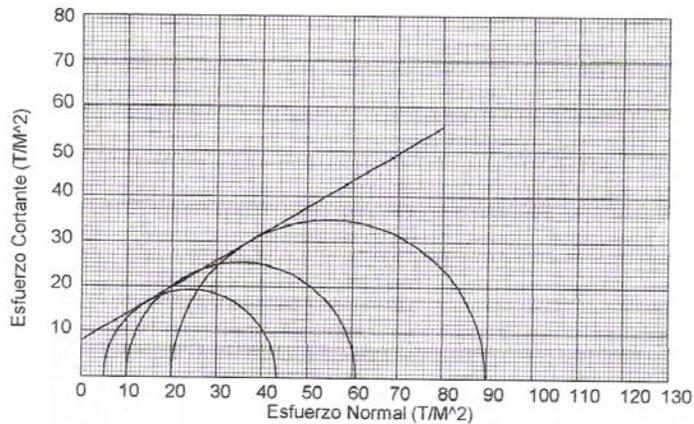


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 007 S.S. O.T.No.: 20,894
 INTERESADO: Coralia Larissa Vásquez Pínelo
 PROYECTO: Trabajo de Graduación EPS
 UBICACION: Chiquimula FECHA: 25 de enero de 2007
 Pozo No.: 1 Profundidad: 2,10 mts.



PARAMETROS DE CORTE:

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 30,69^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 8,0 \text{ T/M}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCION DEL SUELO: Arena con grava color café
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	38.43	50.75	69.72
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	4.5	7.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.95	1.95	1.95
HUMEDAD (%H)	3.6	3.6	3.6



Vo. Bo.

[Signature]
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
 DIRECTOR CII/USAC

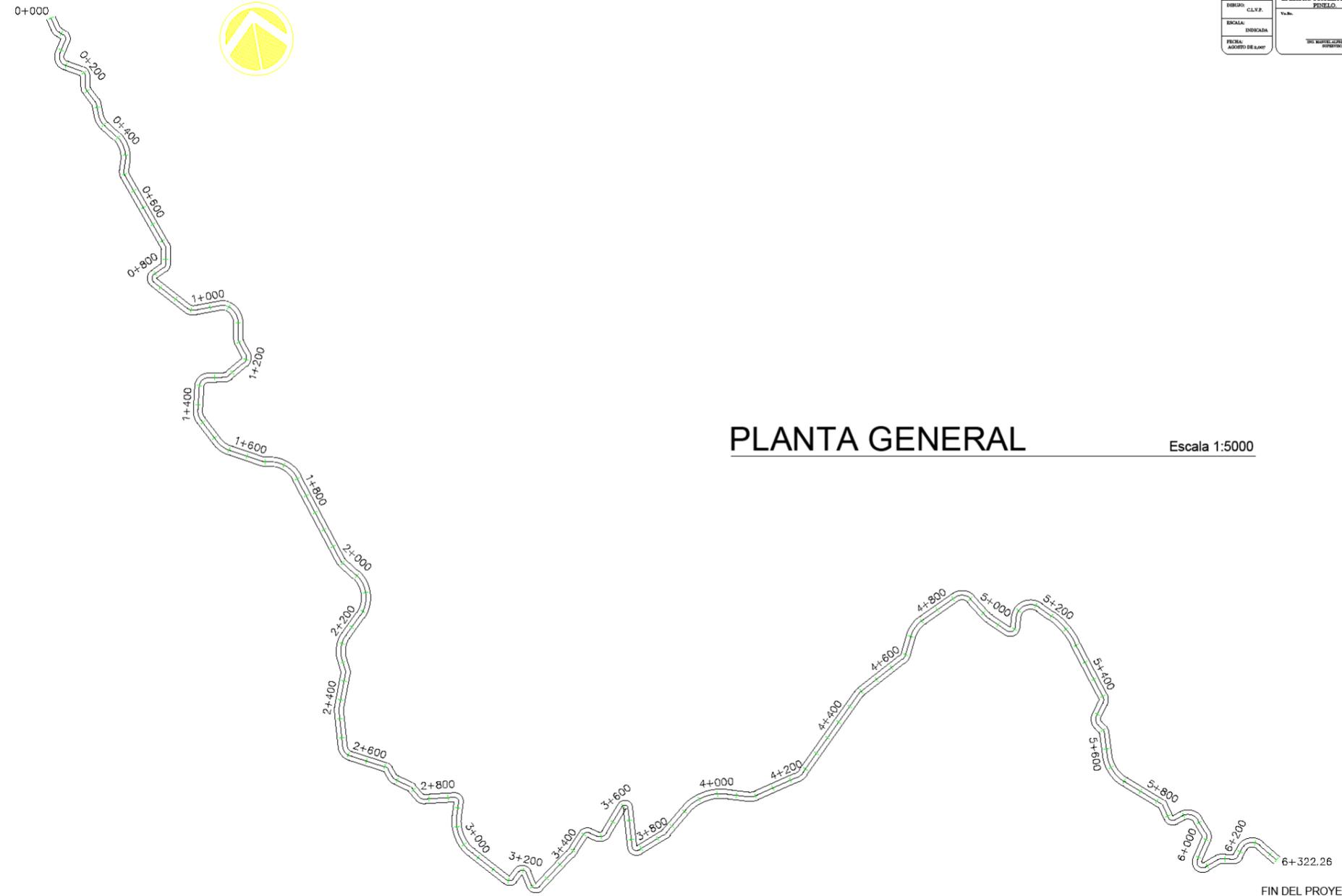
Atentamente,



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

APÉNDICE B

INICIO DEL PROYECTO
CASERIO EL POSHTE

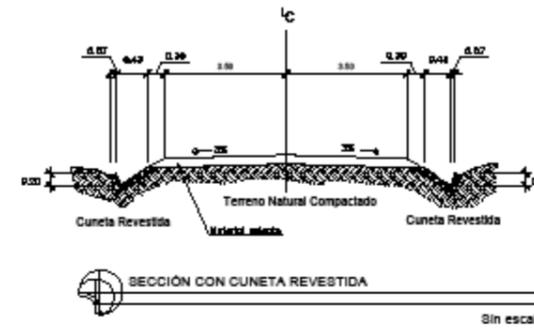
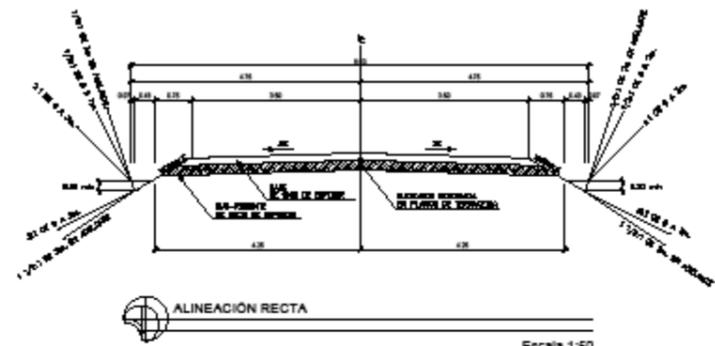


PLANTA GENERAL

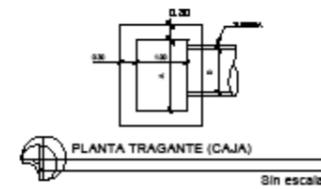
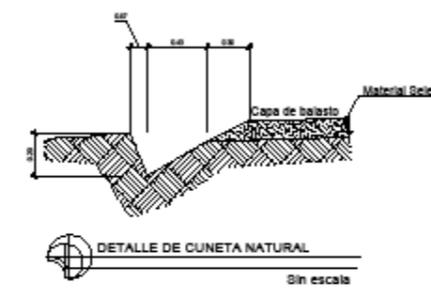
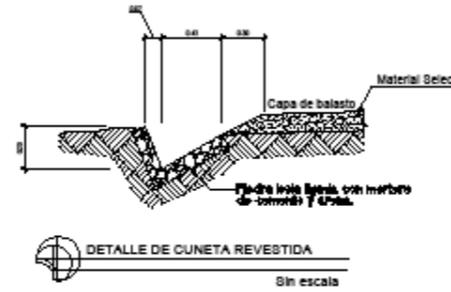
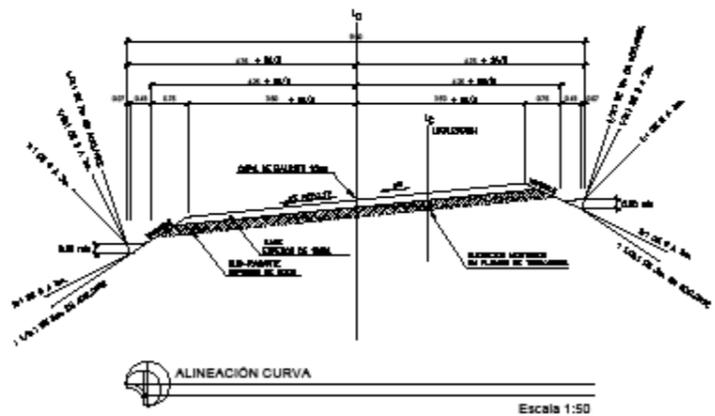
Escala 1:5000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPIO DE CACHUELA	
TITULO: CL.V.P.	PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL FIANCO CARRETERO DEL CASERIO EL POSHTE A LA ALDEA EL BARREAL DEL MUNICIPIO DE CACHUELA	HOJA: 1
CALCULO: CL.V.P.	CONTENIDO: PLANTA GENERAL	18
DISEÑO: CL.V.P.	EFECTOR: CORALLA LARISSA VÁSQUEZ PIÑELO	
ESCALA: INDICADA	Yo. de:	
FICHA: ALBERTO DE LAO	"SOL MARQUE" CONSEJO ASSESORADO INSTRUMENTAL DE 1975	

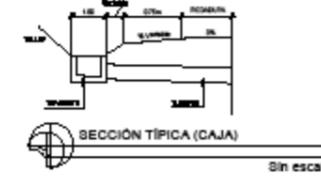
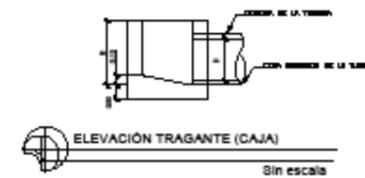
FIN DEL PROYECTO
ALDEA EL BARREAL

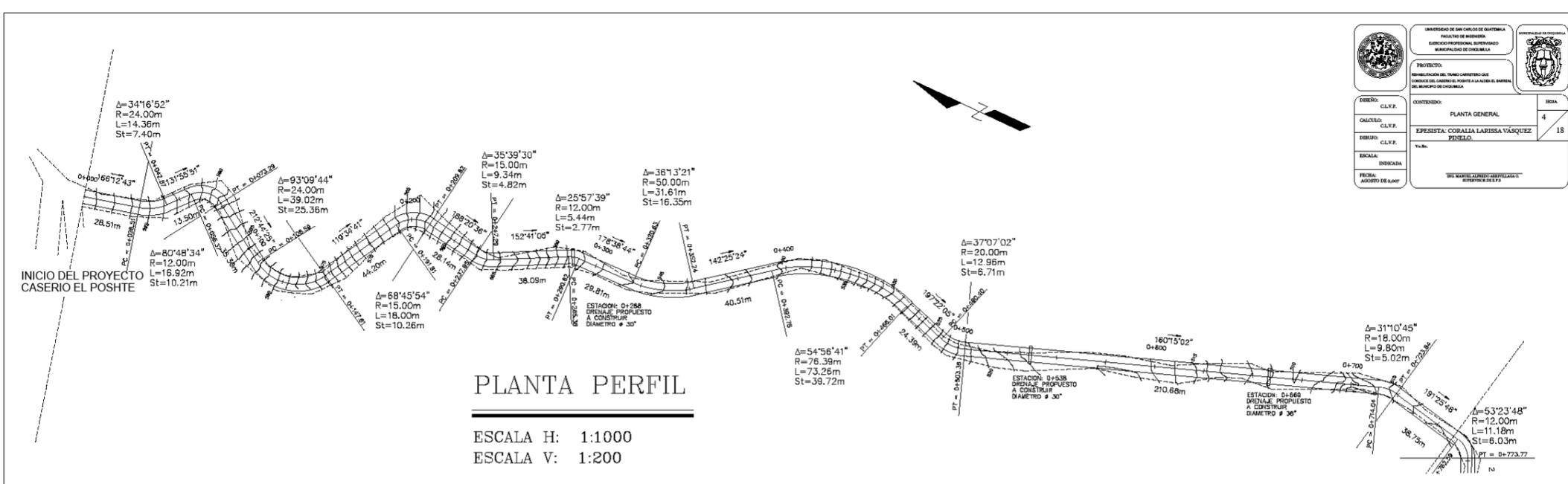


PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN DEL CARRETERO NACIONAL EN LA ZONA DE LA SIERRA DE LAS NEVADAS	
FECHA: 2010	HOJA: 2
DETALLE DE SECCIÓN VÍAS: ESTRECHA CON ALA LATERAL Y CUNETA	
ESCALA: Sin escala	



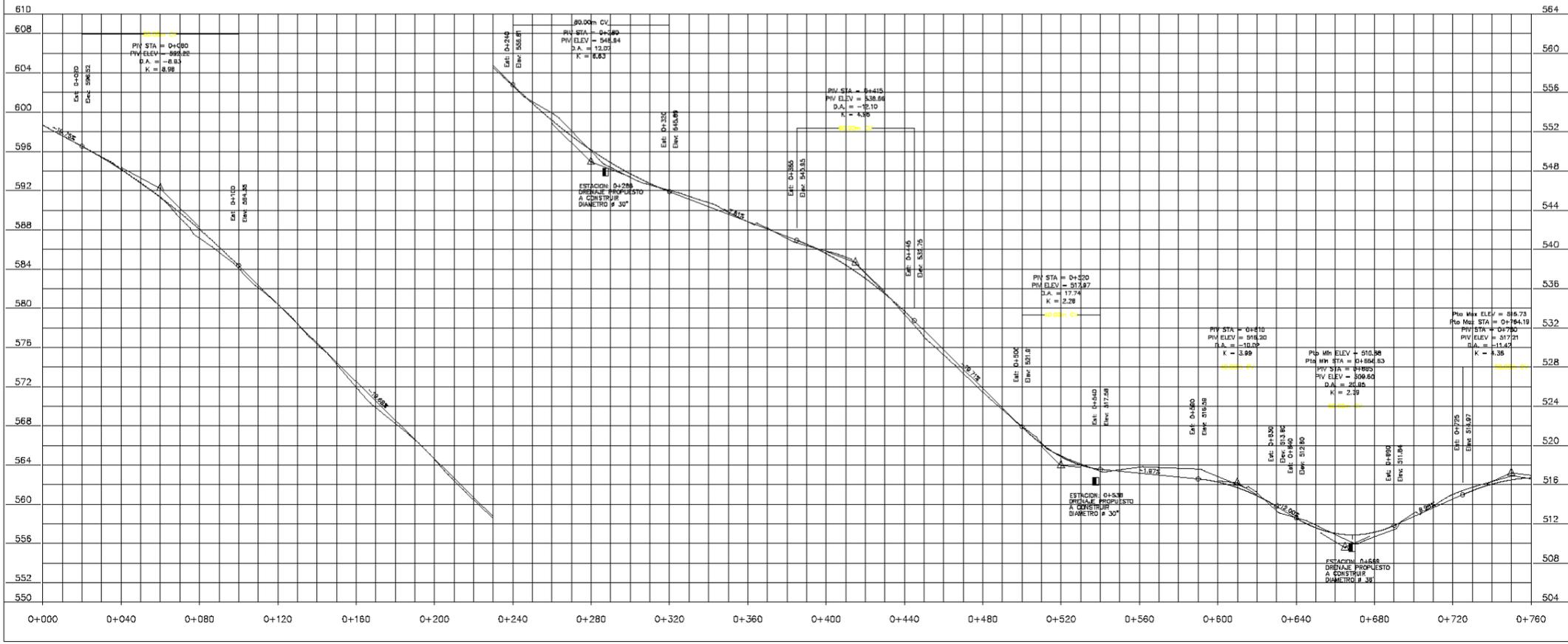
DIÁMETRO	ESP.	VOLUMEN DE CONCRETO PARA DIFERENTES ALTURAS													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
24	0.80	3	0.99	1.98	2.97	3.96	4.95	5.94	6.93	7.92	8.91	9.90	10.89	11.88	12.87
30	0.75	3	1.02	2.04	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	11.22	12.24	13.26
36	0.60	4	1.20	2.40	3.60	4.80	6.00	7.20	8.40	9.60	10.80	12.00	13.20	14.40	15.60
42	1.07	4	1.38	2.76	4.14	5.52	6.90	8.28	9.66	11.04	12.42	13.80	15.18	16.56	17.94
48	1.20	5	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50
54	1.20	5	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50
60	1.50	6	1.80	3.60	5.40	7.20	9.00	10.80	12.60	14.40	16.20	18.00	19.80	21.60	23.40

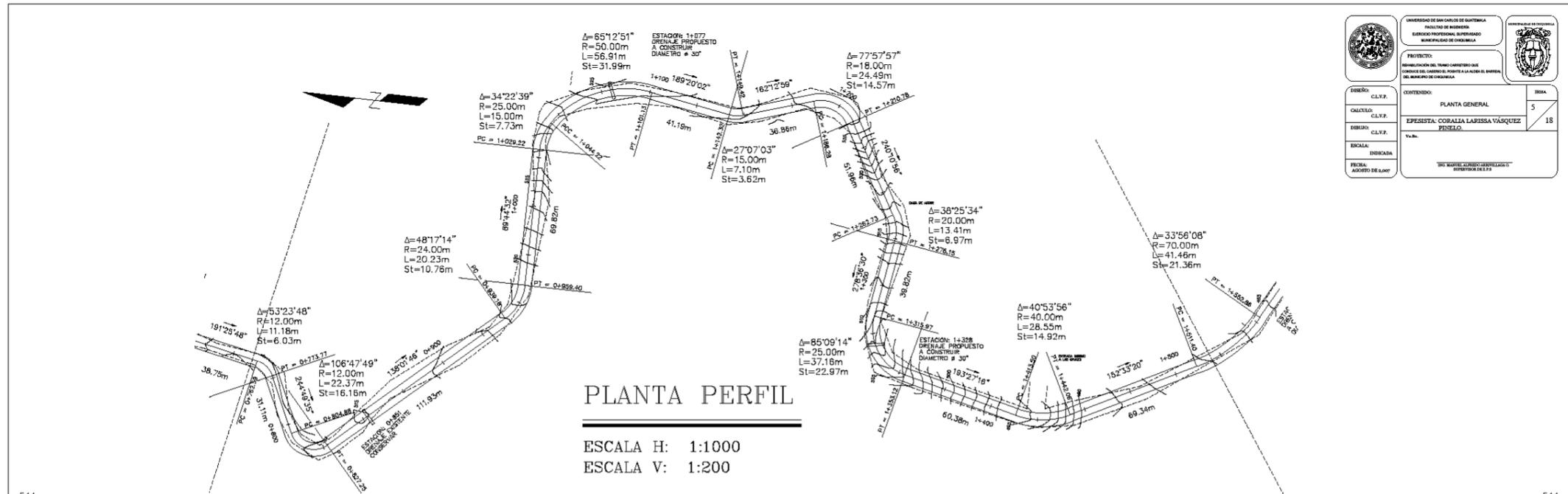




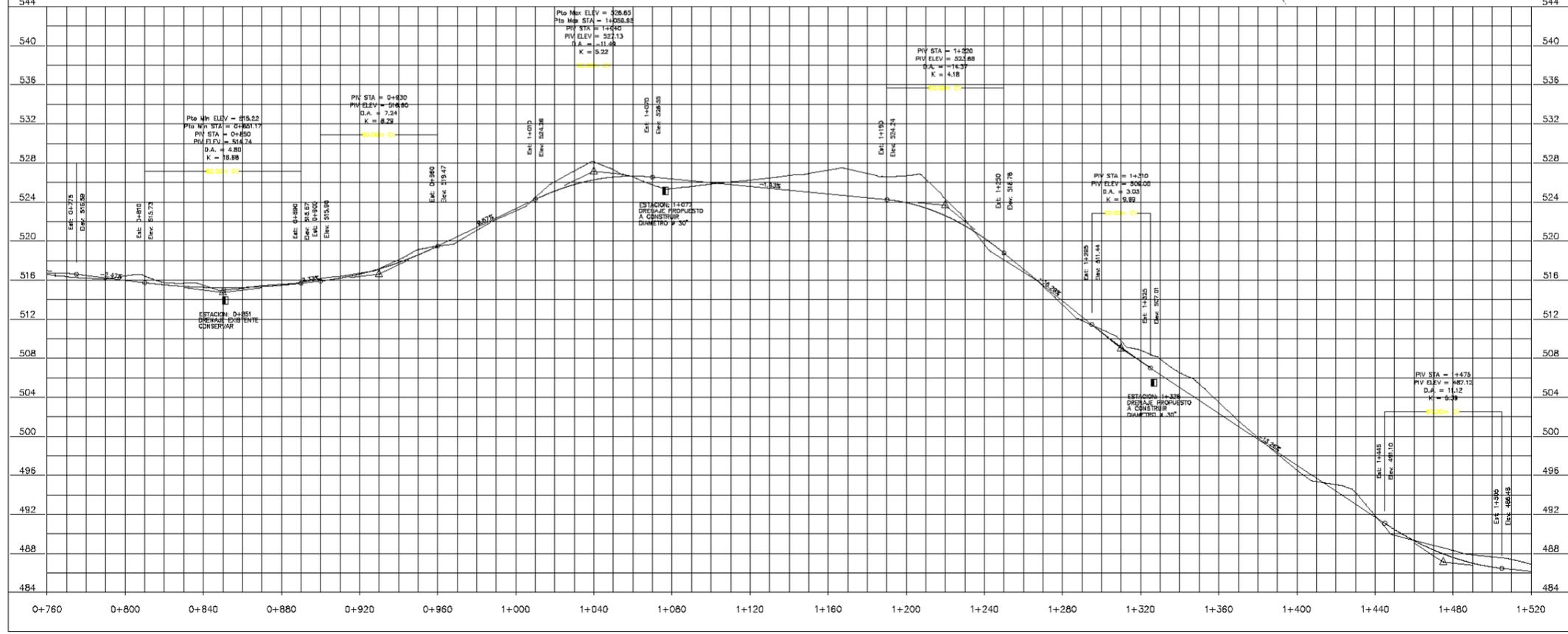
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MATEMÁTICA DE CONSTRUCCION		INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CASERIO DE CASERIO EL CASERIO EL POSHTE LA ALDEA EL BARRIO DEL MUNICIPIO DE CORDUENA		FECHA: AGOSTO DE 2007	
DISENO: CL.F.P.	CONTENIDO: PLANTA GENERAL	HOJA: 4	
CALCULO: CL.F.P.	EFECTISTA: CORALIA LARISA VÁSQUEZ PEREJO.	18	
REVISADO: CL.F.P.	Y.A.B.		
ESCALA: INDICADA			
FICHA: AGOSTO DE 2007			

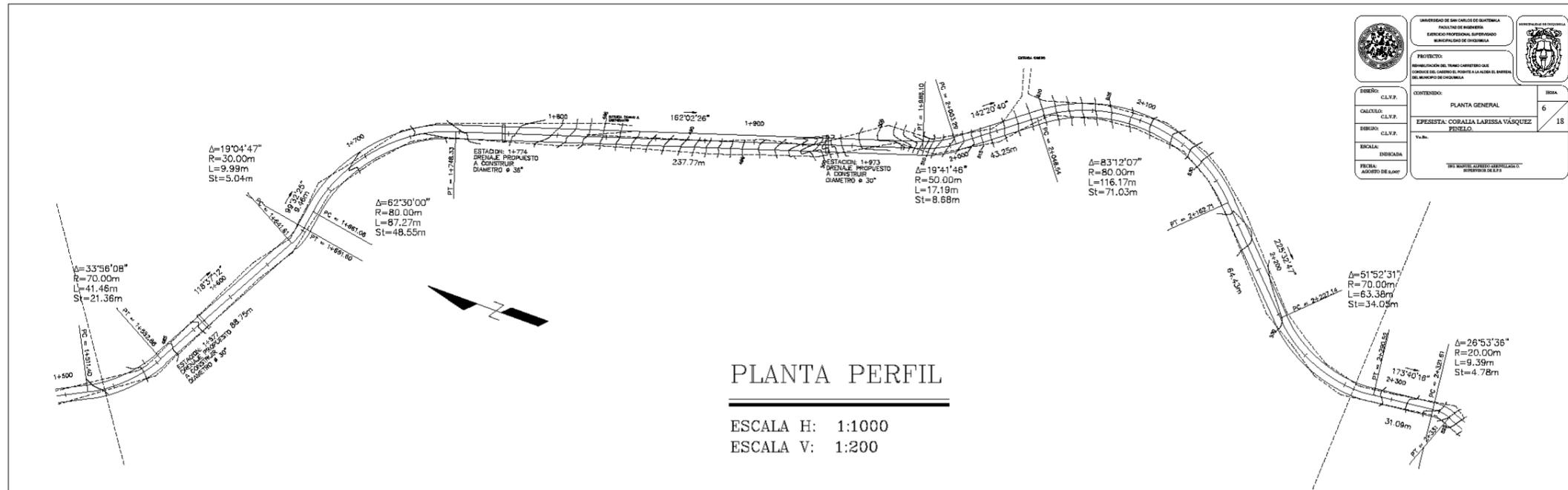
PLANTA PERFIL
 ESCALA H: 1:1000
 ESCALA V: 1:200



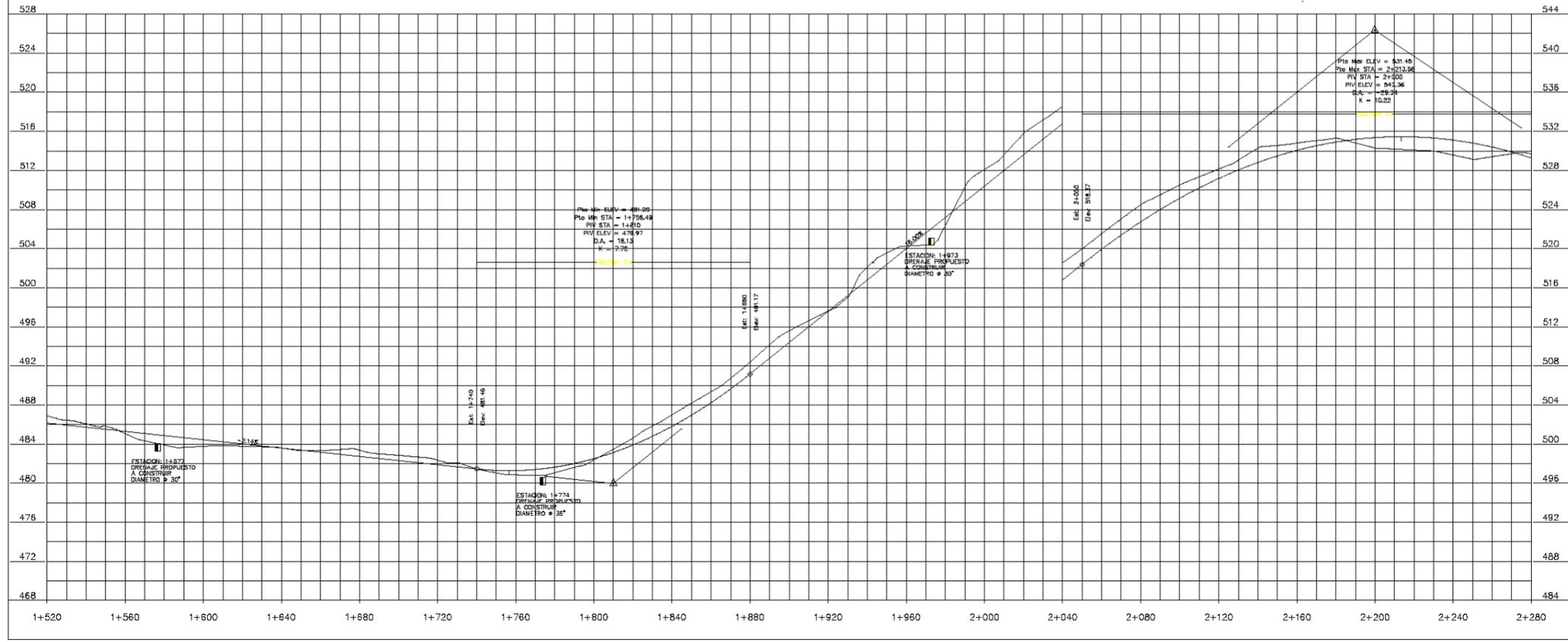


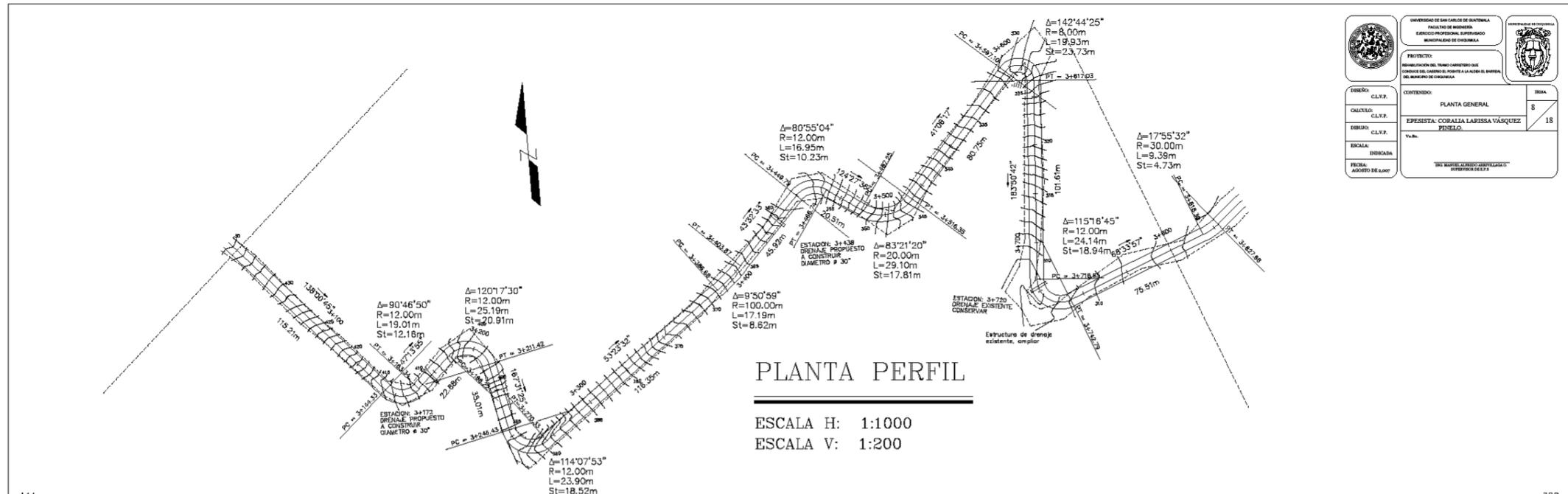
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE CARRETERAS		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE CARRETERAS	
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO DEL CAMINO DEL CERRILLO AL NORTE AL ALBERGUE EL BARRO DEL MUNICIPIO DE CAYALUTAN		INDICA 5	
DISEÑO: CL.F.P.		CONTENIDO: PLANTA GENERAL	
CALCULO: CL.F.P.		18	
EJECUCION: CL.F.P.		EJECUTIVO: CORALIA LARREA VÁSQUEZ PEREJO	
ESCALA: INDICADA		FECHA: AGOSTO DE 2007	
FICHA: AGOSTO DE 2007		"DR. RAFAEL ANTONIO GONZÁLEZ" INGENIERO DE CARRETERAS	



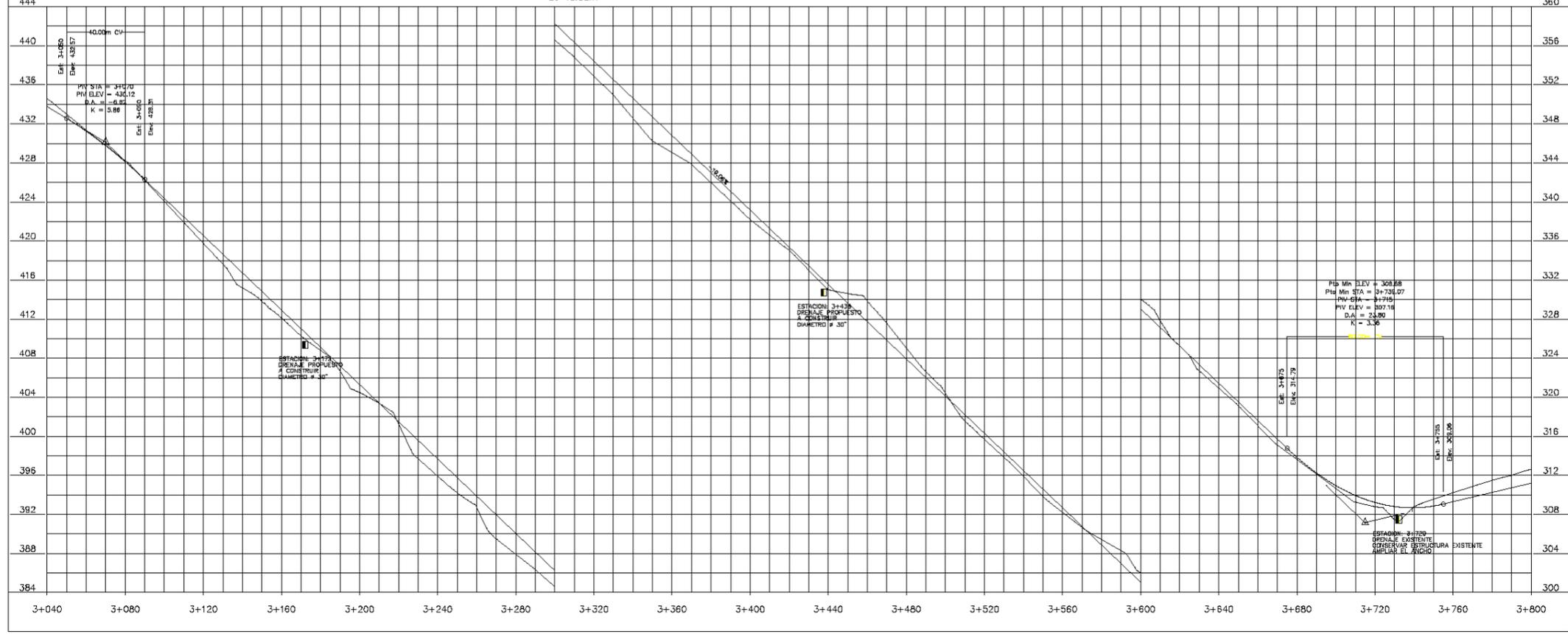


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPIO DE CHIMALHA			
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO DEL CARRIBE DEL CARRIBE AL PUERTO LA ALBA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALHA			
DISEÑO: CL.F.P. CALCULO: CL.F.P. EMBUDO: CL.F.P. ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL DE 2007	CONTENIDO: PLANTA GENERAL EPISISTA: CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PERELO.	HOJA: 6 DE: 18	





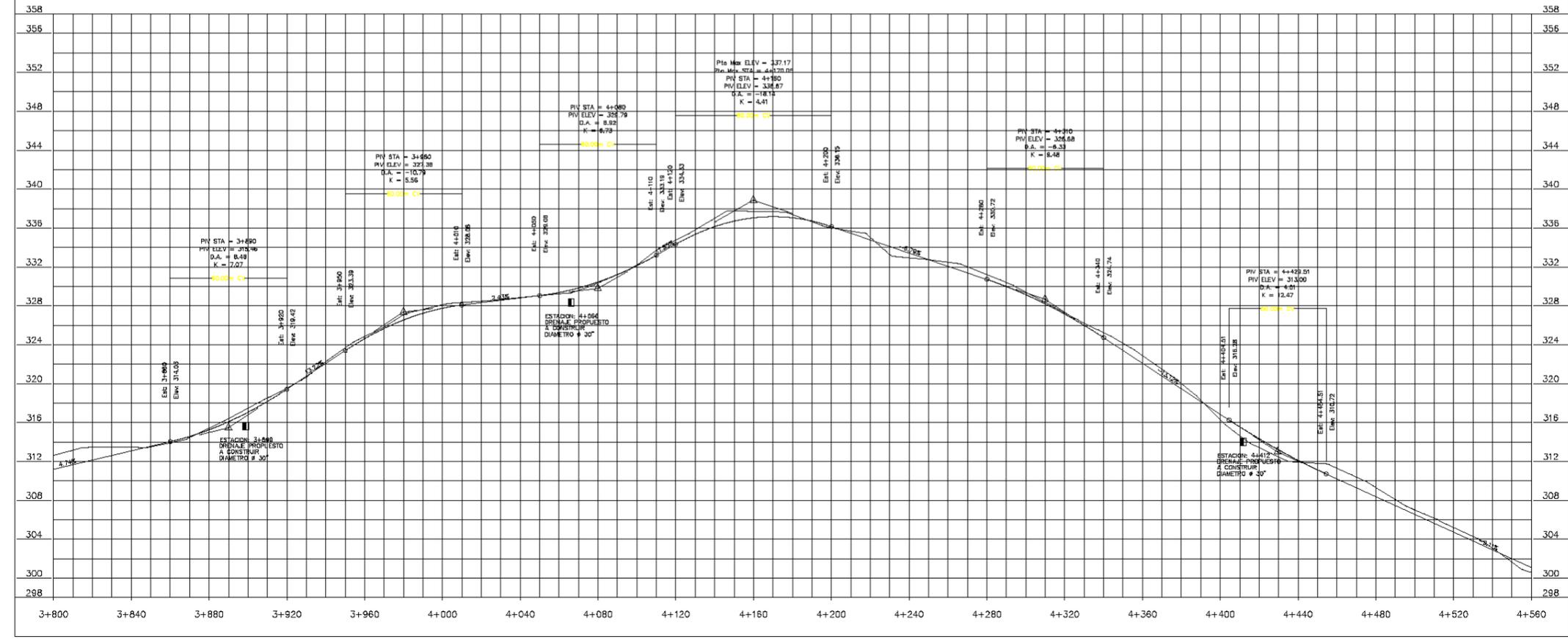
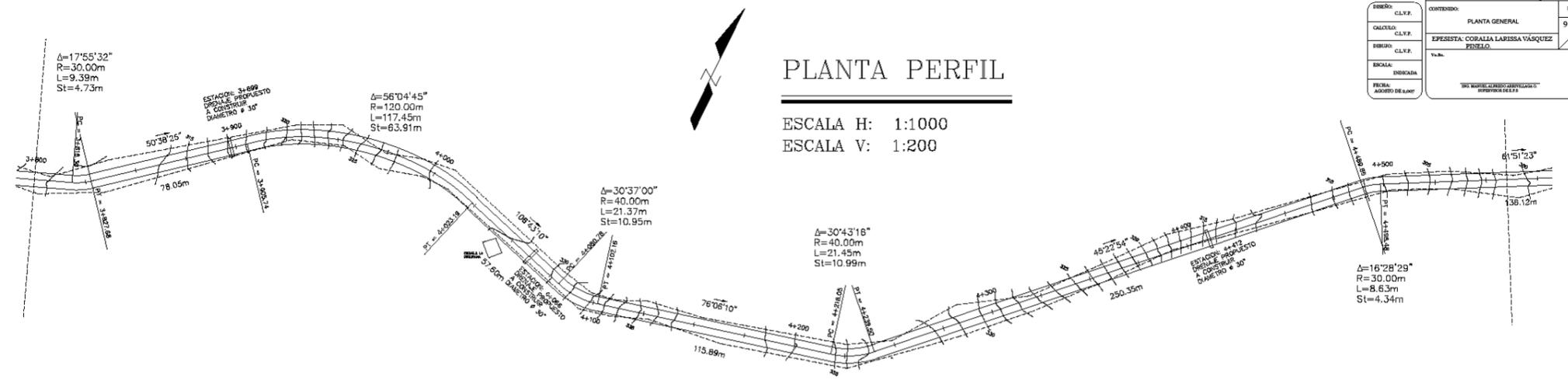
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR INGENIERIA DE OBRAS CIVILES		UNIVERSIDAD DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR INGENIERIA DE OBRAS CIVILES	
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TUNEL CONCRETO DE SERVICIO DEL CARRILLO AL PUERTO LA ALBA EN EL BARRIO DEL MANCAYE DE GUATEMALA			
DISENO: CL.F.P.	CONTENIDO: PLANTA GENERAL	HOJA: 8	18
CALCULO: CL.F.P.	EPESISTA: CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PEREZO	VALOR:	
REVISADO: CL.F.P.	Escala: INDICADA		
FECHA: ABRIL DE 2007	"UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" INGENIERIA DE OBRAS CIVILES		

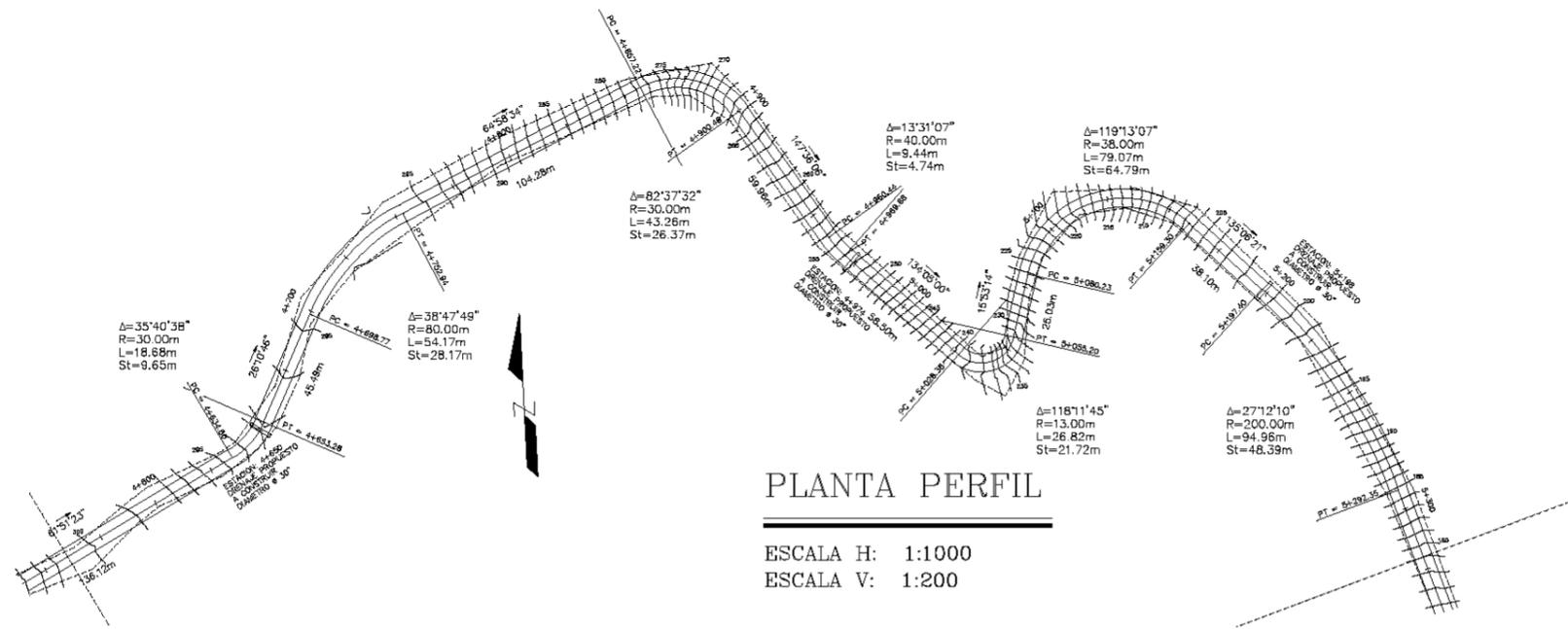


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPIO DE CORDUENA		PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO DEL CAMINO DEL PUENTE LA ALBA EL BARRO DEL MUNICIPIO DE CORDUENA		FECHA: AGOSTO DE 2007	
DISEÑO: CL.F.P.	CONTENIDO: PLANTA GENERAL	HOJA: 9		ESCALA: INDICADA	
CALCULO: CL.F.P.	EPESISTA: CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PEREJO	18			
REVISADO: CL.F.P.					
ESCALA: INDICADA					
FECHA: AGOSTO DE 2007					

PLANTA PERFIL

ESCALA H: 1:1000
ESCALA V: 1:200

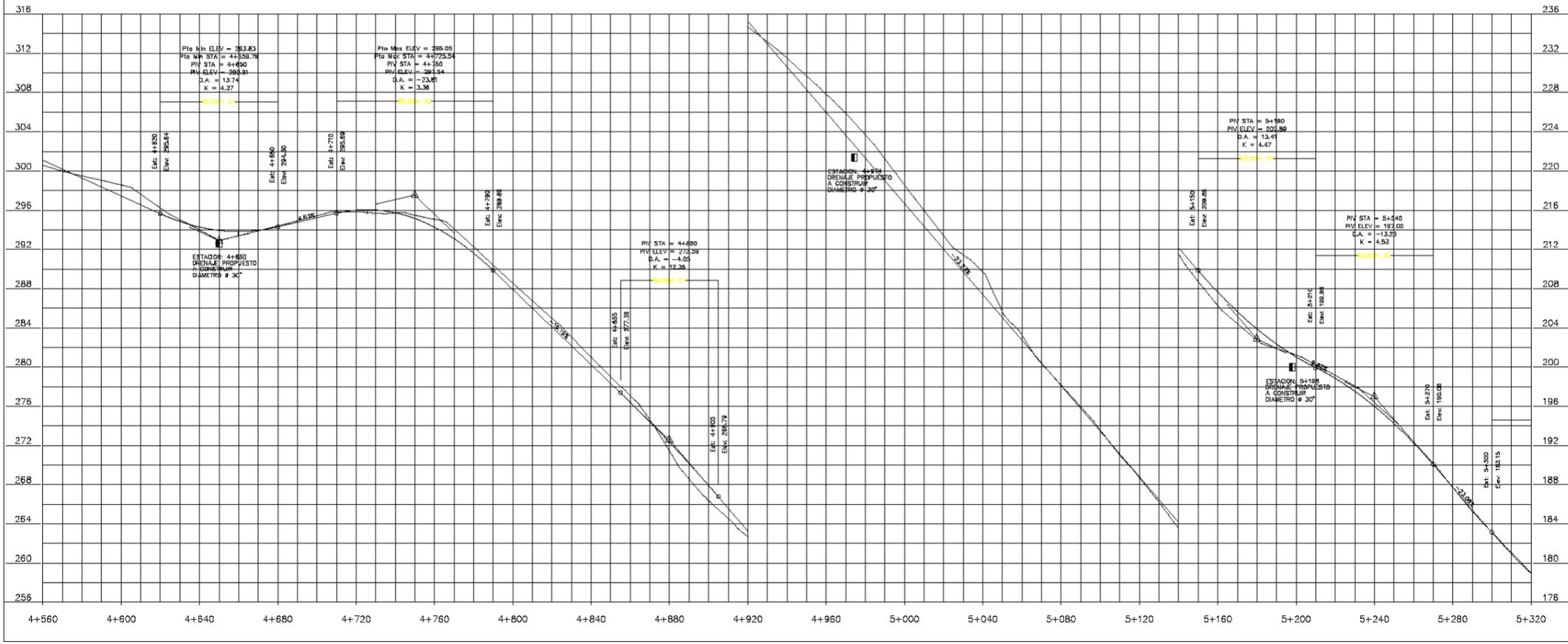




PLANTA PERFIL

ESCALA H: 1:1000
ESCALA V: 1:200

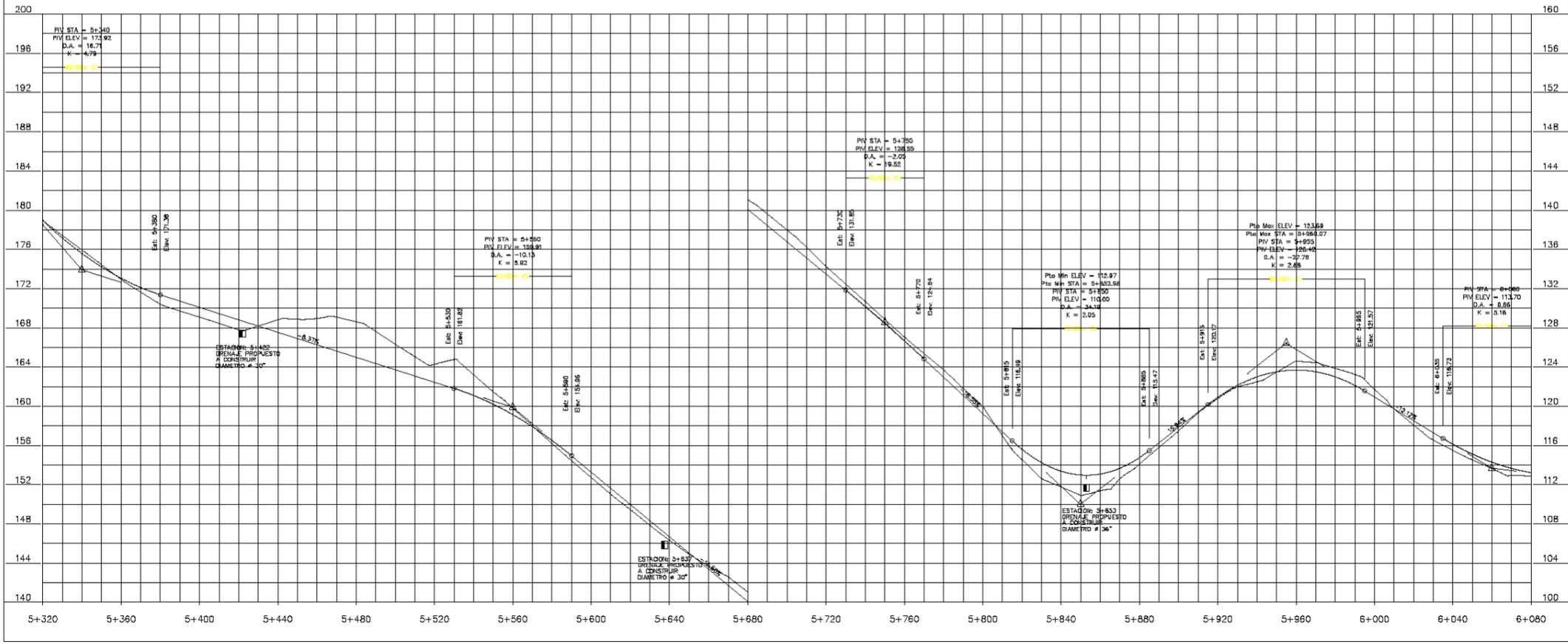
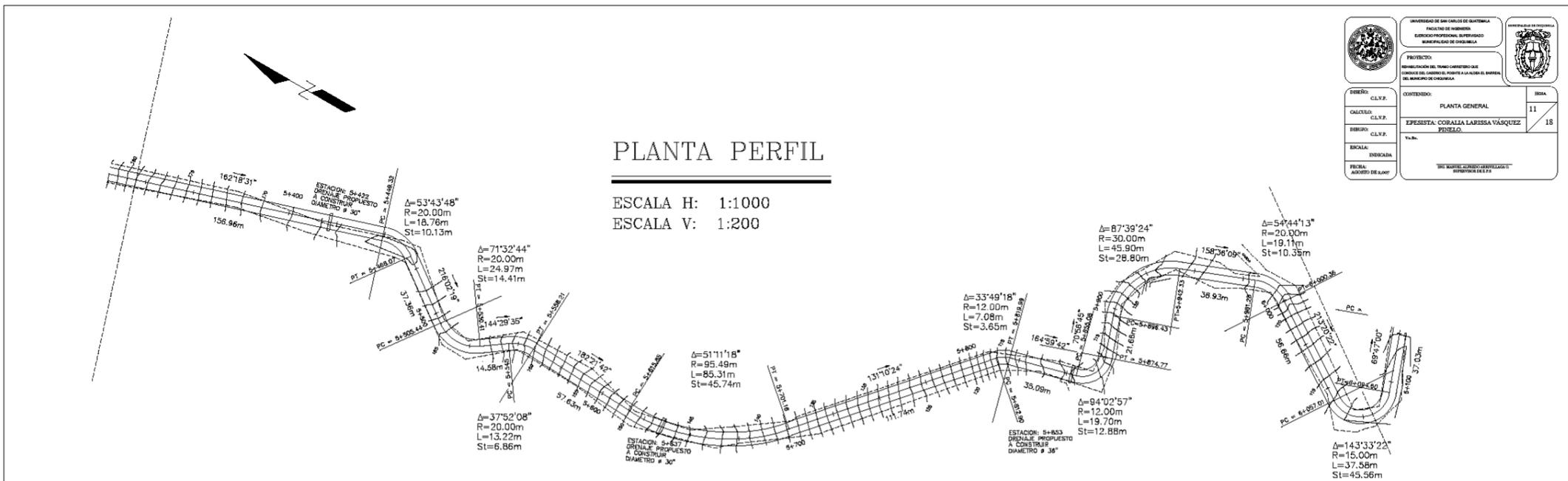
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPIO DE CHIMALA			
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO DEL CARRIBE DEL CARRIBE AL PUENTE LA ALBA EN LA BARRA DEL MUNICIPIO DE CHIMALA		CONTENIDO: PLANTA GENERAL 10 18	
DISEÑO: CL.F.P. CALCULO: CL.F.P. ESCRIBO: CL.F.P. ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO DE 2007		TITULO: INGENIERIA EN OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA BARRA DEL CARRIBE	

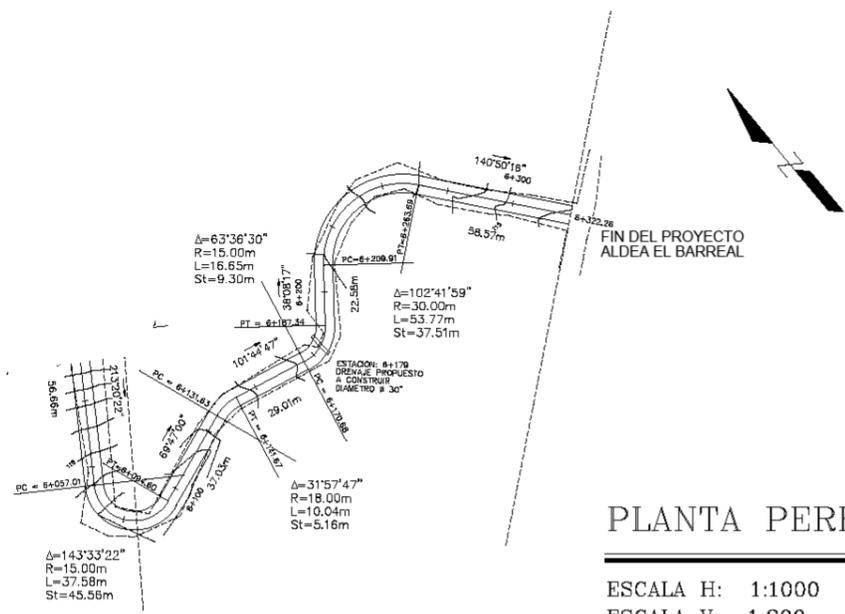


		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CORCHAGUA			
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO DEL CARRIBE DEL CARRIBE AL PUERTO LA ALBA DEL MUNICIPIO DE CORCHAGUA		CONTENIDO: PLANTA GENERAL		HOJA: 11	
DISEÑO: CL.F.P.		EJECUTIVO: CL.F.P.		REVISADO: CL.F.P.	
CALCULO: CL.F.P.		SUPERVISADO: CL.F.P.		FECHA: ABRIL DE 2007	
ESCRIBIDA: INGENIERA		TITULO: INGENIERIA		ESCALA: INDICADA	
DISEÑADA: INGENIERA		SUPERVISADO: INGENIERA		FECHA: ABRIL DE 2007	

PLANTA PERFIL

ESCALA H: 1:1000
 ESCALA V: 1:200

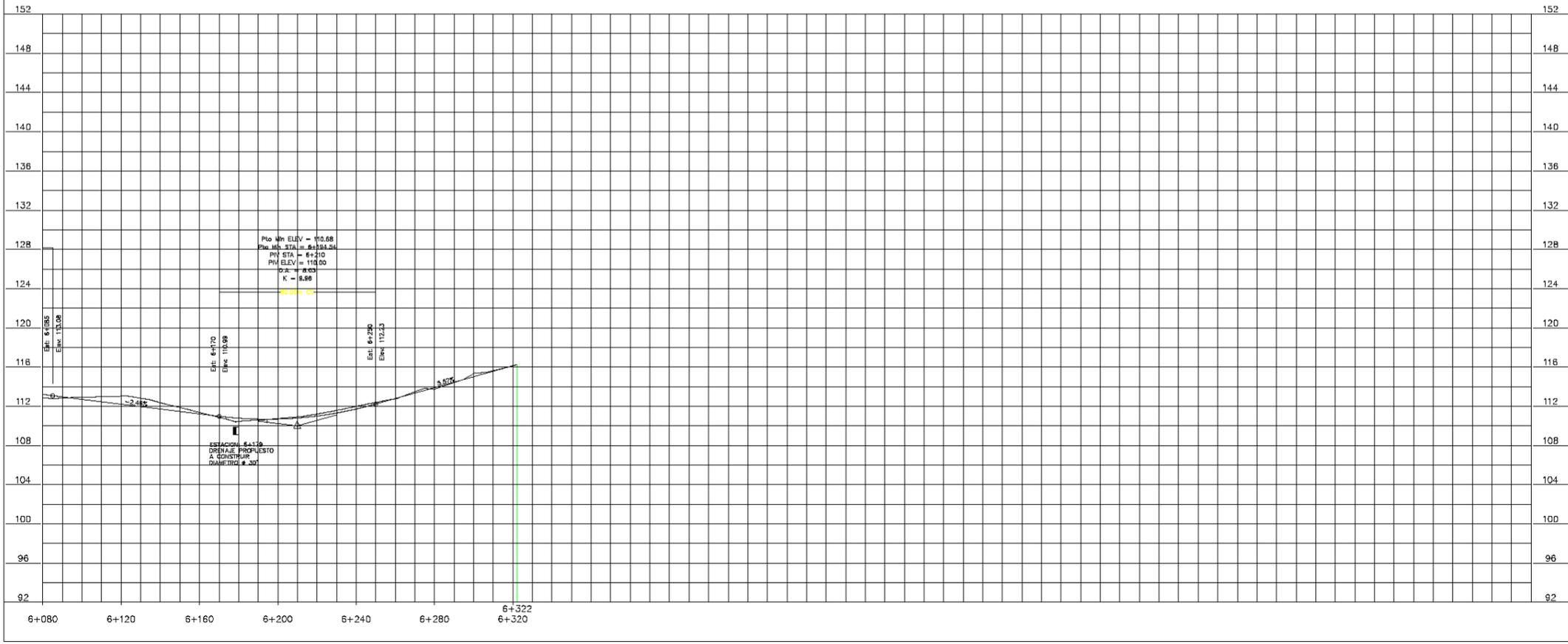


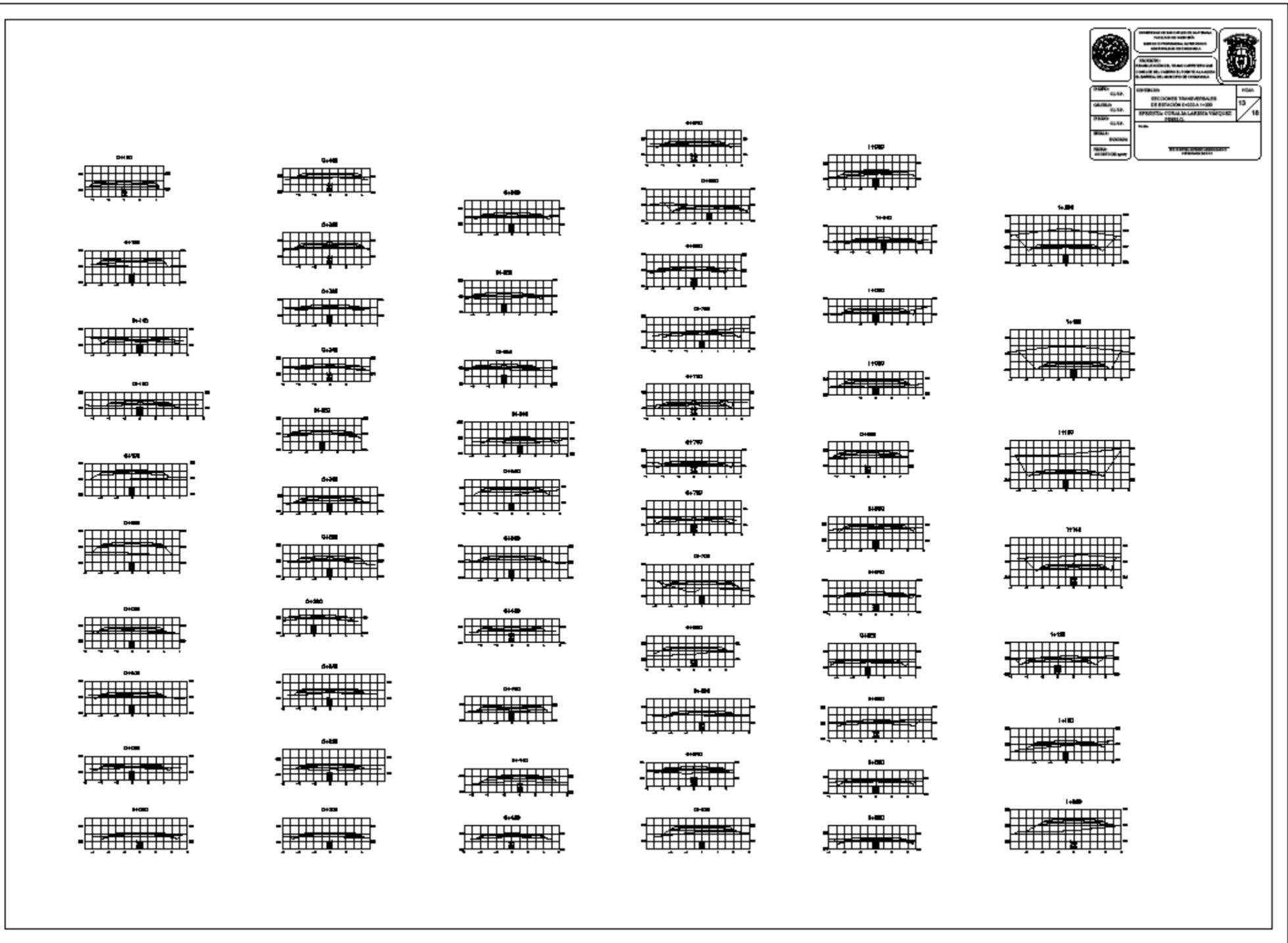


PLANTA PERFIL

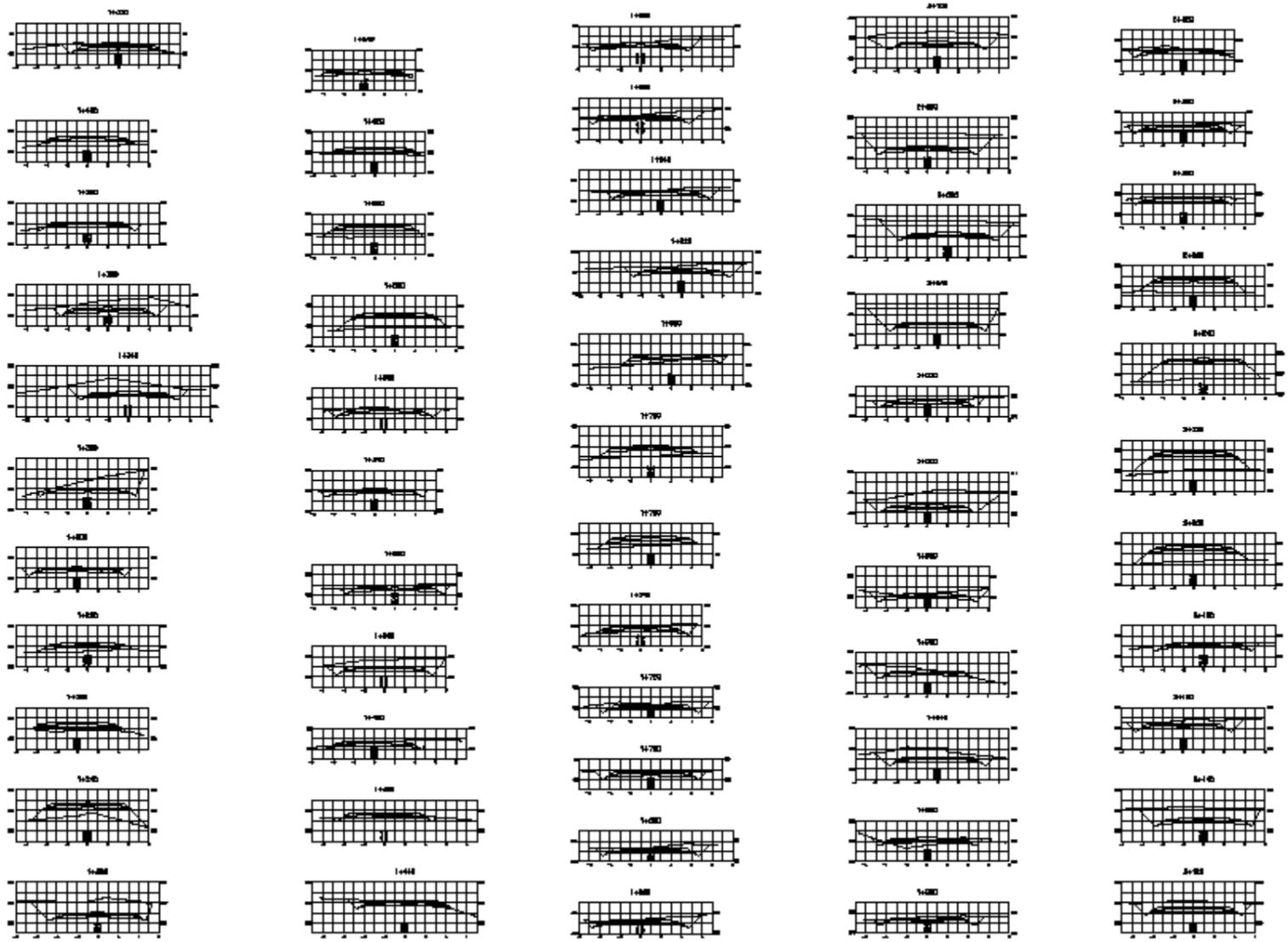
ESCALA H: 1:1000
 ESCALA V: 1:200

UNIVERSIDAD DE CAUCA DE QUATONIA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPIO DE OROSI	
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO COMERCIAL DEL CARREREL DEL PUEBLO A LA ALDEA EL BARREAL DEL MUNICIPIO DE OROSI	
DISEÑO: CL.F.P. CALCULO: CL.F.P. EMBUDO: CL.F.P. ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL DE 2007	CONTENIDO: PLANTA GENERAL EPISISTA: CORALIA LARISSA VÁSQUEZ PERELO.
	HOJA: 12 18
Y.A.: "ING. WALTER ALBERTO ARBOLIZO" SUPERVISOR EN LTA	

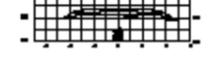
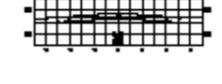
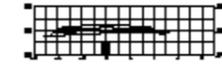
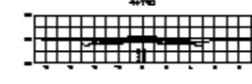
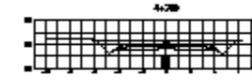
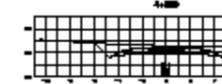
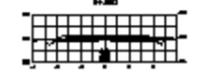
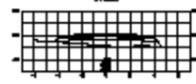
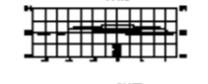
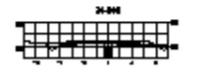
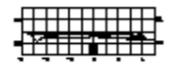
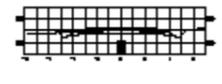
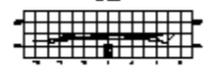
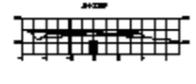
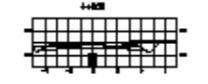
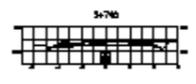
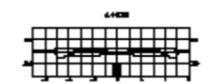
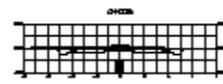
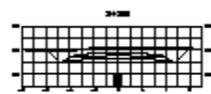
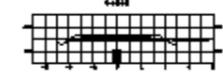
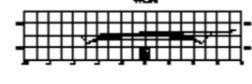
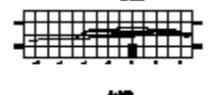
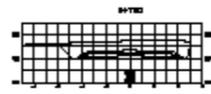
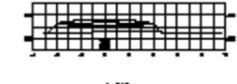
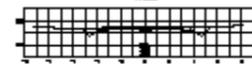
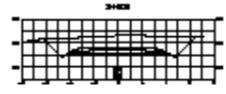
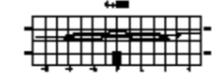
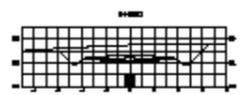
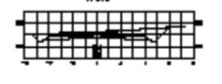
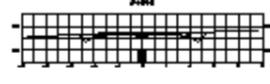
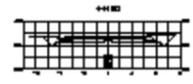




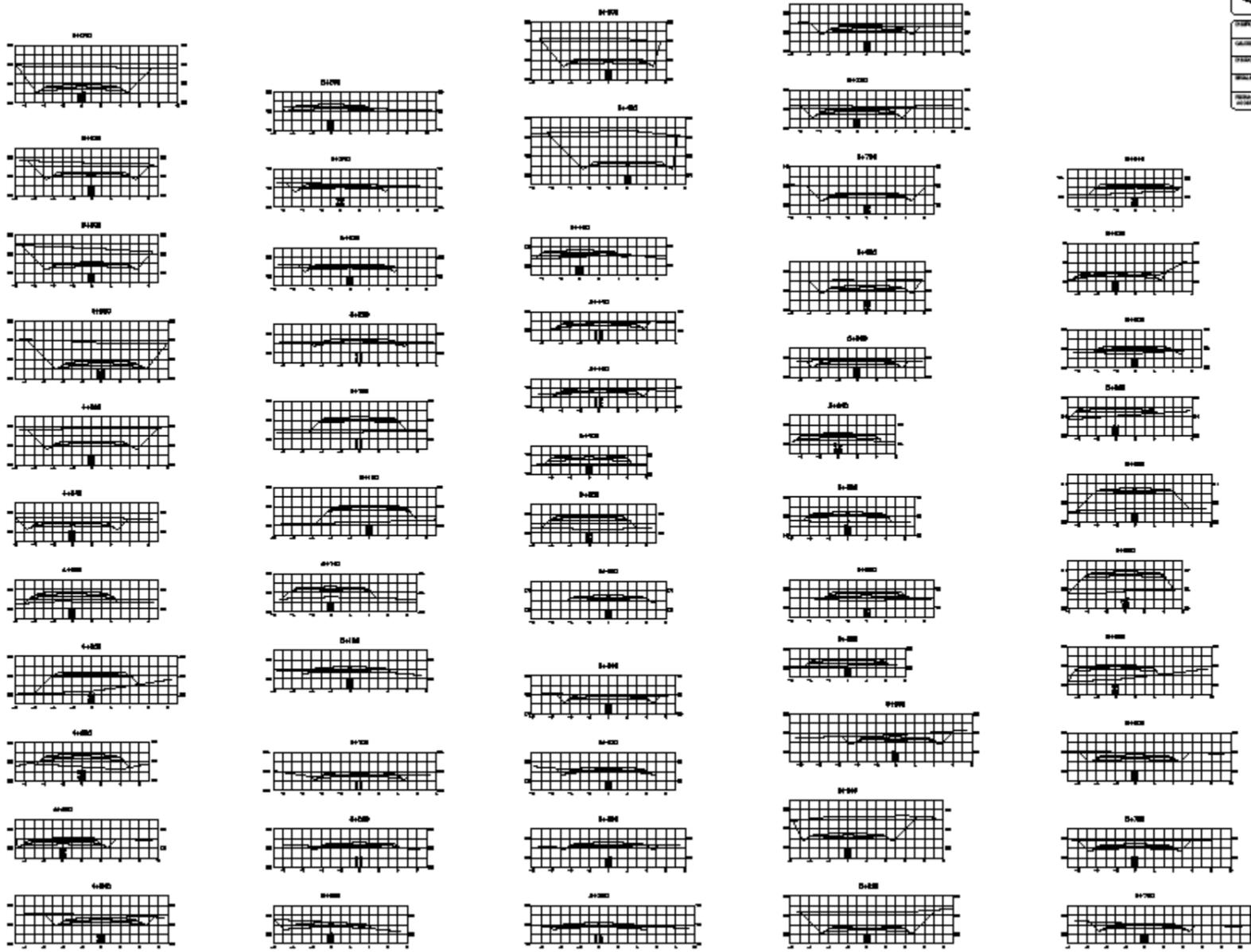
		
INSTITUCIÓN EDUCATIVA "EL GUANO"		
NOMBRE:	GRADO:	PÁGINA:
CALIFICACIÓN:	SECCIONES TRANSVERSALES DE EDIFICACIONES	13
FECHA:	ESPECIALIDAD:	18
INSTITUCIÓN:	TÍTULO:	
FECHA DE ENTREGA:	INSTITUCIÓN:	



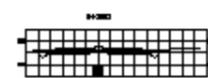
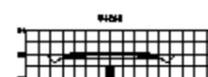
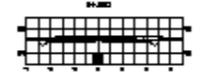
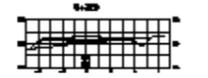
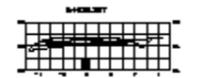
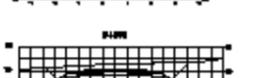
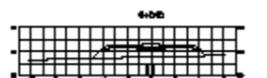
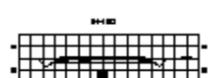
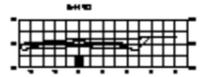
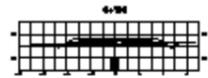
			
INSTITUTO VENEZOLANO DE NORMALIZACIÓN Y CONTROL TÉCNICO INSTITUTO VENEZOLANO DE NORMALIZACIÓN Y CONTROL TÉCNICO			
ESTADO:	SECCIONES TRANSVERSALES DE BRIDGES	PÁGINA:	14
CAROLINA:	SECCIONES TRANSVERSALES DE BRIDGES		
ESTADO:	SECCIONES TRANSVERSALES DE BRIDGES		
ESTADO:	SECCIONES TRANSVERSALES DE BRIDGES		
ESTADO:	SECCIONES TRANSVERSALES DE BRIDGES		



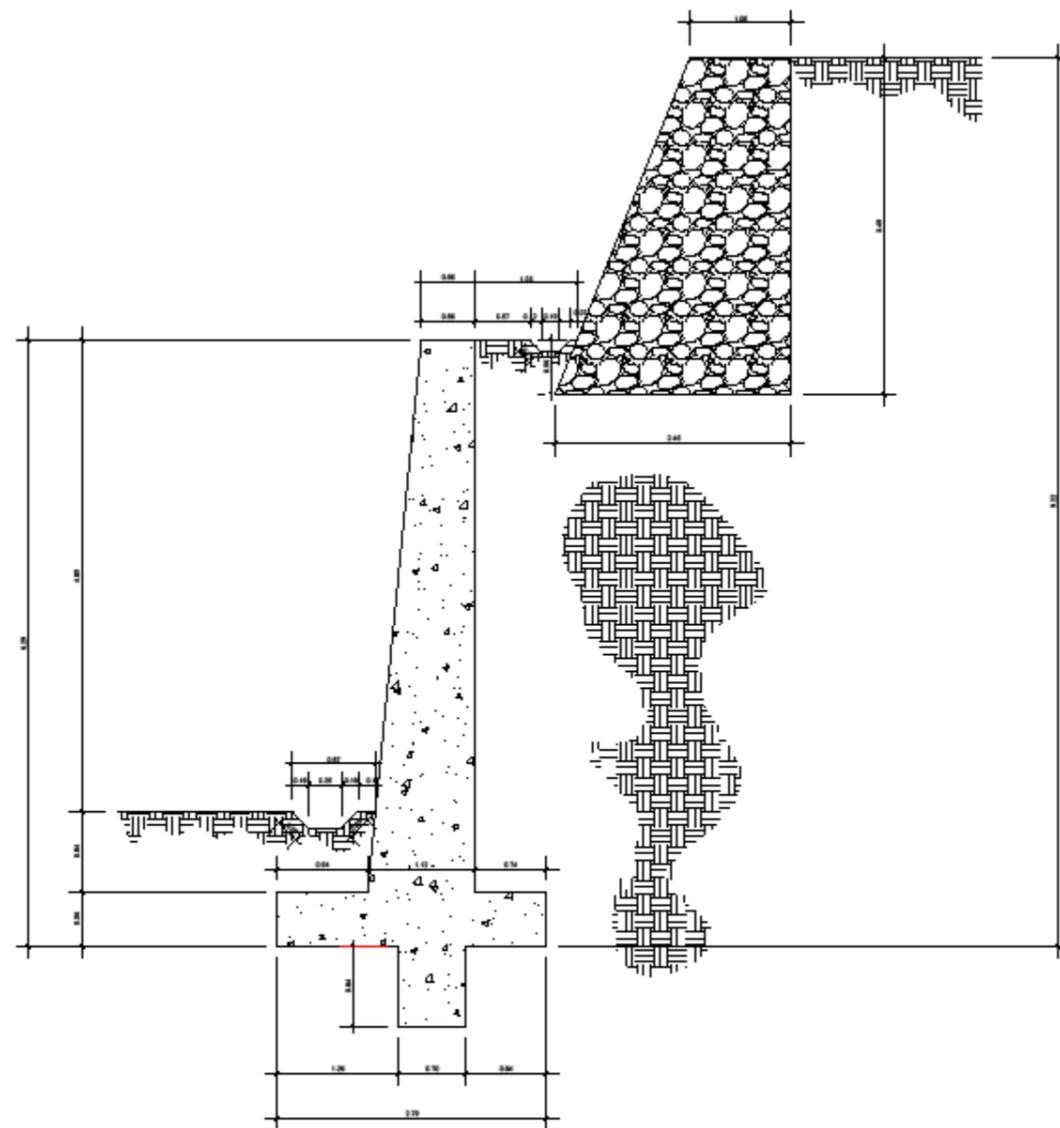
	
COMISIÓN NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR	
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR	
INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS E INVESTIGACIONES	
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL	
MATERIA: MECÁNICA DE FLUIDOS	
SEMESTRE: V	
NOMBRE DEL ALUMNO: _____	
FECHA: _____	
PÁGINA: 10	
TOTAL: 18	



	MINISTERIO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUCTURA DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS DE VIALIDAD		
	PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE LA CARRETERA NACIONAL N° 10 ENTRE EL KM. 10+00 Y EL KM. 10+500	SECCIONES TRANSVERSALES DE EDIFICIO A LA ESCALA 1:100	
TÍTULO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE LA CARRETERA NACIONAL N° 10 ENTRE EL KM. 10+00 Y EL KM. 10+500	AUTOR: INSTITUTO VECINAL DE INGENIEROS CIVILES DEL PERÚ	FECHA: 2018	



			
INSTITUCIJA ZA VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE INŽENJERING I ARHITEKTURA			
ADRESA: BEOGRAD, BEOGRADSKA CESTA 111		PLOŠTA: 18	
NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE		SKALA: 1:100	
DRUGI NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE		DATUM: 2023	
DRUGI NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE		DRUGI NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE	
DRUGI NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE		DRUGI NAZIV: VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE	



DIMENSIONES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN

Esc. 1:25

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIMEL	
PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN PARA EL POLIDEPORTIVO CIAD DEL SECTOR BELLA VISTA ZONA 5, CHIMEL		
DISEÑO: CLXX	CORTEJO: DETALLES DE LAS DIMENSIONES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN	Hoja 1 / 2
CAJALDO: CLXX	ESPEJISTA: COBALJA LARISSA VÁRQUEZ PINELLO	
DISEÑO: CLXX	Ver:	
ESCALA: INDICADA		
FECHA: AGOSTO DE 2010		

