

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL
CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ALLAN RUBÉN ZOHEB ARDÓN VILLANUEVA
ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sydney Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga
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:

**DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL
CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 1 febrero de 2008.



Allan Rubén Ardón Villanueva



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 29 de septiembre de 2009.
Ref.EPS.DOC.1374.09.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Allan Rubén Zohéb Ardón Villanueva** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200117171**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**.

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

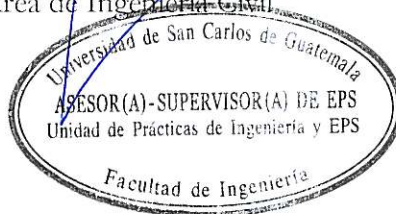
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MAAO/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 29 de septiembre de 2009.
Ref.EPS.D.618.09.09

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

Estimado Ingeniero Samuels Milson.


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Allan Rubén Zohéb Ardón Villanueva**, quien fue debidamente asesorado y supervisado 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,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeterna de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Guatemala,
19 de enero de 2010

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Allan Rubén Zohéb Ardón Villanueva, 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. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



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 del estudiante Allan Rubén Zohéb Ardón Villanueva, titulado DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2010

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Allan Rubén zoheb Ardón Villanueva**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2010

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Oscar Rubén Ardón Pérez, por todo su apoyo y amor incondicional, por tratar de enseñarme el camino correcto de la vida y ser un ejemplo para mí.

Silvia Elizabet Villanueva García, por amarme siempre y ayudarme a superar todos mis temores, por levantarme cuando he caído y darme ánimos para seguir.

Mis hermanos

Silvia, Marcia, Perla, Luis Carlos y Jared, por quererme y comprenderme en los momentos difíciles, por estar conmigo cuando más los necesité.

Mi familia

Primos, tíos, abuelos, abuelastros y personas que no son familia pero casi lo son. A todos ellos les agradezco los consejos, los regaños, el amor, el apoyo, la comprensión y la paciencia.

Mis amigos

Aquellos de pueblo, de andinismo, de psycho y todas esas subculturas en las que anduve; completos, fracciones, los que me han acompañado en el camino y nunca me dejaron morir.

La Universidad de San Carlos

Por albergarme en mis años de estudio y proporcionarme la educación necesaria para cumplir mi sueño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Descripción general de las comunidades	1
1.1.1 Localización geográfica	1
1.1.2 Clima	3
1.1.3 Infraestructura	3
1.2 Datos demográficos	4
1.3 Antecedentes	4
1.4 Estado actual de la carretera	5
1.5 Aspectos generales	6
1.5.1 Marco de referencia	6
1.5.2 Definición del problema y las causas	6
1.6. Descripción técnica de las alternativas propuestas	7
1.6.1 De Escobillal a Pinalito	7
1.6.2 De Pinalito a Oratorio	8
1.6.3 De Hierba Buena a Oratorio	9
2. DISEÑO DE CARRETERA	11
2.1 Especificación técnica a utilizar	11
2.1.1 Tipo de camino a diseñar	11

2.1.2 Ubicación del proyecto en mapa 1/50000 del Instituto Geográfico Nacional.	14
2.2 Estudio de suelos	14
2.2.1 Sistemas para la clasificación del suelo	15
2.2.1.1 Sistema unificado (USCS)	15
2.2.1.2 Sistema AASHTO	16
2.2.2 Ensayos	18
2.2.2.1. Análisis de granulometría	19
2.2.2.2. Límites de consistencia	20
2.2.2.2.1 Límite líquido	21
2.2.2.2.2 Límite plástico	22
2.2.2.2.3 Índice plástico	22
2.2.2.3. Equivalente de arena	23
2.2.2.4. Compactación (Proctor)	23
2.2.2.5. Valor soporte del suelo (CBR)	25
2.2.3 Análisis de resultados	26
2.3 Topografía	27
2.3.1 Levantamiento topográfico	27
2.3.1.1 Planimetría	28
2.3.1.2 Altimetría	28
2.3.1.3 Secciones transversales	29
2.3.2 Cálculo topográfico	30
2.3.2.1 Cálculo planimétrico	30
2.3.2.2 Cálculo altimétrico	31
2.3.3. Cálculo de áreas de secciones transversales	34
2.3.4. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	34
2.4 Diseño Geométrico de carretera	35
2.4.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales	35

2.4.1.1. Cálculo de delta (Δ)	37
2.4.1.2. Grado máximo de curvatura	37
2.4.2. Cálculo de rasante	46
2.4.2.1. Ancho de sección típica	47
2.4.2.2. Alineamiento horizontal	47
2.4.2.3. Puntos obligatorios	47
2.4.2.4. Pendiente máxima	48
2.4.2.5. Pendiente mínima	48
2.4.2.6. Datos de tipo de suelo	48
2.4.2.7. Condiciones topográficas	48
2.4.3. Drenajes	49
2.4.3.1. Drenaje pluvial	51
2.4.3.2. Cunetas	52
2.4.3.3. Contracunetas	53
2.4.3.4. Drenaje transversal	54
3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	55
3.1. Cuantificación de materiales y mano de obra	55
3.2. Integración de precios unitarios	56
3.3. Resumen de costos del proyecto	59
4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	61
4.1 Objetivos específicos	61
4.2 Identificación de impactos	61
4.2.1 Preconstrucción	62
4.2.2 Construcción	62
4.2.3 Postconstrucción	62
4.2.4 Matriz de identificación de impactos ambientales	63

4.3 Factores ambientales y socioeconómicos	64
4.4 Evaluación de impacto social	66
4.5 Impacto sobre la salud y la educación	66
4.6 Plan de contingencia	67
4.6.1 Suelo	67
4.6.1.1 Erosión	67
4.6.1.2 Estabilidad	68
4.6.1.3 Características geomorfológicos	68
4.6.1.4 Botadero de material	68
4.6.2 Atmósfera	69
4.6.2.1 Ruido	69
4.6.2.2 Aire	69
4.6.2.3 Clima	69
4.6.2.4 Paisaje	70
4.6.3 Agua	70
4.6.3.1 Variación del flujo	70
4.6.3.2 Calidad del agua	70
4.6.4 Aspectos ecológicos	71
4.6.4.1 Vegetación, hábitats y migración de especies	71
4.6.5 Aspectos sociales	71
4.6.5.1 Seguridad	71
4.7 Seguimiento y vigilancia ambiental	71
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA	73
5.1 Valor actual neto	73
5.2 Tasa interna de retorno	74
CONCLUSIONES	77

RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
APÉNDICE	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del Municipio de Jocotán.	2
2.	Estado de la carretera de Pinalito a Oratorio.	5
3.	Ubicación mapa 1/50,000 Aldea Suchiquer	14
4.	Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical negativo	33
5.	Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical positivo	33
6.	Elementos de curva circular simple	36
7.	Sección de una curva vertical	41
8.	Elementos de curva vertical	43
9.	Sección transversal de drenaje, profundidad mínima	54

TABLAS

I.	Descripción del tramo Escobillal-Pinalito	7
II.	Descripción del tramo Pinalito-Oratorio	8
III.	Descripción del tramo Hierba Buena a Oratorio	9
IV.	Velocidad de diseño, según tipo de sección	11
V.	Tabla de sistema de clasificación de suelo AASHTO	18
VI.	Coordenadas parciales y totales	31
VII.	Valores máximos de curvatura para cada velocidad	38
VIII.	Valores de k, según velocidad de diseño	42
IX.	Cuantificación de materiales	55
X.	Modelo de integración de costos	56
XI.	Memoria de cálculos unitarios	58
XII.	Resumen costos del proyecto	59
XIII.	Matriz de identificación de impactos ambientales	63
XIV.	Cálculo de valor actual neto	74
XV.	Cálculo tasa interna de retorno	74

LISTA DE SÍMBOLOS

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

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Alcantarilla	Son conductos que se construyen debajo de la subrasante de una carretera u obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
ASTM	American Society for Testing and Materials
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera para protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo y cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
Carretera	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.

Cabezales	Muro central de entrada y salida de las tuberías, diseñado y construido para sostener y proteger los taludes, y encauzar las aguas.
Compactación	Es la técnica por medio de la que los materiales reducen sus vacíos y, por ende, aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
Contracuneta	Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
Corona	Superficie final de la carretera y comprendida entre sus hombros.
Corte	Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción de terraplenes.
Cuneta	Zanja lateral, generalmente paralela al eje de la carretera o del camino.
Curvas de nivel	Es la representación gráfica de los niveles del terreno.

Drenajes	Son los medios utilizados para controlar las condiciones de flujo de agua en terracerías y para mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Excavación	Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material, dentro de los límites de construcción, para incorporarlo al camino.
Grado de curvatura máximo	Es el grado máximo de curva que se fija para ser usado, llenando las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño; esto de acuerdo con el tipo de carretera
Pendiente	Relación entre la diferencia de cotas y la distancia horizontal contemplada entre dos puntos.
P.E.A.	Población Económicamente Activa
Rasante	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
Sección típica	Es la sección seleccionada en diseño que permanece uniforme, la mayoría de veces en toda la extensión de una carretera.

Sección transversal

Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.

Talud

Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.

Tangente horizontal

Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene en forma detallada, las actividades durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado efectuado en la aldea Suchiquer, del municipio de Jocotán, en el departamento de Chiquimula, a través del convenio entre la Universidad de San Carlos y la Universidad Politécnica de Madrid

El proyecto de las comunidades del milenio trata de ayudar a las comunidades más afectadas por la hambruna que azotó Jocotán en 2001. Este proyecto contempla el mejoramiento de la red de caminos de la microcuenca La Mina. Se tomó la decisión de trabajar en Suchiquer, entre los lugares afectados.

Este trabajo contiene el diseño y ampliación del camino del caserío Pinalito hacia el caserío Oratorio. La ampliación involucra una rasante de material granular, cunetas, contra cunetas, drenajes transversales, longitudinales, formación de taludes. El diseño de las curvas horizontales, verticales y las pendientes máximas y mínimas del terreno, así como el de velocidades mínimas, se ejecutó con base en normas y especificaciones establecidas por la Dirección General de Caminos.

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

OBJETIVOS

General:

Propiciar el desarrollo económico y social de Suchiquer a través del diseño del mejoramiento y ampliación de la carretera que comunica los caseríos, que permitirá su integración social y productiva, y facilitará el intercambio de bienes y servicios.

Específicos:

1. Diseñar, calcular y presupuestar el tramo carretero del caserío Pinalito al caserío Oratorio, ubicados en la aldea Suchiquer, en el municipio de Jocotán.
2. Proponer una carreta que permita reducir el precio del recorrido y el tiempo de la transportación en general, mejorando las oportunidades de comercialización de productos agrícolas y el ingreso de servicios de salud, educación y emergencia.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de las Comunidades del Milenio pretende ayudar a las comunidades de Jocotán y Camotán que han tenido problemas de seguridad alimentaria. Una de estas comunidades es Suchiquer, un área que ha sido afectada por múltiples problemas debido a su lejanía de la cabecera, el mal estado de los caminos, pendientes pronunciadas y falta de drenajes apropiados. El proyecto pretende mejorar la calidad de vida de los pobladores por medio de el mejoramiento de sus caminos.

En este trabajo se desarrollan las técnicas de diseño en el área de la Ingeniería Vial, implementando criterios y herramientas correspondientes a la rama de la Ingeniería Civil, y se mostrarán detalles de importancia para mejorar las condiciones de vida de la aldea mencionada.

En el documento se hace una descripción general de las comunidades, el diseño de la carretera, presupuesto, estudio de impacto ambiental, evaluación económica, conclusiones, recomendaciones y un apéndice donde encontrará los planos del proyecto y las memorias de cálculo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

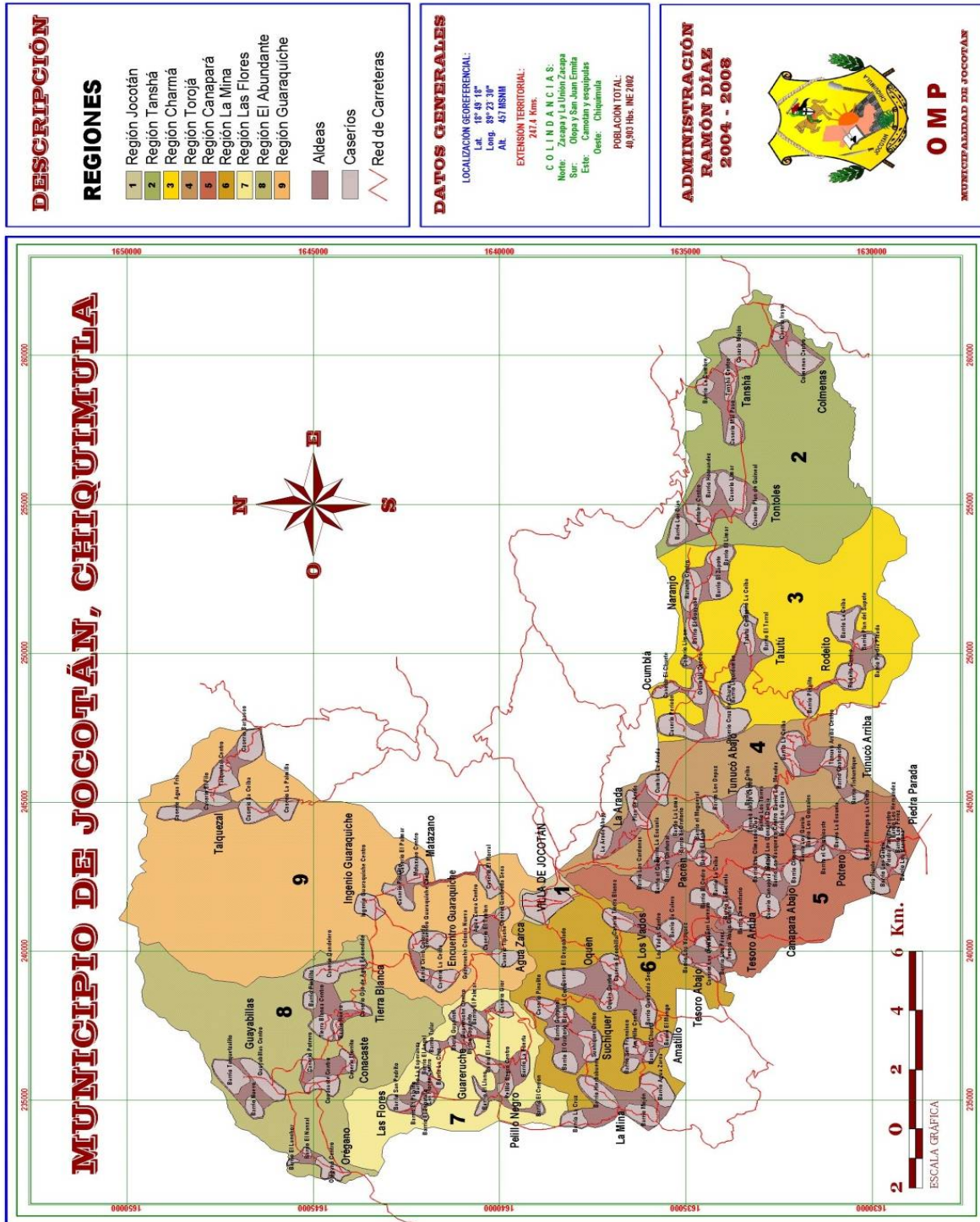
1.1 Descripción general de las comunidades

1.1.1 Localización geográfica

Suchiquer se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: 238,680 metros este, 1,638,320 metros norte, zona 16 y su altitud es 1,000 MSN.

La comunidad está ubicada al poniente del municipio de Jocotán, a 9.8 Km. de la cabecera municipal por carretera. También tiene acceso por la aldea La Mina a 3.4 Km., pero éste no es transitable actualmente. La extensión de zonas pobladas entre ellos es de aproximadamente 2.7 kilómetros cuadrados. Colinda al Oriente con la aldea Oquén, al Sur con la aldea El Amatillo y al poniente con la aldea La Mina

Figura 1. Mapa del municipio de Jocotán.



Fuente: Municipalidad de Jocotán

1.1.2 Clima

El clima es variado y se mantiene una temperatura promedio de 21° C debido a que se encuentra a 940 msnm. El clima es moderadamente frío de noviembre a febrero. La temperatura aumenta de marzo a mayo, y de junio a noviembre llueve de manera regular pues son los meses de invierno. En la época de tormentas tropicales, de septiembre a noviembre, las partes altas y desprotegidas de la comunidad pueden estar expuestas a vientos violentos desde el este. El Amatillo está en la zona de riesgo de sequía.

1.1.3 Infraestructura

Suchiquer cuenta con los siguientes edificios públicos:

Piso de concreto, pared de block y techo de lámina:

- 1 Escuela Oficial, Barrio Centro
- 1 Escuela Fe y Alegría, Barrio El Oratorio
- 1 Escuela Oficial, Caserío Pinalito
- 1 Escuela, Barrio La Ceiba
- 1 Pila y Baño Comunal, Barrio La Ceiba
- 1 Centro de Usos Múltiples, Caserío Pinalito

Piso de concreto, pared de adobe o bajareque y techo de lámina.

- 1 Escuela Pronade, Barrio Guapinol

La construcción de viviendas es de techo de lámina o paja/zacate, paredes de bajareque, palitos o palma/zacate, pisos de tierra. Las viviendas tienen una o dos habitaciones pequeñas. Aproximadamente un 50% de las

viviendas cuentan con letrinas. Suchiquer cuenta con agua entubada domiciliar en la mayoría de la comunidad.

1.2 Datos demográficos

La aldea incluye los centros poblados de Barrio Centro, Barrio El Oratorio, Barrio Guapinol, Barrio La Ceiba, Plan El Mango y Caserío Pinalito

Suchiquer tiene una población de **2,848** habitantes, que equivale a 445 familias en 387 viviendas.

El nivel de educación es primario. Existen 5 escuelas en la aldea. El nivel de alfabetismo es 35% (menor en mujeres). Existen centros de alfabetización en Barrio Guapinol y Caserío Pinalito. La ocupación principal es la agricultura: la siembra de maíz, maicillo y frijol. Artesanía en las mujeres.

1.3 Antecedentes

El tramo carretero que va desde el caserío Pinalito hasta el barrio Oratorio es de 4.5 km., y es transitable solamente con vehículos de doble tracción y a muy baja velocidad, esquivando obstáculos como las zanjas que ha hecho el agua de lluvia o lo estrecho que se vuelve el camino en algunos puntos alrededor de 3 metros. También existen partes del camino que están derrumbadas.

Los pobladores y usuarios de esta ruta deben viajar a pie ya que la mayoría de empresas de transporte se niega a hacer el recorrido debido al deterioro que el mal estado de la ruta le ocasiona a los vehículos.

1.4 Estado actual de la carretera

La carretera se encuentra dañada en la mayor parte y los autos tipo pick-up que hacen fletes no suben debido al deterioro de sus vehículos causado por el mal estado de ésta. El tránsito en esta vía es difícil porque la mayor parte se encuentra dañada; hay zanjas, derrumbes, drenajes destruidos y hundimientos. No cuenta con ninguna cuneta, contracuneta y drenaje transversal. El tramo presenta pendientes muy pronunciadas.

Figura 2. Estado de la carretera de Pinalito a Oratorio.



1.5 Aspectos generales

1.5.1 Marco de referencia

El invierno en 2001 fue irregular en Jocotán y esto repercutió en la producción agrícola de los campesinos, específicamente en la cosecha de los granos básicos: maíz y frijol. Esta irregularidad se manifestó entonces como inseguridad alimentaria, el aumento de la desnutrición en las comunidades campesinas de Jocotán y causó la muerte de niños por la misma razón.

El proyecto se basa en las Comunidades del Milenio que la Universidad de Columbia ideó para alcanzar los ocho objetivos del milenio. En esta primera fase del proyecto se presentará una propuesta de mejoramiento de caminos, mejoramiento de la situación de agua, saneamiento y seguridad alimentaria.

1.5.2 Definición del problema y las causas

Los campesinos de Suchiquer subsisten gracias a la agricultura, y la red de caminos rurales en la microcuenca es deficiente. Las comunidades cuentan con caminos pero están en mal estado y no han recibido el mantenimiento adecuado regularmente. El mal estado de los caminos hace que los habitantes se consideren abandonados e incomunicados. El invierno les imposibilita aun más el trasladarse de un punto a otro.

La reducción de los costos de transporte tiene un impacto positivo para la población rural, que va desde de la reducción del costo de los insumos hasta la facilitación de servicios públicos, tales como educación y salud. Ambos efectos aumentan el bienestar de la población rural. Los caminos rurales complementan

los objetivos del mejoramiento de la calidad de vida, la educación y los servicios de salud. De esta manera se fomenta también la generación de empleo a nivel local.

Las principales causas del mal estado de la red de caminos son el invierno y el agua de escorrentía, que han ocasionado erosión en la rasante, llevándose el balastro y abriendo zanjas. También han ocurrido deslizamientos de tierras que han tapado cunetas y drenajes, y el agua ha seguido su curso sobre la carretera.

1.6. Descripción técnica de las alternativas propuestas

1.6.1 De Escobillal a Pinalito

Tabla I. Descripción del tramo Escobillal-Pinalito

Coordenadas de punto inicial	UTM 16P 240607 1637759
Coordenadas de punto final	UTM 16P 239716 1639775
Longitud	4.21 km.
Ancho de rodadura promedio	6 metros
Tipo de camino	Camino rural balastado
Condición	Buen estado
Tipo de topografía	Ondulado
Distancia vertical entre inicio y final	131 metros
Pendiente promedio	10.69%
Tipo de suelo	Limo arenoso color café
Drenajes y tramos empedrados	12 drenajes transversales
Disponibilidad y ubicación de bancos de material para balastro	No cuenta con banco de materiales, debe usarse el que está a 1.5 Km. del inicio del tramo
TPDA	42 vehículos

1.6.2 De Pinalito a Oratorio

Tabla II. Descripción del tramo Pinalito-Oratorio

Coordenadas de punto inicial	UTM 16P 239716 1639775
Coordenadas de punto final	UTM 16P 239842 1639134
Longitud	4.5 km.
Ancho de rodadura promedio	4 metros
Tipo de camino	Camino rural sin balastro
Condición	Mal estado
Tipo de Orografía	Montañosa
Distancia vertical entre inicio y final	440 metros
Pendiente promedio	12 %
Tipo de suelo	Arena limosa color café claro
Drenajes y tramos empedrados	3 drenajes transversales
Disponibilidad y ubicación de bancos de material para balastro	No cuenta con banco de materiales debe usarse el que está a 5.71 Km. del inicio del tramo
TPDA	4 vehículos

1.6.3 De Hierba Buena a Oratorio

Tabla III. Descripción del tramo Hierba Buena a Oratorio

Coordenadas de punto inicial	UTM 16P 237224 1638434
Coordenadas de punto final	UTM 16P 237842 1639134
Longitud	1.94 kilómetros
Ancho de rodadura promedio	Ninguna
Tipo de camino	Vereda , antiguamente camino rural
Condición	Inhabilitada
Tipo de orografía	Montañosa
Distancia vertical entre inicio y final	185 metros
Pendiente promedio	11.17 %
Tipo de suelo	Arcilla gravosa color café
Drenajes y tramos empedrados	Ninguno.
Disponibilidad y ubicación de bancos de material para balastro	No cuenta debe de usarse el que está al inicio del tramo, a 500 metros.
TPDA	Ninguno

2. DISEÑO DE CARRETERA

2.1 Especificación técnica a utilizar

2.1.1 Tipo de camino a diseñar

Para el presente proyecto se tomó el diseño propuesto por la Dirección General de Caminos, que presenta especificaciones para diferente tipo de carretera. En este caso se utilizaron las normas correspondientes a una carretera tipo F.

Tabla IV. Velocidad de diseño, según tipo de sección

T.P.D.A.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	ANCHO CALZADA (M)	RADIO MINIMO (M)	PENDIENTE MAXIMA (M)
3000	TIPO "A"		2x7.20		
A	REGIONES LLANAS	100		375	3
	ONDULADAS	80		225	4
5000	MONTAÑOSAS	60		110	5
1500	TIPO "B"		7.2		
A	REGIONES LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
3000	MONTAÑOSAS	40		47	8
900	TIPO "C"		6.5		
A	REGIONES LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
1500	MONTAÑOSAS	40		47	8
500	TIPO "D"		6		
A	REGIONES LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
900	MONTAÑOSAS	40		47	8
100	TIPO "E"		5.5		
A	REGIONES LLANAS	50		225	6
	ONDULADAS	40		110	7
500	MONTAÑOSAS	30		47	8
10	TIPO "F"		5.5		
A	REGIONES LLANAS	40		225	6
	ONDULADAS	30		110	7
100	MONTAÑOSAS	20		47	8

Fuente: Dirección general de caminos

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

- Tráfico Promedio Diario (T.P.D.A.): de 10 a 100.
- Velocidad de diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de plano a ondulado y montañoso. Así, se ha seleccionado la velocidad de 20 k.p.h.
- Ancho de calzada: 5.50 metros.
- Pendiente: La pendiente máxima, para una velocidad de diseño de 20 k.p.h, es de 14%. La pendiente máxima permisible debe aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que esos pequeños tramos no sean mayores de 100 metros, a menos que no haya otra solución. En este caso debe empedrarse la superficie de rodamiento, a fin de evitar que los vehículos resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentra húmeda y se trate de una zona en general lluviosa.
- Curvatura: El grado de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y, por tanto, su utilización no es rutinaria porque conduciría a proyectos de baja calidad. Si se tienen varias alternativas de trazo se elige aquella que, sin elevar los costos de construcción, permita aplicar menores grados de curvatura.
- Bombeo: El bombeo es la pendiente dada a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación de agua sobre la superficie de rodamiento. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la

mínima pendiente; para ello es necesaria una pendiente transversal de 3% como mínimo hacia ambos lados del eje en tangente y en un solo sentido en las curvas.

- Sobre elevación: La sobre elevación máxima en las curvas horizontales es del 10%.
- Curvas verticales: La longitud mínima de curvas verticales es de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, los caminos rurales poseen una curvatura vertical en cresta que está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc. La aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos; por ello, para el proyecto de curvas verticales se debe tener en cuenta una seguridad razonable.
- Tránsito promedio diario: las especificaciones son para un tránsito de hasta 100 vehículos diarios. Este camino, por lo tanto, estará en su capacidad ya que tiene un tránsito menor.

2.1.2 Ubicación del proyecto en hoja cartográfica 2360-III escala 1/50000 del Instituto Geográfico Nacional.

Figura 3. Ubicación del proyecto en hoja cartográfica 2360-III



Fuente: Inventario de carreteras de microcuenca La Mina

2.2 Estudio de suelos

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

Los ensayos de suelos deben ejecutarse para:

- La clasificación del tipo de suelo
- El control de la construcción
- Determinar la resistencia del suelo

2.2.1 Sistemas para la clasificación del suelo

Un Sistema de Clasificación de los Suelos es una agrupación de éstos con características semejantes. El propósito es estimar fácilmente las propiedades de un suelo comparándolo con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para el cual se desarrollaron.

2.2.1.1 Sistema unificado (USCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) se deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos: de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre,

uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo, o limo y arena; C, que contiene arcilla, o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos: las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

2.2.1.2 Sistema AASHTO

El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo en 1929 uno de los primeros sistemas de clasificación para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras. En 1945 fue modificado y, a partir de entonces, se le conoce como Sistema AASHO y recientemente AASHTO.

Este sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en siete grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo", que se calcula por la fórmula empírica:

$$I_g = (F - 35) * (0.2 + 0.005(WL - 40)) + 0.01(F - 15)(I_p - 10)$$

Donde:

F Porcentaje que pasa por 0.08 mm, expresado en números enteros basado solamente en el material que pasa por 80 mm.

Wi Límite líquido.

Ip Índice de plasticidad.

Este método define:

- Grava: material que pasa por 80 mm y es retenido en tamiz de 2
- Arena gruesa: material comprendido entre 2 mm y 0.5 mm
- Arena fina: material comprendido entre 0,5 y 0,08 mm.
- Limo arcilla: material que pasa por tamiz 0,08 mm.

El término material granular se aplica a aquellos con 35% o menos bajo tamiz 0,08 mm; limoso a los materiales finos que tienen un índice de plasticidad de 10 o menor; y arcilloso se aplica a los materiales finos que tienen índice de plasticidad 11 o mayor. Materiales limo arcilla contienen más del 35% bajo tamiz 0,08 mm.

Cuando se calculan índices de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, se utiliza solamente el término del índice de plasticidad de la fórmula.

Cuando el suelo es NP o cuando el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo se debe considerar (0).

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una inspección visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto.

Tabla V. Sistema de clasificación de suelo AASHTO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)				
Grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A-7-5/A-7-6
% que pasa tamiz :											
Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

2.2.2 Ensayos

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

2.2.2.1. Análisis de granulometría

Los ensayos de granulometría tienen como objetivo determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño.

La distribución de las partículas con tamaño superior a 0.075 mm. se determina mediante tamizado con una serie de mallas normalizadas.

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

De los ensayos granulométricos se calculan los siguientes coeficientes:

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

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

Cu Coeficiente de uniformidad

D 60 Diámetro máximo del 60%

D 10 Diámetro máximo del 10%

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

$$C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

Cg	Coeficiente de graduación
D 30	Diámetro máximo del 30%
D 10	Diámetro máximo del 10%
D 60	Diámetro máximo del 60%

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

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

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

2.2.2.2. Límites de consistencia

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

La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y, finalmente, al estado líquido.

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

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

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

2.2.2.2.1 Límite líquido

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

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación; ambos límites juntos son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de

compactación. El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T 89, teniendo como obligatoriedad el hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

2.2.2.2 Límite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso. El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco) con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm. (1/8 de pulgada) de diámetro, al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

2.2.2.3 Índice plástico

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

Tanto el límite líquido como el plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero, es no plástico; cuando es menor de 7, el suelo es de baja

plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando es mayor que 17, se dice que es altamente plástico.

2.2.2.3. Equivalente de arena

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

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

2.2.2.4. Compactación (Proctor)

En Guatemala se utiliza generalmente el Proctor modificado para las carreteras. Según AASHTO T-180, éste sirve para calcular la humedad óptima requerida para que un suelo alcance su máxima compactación.

La masa de los suelos está formada por partículas sólidas y vacíos; éstos últimos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta tiene mayor número de vacíos, los que, conforme se sometan a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo que se establece cuando dicha masa alcanza su menor volumen y su mayor peso; esto

se conoce como **densidad máxima**. Para alcanzar la densidad máxima es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, que se conoce como **humedad óptima**.

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

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

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

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

- a. Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.

- b. Mayor economía en las operaciones de riego al tener una humedad óptima más baja, lo que facilitará la compactación.
- c. Se asemeja más a la energía de compactación de los equipos modernos.

2.2.2.5. Valor soporte del suelo (CBR)

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

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

Expansión:

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

Una vez completado el paso 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. El objetivo de sumergir la muestra durante cuatro días en agua es someter los materiales utilizados en la construcción a las peores condiciones a las que puedan estar sujetos en el pavimento (como se mencionó al inicio).

2.2.3 Análisis de resultados

Los resultados de los ensayos realizados permiten concluir que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4 Limo Arenarcilloso color cafe

Limite líquido: 34.83%

Índice Plástico: 7.54%

Densidad seca máxima γ_d : 1.701 kg/m³

Humedad óptima = 11.3%

CBR al 98.6% de compactación es de 19.6% aproximadamente.

Equivalente de Arena E.A = 21

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

2.3 Topografía

2.3.1 Levantamiento topográfico

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

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

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

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

El levantamiento topográfico se realiza previo a un estudio de proyecto de una infraestructura básica. Éste consiste de dos actividades: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico, utilizando para los mismos aparatos de precisión.

2.3.1.1 Planimetría

La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta), que se supone es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí no interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre sus diferentes puntos. La ubicación de éstos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal.

El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La poligonal base puede ser abierta o cerrada, según los requerimientos del levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene un esquema horizontal.

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

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

2.3.1.2 Altimetría

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

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

2.3.1.3 Secciones transversales

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. en tramos en tangente y de 10 m. en tramos de curvas. En caso de cambios de pendiente en la topografía, se tomarán secciones adicionales en los puntos de cambio de pendiente o por lo menos cada 5 m.

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

2.3.2 Cálculo topográfico

2.3.2.1 Cálculo planimétrico

Para el levantamiento topográfico se utilizó un polígono abierto y para el cálculo se utiliza el método Pensilvania, que da como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar.

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

$$Dh = k * (s - i) * \cos \alpha$$

Donde:

- s Hilo superior
- i Hilo inferior
- α Ángulo vertical = 90° - ángulo cenital
- K Constante taquimétrica = 100

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

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

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

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

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

Tabla VI. Coordenadas parciales y totales

Estación	Punto Obs.	ΔX	ΔY	X total	Y total
0				1000	1000
1	2	1.8607	-0.16797	1001.8607	998.3203
2	3	70.1422	16.4266	1072.0029	1014.7469

2.3.2.2 Cálculo altimétrico

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

Distancia vertical

$$Dv = \frac{k \cdot (s - i) \sin 2\alpha}{2}$$

Donde:

- s Hilo superior
- i Hilo inferior
- α Ángulo vertical = 90° - ángulo cenital
- k Constante taquimétrica = 100

Diferencia de nivel

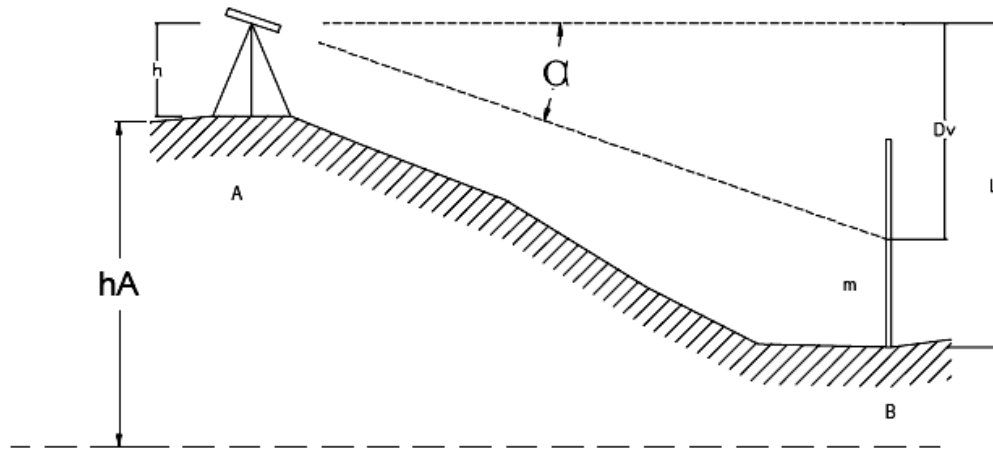
$$Dn = Dv + (m - H_{inst})$$

Donde:

- m Hilo medio
- Hins Altura instrumental
- Dv Cota de A

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

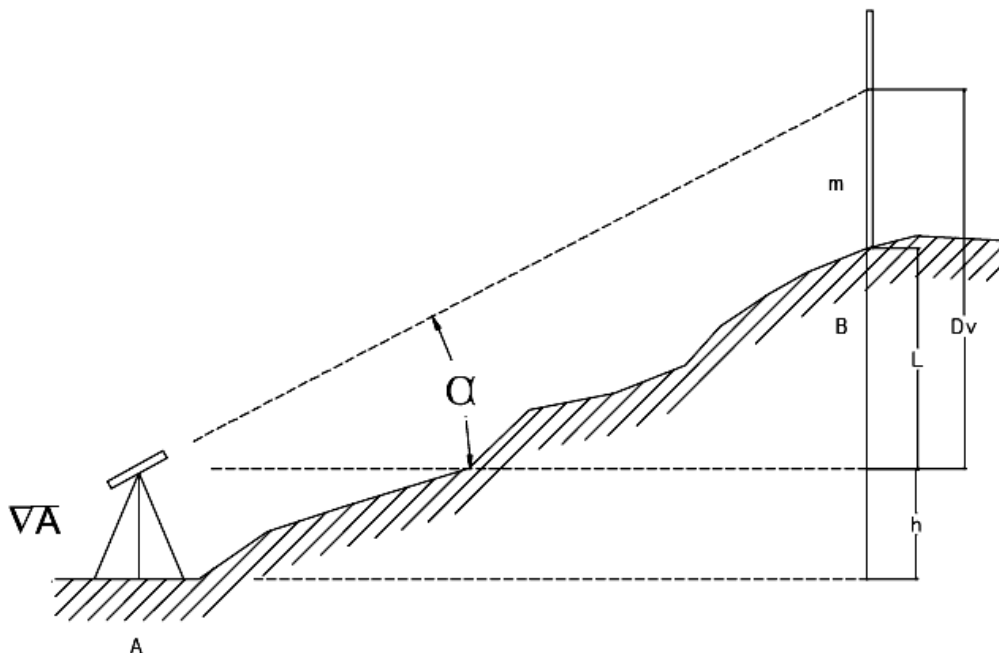
Figura 4. Cálculo de cotas por taquimetría. Ángulo vertical negativo



Pero si el ángulo vertical es **menor de 90°** (es decir, subiendo), entonces:

$$Dn = Dv - (m + H \tan^2 \alpha)$$

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



2.3.3. Cálculo de áreas de secciones transversales

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

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

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

2.3.4. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

El cálculo se realiza entre estaciones, regularmente cada 20 metros. Si las dos secciones donde se desea obtener el volumen se encuentran en corte o en relleno, es posible hacerlo con el volumen de un prisma irregular, que es el resultado de la semisuma de las áreas externas por la distancia entre las estaciones.

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

- V Volumen (corte o relleno)
- A1 Área estación 1
- A2 Área estación 2
- d Distancia entre estaciones (20 mt.)

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

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

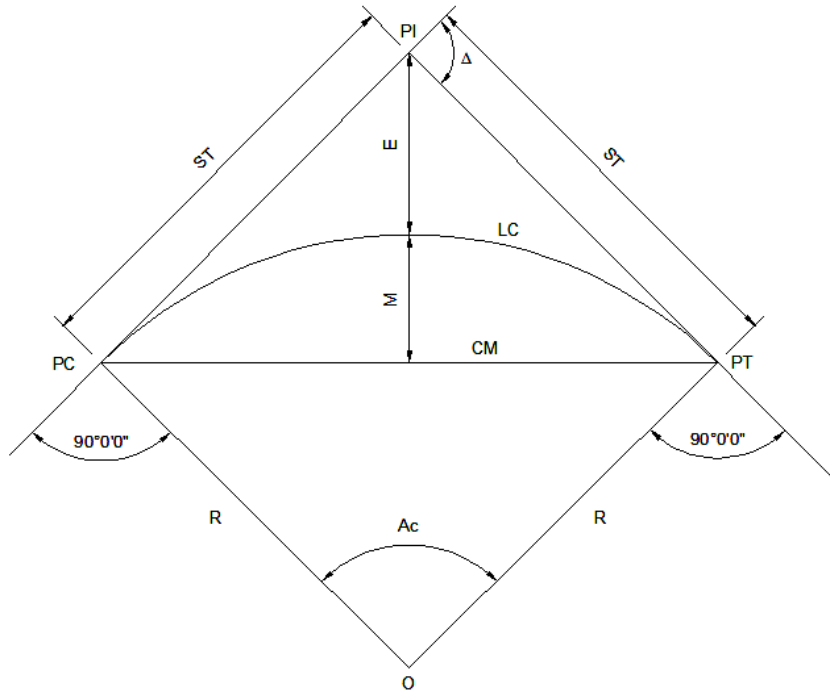
$$\frac{C+R}{D} = \frac{R}{D1} \quad D1 = \frac{R+D}{(C+R)}$$

2.4 Diseño geométrico de la carretera

2.4.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales

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

Figura 6. Elementos de curva circular simple



Donde:

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

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será seleccionado por el diseñador en función de la clase de carretera . 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.

2.4.1.1. Cálculo de delta (Δ)

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

2.4.1.2. Grado máximo de curvatura

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

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

En donde:

G _{máx}	Grado máximo de curvatura
μ	Coefficiente de fricción lateral
S _{máx}	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 del 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	0.28	0.1	61.6444	60
40	0.23	0.1	30.1125	30
50	0.19	0.1	16.936	17
60	0.165	0.1	10.7472	11
70	0.15	0.1	7.4489	7.5
80	0.14	0.1	5.475	5.5
90	0.135	0.1	4.2358	4.25
100	0.13	0.1	3.358	3.25
110	0.125	0.1	2.7149	2.75

Longitud de curva (LC)

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

$$Lc = 20 * \frac{\Delta}{G^2}$$

Subtangente (ST)

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

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

Cuerda máxima (Cmáx)

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

$$Cmax = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

External (E)

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

$$E = R * \text{sec}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Ordenada media (Om)

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

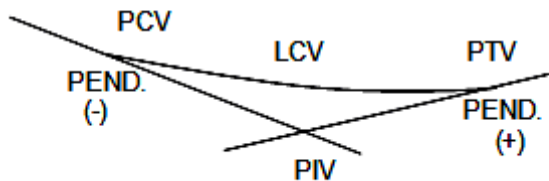
$$Om = R * (1 - \cos(\frac{\Delta}{2}))$$

Alineamiento vertical

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

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

Figura 7. 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

Diseño de curvas verticales

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

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

Visibilidad de parada:

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

$$L = k * a$$

- L Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).
- k Constante que depende de la velocidad de diseño.
- a Diferencia algebraica de pendientes de las tangentes verticales, en %.

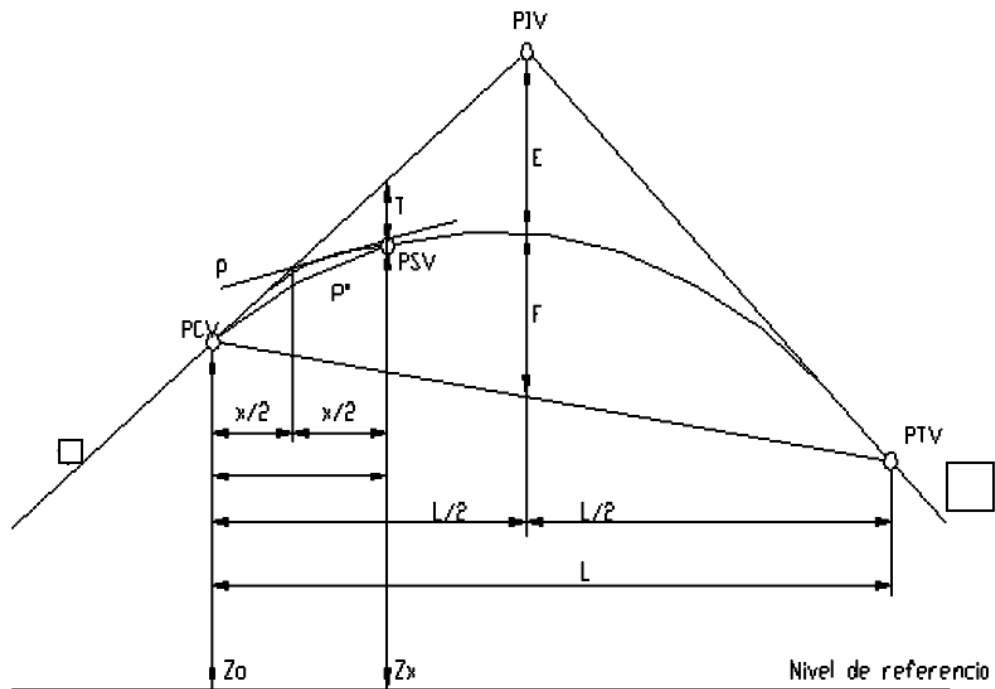
Tabla VIII. Valores de k, según velocidad de diseño

Velocidad del 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	27	29
90	29	43
100	36	60

Trazo de curvas verticales

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

Figura 8. Elementos de curva vertical



En donde:

PIV Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV Punto en donde comienza la curva vertical

PTV Punto en donde termina la curva vertical

PSV Punto cualquiera sobre la curva vertical

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

Visibilidad

a.- Curvas verticales en cresta.

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

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

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:

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

Donde:

- D Distancia de visibilidad, en metros
- T Pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)
- H Altura de los faros (0.64 m)

Cálculo de curvas verticales

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

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

$$L = P_o - p_i$$

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

- P_o Pendiente de entrada
- P_i Pendiente de salida
- L Número total de estaciones

Tangentes

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

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

2.4.2. Cálculo de rasante

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

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

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

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

2.4.2.1. Ancho de sección típica

Se seleccionó la sección típica F de la Dirección General de Caminos. Con este ancho, según las tablas, se pueden observar en las secciones los cortes y rellenos que genera el movimiento de tierras, y permitirá ver si en alguna sección los taludes no se pueden hacer debido a viviendas, rocas, monumentos, postes, etc. El tramo objeto de diseño contiene el factor determinante de confinamientos de viviendas a ambos lados.

2.4.2.2. Alineamiento horizontal

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

2.4.2.3. Puntos obligatorios

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

2.4.2.4. Pendiente máxima

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

2.4.2.5. Pendiente mínima

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

2.4.2.6. Datos de tipo de suelo

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

2.4.2.7. Condiciones topográficas

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

a. **Terrenos ondulados:** son aquellos que poseen pendientes que oscilan entre el 5% y el 12%. La subrasante en estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores a los 500 metros de longitud, debido al acarreo. También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.

b. **Terrenos llanos:** son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales menores del 5% y uniformes, a la par de pendientes transversales pequeñas. En este tipo de terreno la subrasante se debe diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal.

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

2.4.3. Drenajes

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

Método racional para la determinación de caudales de diseño

Es uno de los métodos más utilizados para la determinación de caudales de diseño. Se parte de asumir que el caudal máximo para un punto determinado se alcanza cuando el área tributaria contribuye con su escorrentía superficial

durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta o creciente máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota más lejana para llegar al punto a considerarse (tiempo de concentración). Para su determinación se utiliza la fórmula siguiente:

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

- Q Caudal de diseño en m³/ seg.
- A Área drenada de la cuenca en hectáreas.
- I Intensidad de lluvia en mm / hora
- C Coeficiente de escorrentía

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

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

$$t = \left(0.886 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.388} * 60$$

- I Intensidad de lluvia en mm. / hora
- a y b Varían en cada región, los proporciona INSIVUMEH
- t Tiempo de concentración en minutos
- L Longitud del cauce principal en Km.
- H Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros

Fórmulas auxiliares (Manning)

Si: $Q = V * A$ de donde

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A}{n}$$
$$A = \pi * \frac{D^2}{4}, R = \frac{D}{4}$$

Entonces,

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

- Q Caudal en Lts/.Seg.
- V Velocidad
- R Radio hidráulico.
- S Pendiente en %
- A Área de tubería circular
- D Diámetro en pulgadas
- n Coeficiente de rugosidad.

2.4.3.1. Drenaje pluvial

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

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades grandes por el mismo, destruyendo los pavimentos y

formando baches; así también evitar que se estanque en las cunetas y reblandezca la terracería, lo que provocaría pérdida de estabilidad.

-

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

- Transversal
- Longitudinal
- Subdrenaje

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

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

Datos usados en el diseño

2.4.3.2. Cunetas

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

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

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

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

2.4.3.3. Contracunetas

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

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

2.4.3.4. Drenaje transversal

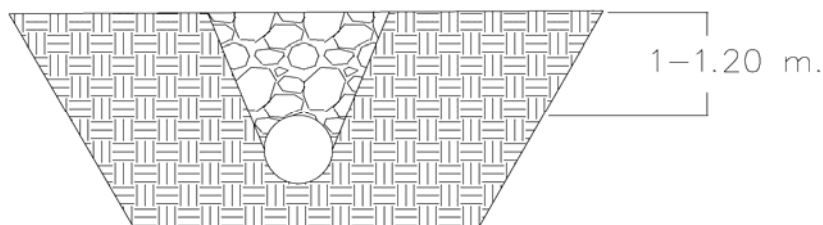
El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

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

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

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

Figura 9. Sección transversal de drenaje, profundidad mínima.



3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En este capítulo se presentan los costos de construcción. Se consideró que la construcción será realizada por la Municipalidad de Jocotán, por lo que se calcularon solo los costos directos.

3.1. Cuantificación de materiales y mano de obra

DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

Tabla IX. Cuantificación de materiales

RENLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO		
152	Replante y levantamiento topográfico	Km.	4.05
	TERRACERIA		
202.03	Limpia, chapeo y destronque	Ha	2.84
203.04(b)	Excavación no clasificada	M ³	2,603.00
203.04(c.)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	M ³	6,878.00
203.04(e.)	Prevención de derrumbes	M ³	1,068.75
203.04(f.)	Cortes de roca	M ³	150.00
205.05	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	M ³	126.00
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	M ³	189.00
208.06	Acarreo	M ³ -Kg.	4,136.75
	BALASTO		
301	Reacondicionamiento de subrasante	M ²	28,350.00
303	Capa de balasto	M ³	4,860.00
	ESTRUCTURAS DE DRENAJE		
603.01(3	Alcantarilla de metal corrugado de 30 pulgadas	M	36.00
603.01(30")	Alcantarilla de metal corrugado de 36 pulgadas	M	48.00
603.01(36")	Alcantarilla de metal corrugado de 42 pulgadas	M	36.00
603.01(42")	Alcantarilla de metal corrugado de 60 pulgadas	M	12.00
607.08(60")	Cajas y cabezales de mampostería de piedra	M ³	42.00
	ASPECTOS AMBIENTALES		
804	Siembra de gramíneas para la protección de taludes	M ²	500.00
804	Reforestación del área de campamento	Árbol	250.00
804	Reforestación de botadero	Árbol	250.00
804	Reforestación del banco de material	Árbol	125.00

3.2. Integración de precios unitarios

DISEÑO Y AMPLIACIÓN DEL CAMINO DEL CASERÍO PINALITO HACIA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA SUCHIQUER, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

MODELO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

Renglón: Capa de balasto

Rendimiento: 300M³/día

Tabla X. Modelo de integración de costos

MAQUINARIA

Cantidad	Descripción	Hrs/trabajo	Costo/hora	Total
2	Motoniveladora	8	350	Q5,600.00
2	Vibrocompactadora	8	200	Q3,200.00
2	Camión cisterna 2,000 gal	8	150	Q2,400.00
2	Retroexcavadora	8	250	Q4,000.00
6	Camiones de volteo	8	150	Q7,200.00
			Subtotal	Q22,400.00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Hrs/trabajo	Costo/hora	Total
1	Ingeniero	8	85	Q680.00
1	Caporal	8	32	Q256.00
16	Peones	8	13	Q1,664.00
			Subtotal	Q2,600.00

HERRAMIENTAS

Se considera un 5% del subtotal de mano de obra				Subtotal	Q130.00
---	--	--	--	-----------------	----------------

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo/hora	Total
300	Material Balasto	M ³	35	Q10,500.00
Subtotal				Q10,500.00

Total Costo Directo

Q35,630.00

Total por m³

Q118.77

Total por m³

en dólares americanos

\$ 14.32

Tabla XI. Memoria de cálculos unitarios

Memoria de cálculo de costos unitarios

REGLÓN	UNIDAD	MAQUINARIA	HERRAMIENTAS	MATERIALES	PERSONAL	COSTO UNITARIO
Replante y levantamiento topográfico	Km	Q135.00	Q67.50		Q3,375.00	Q3,577.50
Limpia, chapeo y destronque	Ha	Q6,750.00	Q675.00		Q3,375.00	Q10,800.00
Excavación no clasificada	M ³	Q16.20	Q1.35		Q6.75	Q24.30
Excavación no clasificada de material de desperdicio	M ³	Q13.50	Q1.35		Q6.75	Q21.60
Prevención de derrumbes	M ³	Q13.50	Q1.35		Q6.75	Q21.60
Cortes de roca	M ³	Q135.00	Q20.00	Q135.00	Q15.00	Q305.00
Excavación estructural para cementación de cajas y cabezales	M ³	Q20.25	Q3.38		Q13.50	Q37.13
Excavación estructural para alcantarillas	M ³	Q20.25	Q4.05		Q13.50	Q37.80
Acarreo	M ³ -Kg	Q6.75			Q2.70	Q9.45
Reacondicionamiento de subrasante	M ²	Q2.03	Q0.68		Q1.35	Q4.05
Capa de balasto	M ²	Q70.73	Q0.41	Q35.00	Q12.63	Q118.77
Alcantarilla de metal corrugado de 30 pulgadas	M	Q135.00	Q6.75	Q675.00	Q135.00	Q951.75
Alcantarilla de metal corrugado de 36 pulgadas	M	Q135.00	Q6.75	Q810.00	Q135.00	Q1,086.75
Alcantarilla de metal corrugado de 42 pulgadas	M	Q135.00	Q6.75	Q978.75	Q135.00	Q1,255.50
Alcantarilla de metal corrugado de 60 pulgadas	M	Q135.00	Q6.75	Q1,890.00	Q202.50	Q2,234.25
Cajas y cabezales de mampostería de piedra	M ³	Q30.00	Q27.00	Q540.00	Q135.00	Q732.00
Siembra de gramíneas para la protección de taludes	M ²		Q13.50	Q13.50	Q3.38	Q30.38
Reforestación del área de campamento	Árbol	Q3.38	Q2.70	Q8.10	Q2.70	Q16.88
Reforestación de botadero	Árbol	Q3.38	Q2.70	Q8.10	Q2.70	Q16.88
Reforestación del banco de material	Árbol	Q3.38	Q2.70	Q8.10	Q2.70	Q16.88

3.3. Resumen de costos del proyecto

Tabla XII. Resumen costos del proyecto

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
152	Replante y levantamiento topográfico	Km	4.05	Q3,577.50	Q14,488.88
	TERRACERIA				Q0.00
202.03	Limpia chapeo y destro.	Ha	2.84	10800	Q30,618.00
203.04(b)	Excavación no clasificada	M^3	2,603.00	Q24.30	Q63,252.90
203.04(c.)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	M^3	6,878.00	Q21.60	Q148,564.80
203.04(e.)	Prevención de derrumbes	M^3	1,068.75	Q21.60	Q23,085.00
203.04(f.)	Cortes de roca	M^3	150.00	Q305.00	Q45,750.00
205.05	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	M^3	126.00	Q37.13	Q4,677.75
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	M^3	189.00	Q37.80	Q7,144.20
208.06	Acarreo	M^3-Kg	4,136.75	Q9.45	Q39,092.29
	BALASTO				Q0.00
301	Reacondicionamiento de subrasante	M^2	28,350.00	Q4.05	Q114,817.50
209	Capa de balasto	M^2	4,860.00	118.77	Q577,222.20
	ESTRUCTURAS DE DRENAJE				Q0.00
603.01(3)	Alcantarilla de metal corrugado de 30 pulgadas	M	36.00	Q951.75	Q34,263.00
603.01(30")	Alcantarilla de metal corrugado de 36 pulgadas	M	48.00	Q1,086.75	Q52,164.00
603.01(36")	Alcantarilla de metal corrugado de 42 pulgadas	M	36.00	1255.5	Q45,198.00
603.01(42")	Alcantarilla de metal corrugado de 60 pulgadas	M	12.00	Q2,234.25	Q26,811.00
607.08(60")	Cajas y cabezales de mampostería de piedra	M^3	42.00	Q732.00	Q30,744.00
	ASPECTOS AMBIENTALES				Q0.00
804	Siembra de gramíneas para la protección de taludes	M^2	500.00	Q30.38	Q15,187.50
804	Reforestación del área de campamento	Árbol	250.00	Q16.88	Q4,220.00
804	Reforestación de botadero	Árbol	250.00	Q16.88	Q4,218.75
804	Reforestación del banco de material	Árbol	125.00	16.875	Q2,109.38
				TOTAL	Q1,283,629.14
			EN DOLARES AMREICANOS	TOTAL	\$154,840.66

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El objetivo principal del estudio de impacto ambiental es identificar y evaluar los impactos positivos y negativos en los factores ambientales fisicoquímicos, ecológicos, biológicos, estéticos y socioeconómicos del tramo donde se realiza el proyecto, incluyendo las recomendaciones necesarias para mitigar los impactos negativos que se produzcan durante cada fase del proyecto, prestando especial atención a la situación actual del área para tomar medidas estructurales encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad de la ruta.

4.1 Objetivos específicos

- Evaluar los diferentes impactos ambientales atribuidos o asociados al análisis y preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto de construcción.
- Estudiar con profundidad los impactos ambientales adversos identificados.
- Proponer medidas para mitigar y minimizar los impactos ambientales adversos.

4.2 Identificación de impactos

La identificación de impactos se realizó en función de las actividades que se desarrollan en la ejecución del proyecto, como sigue:

4.2.1 Preconstrucción

- Limpia, chapeo y destronque
- Campamento

4.2.2 Construcción

- Excavación y nivelación del terreno
- Aprovechamiento del banco de material de préstamo
- Habilitación de botadero de material de desperdicio
- Operación de gasolinera
- Uso de maquinaria y equipo
- Acarreo de material
- Obras de drenaje
- Manejo de desechos sólidos y líquidos
- Capacitación del personal
- Señalización
- Reconformación y revegetación de áreas intervenidas
- Control de emisiones atmosféricas
- Dotación de equipo de protección personal
- Prevención de accidentes

4.2.3 Postconstrucción

- Alteración de los patrones de tránsito
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Desarrollo económico y rural

4.2.4 Matriz de identificación de impactos ambientales

Tabla XIII. Matriz de identificación de impactos ambientales

FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	PRECONSTRUCCION		CONSTRUCCION											POST CONSTRUCCION					
		Limpia, chapeo y destronque	Campamento	Excavación y nivelación del terreno	Aprovechamiento del banco de material de préstamo	Habilitación de botadero de material de desperdicio	Operación de gasolinera	Uso de maquinaria y equipo	Acarreo de material	Obras de drenaje	Manejo de desechos sólidos y líquidos	Capacitación del personal	Señalización	Reconformación y revegetación de áreas intervenidas	Control de emisiones atmosféricas	Dotación de equipo de protección personal	Prevención de accidentes	Alteración de los patrones de tránsito	Mantenimiento preventivo y correctivo	Desarrollo económico y rural
Agua Subterránea	Alteraciones del flujo	X	X	X	X	X				X				X						
	Calidad de agua	X	X	X	X	X	X			X										
Suelo	Erosión	X		X	X	X				X				X						
	Uso potencial del suelo	X	X	X	X	X	X							X						
	Asentamiento y compactación			X	X	X														
	Estabilidad	X		X	X	X														
	Características Geomorfológicas	X	X	X	X	X														
Atmósfera	Calidad del aire						X	X	X		X				X				X	
	Clima	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X				X	
	Ruido			X	X	X	X	X	X										X	
Especies y poblaciones terrestres	Vegetación terrestre	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X					
	Fauna de interés ecológico	X			X	X														
	Hábitats terrestres	X			X	X														
	Migración de especies	X			X	X														
Aspectos socioeconómicos	Economía regional																	X		X
	Empleo y mano de obra	X												X					X	
	Calidad de vida												X							X
	Seguridad e higiene											X	X	X			X			

4.3 Factores ambientales y socioeconómicos

- Características de drenaje
- Variación de flujo
- Calidad de agua

Agua Subterránea

- Alteraciones del flujo
- Calidad de agua

Suelo

- Erosión
- Uso potencial del suelo
- Asentamiento y compactación
- Estabilidad
- Características Geomorfológicas

Atmósfera

- Calidad del aire
- Clima
- Ruido

Especies y poblaciones terrestres

- Vegetación terrestre
- Fauna de interés ecológico

- Hábitats terrestres
- Migración de especies

Aspectos socioeconómicos

- Economía regional
- Empleo y mano de obra
- Calidad de vida
- Seguridad e higiene

En cuanto a las interacciones benéficas es importante mencionar que estas se presentan principalmente en los aspectos socioeconómicos y la ejecución de actividades contempladas dentro del proyecto como medidas de mitigación ambiental, utilizando técnicas de ingeniería adecuadas tanto en la realización del proyecto como en el uso del mismo.

Debido a que el proyecto se divide en tres fases: preconstrucción, construcción y postconstrucción; se ha determinado que los impactos benéficos tienden a incrementarse conforme el avance de cada fase y los mitigables se reducen, mientras que los adversos se mantienen dentro del mismo rango. Según la matriz de identificación de impactos, las acciones que producen un impacto adverso son la limpieza y excavación del área de trabajo, así como la habilitación del área para la construcción a lo largo del trayecto de la carretera. Estas acciones deben seguir las medidas de mitigación recomendadas para disminuir su impacto, especialmente en cuanto a conservación del medio biótico al que pudieran afectar.

Los impactos mitigables están representados por la habilitación de maquinaria y su funcionamiento, así como las actividades de construcción que

contempla el proyecto. Es necesario poner en acción los planes de contingencia para seguridad humana.

Los impactos benéficos principalmente se deben al empleo de mano de obra y contratación de personal, lo que ayudará a que la economía regional mejore conforme el proyecto avance.

4.4 Evaluación de impacto social

La generación de empleo local causa un impacto positivo ya que se emplearán trabajadores locales para la construcción de la carretera, así como para el despacho y control, durante el tiempo que duren las actividades de construcción. La construcción permite el empleo de mano de obra y trabajo especializado, lo que mejora la economía local y, por consiguiente, aumenta el requerimiento de bienes y servicios. A largo plazo se estima que el nivel de vida mejore en calidad.

4.5 Impacto sobre la salud y la educación

El proyecto no tendrá influencia sobre la salud de la población. Se contempla que la influencia se muestre en la salud de los trabajadores que se involucren directamente en las labores de operación del área de construcción y operación de la maquinaria pesada debido a la producción de partículas en suspensión, producto del corte de materiales, operación de plantas, etc., que pueden producir afecciones de las vías respiratorias, irritación de ojos y piel.

Con relación a la maquinaria y vehículos que se van a utilizar, los accidentes potenciales que puedan suceder con el uso de maquinaria son

variados y pueden afectar a las personas, por lo que se recomienda que todos los trabajadores utilicen cascos de seguridad y no lleven puesto accesorios que puedan ahorcar o lastimar al trabajador.

Las charlas inductivas sobre seguridad en operaciones de construcción de carreteras, seguridad industrial y salud humana contribuirán con la educación general y específica de los trabajadores.

Se proponen medidas de mitigación considerando las diferentes interacciones que generen impacto mitigable o adverso a los factores físico-químicos, ecológicos y sociales al ambiente y se define a un responsable de ejecutar estas medidas quien será un profesional con el conocimiento básico en materia ambiental y experiencia en proyectos de construcción.

4.6 Plan de contingencia

Se presentan los elementos afectados, el impacto y la medida de mitigación propuesta.

4.6.1 Suelo

4.6.1.1 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 repoblar la vegetación de las áreas afectadas con gramíneas o arbustos y, en el caso de taludes, se utilizará hidrosiembra. Cuando sea

posible, almacenar la capa vegetal para su uso posterior durante la reconformación del terreno.

4.6.1.2 Estabilidad

Cortes de talud y rellenos mal compactados pueden provocar derrumbes. Se propone un buen diseño en el corte del talud tomando en cuenta el ángulo de reposo del material respectivo, y compactación conforme a las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

4.6.1.3 Características geomorfológicas

Cuando la topografía original del terreno se altera provoca la pérdida de capas de suelo y genera inestabilidad y un aspecto visual negativo, especialmente cuando el banco se encuentra a orillas de la carretera. Se propone revegetar o reforestar con especies similares a las que se encontraban en el terreno previo al aprovechamiento del material.

4.6.1.4 Botadero de material

La descarga de material sin control provoca inestabilidad y provoca un aspecto visual negativo.

Se propone la compactación del material para proveer estabilidad al botadero. Revegetar o reforestar con especies nativas y cercar al terminar su utilización.

4.6.2 Atmósfera

4.6.2.1 Ruido

Durante la instalación de las plantas, la operación de las mismas, el movimiento y operación de maquinaria y equipo, operación de talleres, se producirá ruido que excederá los 80 decibeles. Se propone que el personal utilice protección auditiva y que los generadores de electricidad sean aislados con paredes de material reductor de ruido.

4.6.2.2 Aire

Existe desprendimiento de partículas durante la excavación, carga y transporte de material. Se propone el riego de las vías de acceso y el uso obligatorio de lonas para todos los camiones de acarreo.

4.6.2.3 Clima

Existirán emanaciones de dióxido de carbono, considerado como uno de los principales gases que causan el efecto invernadero.

Se propone reforestar las orillas de la carretera a más de 2 metros de la cuneta. Los árboles absorben el CO₂.

4.6.2.4 Paisaje

Con la limpia chapeo y destronque, las excavaciones, los rellenos y nivelaciones del terreno el paisaje se ve afectado. Se propone reforestar con especies nativas que se adapten a la ecorregión terrestre a la que pertenecen, a manera de reparar el paisaje dañado.

4.6.3 Agua

4.6.3.1 Variación del flujo

El corte de taludes y rellenos afecta el flujo de la escorrentía superficial o el bloqueo de cauces o microcuencas por material en el botadero de material de desperdicio. Se propone que las excavaciones y rellenos mantengan una pendiente que permita el flujo y el agua no se estanque, y que el pie del talud esté a más de 5 metros de los cauces y, de ser necesario, se construyan muros de gaviones.

4.6.3.2 Calidad del agua

Debido a la operación de las plantas y maquinaria pesada se puede provocar la filtración de combustibles y lubricantes al subsuelo o en las aguas superficiales de ríos, debido a derrames y fugas. Se propone realizar un plan de mantenimiento de maquinaria y equipo, la revisión periódica de las mangueras de combustibles y lubricantes y la utilización de repuestos de buena calidad, contar con el equipo adecuado para coleccionar los lubricantes o combustibles que se puedan derramar.

4.6.4 Aspectos ecológicos

4.6.4.1 Vegetación, hábitats y migración de especies

El chapeo y destronque, las excavaciones, el riego de imprimación y la colocación de la carpeta asfáltica dañará la vegetación aledaña al tramo, provocará la migración de especies debido a la pérdida de su hábitat. Se propone reforestar las orillas del tramo con especies nativas que se adapten a la ecorregión a la que pertenecen, de manera que exista migración de especies hacia las áreas reforestadas.

4.6.5 Aspectos sociales

4.6.5.1 Seguridad

Daño a la salud de los trabajadores por accidentes. Se propone el uso de equipo de protección personal como botas con punta de acero, guantes largos resistentes al calor, casco, protección visual, auditiva y respiratoria, y capacitar al personal sobre uso del equipo, la utilización extinguidores, botones de emergencia para el corte de suministro de combustibles o energía, acciones en caso de emergencia, y la implementación de planes de contingencia. Contar con un botiquín para emergencias

4.7 Seguimiento y vigilancia ambiental

Para dar seguimiento de manera adecuada a las medidas de mitigación y afrontar las consecuencias que desde el punto de vista ambiental generará la instalación del proyecto, se propondrá un programa de monitoreo con el fin de

reajustar aquellas medidas de prevención, mitigación y/o corrección que no estén dando los resultados previstos. Por tanto, el monitoreo consistirá en la verificación periódica requerida de las medidas de mitigación y/o corrección, orientadas a vigilar el adecuado funcionamiento del proyecto y su compatibilidad ambiental con el entorno natural.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto. En este caso se analizó el valor actual neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

Para realizar dicho cálculo se considera el costo de oportunidad del capital; para el caso de la mejora de la red de caminos de la microcuenca se utilizó una tasa del 12%, tomando en cuenta que la evaluación es de tipo económica, con un estimado de 5 años para la marcha del proyecto.

5.1 Valor actual neto

EL valor actual neto (VAN) se define como el valor presente del flujo de ingresos (flujo positivo) menos el valor presente del flujo de egresos (flujo negativo). Esto es, la suma algebraica de los flujos de efectivo futuro (positivos y negativos) al valor presente, incluyendo en esta suma el egreso inicial de la inversión.

Tabla XIV. Cálculo de valor actual neto

INVERSIÓN	COSTOS DE OPERACIÓN	INGRESOS	FLUJO DE EFECTIVO	FACTOR DE ACTUALIZACIÓN AL 12 %	VAN
1,283,629.14	Q0.00	Q0.00	Q1,283,629.14	Q0.89	-Q1,146,097.45
	Q60,720.00	Q0.00	-Q60,720.00	Q0.80	-Q48,405.61
	Q60,720.00	Q0.00	-Q60,720.00	Q0.71	-Q43,219.30
	Q60,720.00	Q0.00	-Q60,720.00	Q0.64	-Q38,588.66
	Q60,720.00	Q0.00	-Q60,720.00	Q0.57	-Q34,454.16
	Q242,880.00				-Q1,310,765.17

5.2 Tasa interna de retorno

Se llama tasa interna de retorno (TIR) al tipo de interés al que hay que descontar una serie de flujos en unas fechas determinadas para que tengan un valor actual neto (VAN) igual a cero.

Tabla XV. Cálculo tasa interna de retorno

FACTOR DE DESCUENTO 25%	VAN	FACTOR DE DESCUENTO 30%	VAN	
Q0.80	-Q1,026,903.31	Q0.77	-Q987,407.03	1
Q0.64	-Q38,860.80	Q0.59	-Q35,928.99	2
Q0.51	-Q31,088.64	Q0.46	-Q27,637.69	3
Q0.41	-Q24,870.91	Q0.35	-Q21,259.76	4
Q0.33	-Q19,896.73	Q0.27	-Q16,353.66	5
	-Q1,141,620.39		-Q1,088,587.13	6

TIRF	r	VAN			
	30%	-Q1,088,587.13	0.05	0.51	0.03
	25%	-Q1,141,620.39			
DIF	5%	-Q2,230,207.53	TIR	-27.56%	
			TIR	-27.60	

El análisis de los indicadores obtenidos muestran que, desde el punto de vista de la oportunidad del capital, el proyecto no es rentable; ésto es lógico, dado el poco tránsito que se estima que circulará por las carreteras.

Sin embargo, al tomar en cuenta el enfoque agrícola, este proyecto presentará un incremento en el excedente del productor, que repercutirá de manera positiva en todas las comunidades afectadas por el mal estado de los caminos.

CONCLUSIONES

1. La mala condición en que se encuentra la carretera ha hecho que no se introduzcan nuevos programas sociales, productivos y de ayuda económica para beneficiar a la población de la aldea Suchiquer. Las condiciones existentes de la carretera contribuyen a que la población tenga que invertir mucho tiempo para trasladarse de un lugar a otro.
2. Al ejecutarse el proyecto carretero se beneficiará directamente a las comunidades Suchiquer Centro, La Ceiba, Oratorio y El Pinalito Guapinol; subsanando considerablemente el subdesarrollo de las mismas, típico de las comunidades de la región oriente de Guatemala; se mejorarán las condiciones de: transporte, educación, salud, proyectos productivos y comerciales, y se buscará un mejor desarrollo integral.
3. La pendiente en algunos puntos sobrepasó los 18 grados permitidos, debido a condiciones orográficas del terreno y a la denegación del permiso necesario para que la carretera tomara otras direcciones
4. En los cortes de los taludes es necesario hacer contracunetas para que el agua de los terrenos aledaños no erosione los taludes y no ingrese a la carretera.

5. Como criterio de diseño se utilizó, según el normativo de la Dirección General de Caminos, la sección típica tipo F, la cual se adapta a las condiciones geométricas existentes del terreno pues los tramos anteriores se encuentran delimitados por una topografía quebradiza que impide una sección de más de 5.50 metros.

6. En los cortes tanto como en los rellenos es importante reverdecer los taludes con plantas que eviten la erosión y así prevenir los derrumbes tanto como los hundimientos y al mismo tiempo ayuda en el aspecto visual ecológico del proyecto.

7. Los conteos vehiculares de tráfico inducido actualmente son bajos, pero se espera que con la construcción del camino estos aumentarán, lo cual justifica la construcción del tramo a mediano plazo.

8. El costo estimado de la obra es de Q 1, 283,629.14 y un costo unitario por kilómetro de Q.379, 729.99. Es alto debido a que la apertura se planificó en terreno montañoso y los movimientos de tierra son grandes.

RECOMENDACIONES

1. Se debe involucrar a las comunidades y sus diversas organizaciones, como el Consejo Comunitario de Desarrollo, COCODE, Comités de vecinos y otros con el proyecto. Las políticas de desarrollo comunitario deben ser encabezadas por las autoridades municipales a efecto de lograr conjuntamente el objetivo de su desarrollo.
2. En los tramos donde la pendiente sobrepasa los 18 grados se debe colocar un empedrado hecho de concreto con piedra bola.
3. Durante la construcción de la carretera deben respetarse los espesores y calidad de materiales indicados en el respectivo diseño, para garantizar que la estructura de pavimento cumpla satisfactoriamente su función durante el período para el cual fue diseñado.
4. En los tramos donde se vayan a construir contracunetas deben de hacerse de sección cuadrada, ya que esta sección transporta un buen caudal; es una sección fácil de construir y difícil de erosionar.
5. Durante la ejecución del proyecto se debe tener una supervisión profesional adecuada para velar y cumplir con las especificaciones de una carretera tipo F, con el fin de optimizar los recursos y maximizar los beneficios del mismo.

6. En las áreas de los taludes que se vayan a reverdecer se debe plantar izotales y plantas trepadoras locales, ya que éstas crecen muy bien por el sector.
7. Los sedimentos que provienen de la época lluviosa se acomodan en los drenajes y cunetas, por ello es importante remover cualquier material que obstruya el flujo del agua.
8. Se debe reacondicionar la rasante en los tramos que sea necesario y se debe reacondicionar periódicamente la carretera en tiempos no mayores de tres meses.
9. El costo de este proyecto puede variar con el paso del tiempo; por ello se recomienda su ejecución inmediata para no obtener variaciones monetarias que puedan afectar la construcción del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Canter, Larry W., Manual de evaluación de impacto ambiental. 2ª ed. España: Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España. 1998. 20pp.
2. Contreras Izeppi, Néstor Saúl. Diseño Geométrico de Carretera Aldeas El Ciprés – El Tule. Trabajo de graduación, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Septiembre de 1,997.
3. Dennis Salvador, Argueta Mayora, Diseño y Planificación de la Ampliación y Mejoramiento del Camino de Acceso de la Cabecera Municipal Santa Catarina la Tinta Hacia el Puente Vehicular Actelá Ubicado en la Comunidad Actelá, Municipio de Senahú, Departamento de Alta Verapaz. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala: 2006.
4. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala: 2001.
5. Hernández Monzón, Jorge Maynor. Consideraciones Generales para el Diseño de los Diferentes Tipos de Pavimentos. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala: 1,997.

6. Merrit, Frederick S. Manual del Ingeniero Civil. México: Editorial McGraw Hill, tercera edición, 1992.

7. Romero Rojas, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

APÉNDICE



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

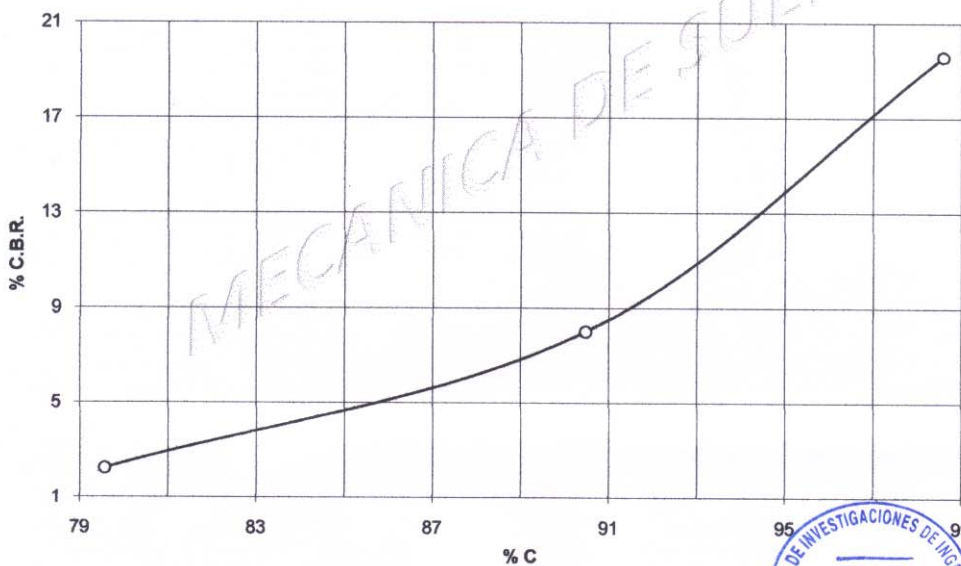


Nº 000899

INFORME No.: 383 S.S. O.T. No.: 23844
 Interesado: Allan Ruben Ardon Villanueva
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación "EPS"
 Ubicación: Aldea Suchiquer, Jocotan, Chiquimula
 Descripción del suelo: Limo Arenociloso color café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 29 de septiembre de 2008

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/pe ³)			
1	10	12.00	84.5	79.6	0.00	2.2
2	30	12.00	96.1	90.5	0.00	8.0
3	65	12.00	104.7	98.6	0.00	19.6

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



Atentamente,



Vo. Bo.:

[Signature]
 Inga. Telma Maricela Cano
 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



Nº 000902

INFORME No.: 386 S. S.

O.T.: 23844

INTERESADO: Allan Ruben Ardon Villanueva

PROYECTO: Trabajo de Graduación "EPS"

ASUNTO: ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

Norma: A.A.S.T.H.O T-176

UBICACIÓN: Aldea Suchiquer, Jocotan, Chiquimula

Banco: 1

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:

Limo Arenociloso color café

FECHA: 29 de septiembre de 2008

RESULTADO DEL ENSAYO:

E.A=	21
------	----

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,



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

Vo. Bo.

Telma Maricela Cano
Inga. Telma Maricela Cano
DIRECTOR CII/USAC





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



Nº 000900

INFORME No. 0384 S.S.

O.T. No. 23,844

Interesado: Allan Ruben Ardon Villanueva

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

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

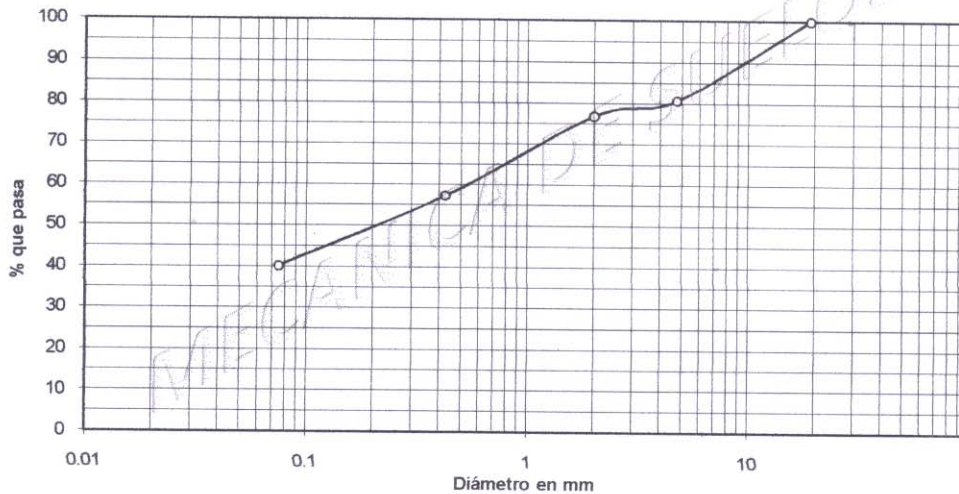
Proyecto: Trabajo de Graduación "EPS"

Ubicación: Aldea Suchiquer, Jocotan, Chiquimula

Fecha: 29 de septiembre de 2008

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19	100.00
4	4.75	80.70
10	2	76.75
40	0.425	57.30
200	0.075	40.15

% de Grava: 19.30
% de Arena: 40.55
% de Finos: 40.15



Descripción del suelo: Limo Arenociloso color café

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano
DIRECTOR CII/USAC.



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



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



Nº 000901

INFORME No. 385 S. S.

O.T.: 23844

Interesado: Allan Ruben Ardon Villanueva
Proyecto: Trabajo de Graduación "EPS"

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

Ubicación: Aldea Suchiquer, Jocotan, Chiquimula

FECHA: 29 de septiembre de 2008

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	34.83	7.54	ML	Limo Arenociloso color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



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

Vo. Bo.

Telma Maricela Cano
Inga. Telma Maricela Cano
DIRECTOR CII/USAC





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



Nº 000898

INFORME No. 382 S.S.

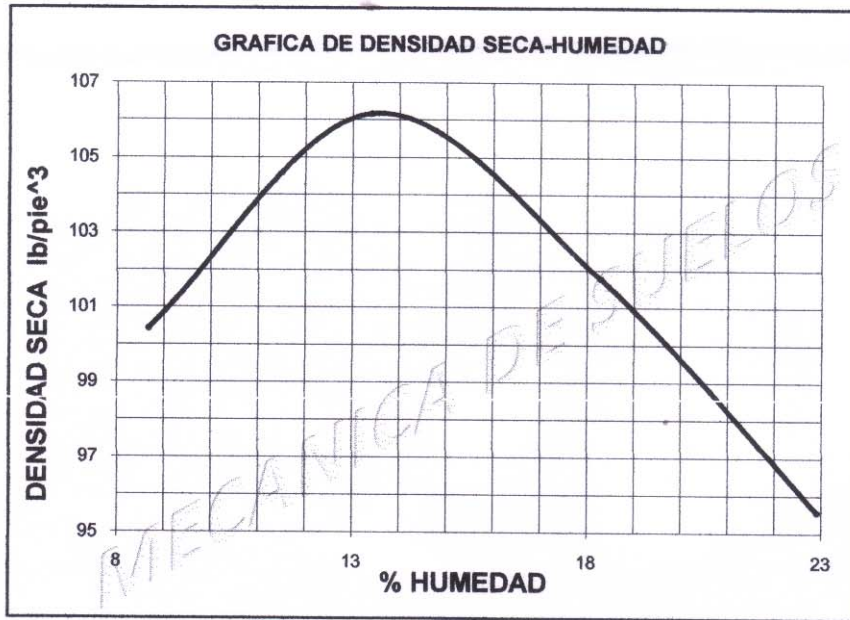
O.T. No.: 23,844

Interesado: Allan Ruben Ardon Villanueva
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: Aldea Suchiquer, Jocotan, Chiquimula
Fecha: 29 de septiembre de 2008



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: Limo Arenociloso color café
Densidad seca máxima γ_d : 1.701 Kg/m³ 106.2 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 11.3 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.:

[Signature]
Inga. Telma Maricela Canó
DIRECTOR CII/USAC

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

MEMORIA DE CÁLCULO E INVENTARIO DE TUBERÍAS PROPUESTAS

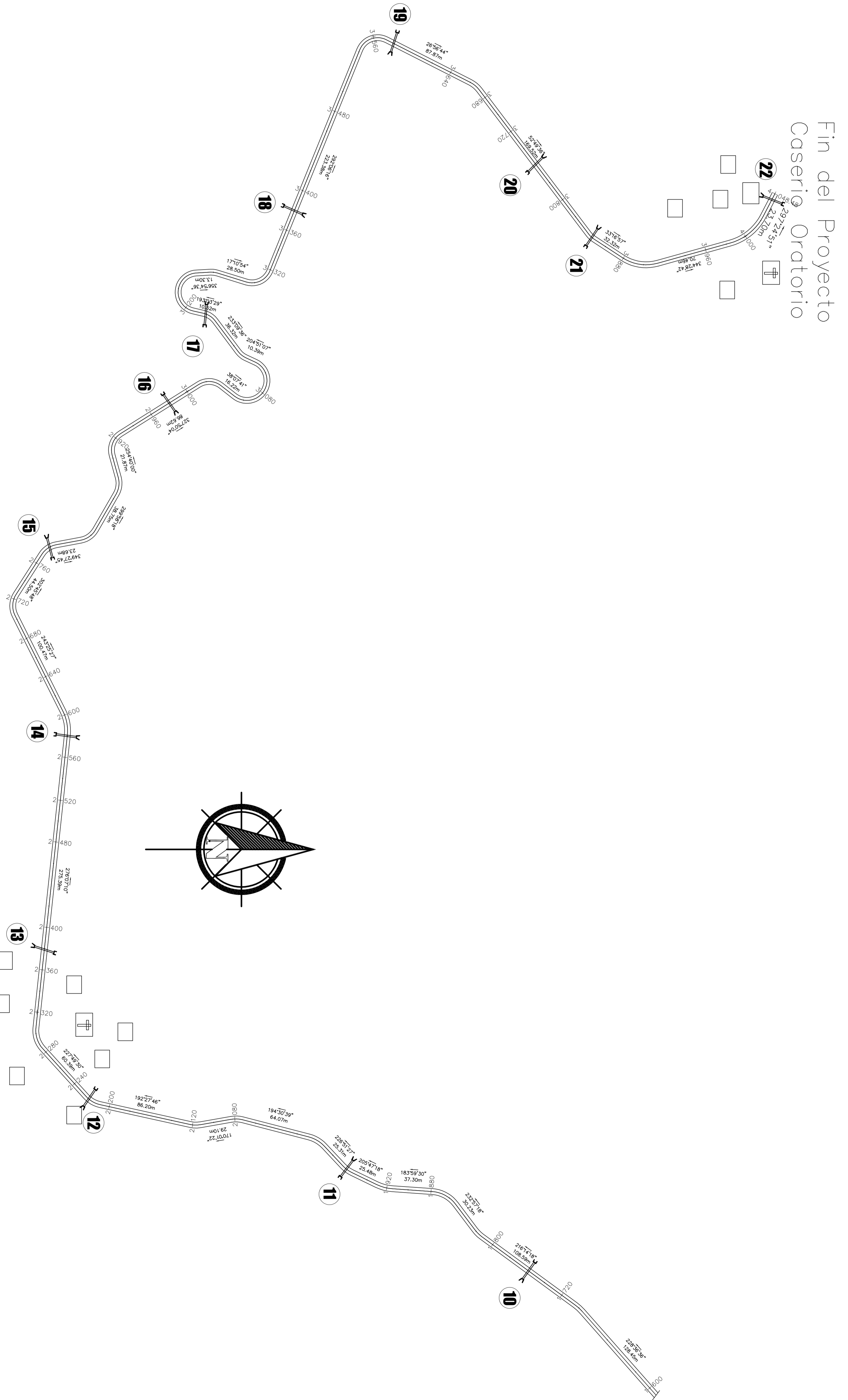
Cuenca	Estacion	L(m)	Cota	Cota In.	DeltaH(m)	tc(min)	l(mm/h)
1	0	82	500	499	40	0.76	227.59
2	140	96	520.15	519.15	85	0.69	229.01
3	340	147	535.85	534.85	30	1.66	212.33
4	540	110	556.43	555.43	15	1.55	214.09
5	740	256	575.25	574.25	50	2.59	199.10
6	980	193	609.2	608.2	35	2.14	205.19
7	1180	174	644.58	643.58	30	2.02	207.00
8	1377	85	667.13	666.13	10	1.34	217.41
9	1580	331	655.96	654.96	25	4.53	177.22
10	1760	347	678.74	677.74	85	3.00	193.85
11	1960	241	771.83	770.83	15	3.82	184.49
12	2229	249	733.24	732.24	75	2.15	205.09
13	2380	237	766.42	765.42	50	2.37	202.04
14	2580	335	773.64	772.64	80	2.95	194.49
15	2780	288	793.96	792.96	35	3.40	189.19
16	2980	161	820.96	819.96	30	1.85	209.54
17	3180	209	860.49	859.49	20	2.91	195.06
18	3380	348	900.36	899.36	60	3.44	188.69
19	3580	573	914.93	913.93	110	4.85	174.18
20	3760	360	933.1	932.1	45	3.99	182.66
21	3845	321	934.65	933.65	95	2.63	198.54
22	4040	309	939.19	938.19	90	2.57	199.33

MEMORIA DE CÁLCULO E INVENTARIO DE TUBERÍAS PROPUESTAS

C	Area(m ²)	Area(Ha)	Q(m ³ /s)	Diam(m)	Diam(pul")	Diam.Com(")
0.6	37257.00	3.73	1.41	0.91	35.69	36
0.6	11279.00	1.13	0.43	0.58	22.85	30
0.6	29909.00	2.99	1.06	0.81	32.02	36
0.6	24250.00	2.43	0.87	0.75	29.69	30
0.6	41391.00	4.14	1.37	0.90	35.31	36
0.6	29772.00	2.98	1.02	0.80	31.56	36
0.6	33286.00	3.33	1.15	0.84	33.01	36
0.6	21940.00	2.19	0.80	0.73	28.76	30
0.6	43941.00	4.39	1.30	0.88	34.56	36
0.6	63245.00	6.32	2.04	1.04	40.98	42
0.6	22870.00	2.29	0.70	0.70	27.47	30
0.6	61985.00	6.20	2.12	1.06	41.54	42
0.6	56842.00	5.68	1.91	1.02	39.98	42
0.6	62359.00	6.24	2.02	1.04	40.81	42
0.6	27563.00	2.76	0.87	0.76	29.74	30
0.6	24563.00	2.46	0.86	0.75	29.59	30
0.6	42635.00	4.26	1.39	0.90	35.43	36
0.6	116991.00	11.70	3.68	1.30	51.09	60
0.6	191253.00	19.13	5.55	1.51	59.61	60
0.6	61236.00	6.12	1.86	1.01	39.59	42
0.6	57412.00	5.74	1.90	1.01	39.87	42
0.6	38968.00	3.90	1.29	0.88	34.53	36

Fin del Proyecto Caserio Oratorio

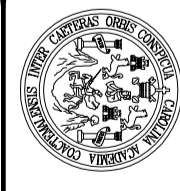
PUNTO	COORDENADAS		ELEVACIONES	
	NORTE	EAST	DEL TERRENO	DEL DISEÑO
1+493.81	2.81	0.00	517	522
1+494.00	2.50	0.00	552.7	0.00
1+495.38	4.68	0.00	23.61	0.00
1+496.42	5.79	0.00	36.88	0.00
1+499.0	5.33	0.00	51.55	0.00
1+499.73	2.95	0.00	17.07	0.00
2+008.67	1.43	0.01	11.87	0.06
2+009.0	2.17	0.00	6.27	10.04
2+022.74	3.28	0.00	16.61	0.01
2+033.42	3.16	0.00	15.82	0.00
2+112.32	1.82	0.00	82.33	0.00
2+112.33	2.31	0.00	44.63	0.00
2+180	1.82	0.00	82.33	0.00
2+250.0	5.65	0.00	49.95	0.16
2+251.94	3.44	0.05	14.28	0.16
2+260.0	0.00	1.73	23.91	17.32
2+264.34	2.87	0.00	11.41	0.00
2+300.0	4.69	0.00	107.36	0.00
2+305.41	5.80	0.00	118.77	0.00
2+310.0	2.97	0.00	67.24	0.00
2+380.0	9.68	0.00	228.10	0.00
2+420.0	7.13	0.00	132.89	0.00
2+440.0	8.24	0.00	203.82	0.00
2+460.0	5.28	0.00	111.41	0.00
2+480.0	0.00	0.00	20.54	3.04
2+480.0	0.00	0.00	1.07	0.23
2+480.0	0.00	0.00	34.66	0.00
2+480.0	2.51	0.00	78.15	0.00
2+480.0	5.43	0.00	4.29	0.00
2+480.0	8.56	0.00	153.27	0.00
2+480.0	11.11	0.00	212.71	0.00
2+480.0	10.42	0.00	158.69	0.00
2+480.0	8.51	0.00	158.69	0.00
2+480.0	6.10	0.00	28.75	0.00
2+480.0	1.92	0.00	64.55	0.00
2+480.0	0.00	0.00	22.35	0.00
2+480.0	0.00	1.41	4.35	14.19
2+480.0	1.86	0.00	1.03	0.00
2+480.0	0.00	0.00	68.74	0.00
2+480.0	2.99	0.00	34.44	0.00
2+480.0	0.00	0.00	154.4	0.10
2+480.0	0.00	0.00	1.99	21.25
2+480.0	0.19	0.19	13.20	13.20
2+480.0	0.40	0.33	18.68	0.23
2+480.0	1.99	0.00	2.31	0.00
2+480.0	2.61	0.00	43.88	0.00
2+480.0	1.85	0.00	52.81	0.23
2+480.0	0.00	0.00	5.10	0.15
2+480.0	0.00	3.74	5.87	28.32
2+480.0	0.00	5.55	0.00	92.54
2+480.0	0.00	2.00	3.05	21.45
2+480.0	0.00	1.11	1.91	7.88
2+480.0	2.64	0.00	1.17	7.87
2+480.0	0.00	0.00	1.00	8.08
2+480.0	2.84	0.00	1.18	0.02
2+480.0	1.78	0.00	1.18	0.02
2+480.0	0.00	0.00	22.31	0.10
2+480.0	0.00	1.23	5.03	6.95
2+480.0	0.00	0.00	63.72	0.00
2+480.0	0.00	0.00	10.60	10.48
2+480.0	1.44	0.05	9.19	0.23
2+480.0	1.29	0.15	5.11	3.48
2+480.0	0.00	0.00	13.08	0.00
2+480.0	0.00	0.00	108.02	0.00
2+480.0	0.00	7.70	0.00	100.12
2+480.0	0.00	8.61	0.00	81.82
2+480.0	0.00	10.41	0.00	20.02
2+480.0	0.00	9.45	0.00	104.41
2+480.0	0.00	9.77	0.00	84.48
2+480.0	0.00	8.28	0.00	72.61
2+480.0	0.00	5.15	0.00	22.94
2+480.0	0.00	0.00	4.82	1.57
2+480.0	0.00	0.00	4.82	1.57
2+480.0	0.00	0.00	2.46	4.80
2+480.0	0.00	0.08	3.02	48.78
2+480.0	0.00	2.85	0.00	38.91
2+480.0	0.00	2.85	0.00	38.91
2+480.0	0.00	1.24	0.06	11.57
2+480.0	0.00	1.95	0.66	20.66
2+480.0	0.13	0.18	8.12	4.81
2+480.0	0.00	0.00	22.80	4.79
2+480.0	7.02	0.00	86.90	0.00
2+480.0	2.88	0.00	99.26	0.00
2+480.0	0.00	1.85	0.00	5.80
2+480.0	0.00	0.00	7.13	0.00
2+480.0	0.00	0.31	0.02	8.29
2+480.0	0.00	0.03	1.40	5.38
2+480.0	0.00	2.85	7.42	28.56
2+480.0	0.00	0.00	2.20	0.00
2+480.0	0.00	0.00	29.39	0.02
2+480.0	0.00	0.38	50.15	0.00
2+480.0	0.00	0.00	1.40	5.38
2+480.0	0.00	0.00	1.40	5.38
2+480.0	0.00	0.00	2.85	7.42
2+480.0	0.00	0.00	2.85	7.42
2+480.0	0.00	0.00	1.38	2.05
2+480.0	0.19	0.06	0.15	0.05
2+480.0	0.00	0.00	28.44	0.00
2+480.0	1.24	0.00	8.01	0.00
2+480.0	1.46	0.00	8.01	0.00
2+480.0	1.34	0.00	8.01	0.00
2+480.0	0.18	0.06	13.47	0.06
2+480.0	0.00	0.00	8.50	0.70
2+480.0	0.19	0.06	10.31	0.07
2+480.0	0.61	0.01	10.31	0.07
2+480.0	0.00	0.00	6.80	0.02
2+480.0	1.11	0.00	42.06	0.01
2+480.0	3.39	0.00	79.92	0.00
2+480.0	2.77	0.00	22.43	0.00
2+480.0	0.00	0.00	105.63	0.00
2+480.0	6.13	0.00	4.22	0.23
2+480.0	0.33	0.00	6.33	1.08
2+480.48	0.00	0.00	0.50	0.50

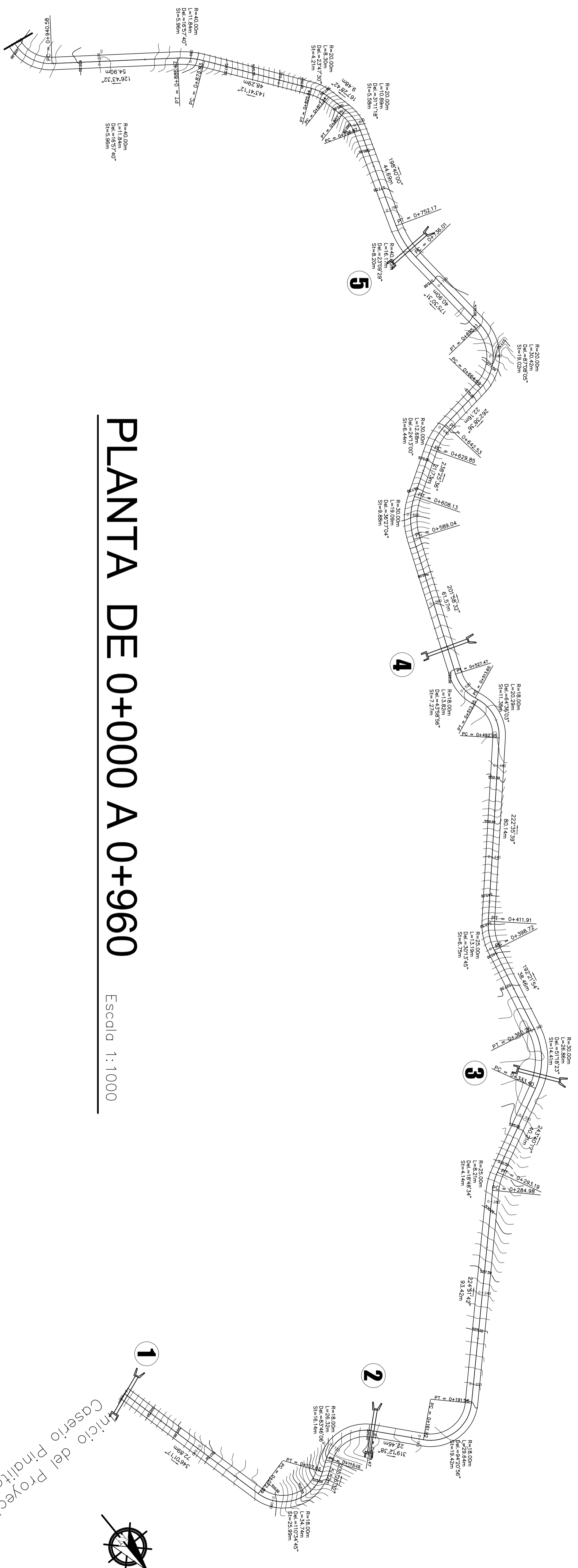


PLANTA GENERAL

Escala 1:2000

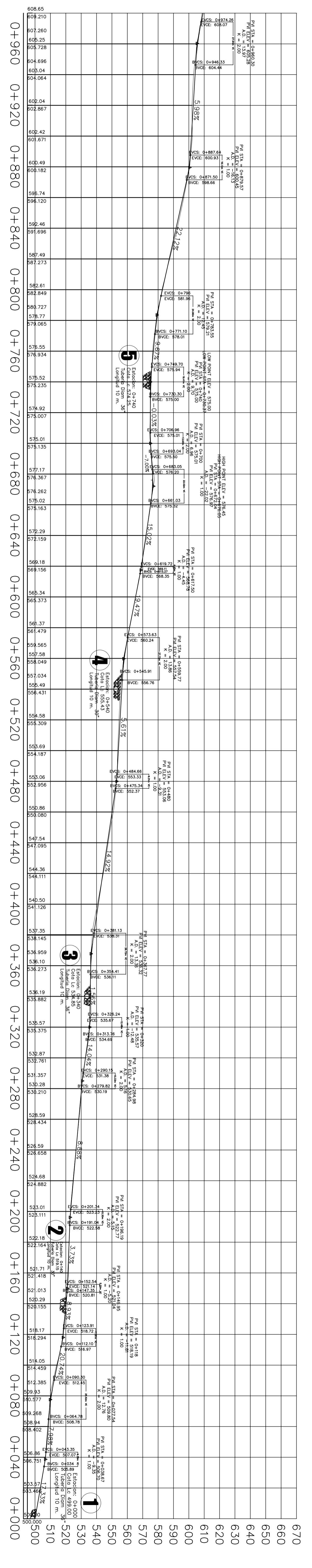
Caserio El Mango

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FAACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS
COMUNIDAD: JOCOTAN LUGAR: SUCHIQUER	PROYECTO: DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO	
INDICADA: 21/7/09	CONTENIDO: PLANTA Y PERIFERICO GENERAL	
ESCALA: 1:2000	DISEÑO: ALLAN ARRON	CALIFICADO: ALLAN ARRON
	REVISADO: ALLAN ARRON	FECHA: 21/7/09
	FECHA: 21/7/09	FECHA: 21/7/09



PLANTA DE 0+000 A 0+960

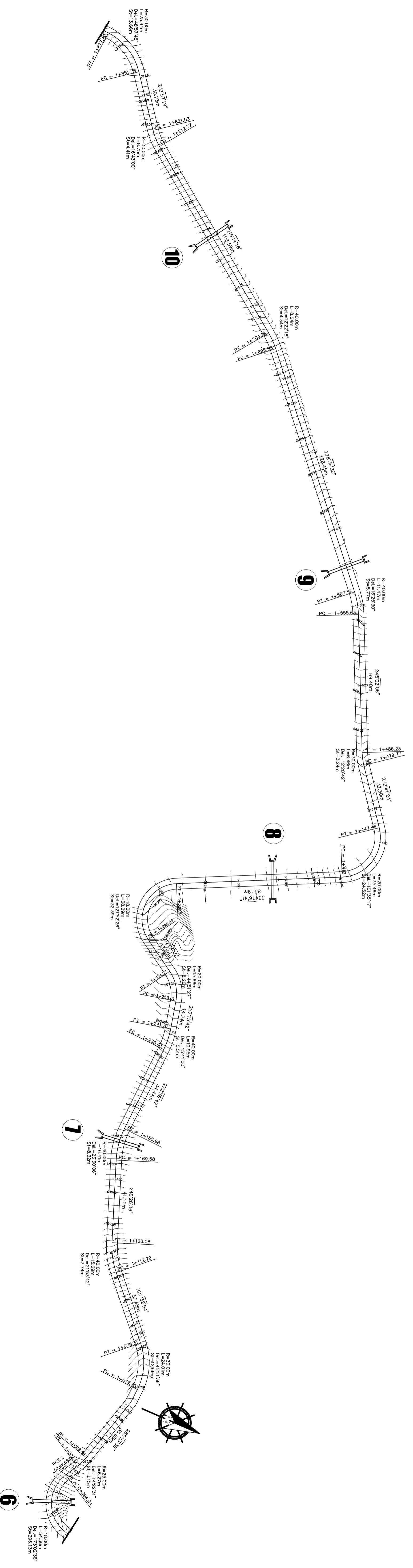
Escala 1:1000



PERFIL DE 0+000 A 0+960

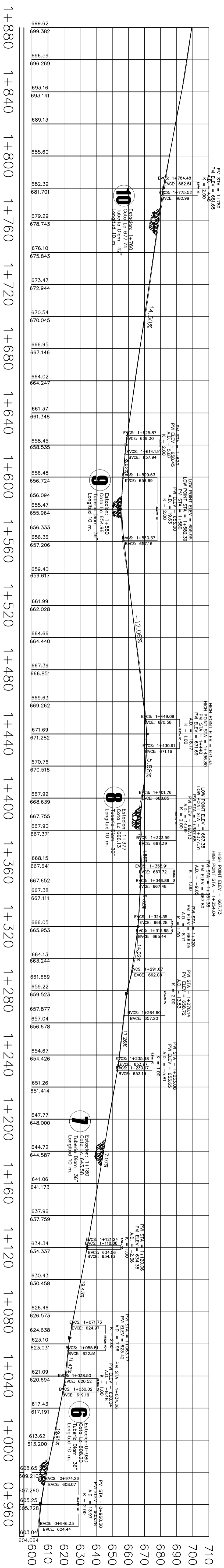
Escala 1:1250

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO. EPS	
COMUNIDAD: JOCOTIAN	PROYECTO: DISENO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO	ESCALA: INDICADA FECHA: 21/7/09	CONTENIDO: PLANTA Y PERIL
ALIAN ARDON	ALIAN ARDON	ALIAN ARDON	ALIAN ARDON
3	3	3	3



PLANTA DE 0+960 A 1+880

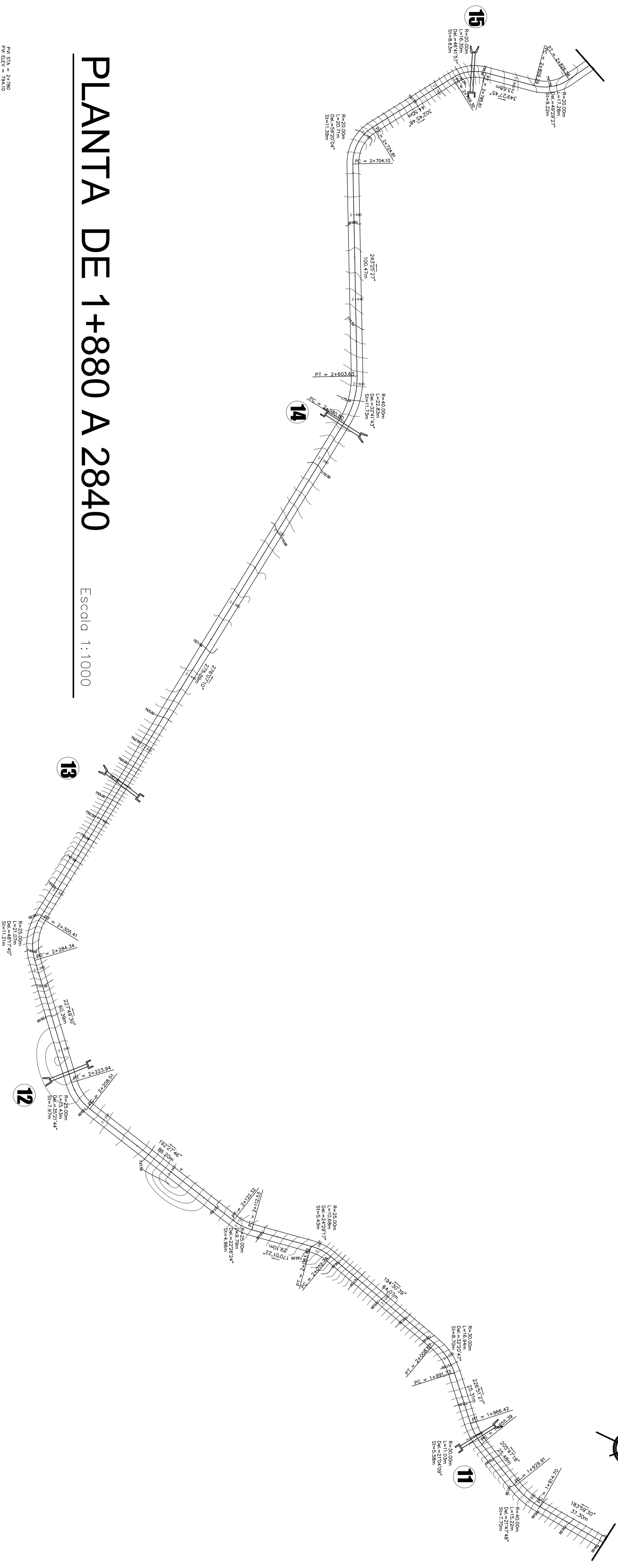
Escala 1:1000



PERFIL DE 0+960 A 1+880

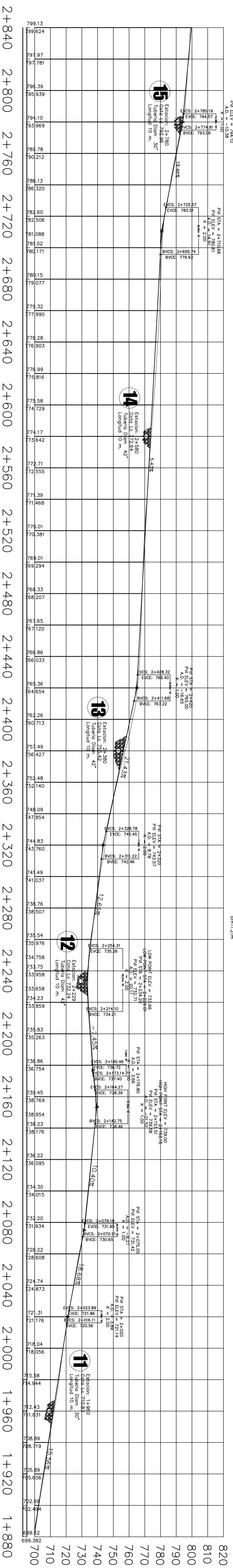
Escala 1:1250

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO. EPS	
COMUNIDAD: JOCOTIAN	PROYECTO: DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO	ESCALA: INDICADA	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL
LUGAR: SICHOUQUER	DIRECCION: ALLAN ARBON	FECHA: 21/7/09	DISEÑO: ALLAN ARBON
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: ALLAN ARBON	ESCALA: INDICADA	ESCALA: INDICADA
Ing. Manuel Antonio Montenegro Ochoa		4 / 13	



PLANTA DE 1+880 A 2840

Escala 1:1000

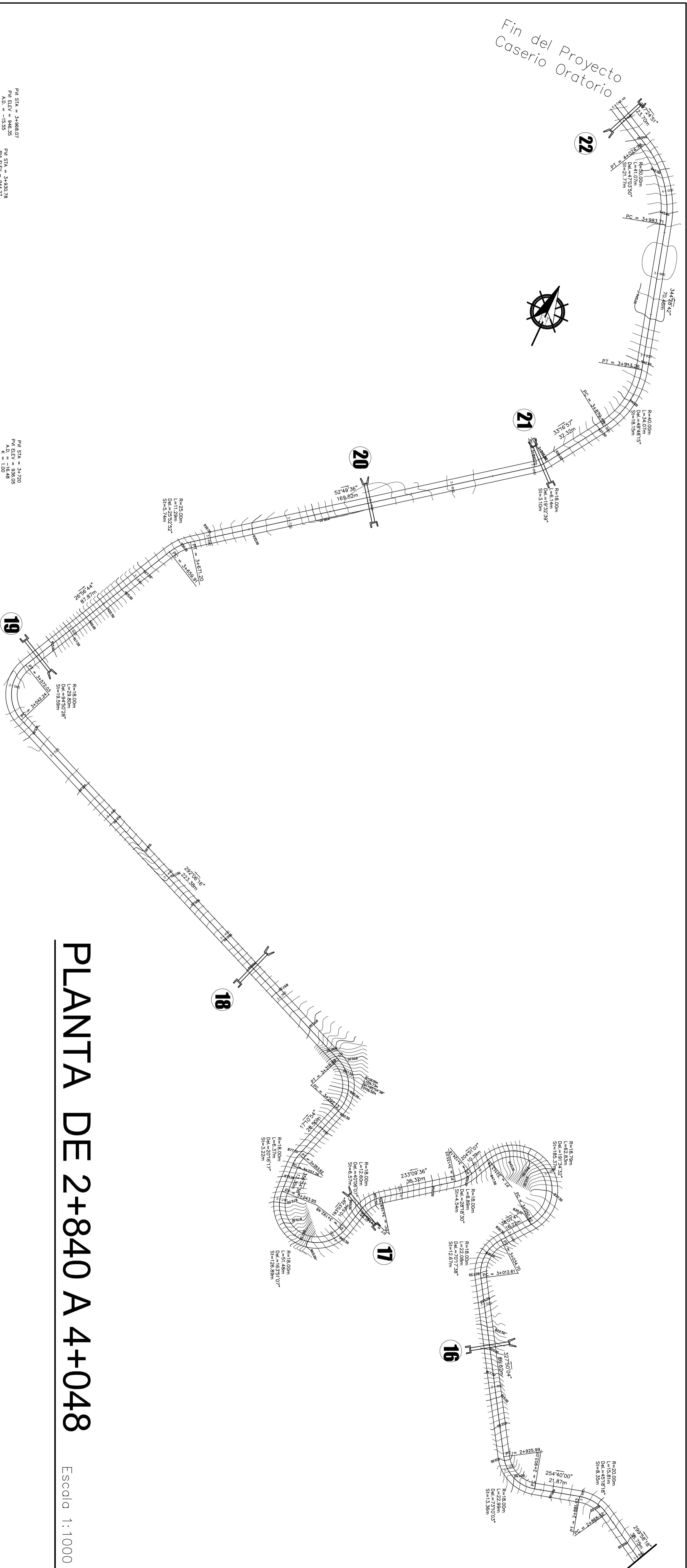


PERFIL DE 1+880 A 2+840

Escala 1:1250

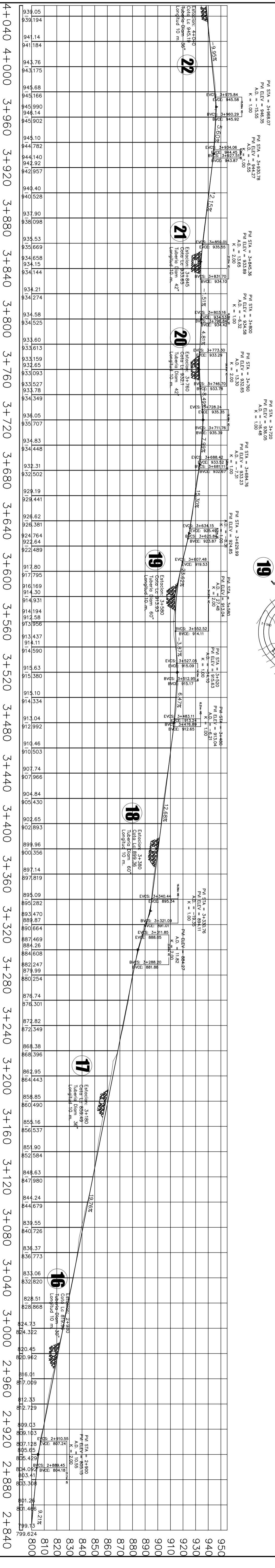
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS	
COMUNIDAD: JOCOTINI	PROYECTO: DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO FINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL	
TITULAR: SUCHIQUIER	ESCALA: INDICADA 21/7/09	ALUMNOS: ALLAN ARBON	PROFESOR: ALLAN ARBON
FECHA: 21/7/09		ALUMNOS: ALLAN ARBON	PROFESOR: ALLAN ARBON
INGENIERO EN JEFE: Ing. Manuel Alfredo Arriaga Guzman		FECHA: 21/7/09	FECHA: 21/7/09
ASISTENTE:		FECHA: 21/7/09	FECHA: 21/7/09

Fin del Proyecto
Caserio Oratorio



PLANTA DE 2+840 A 4+048

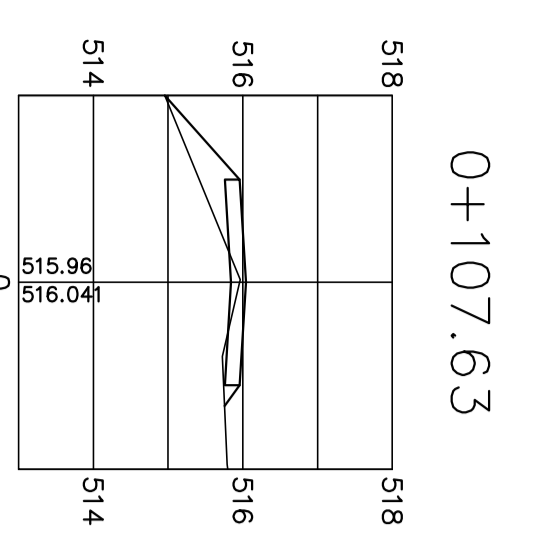
Escala 1:1.000



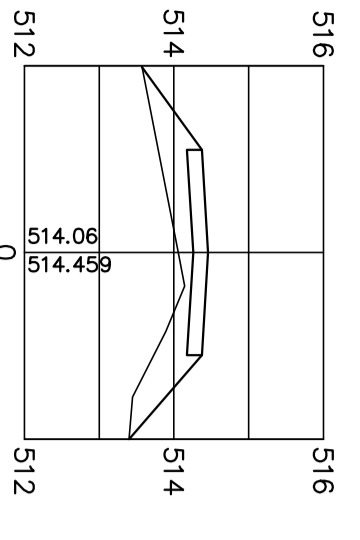
PERFIL DE 2+840 A 4+048

Escala 1:1.500

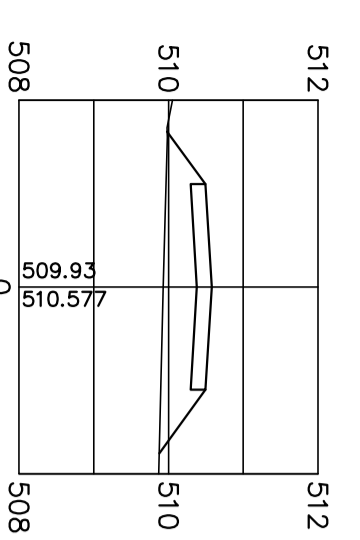
		COMUNIDAD:	JOCOTEN	PROYECTO:	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJECICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS
		LUGAR:	SUCHIQUIER	CONTENIDO:	DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO FINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO
		FECHA:	21/7/09	ESTADO:	PLANTA Y PERFIL
INGENIERO:	ALIAN ARBON	PROFESOR:	ALIAN ARBON	INGENIERO:	ALIAN ARBON
ASISTENTE:		ASISTENTE:		ASISTENTE:	
				<p>1 _____</p> <p>Ing. Manuel Alfredo Arvenguez Guzman</p>	
				<p>6</p> <p>13</p>	



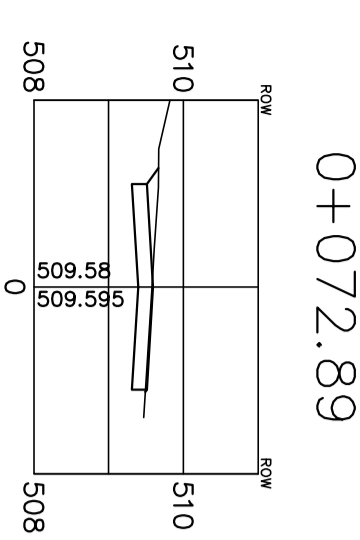
0+107.63



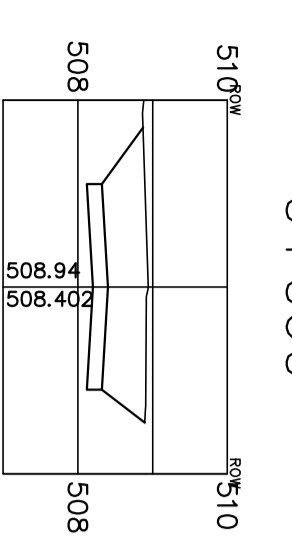
0+100



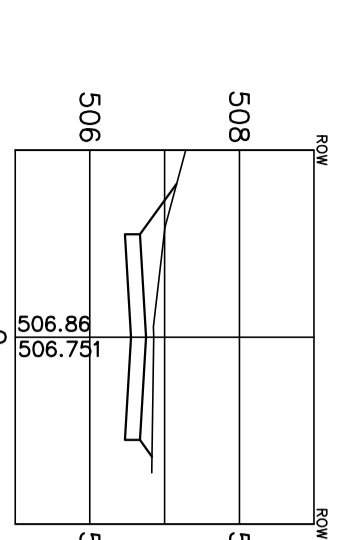
0+080



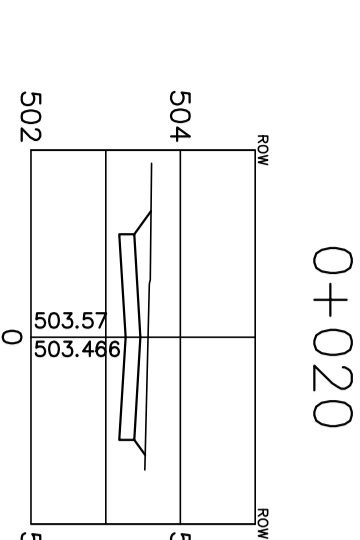
0+072.89



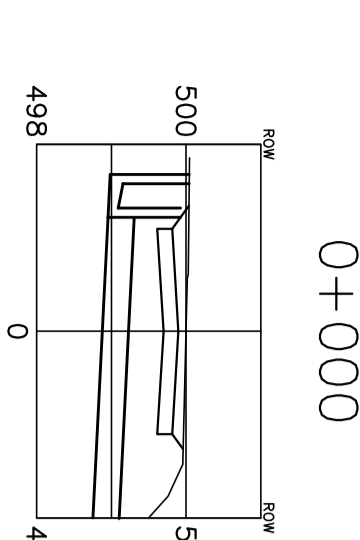
0+060



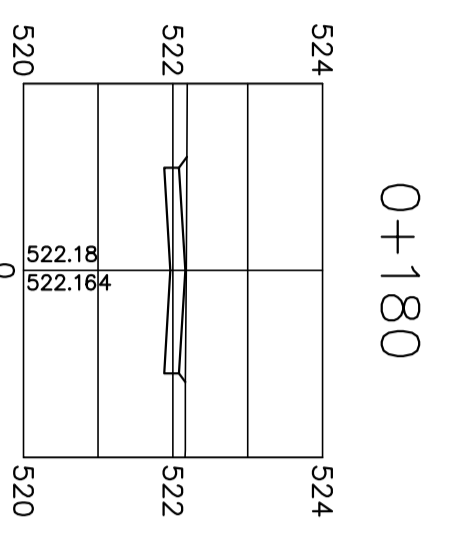
0+040



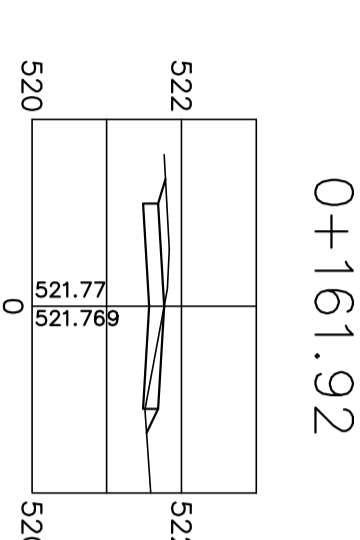
0+020



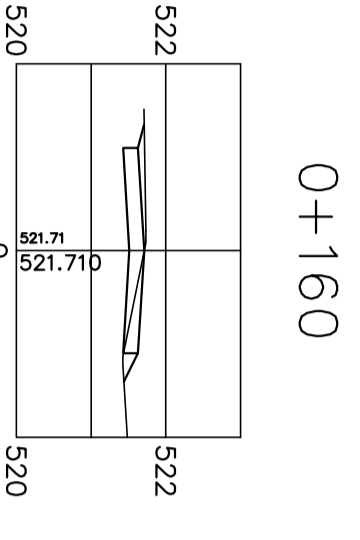
0+000



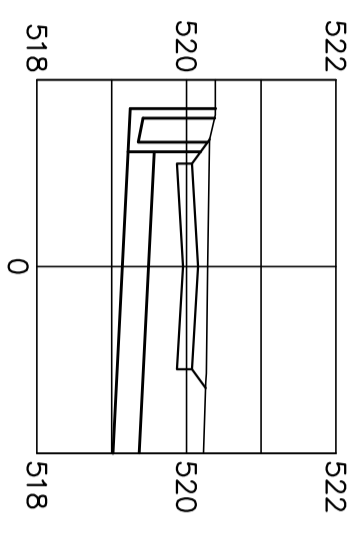
0+180



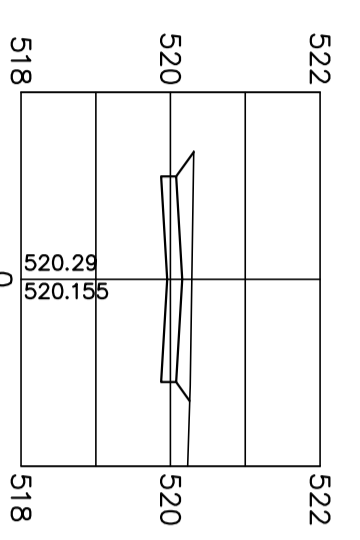
0+161.92



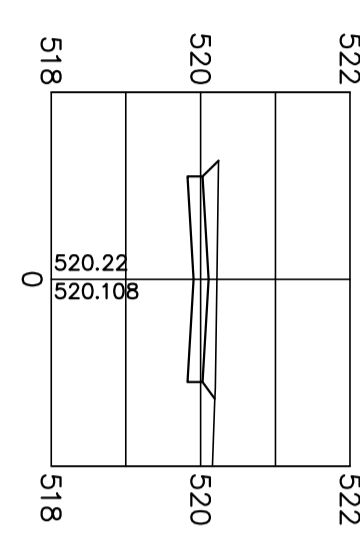
0+160



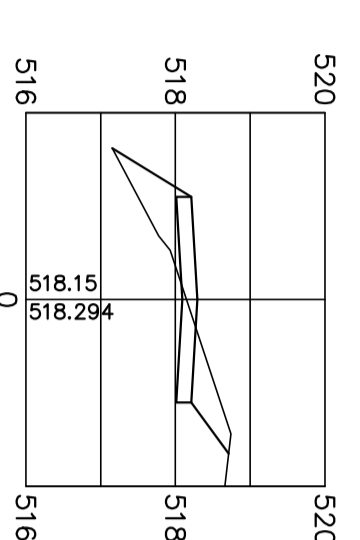
0+140



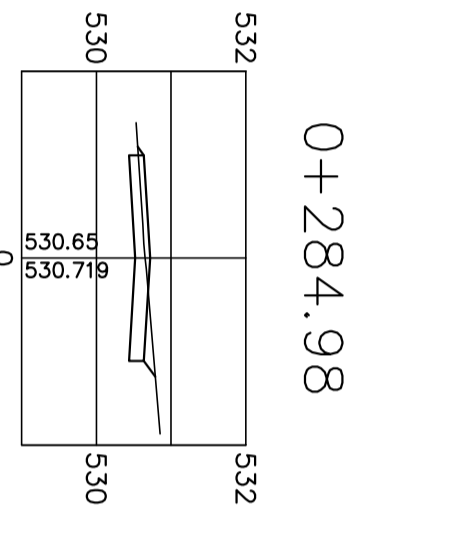
0+139.47



0+120



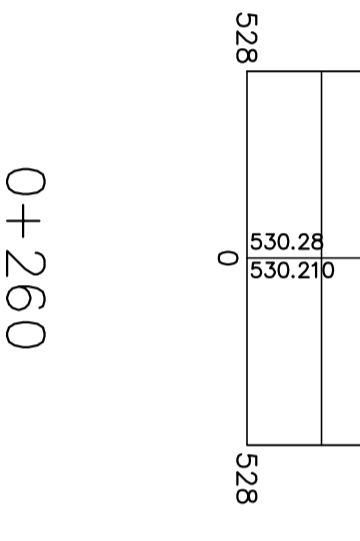
0+113.15



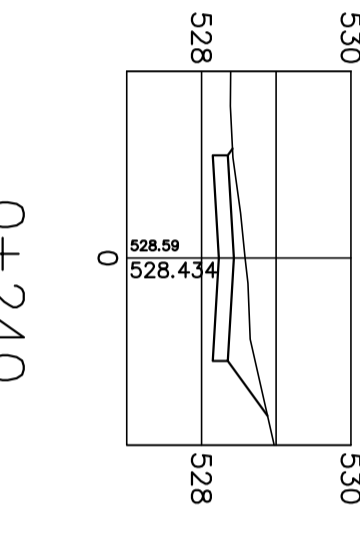
0+284.98



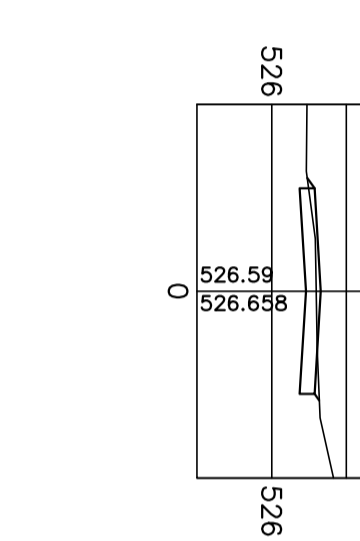
0+280



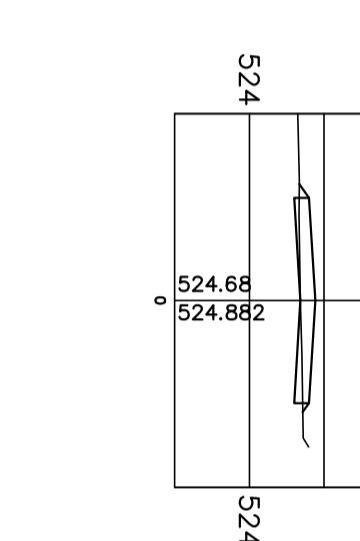
0+260



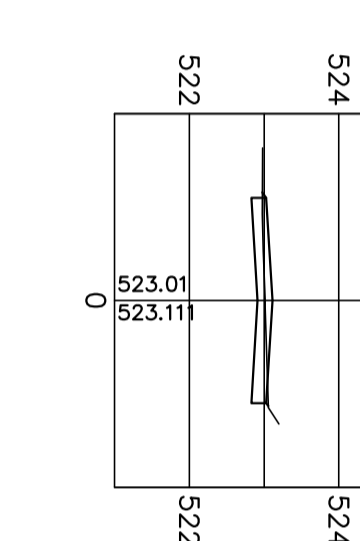
0+240



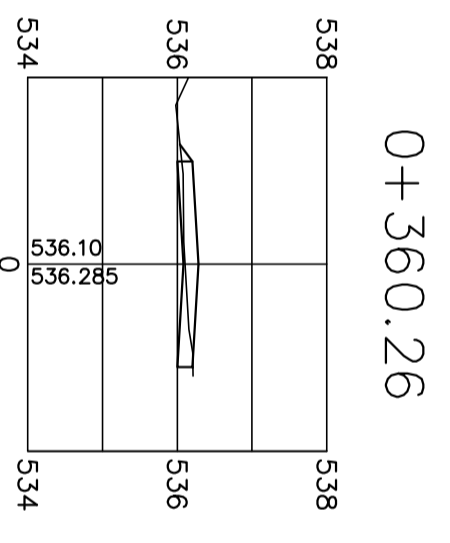
0+220



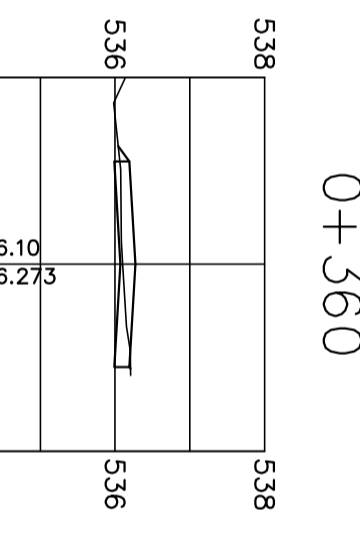
0+200



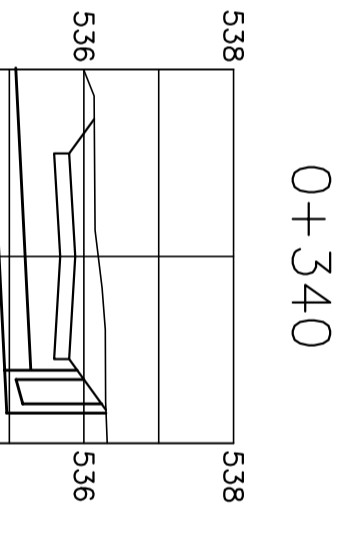
0+191.56



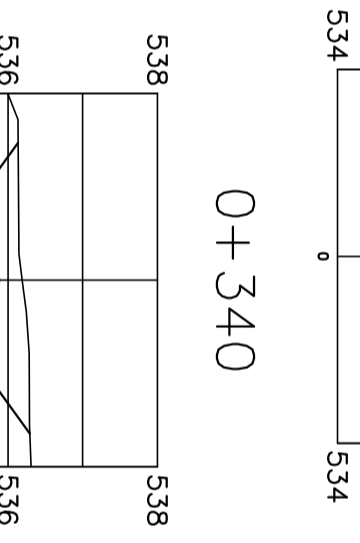
0+360.26



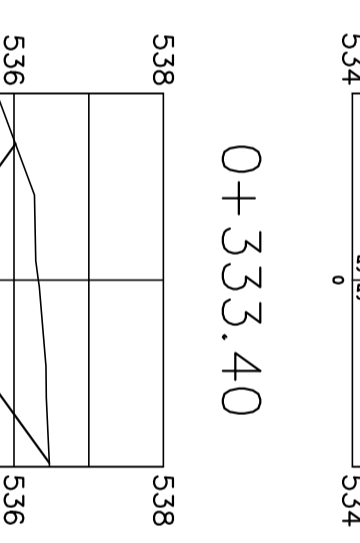
0+360



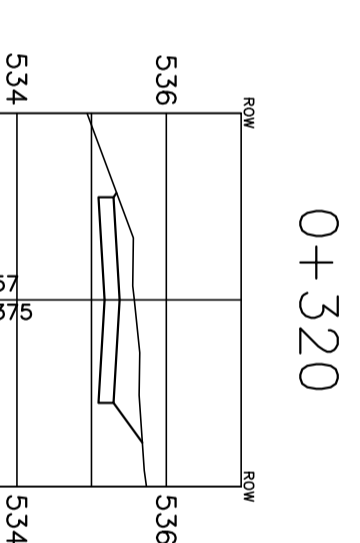
0+340



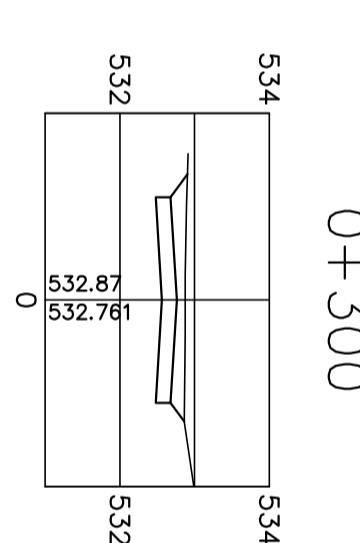
0+340



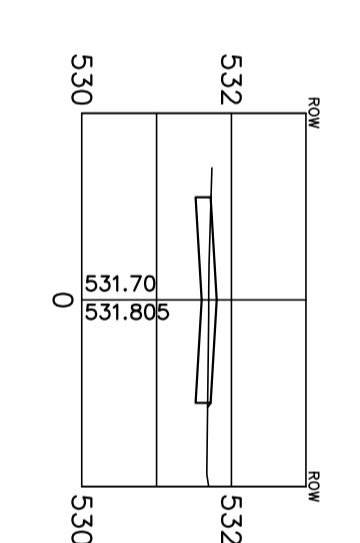
0+333.40



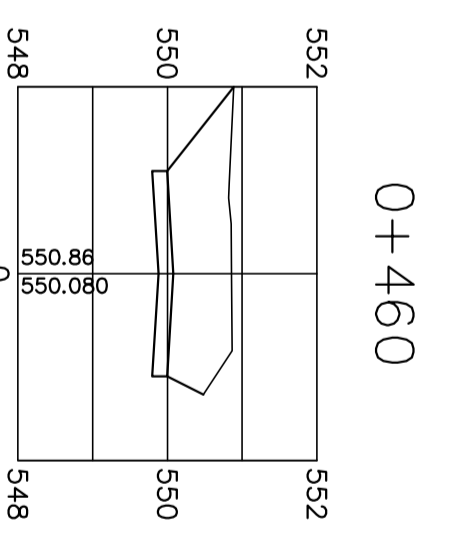
0+320



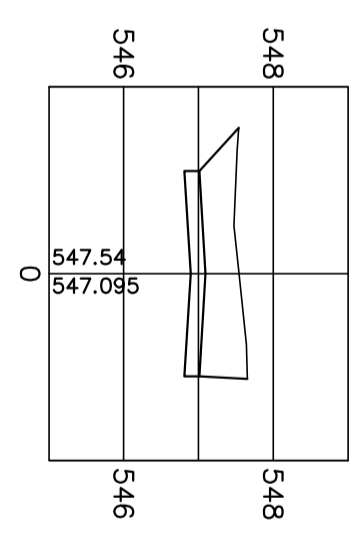
0+300



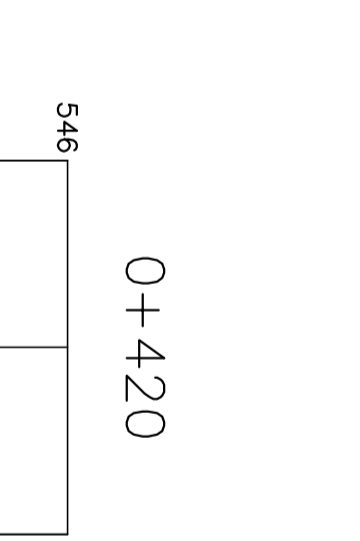
0+293.19



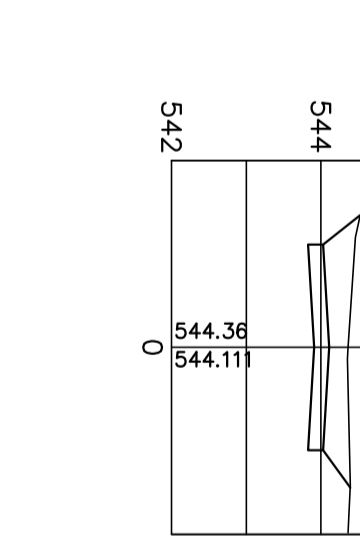
0+460



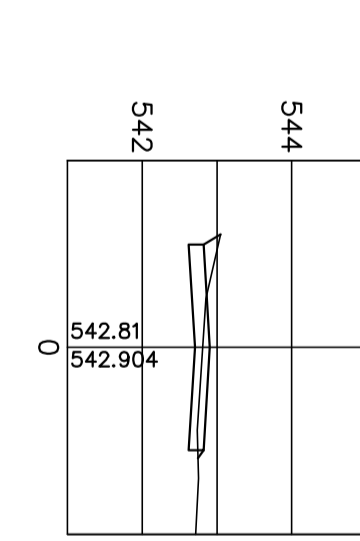
0+440



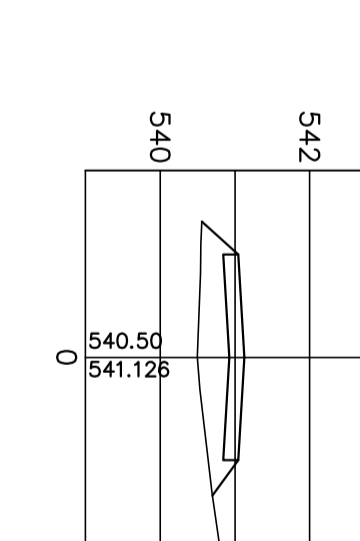
0+420



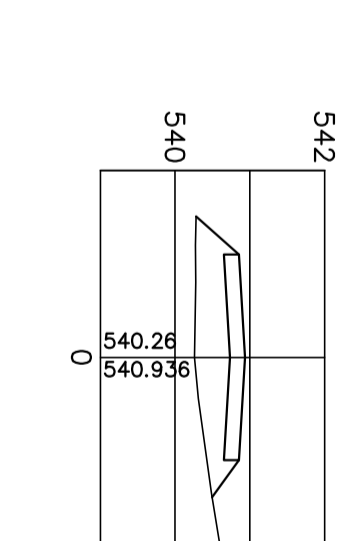
0+411.91



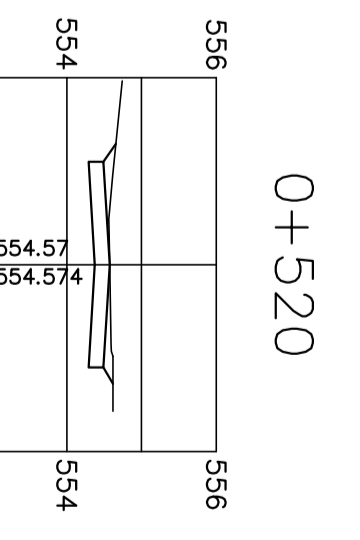
0+400



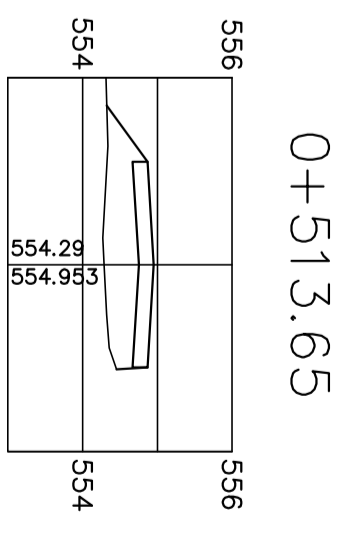
0+398.72



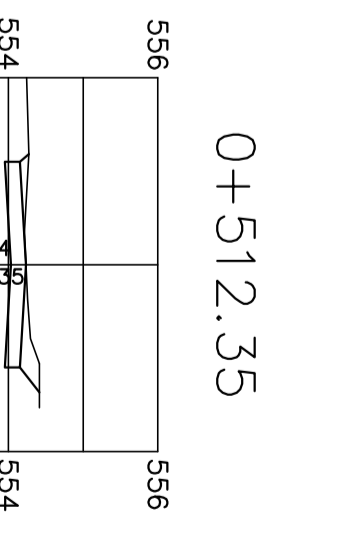
0+380



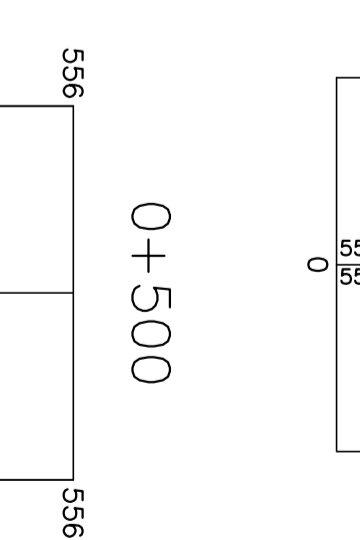
0+520



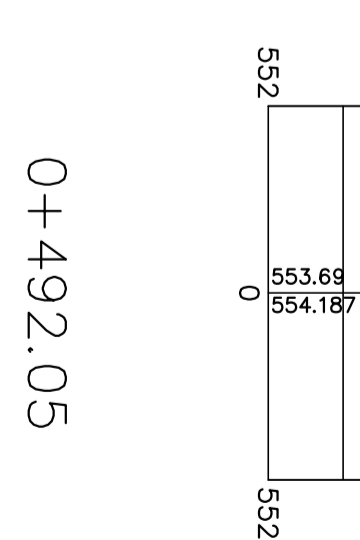
0+513.65



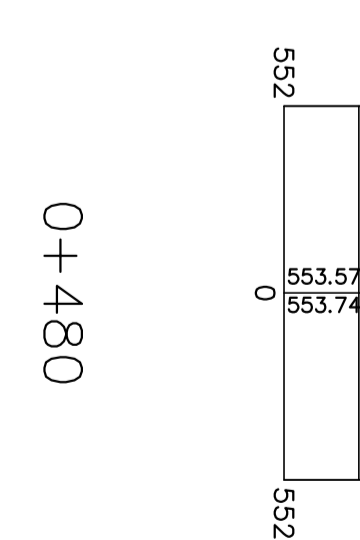
0+512.35



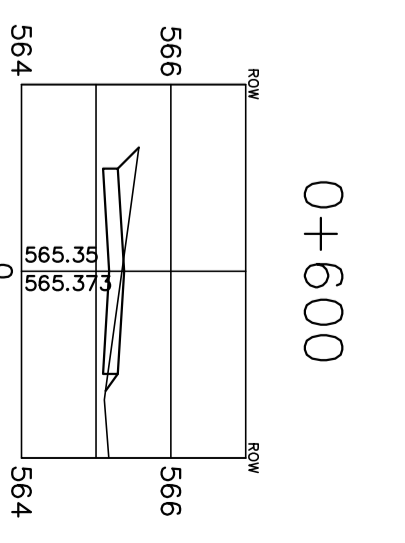
0+500



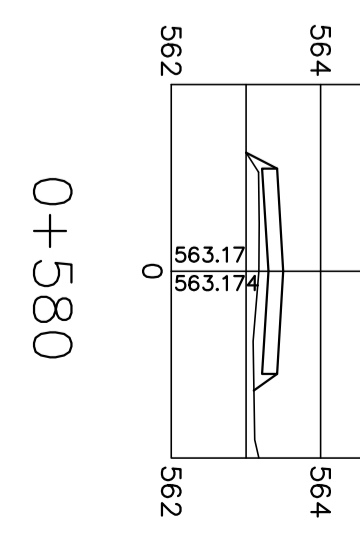
0+492.05



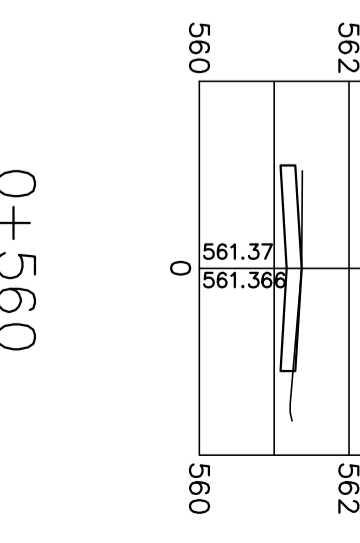
0+480



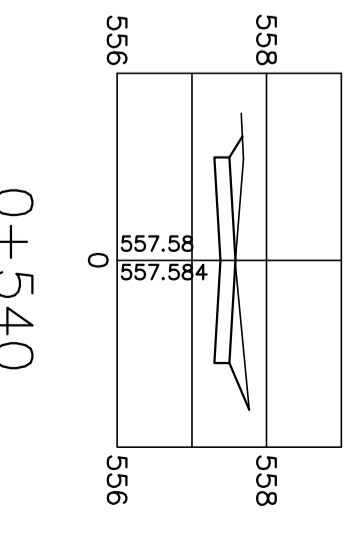
0+600



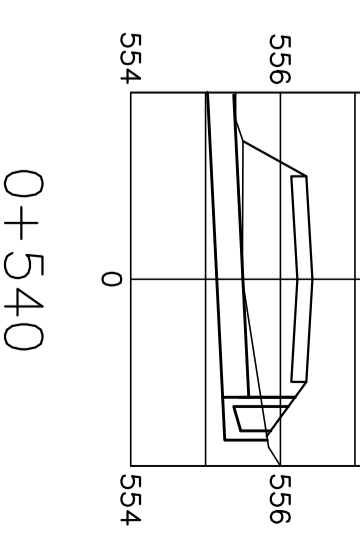
0+589.04



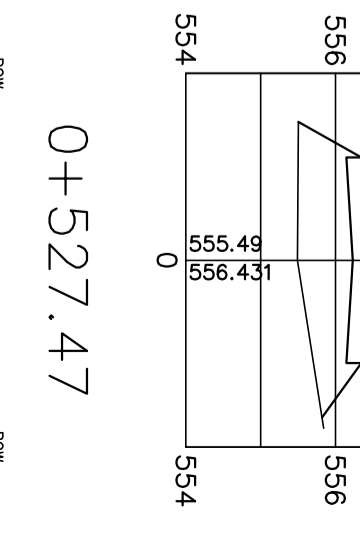
0+580



0+560

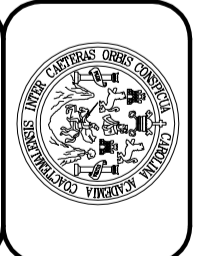


0+540



0+527.47

ESCALA 1:200



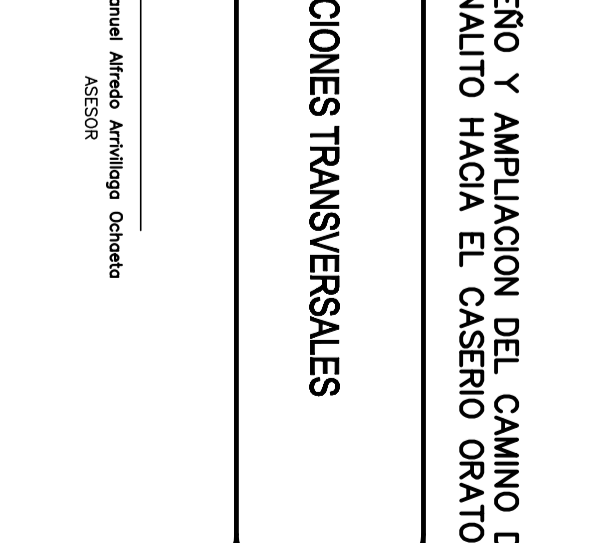
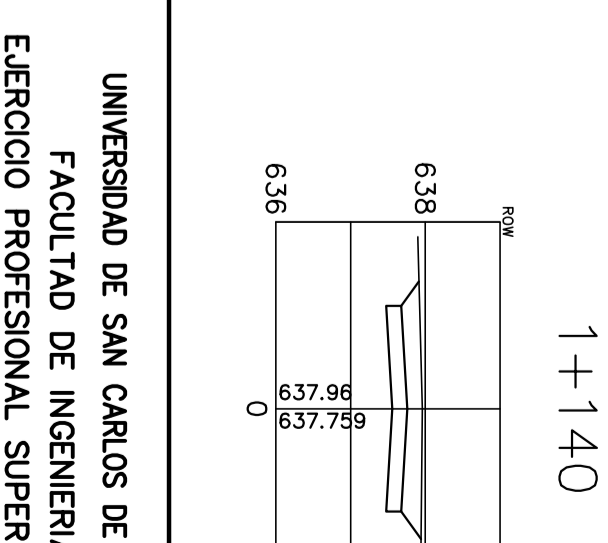
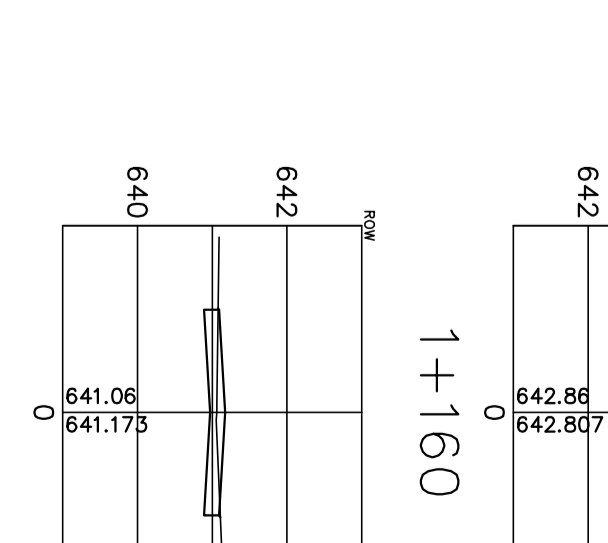
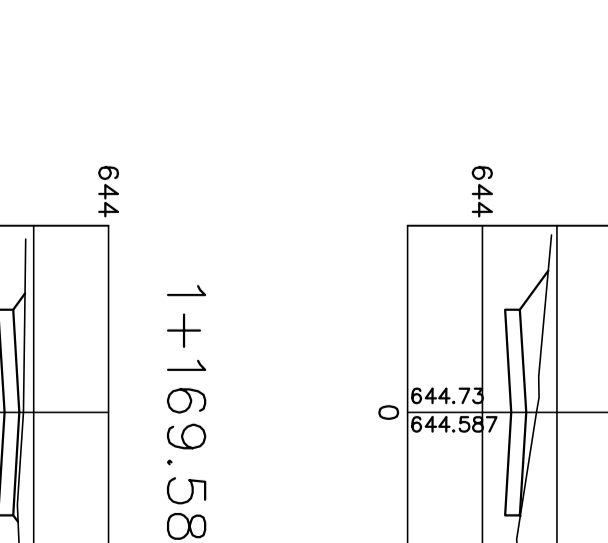
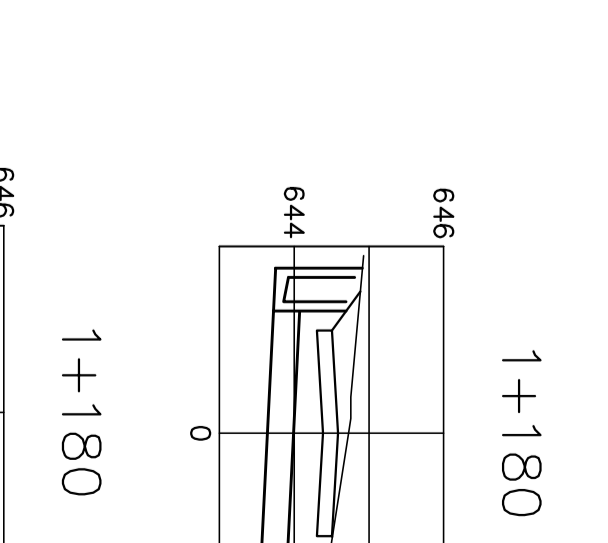
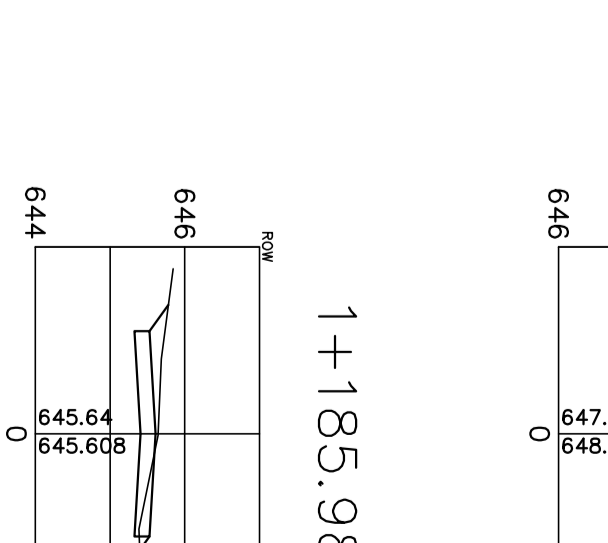
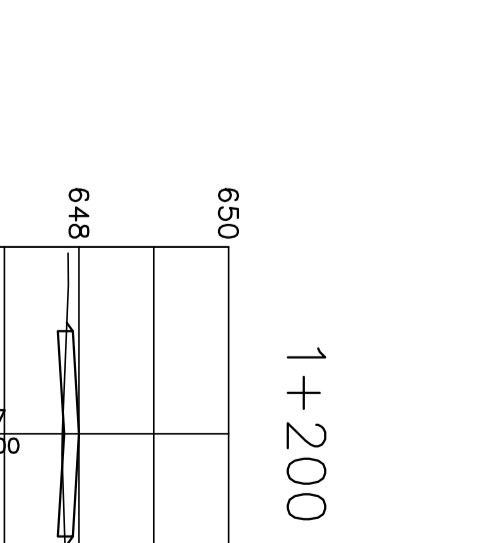
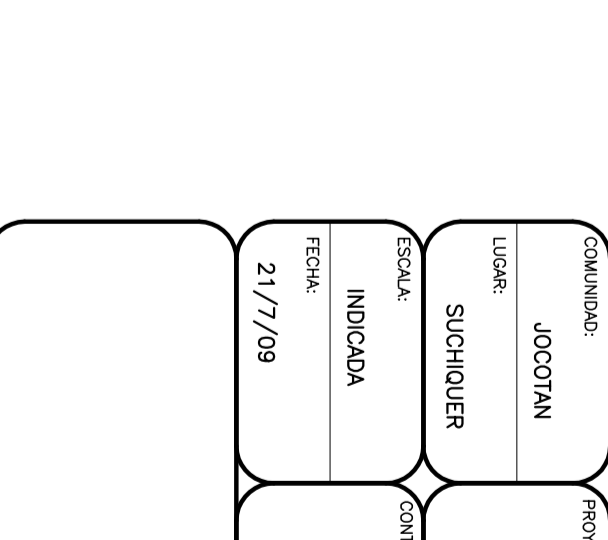
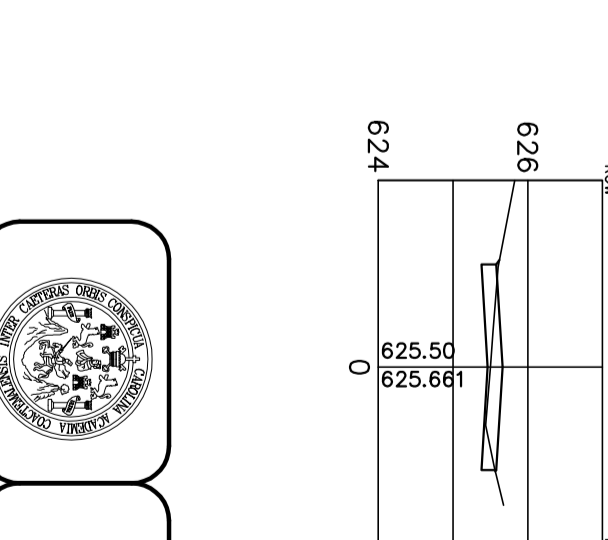
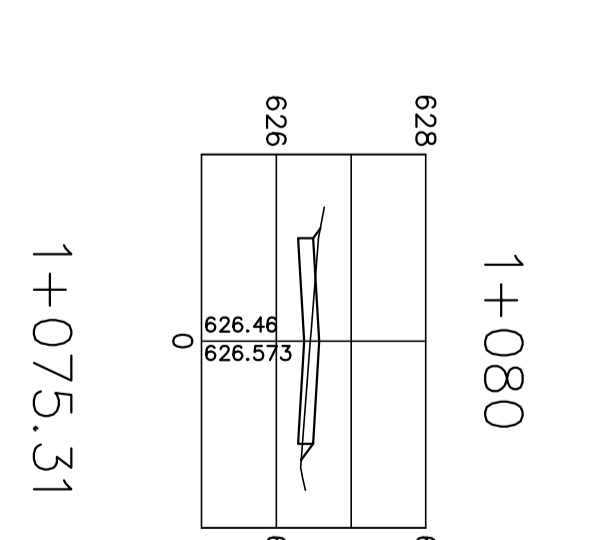
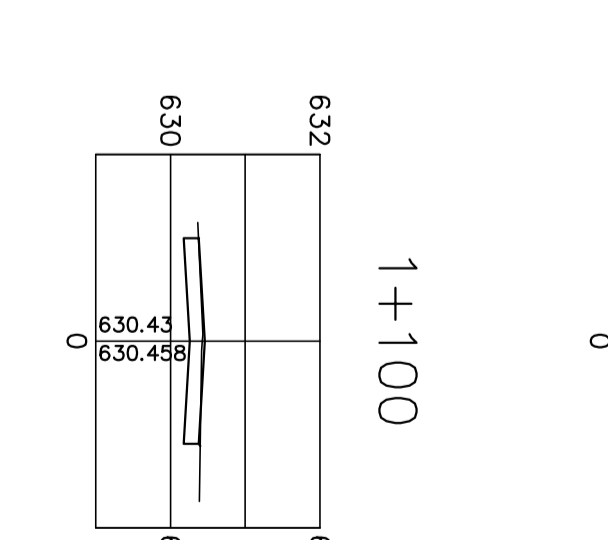
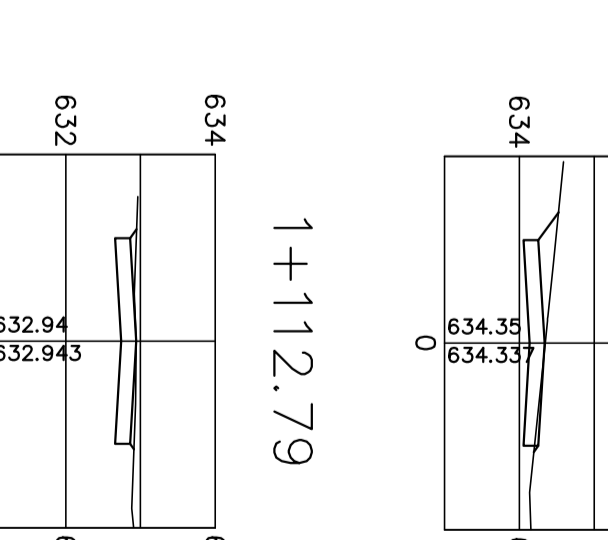
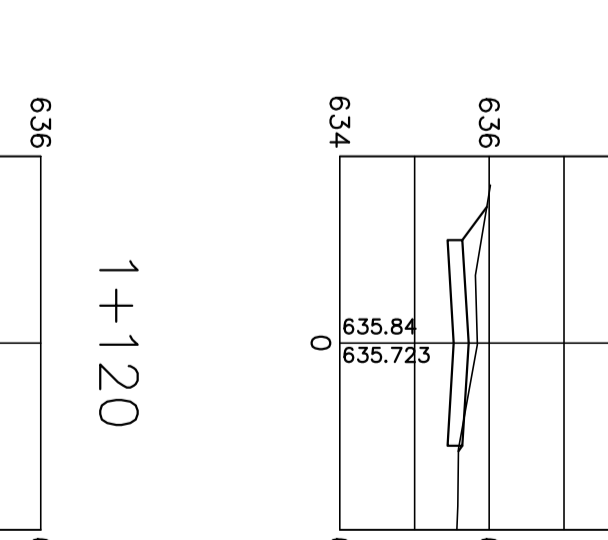
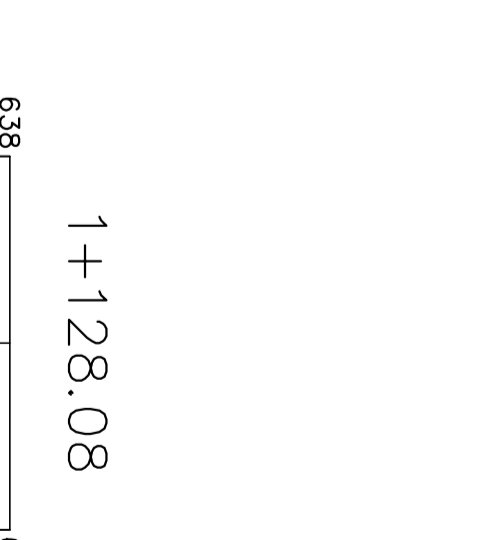
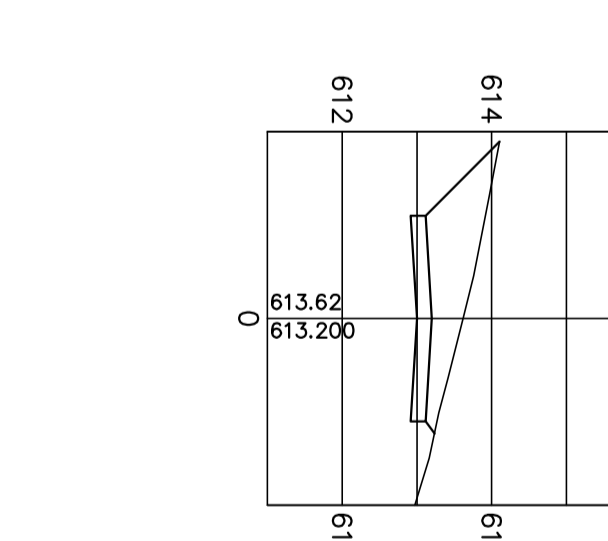
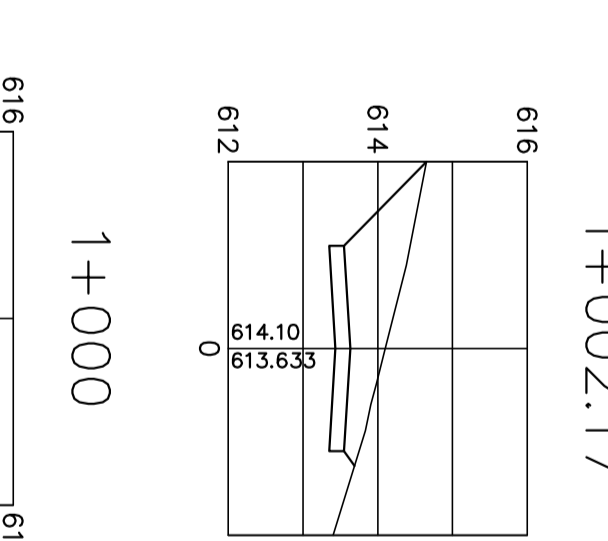
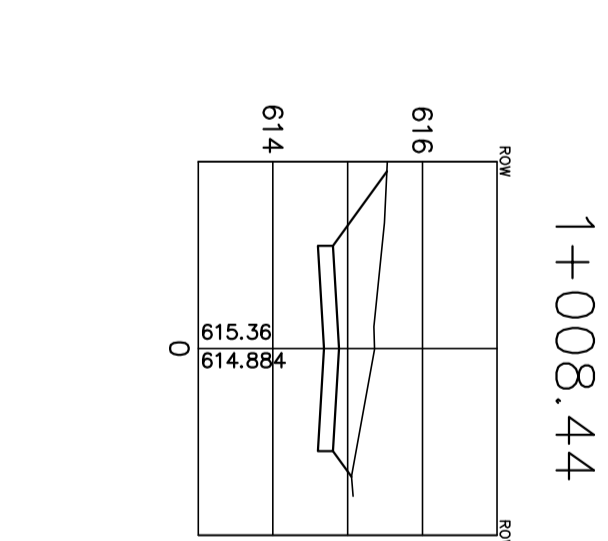
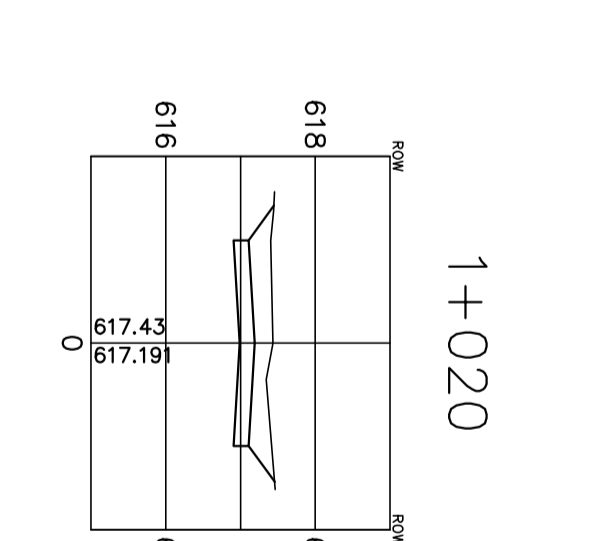
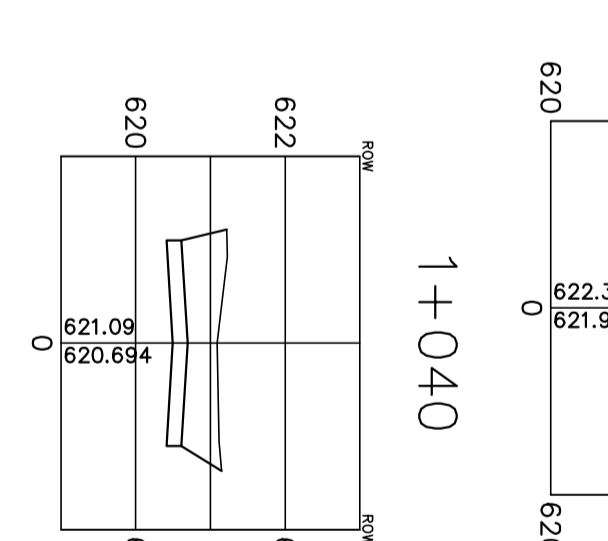
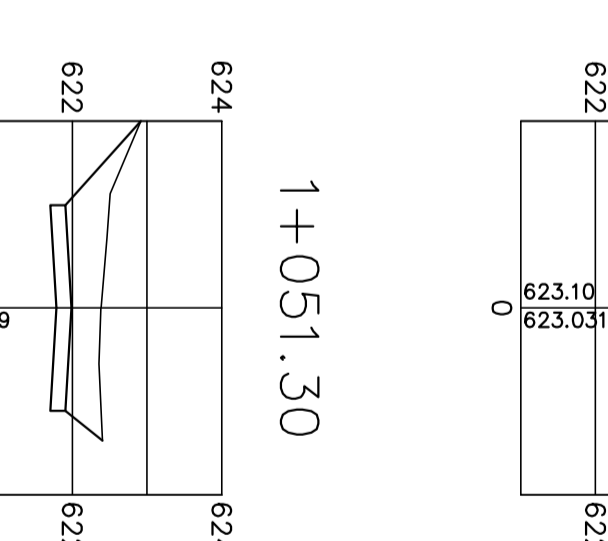
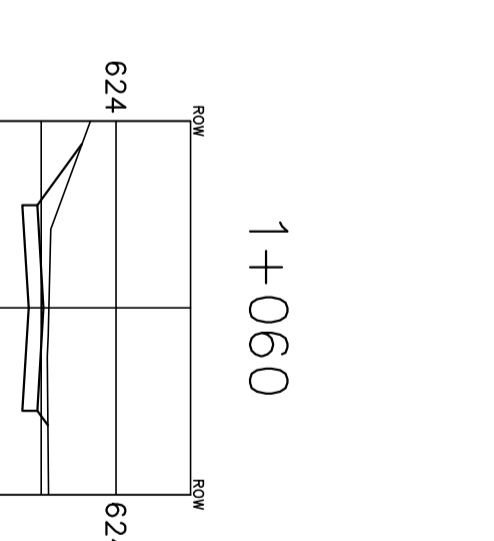
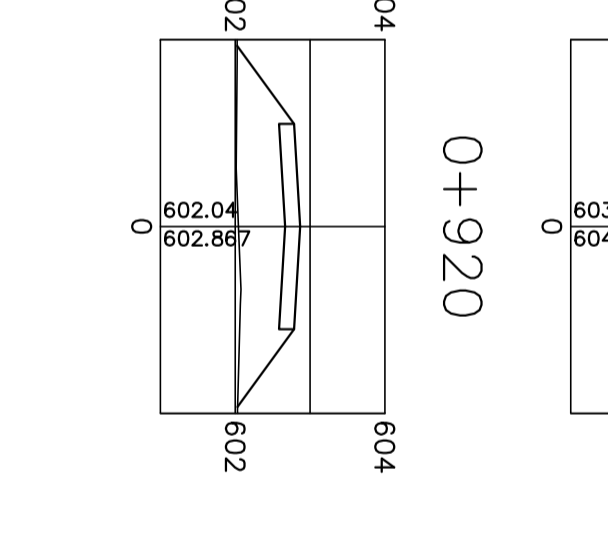
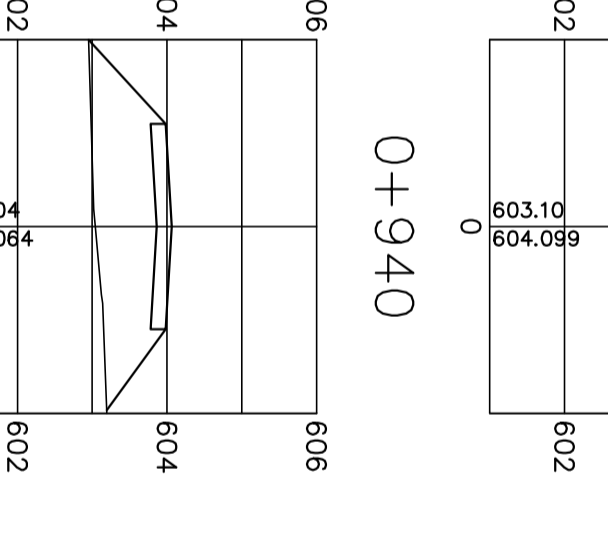
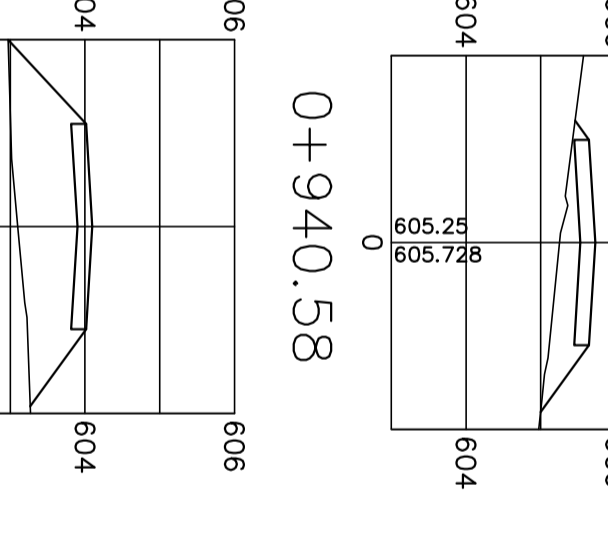
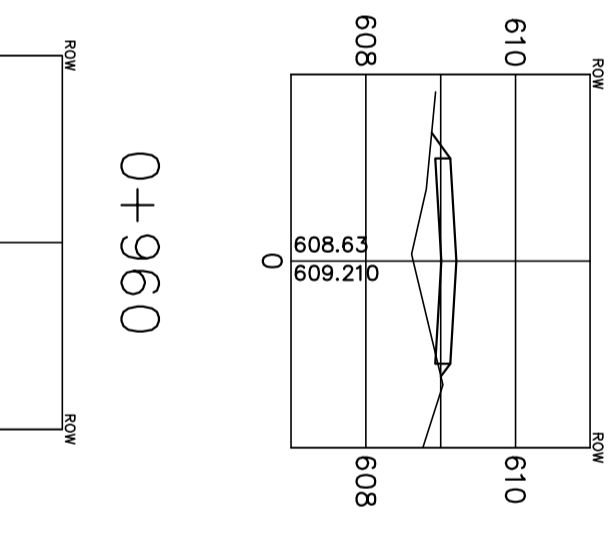
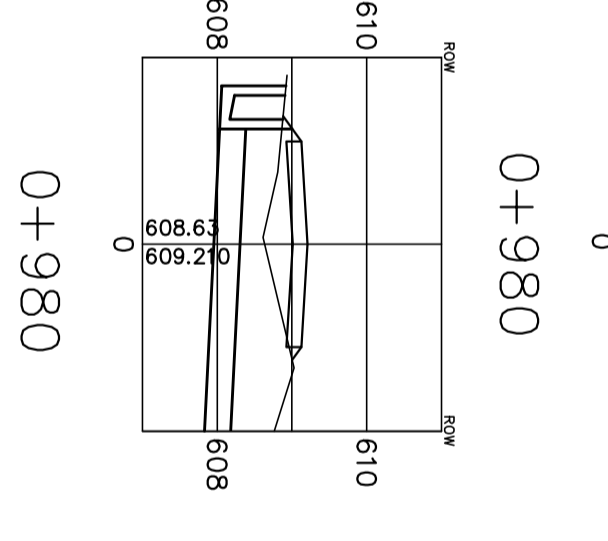
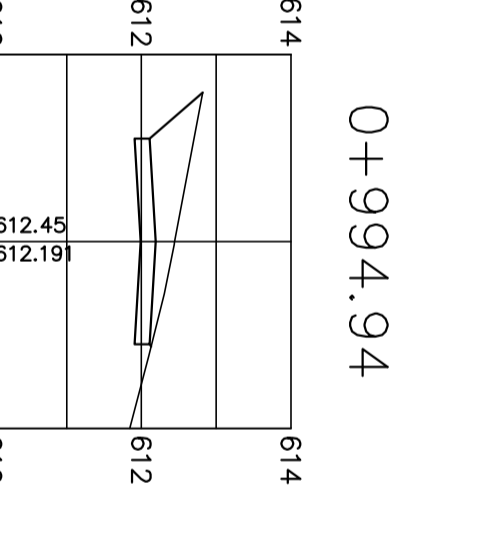
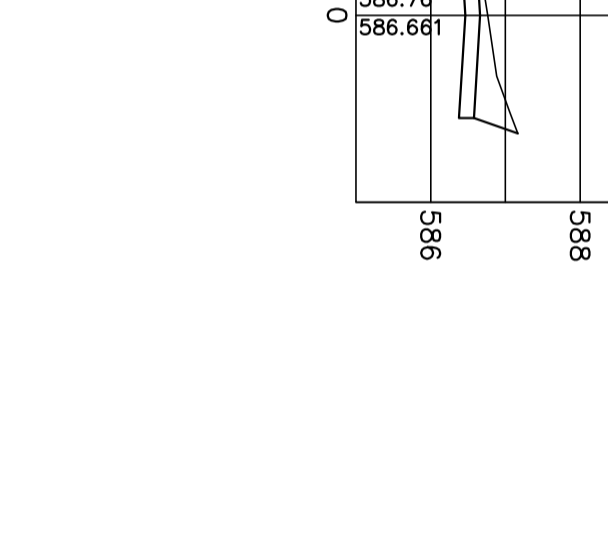
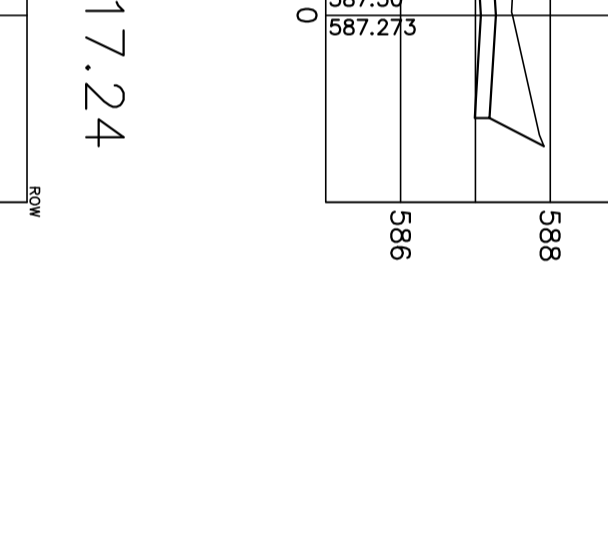
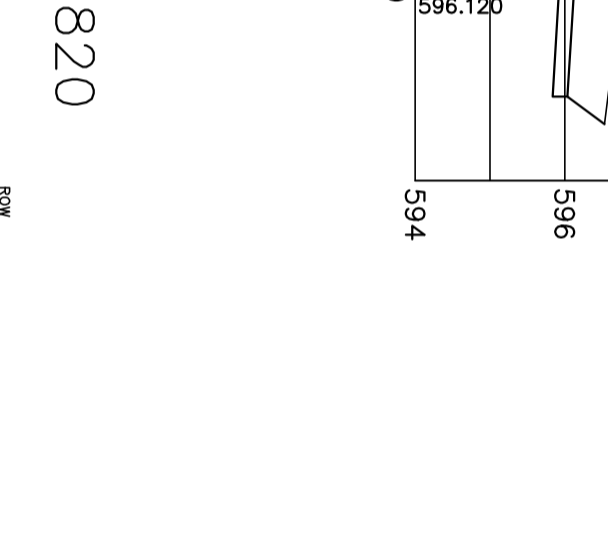
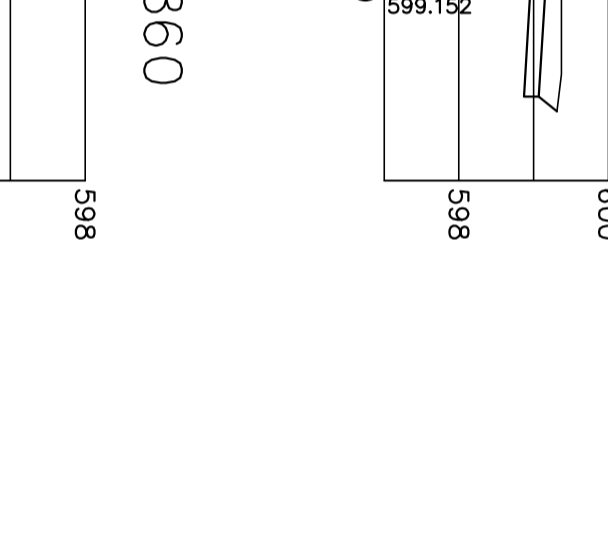
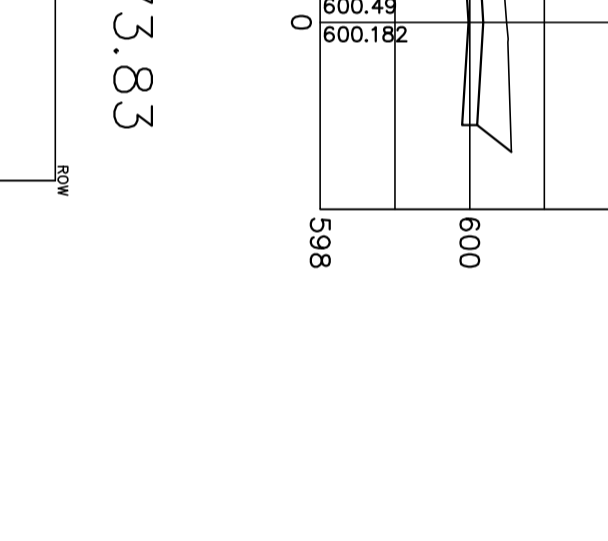
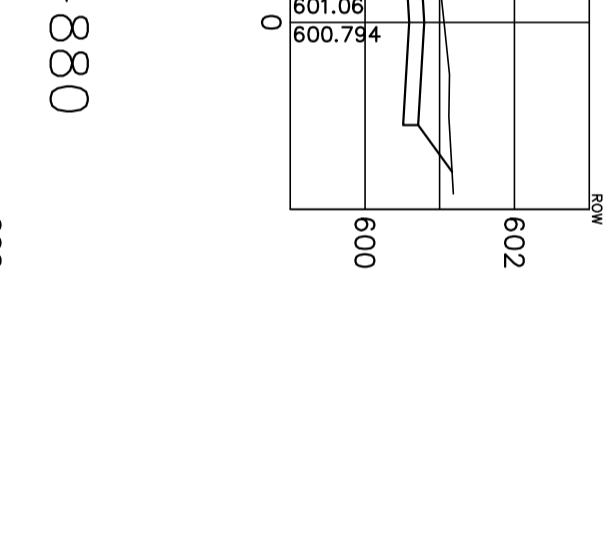
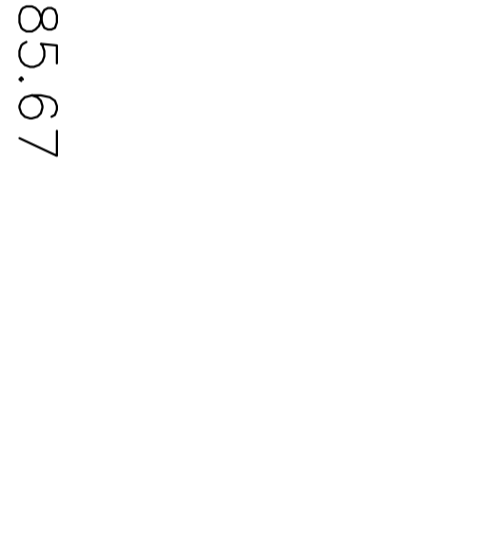
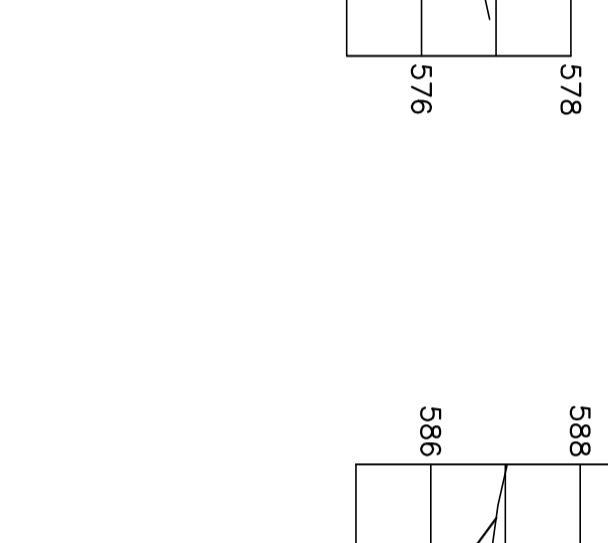
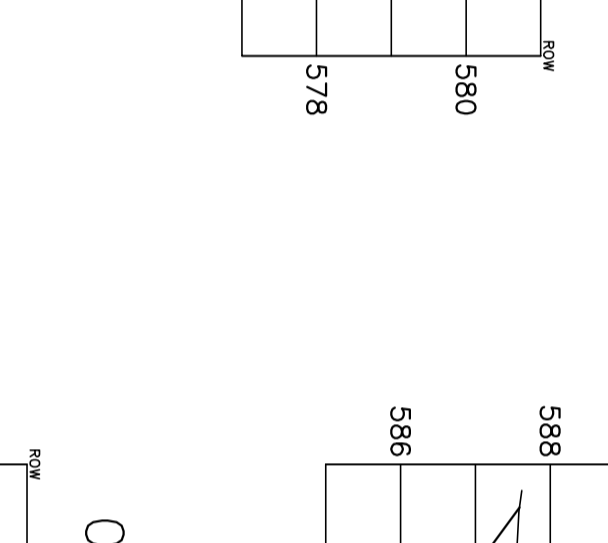
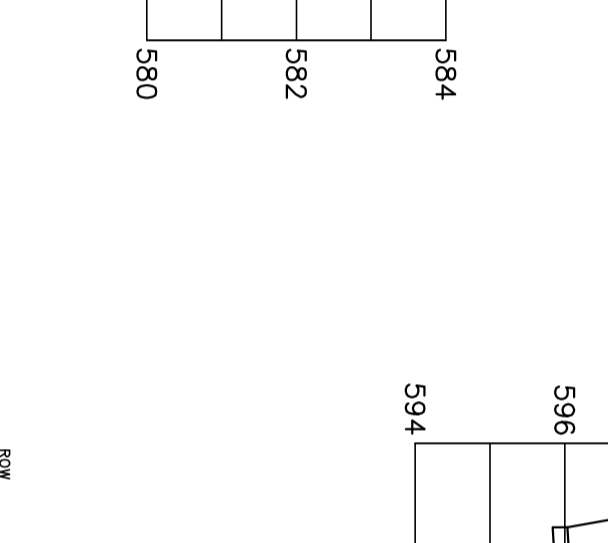
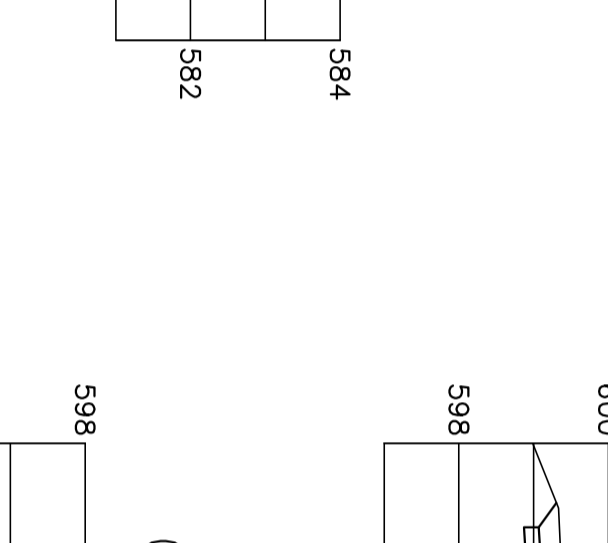
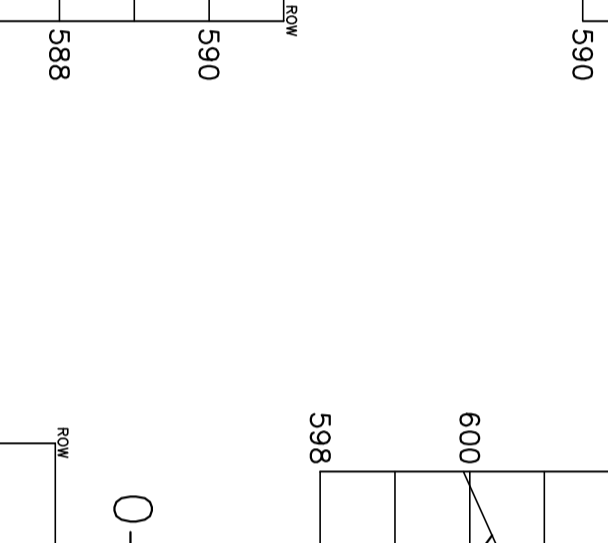
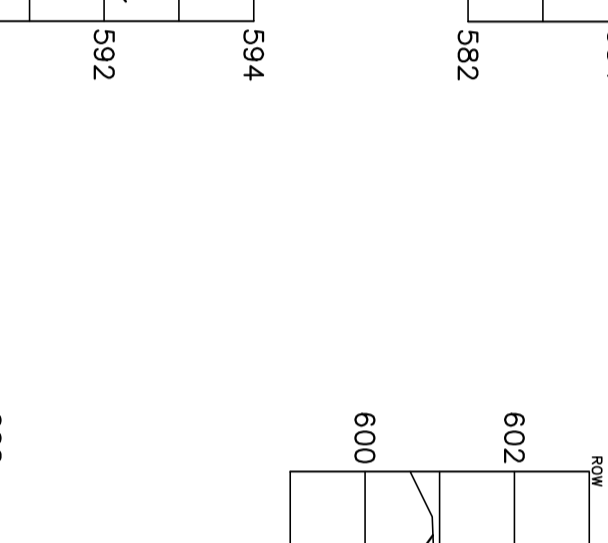
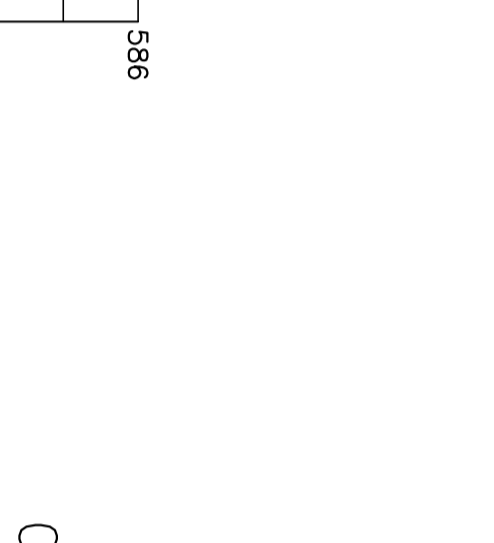
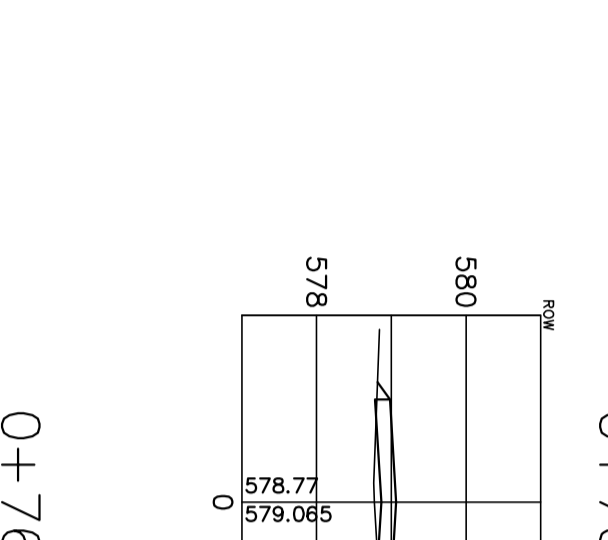
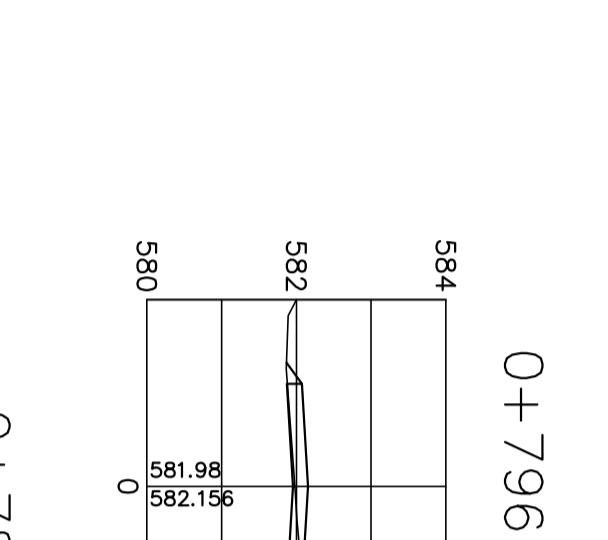
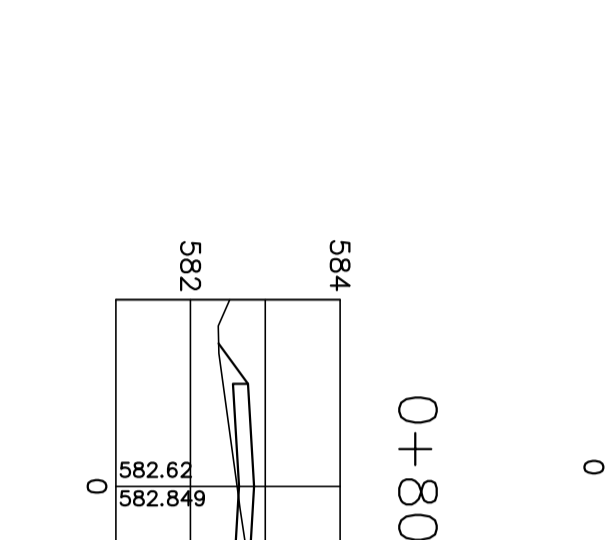
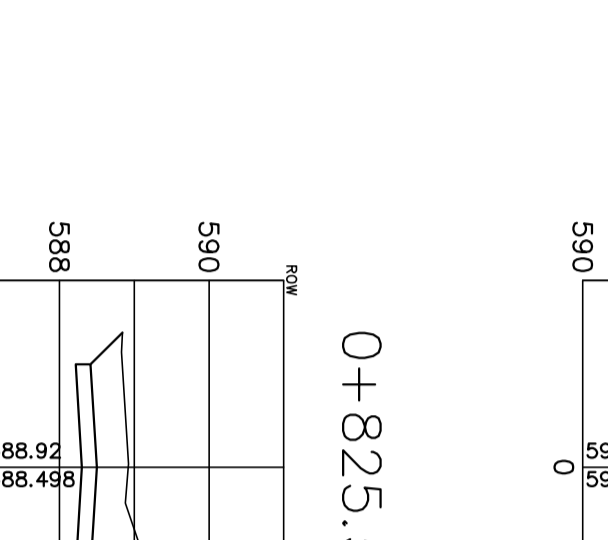
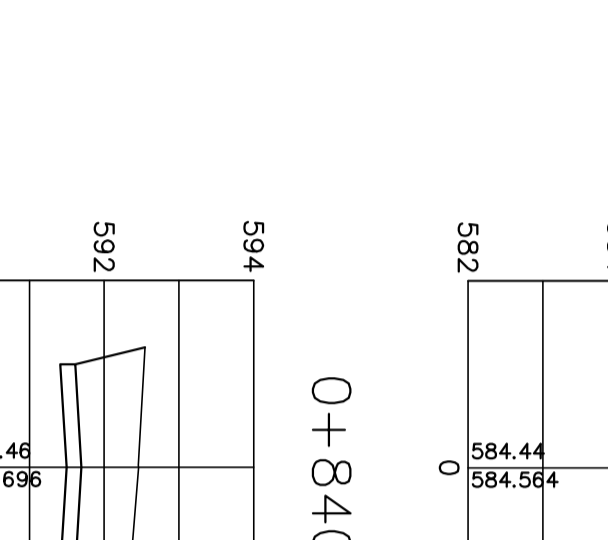
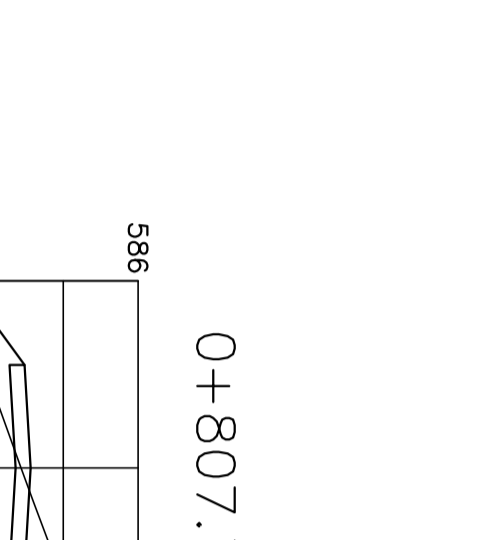
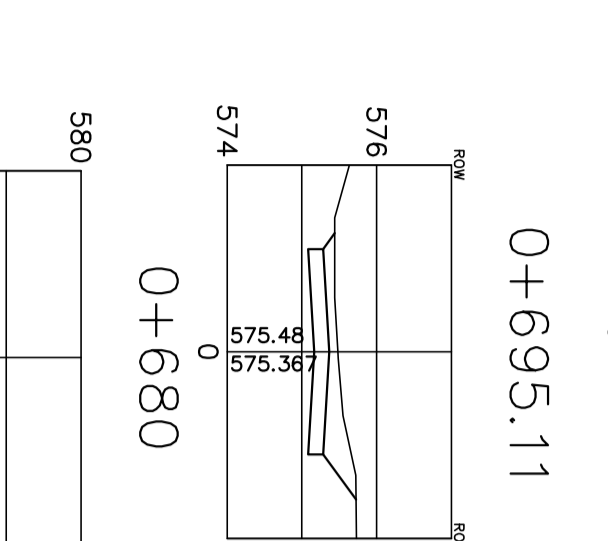
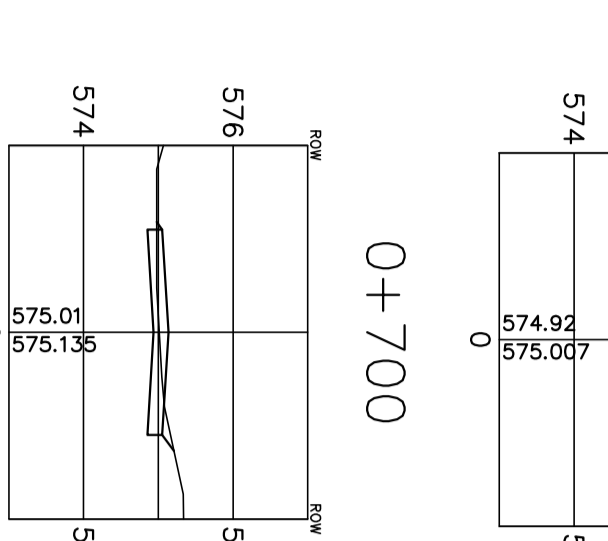
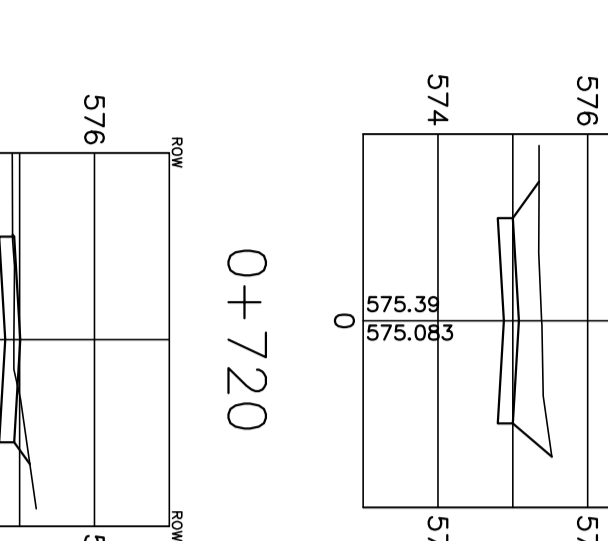
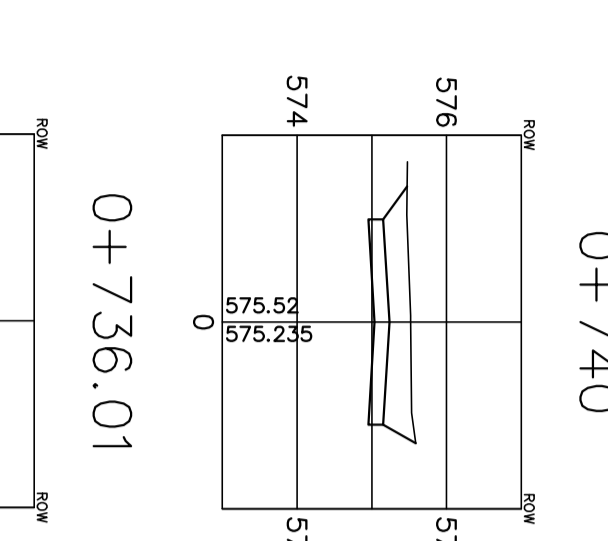
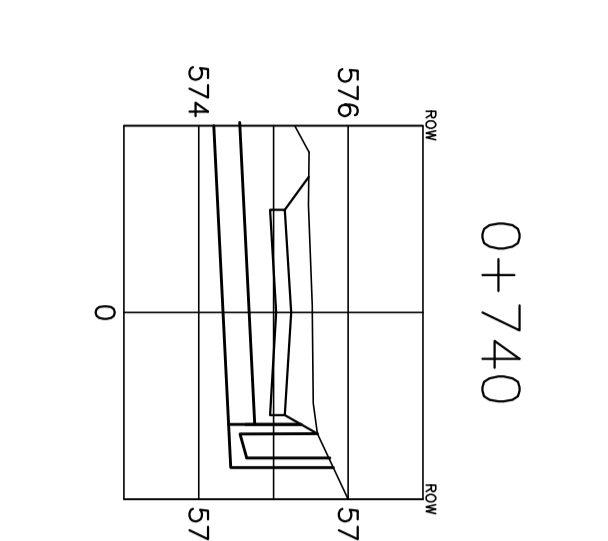
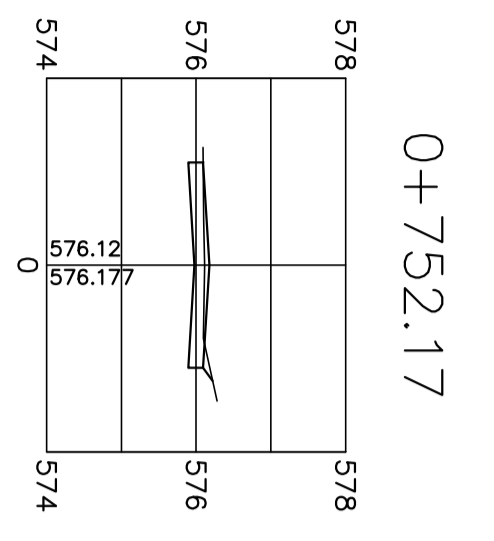
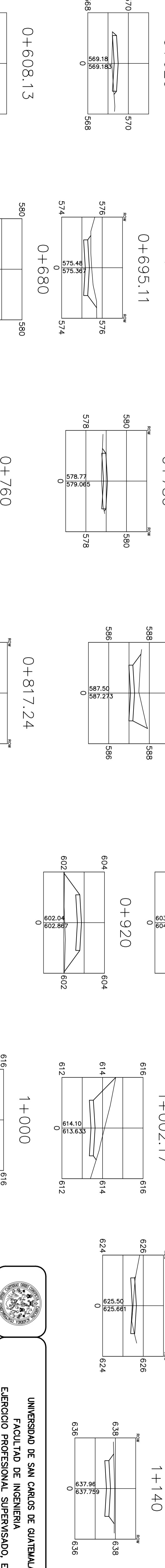
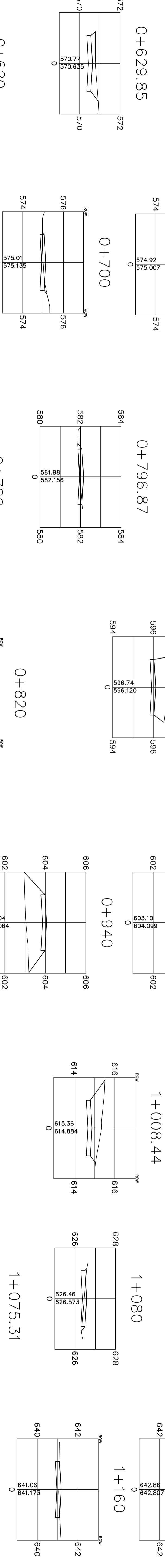
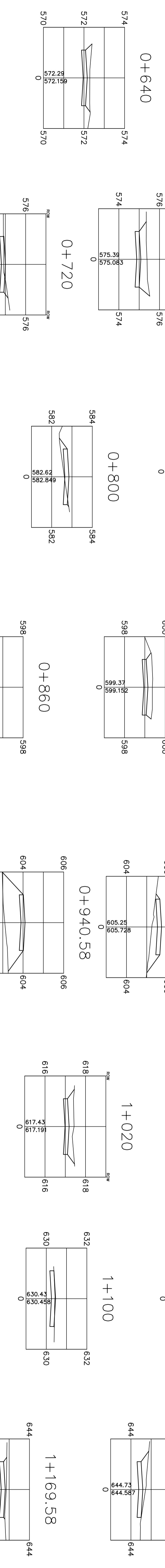
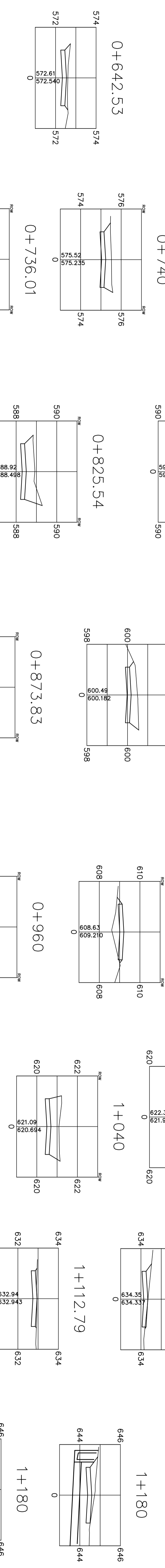
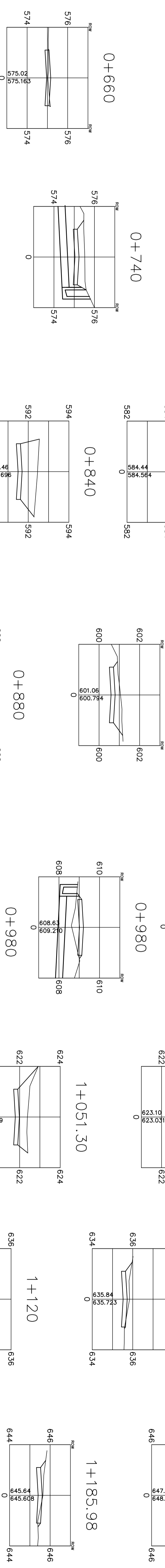
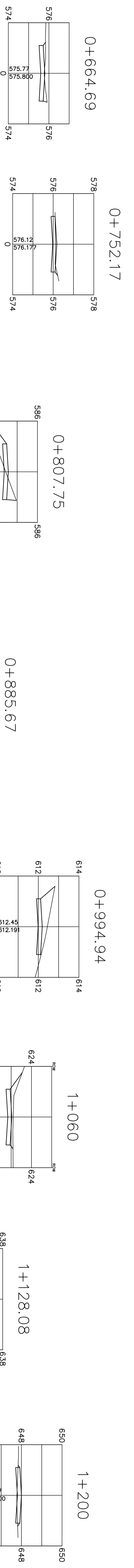
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS

PROYECTO:
DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO
PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO

SECCIONES TRANSVERSALES

COMUNIDAD: JOCOTIÁN	PROYECTO:
LÍNEA: SUSCHUIER	DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO
ESCALA: INDICADA	DIRECCION:
FECHA: 21/7/09	ALIANZA:
	ALIANZA: ALLAN ARDON
	DISEÑO: ALLAN ARDON
	CALCULO: ALLAN ARDON
	FECHA FIN: 7
	FECHA INI: 13

Ing. Manuel Arias Arredondo, Cedeño



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS

COMUNIDAD: JOCOTINI
 LUGAR: SUCHIQUER
 PROYECTO: DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO

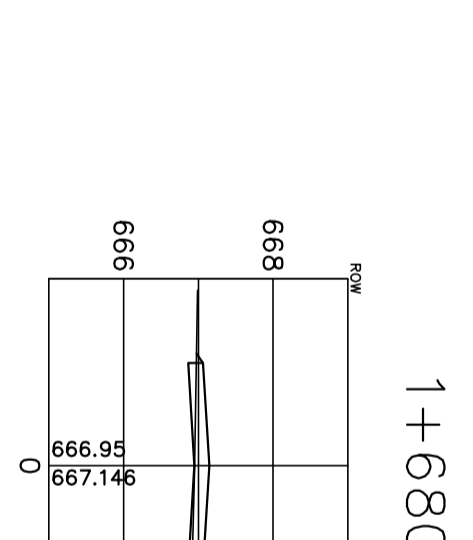
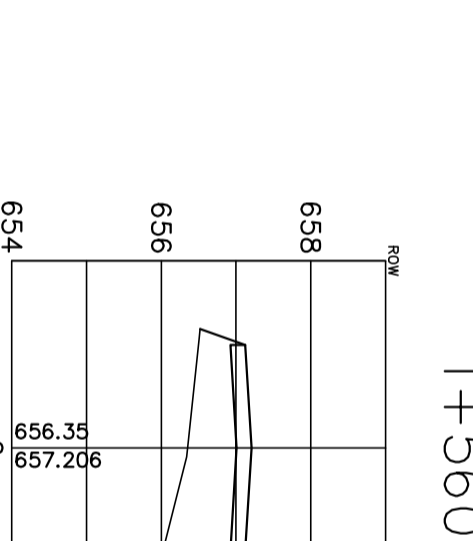
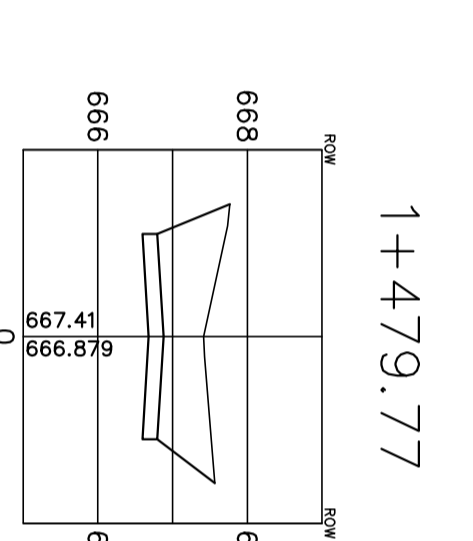
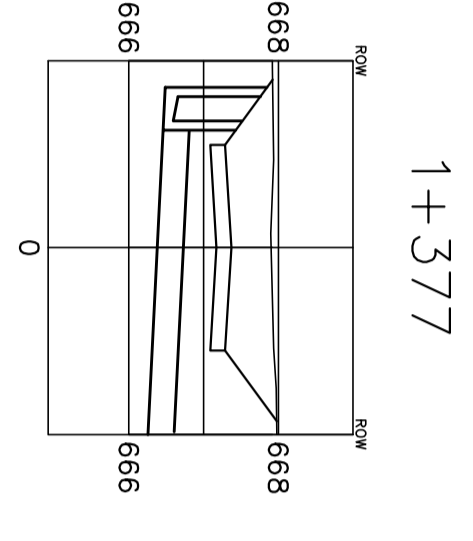
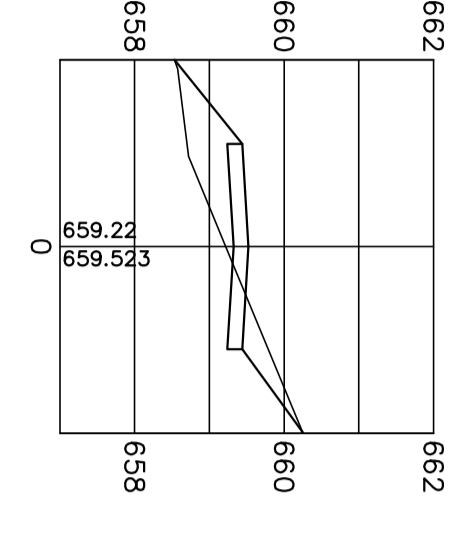
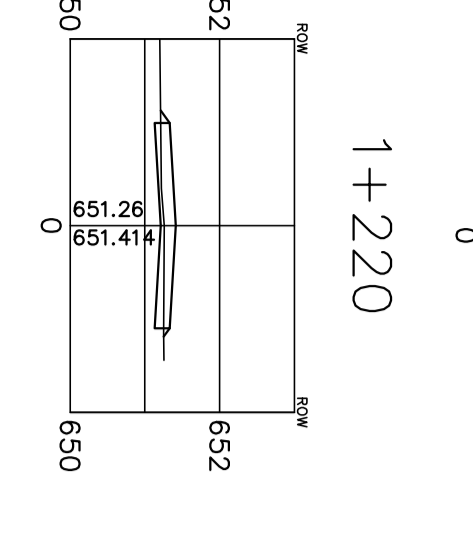
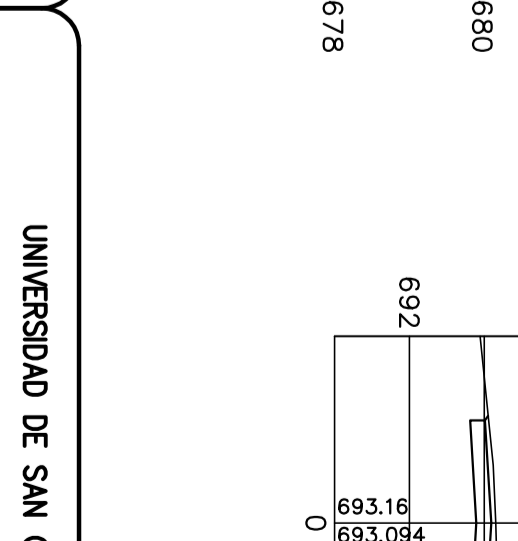
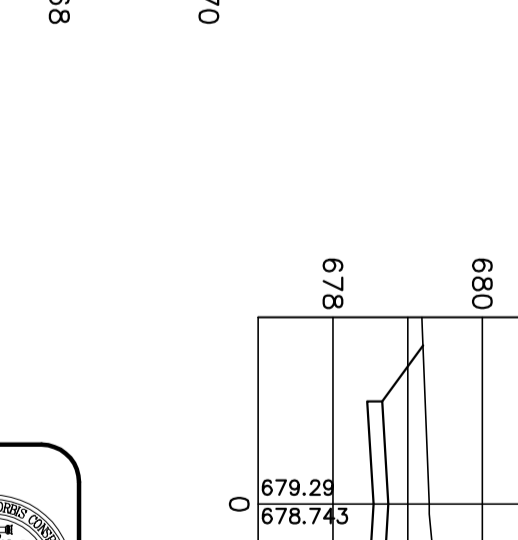
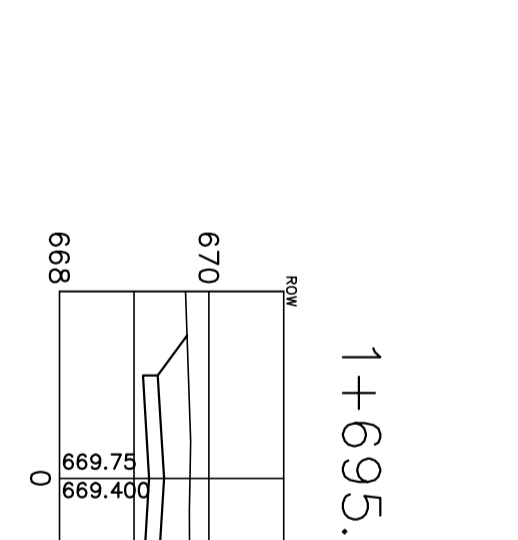
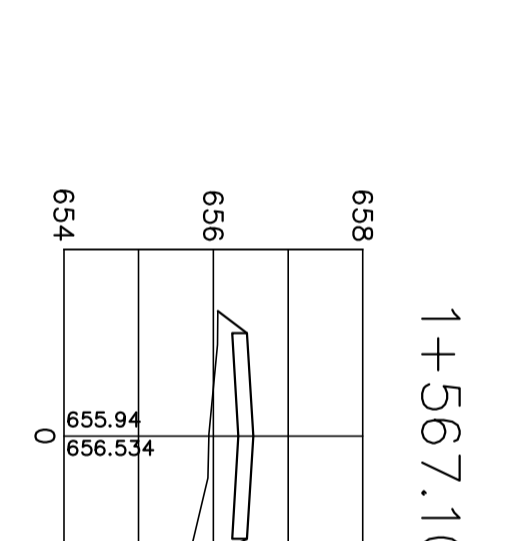
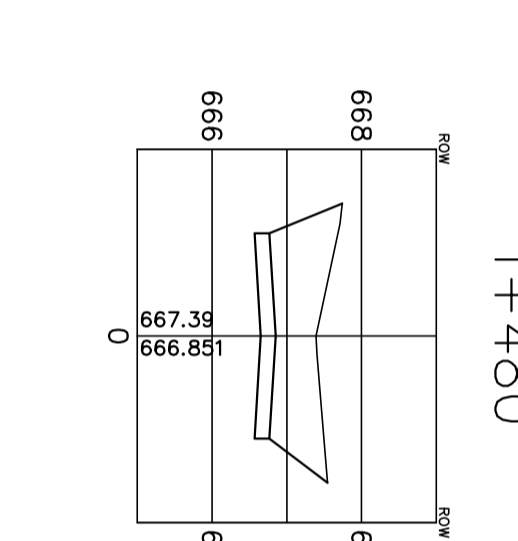
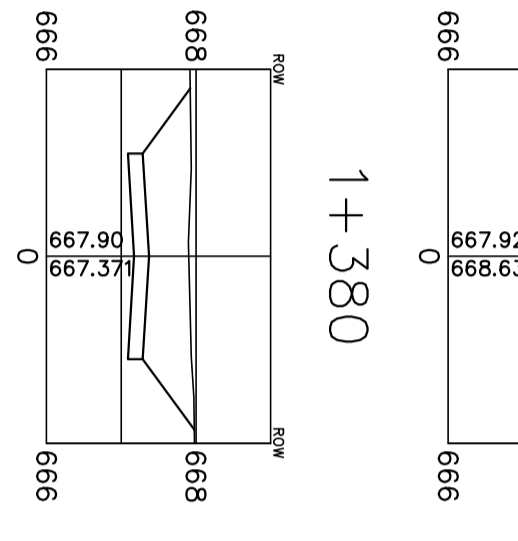
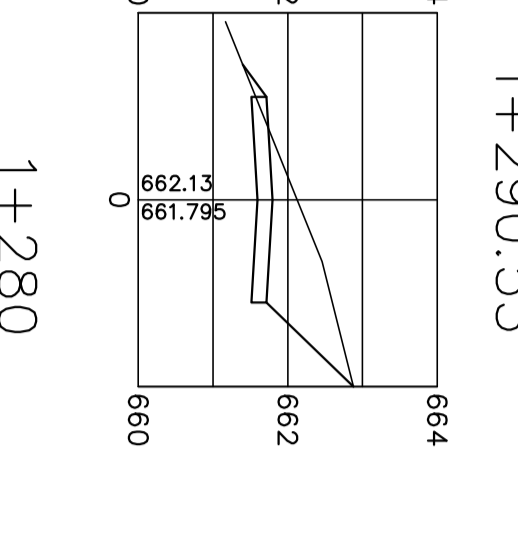
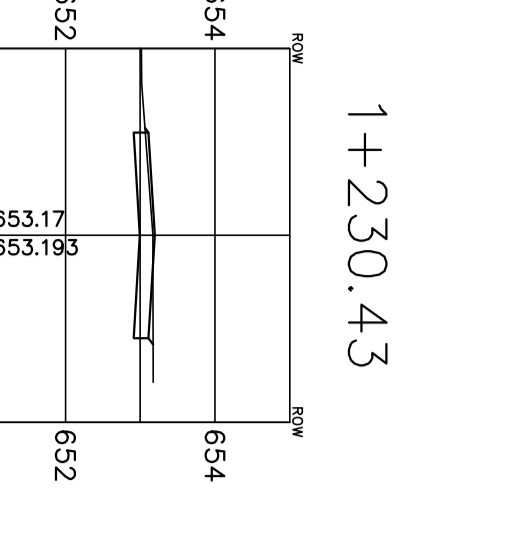
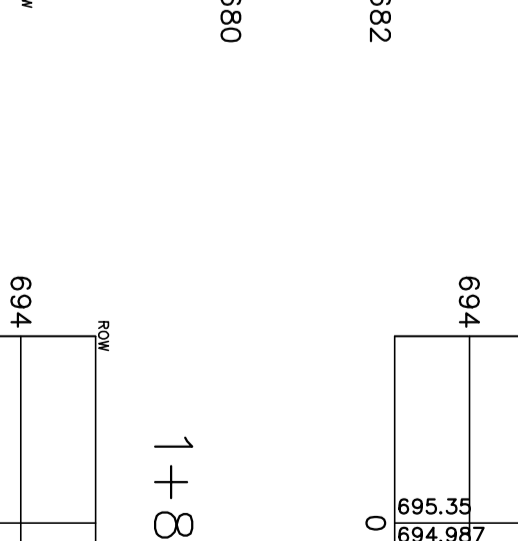
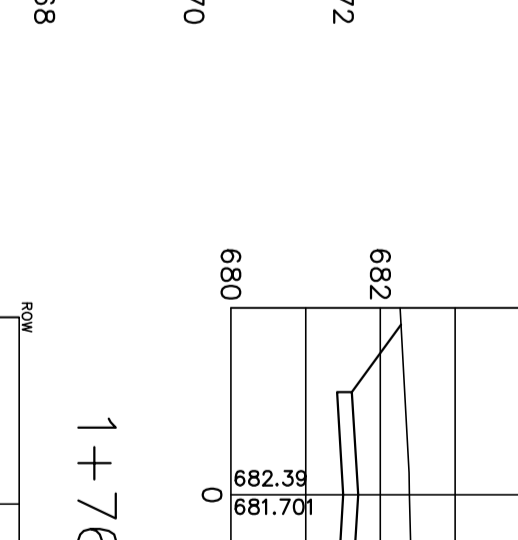
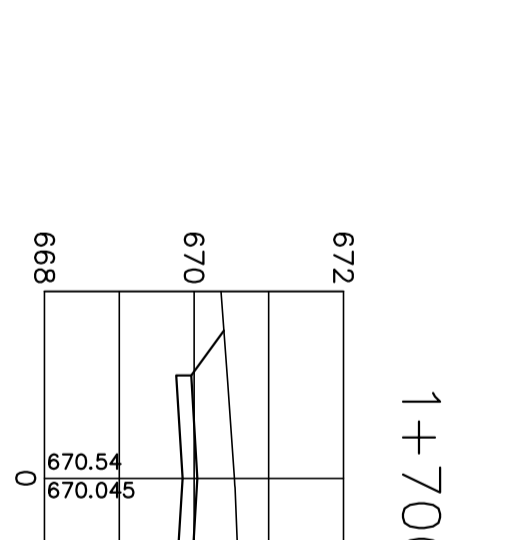
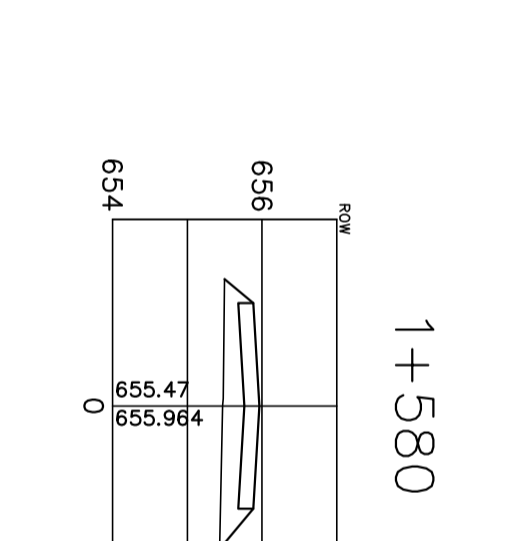
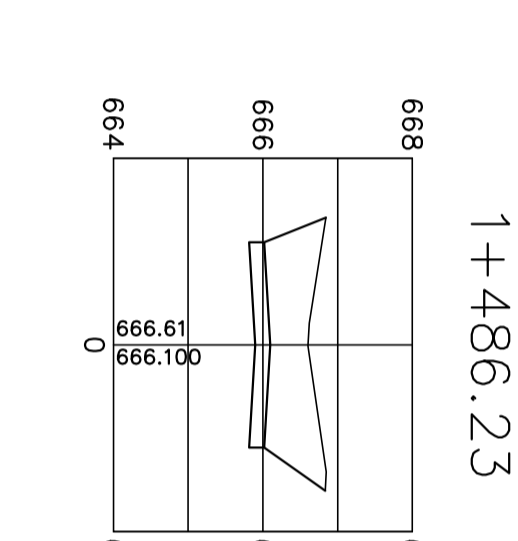
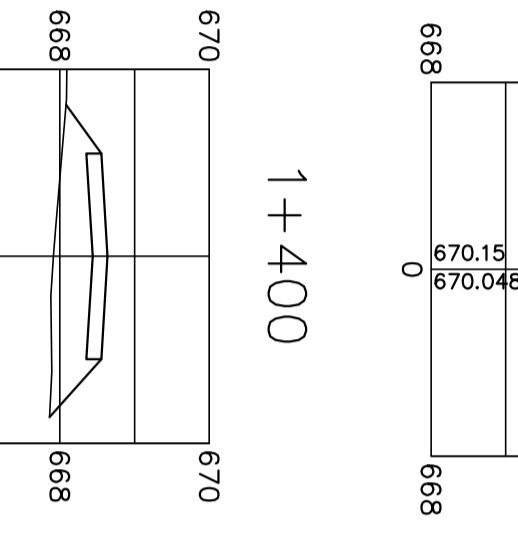
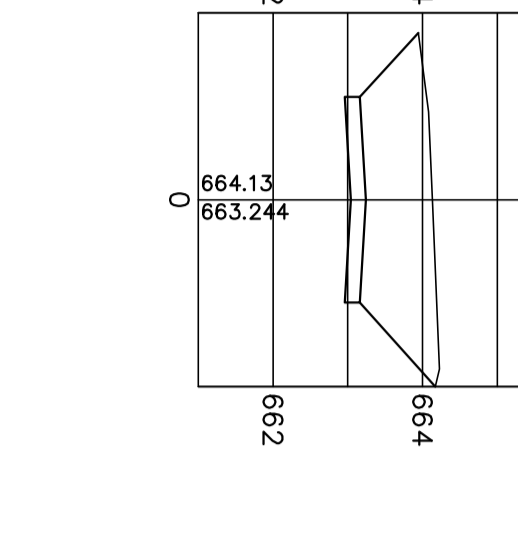
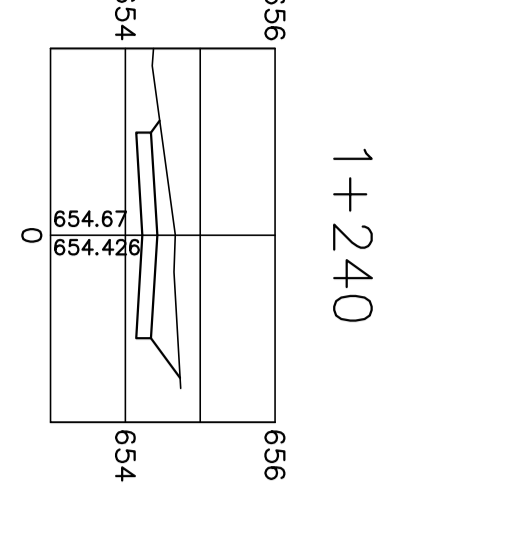
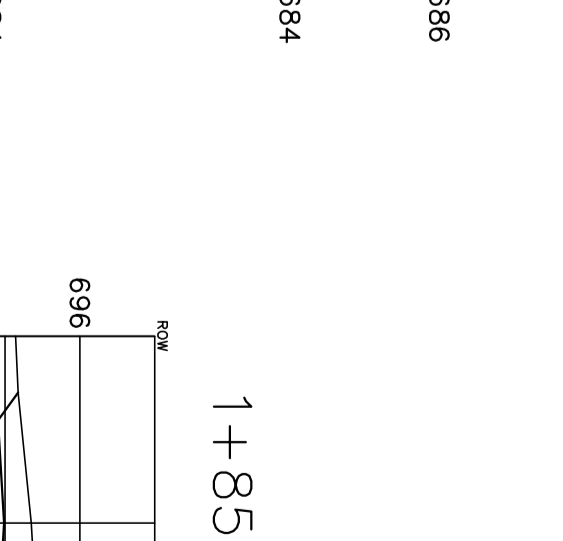
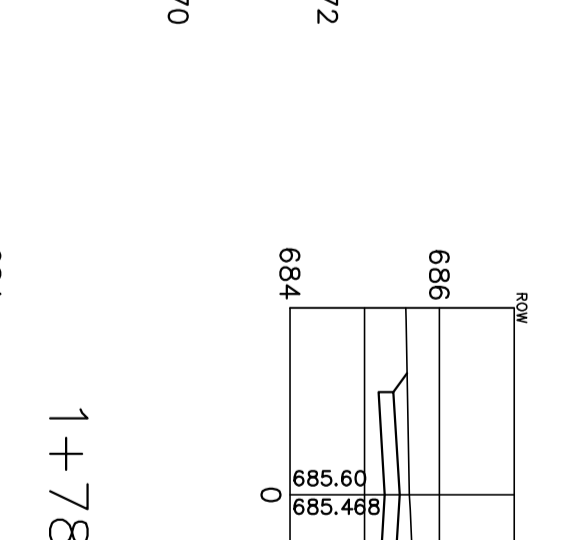
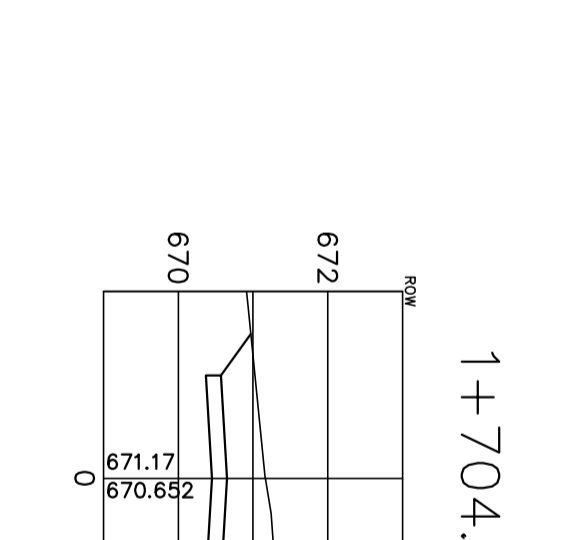
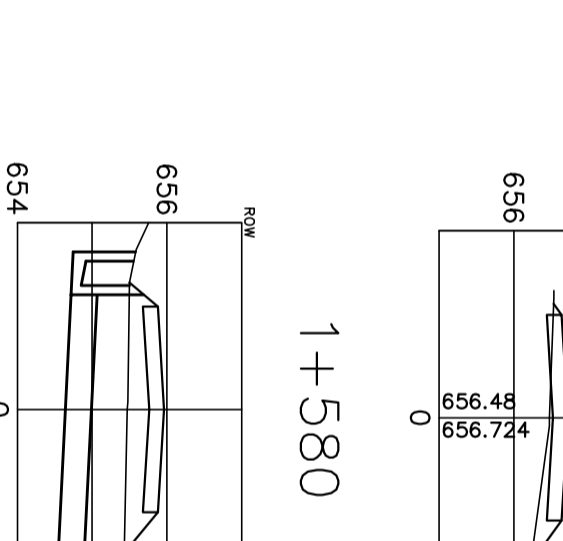
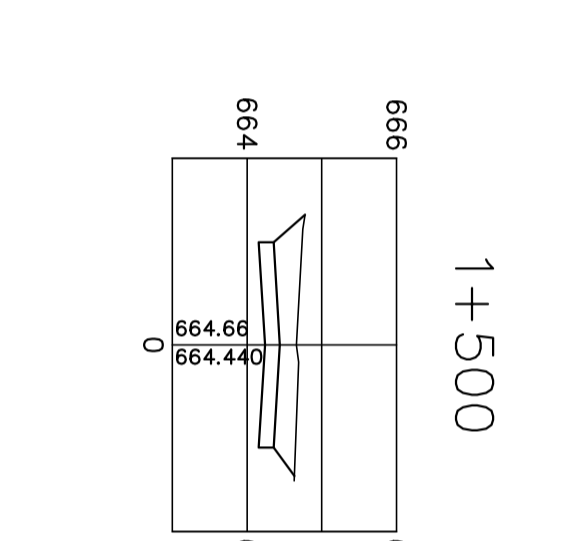
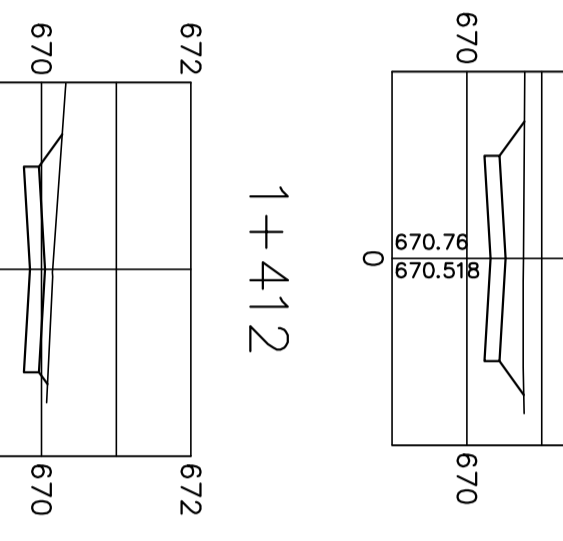
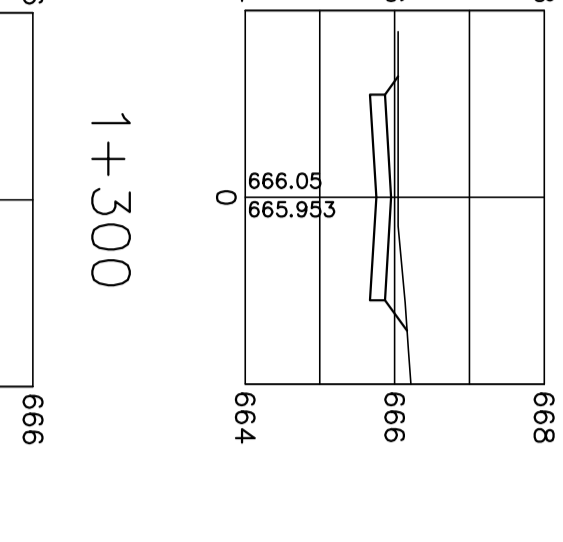
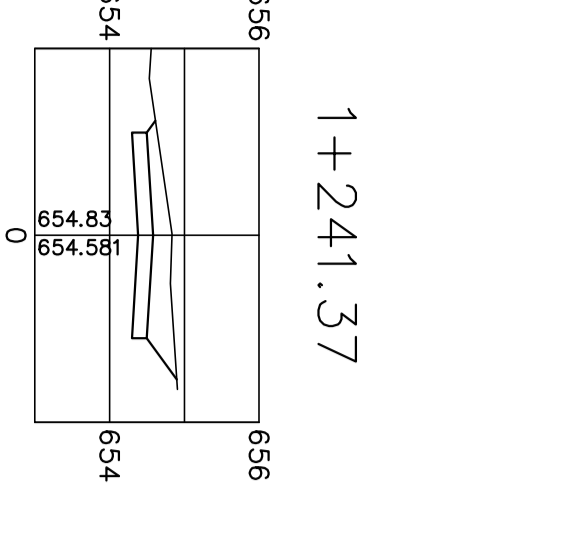
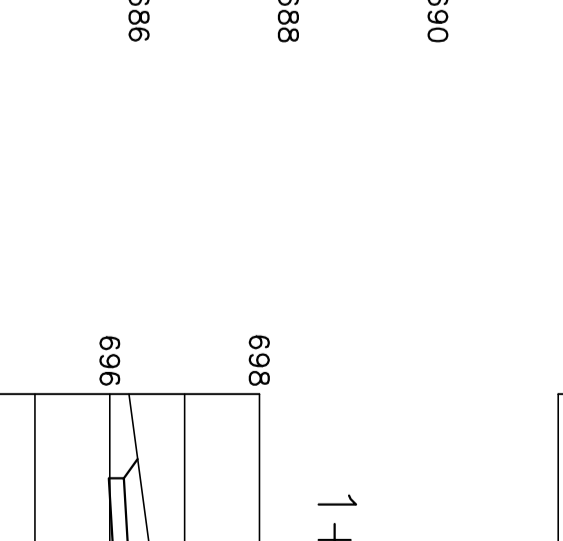
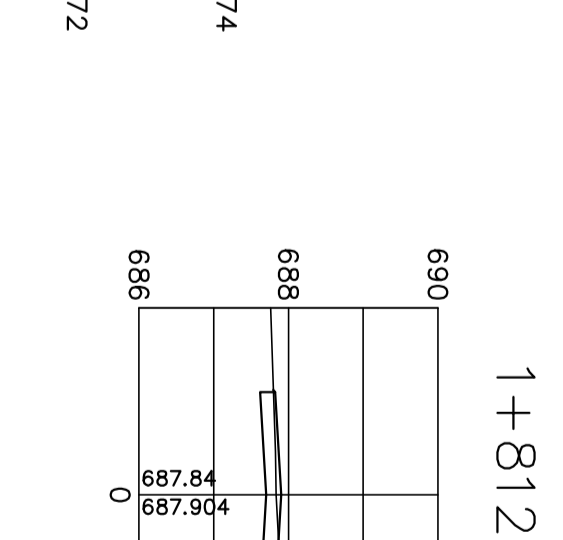
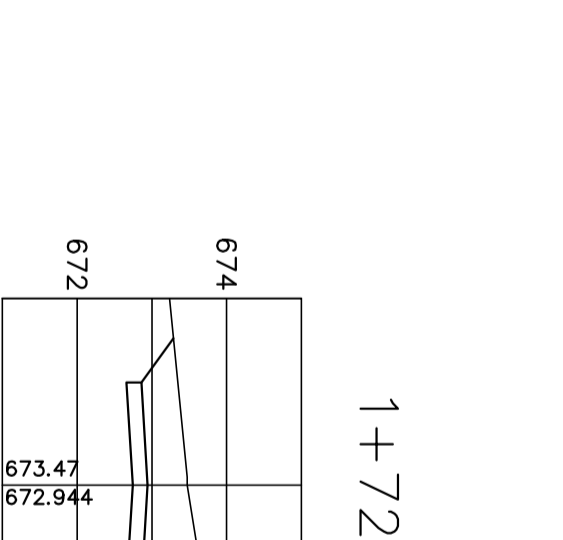
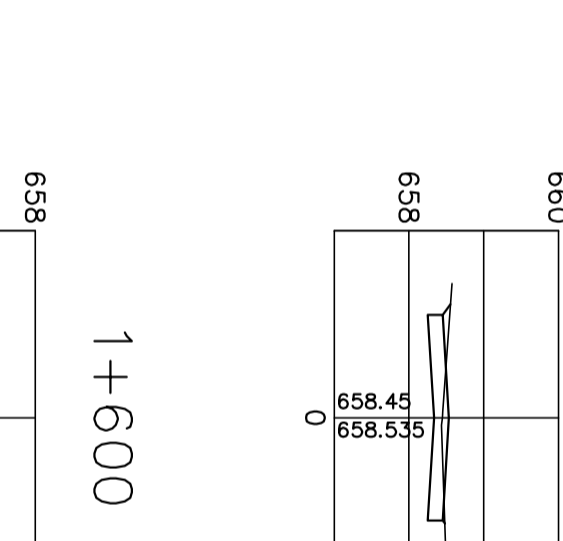
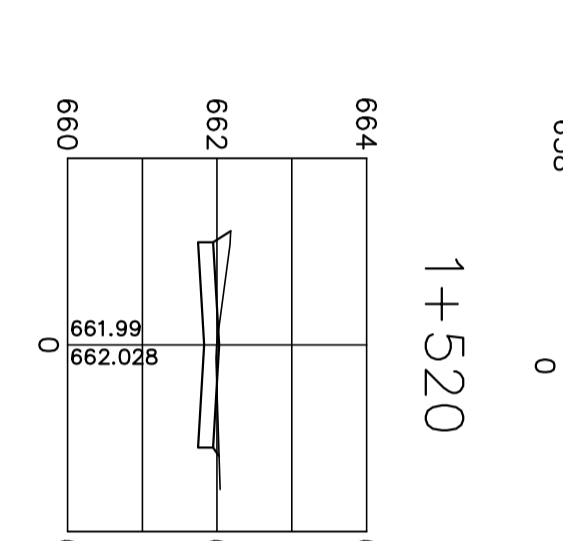
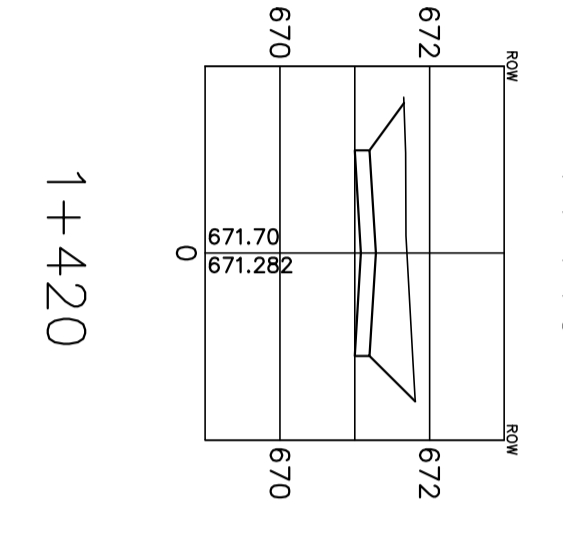
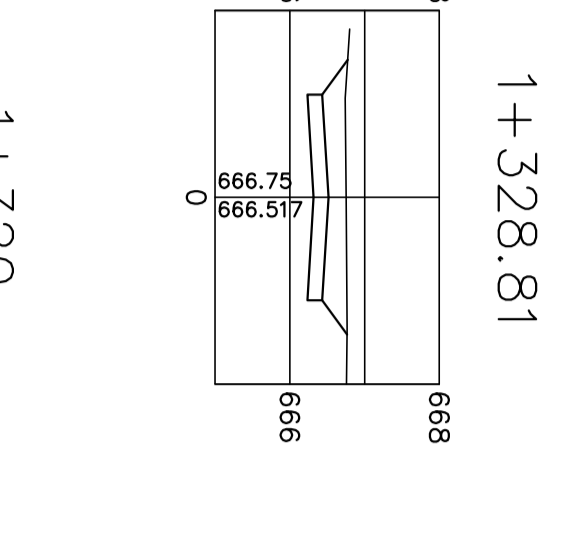
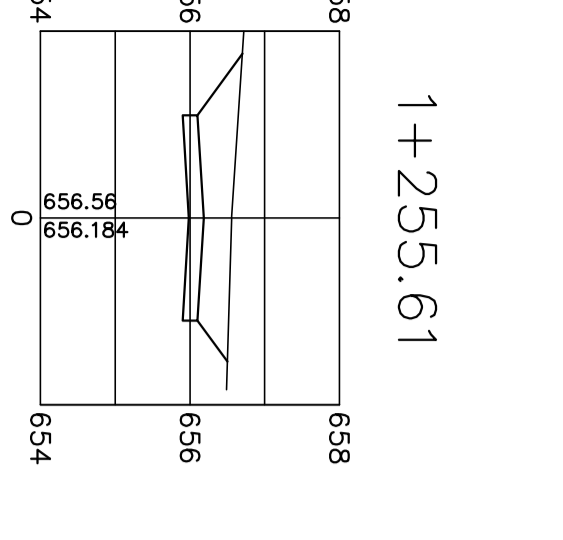
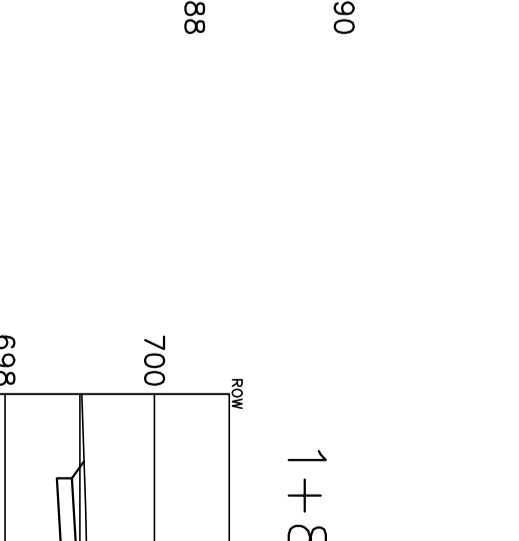
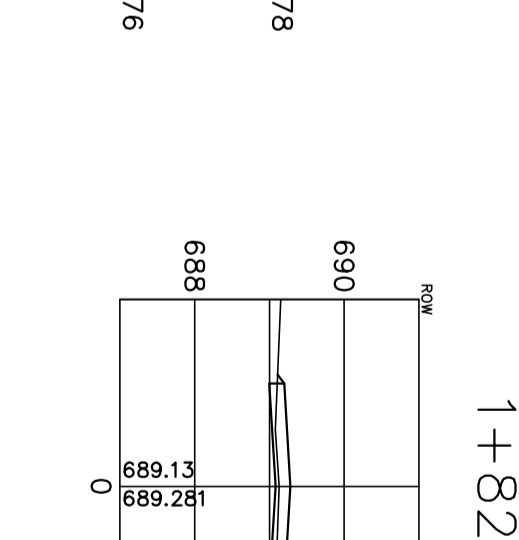
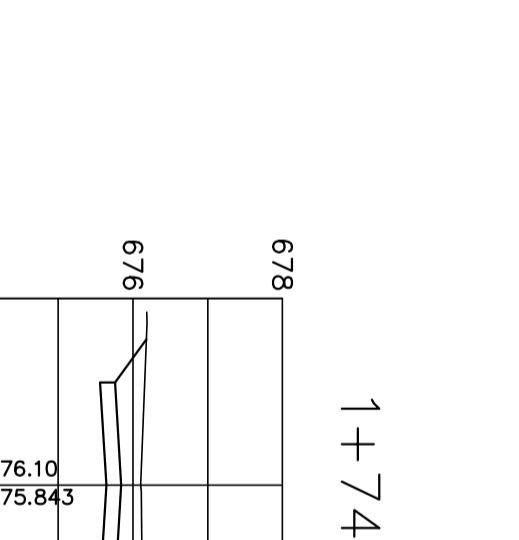
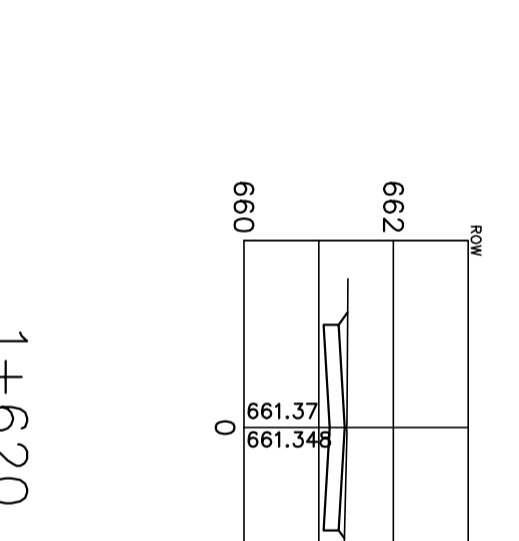
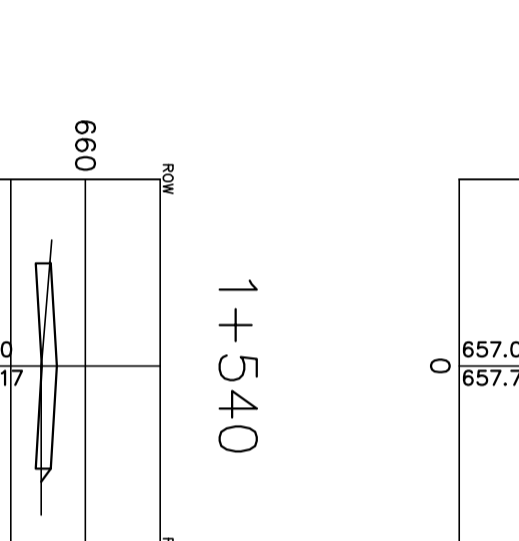
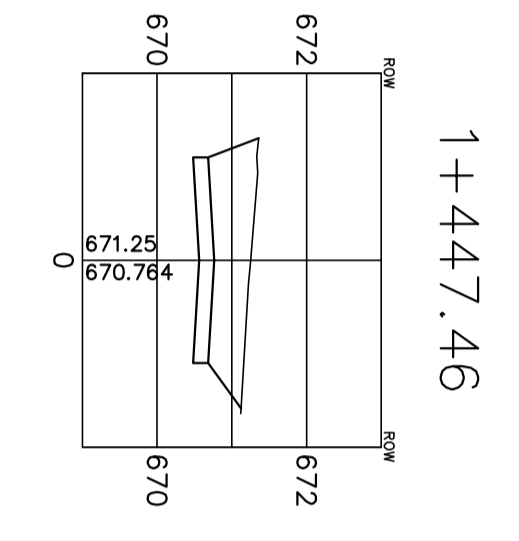
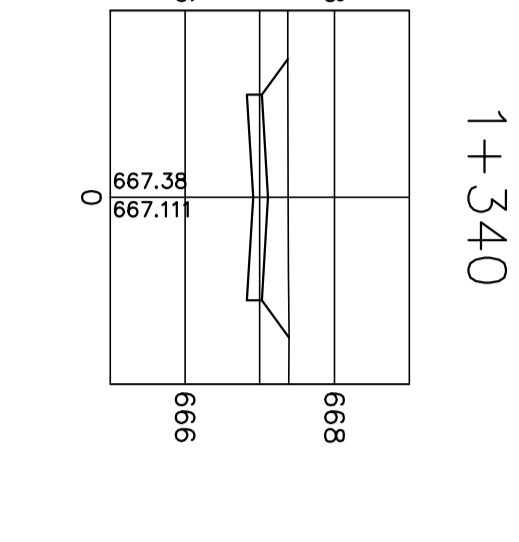
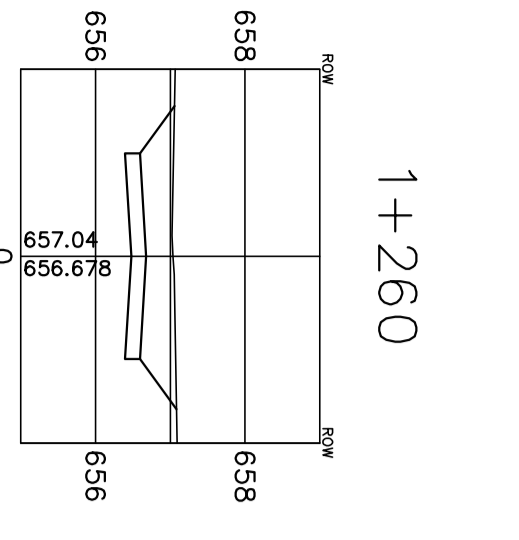
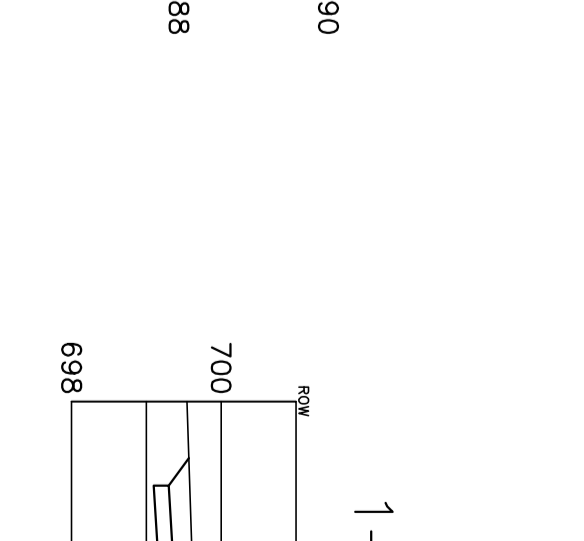
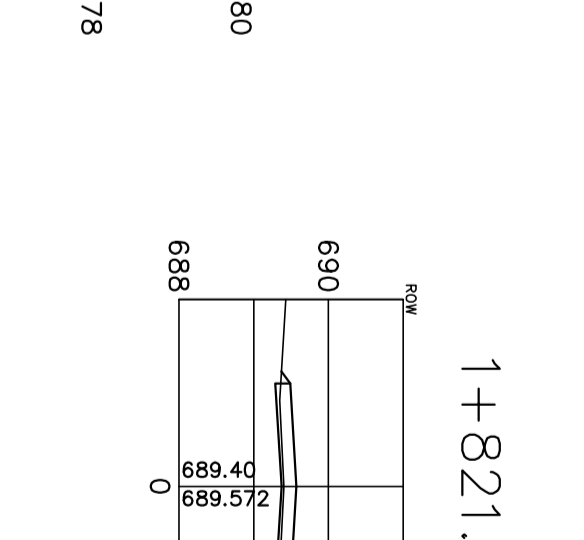
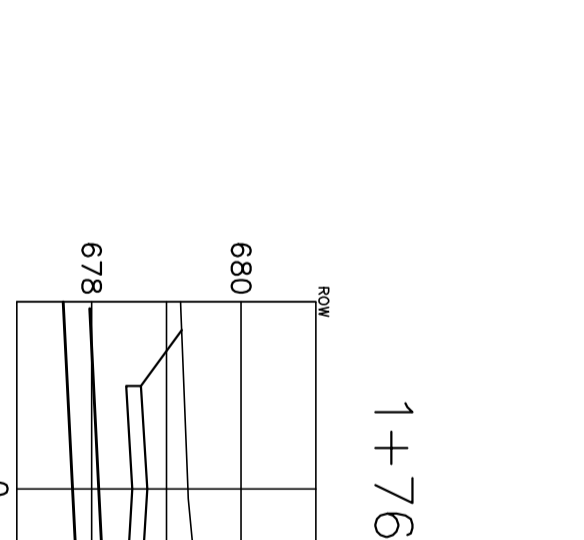
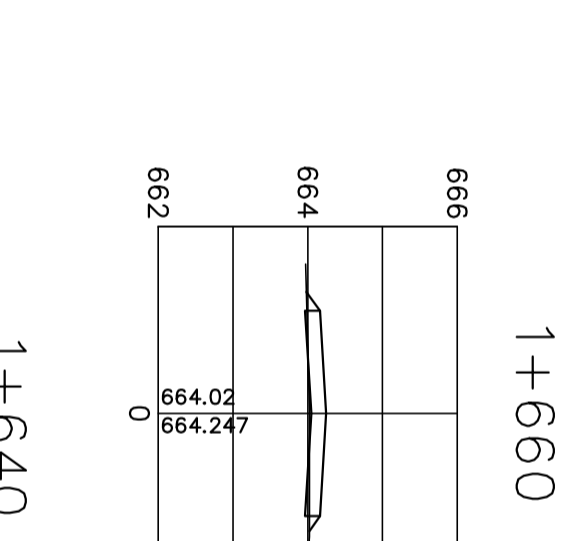
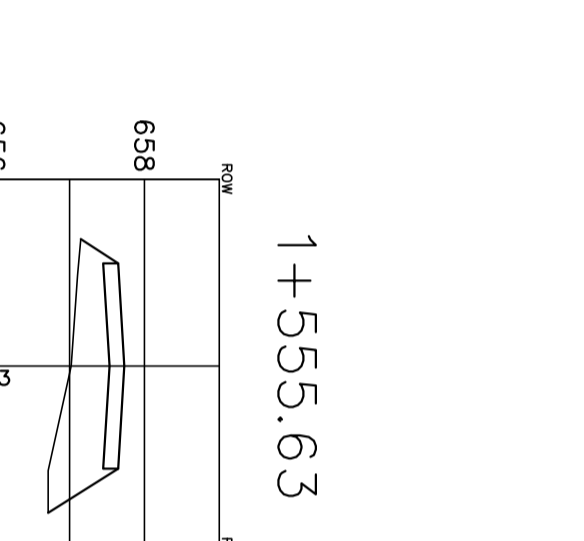
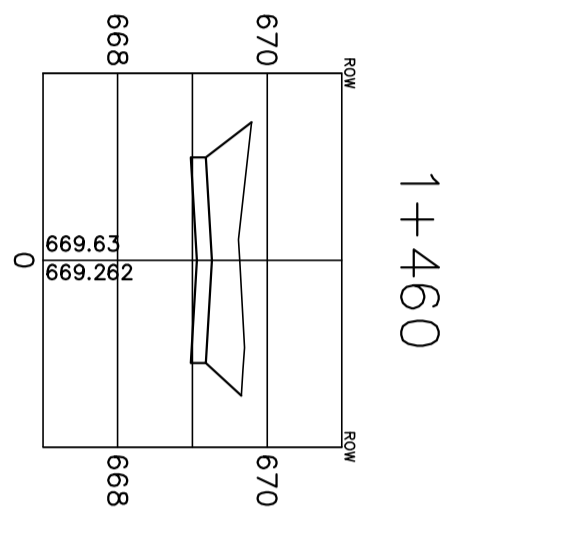
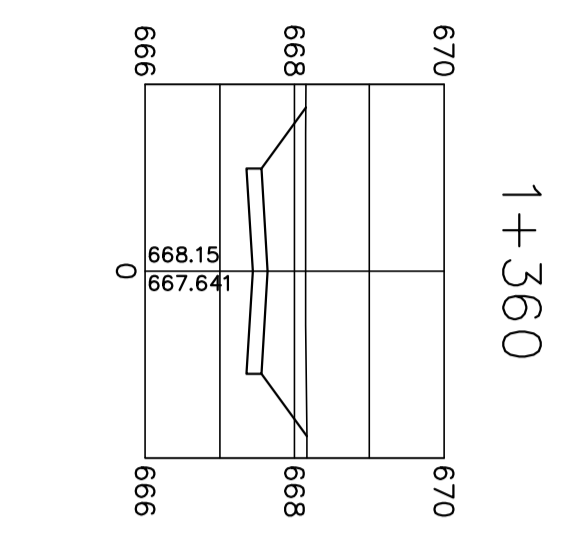
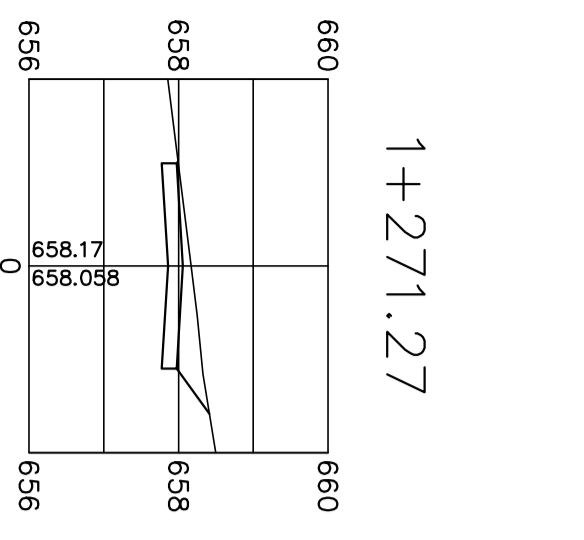
SECCIONES TRANSVERSALES

ALUMNO: ALLAN ARDON
 DISEÑO: ALLAN ARDON
 FECHA: 21/7/09

1
 Ing. Manuel Alfredo Arriola Gaitan
 ASISTENTE

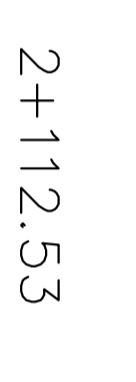
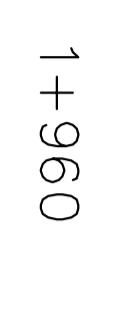
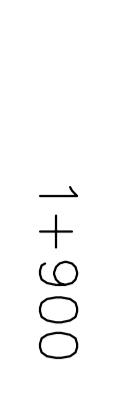
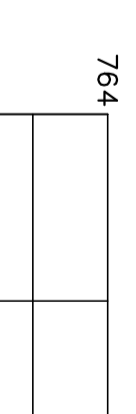
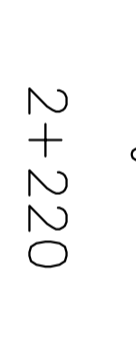
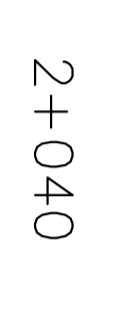
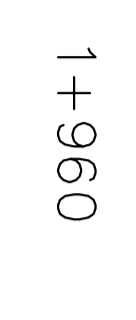
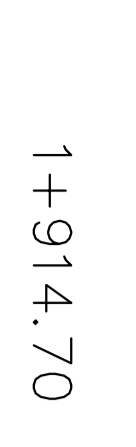
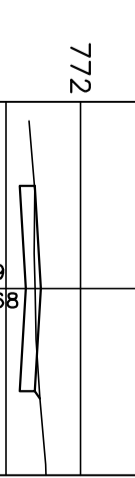
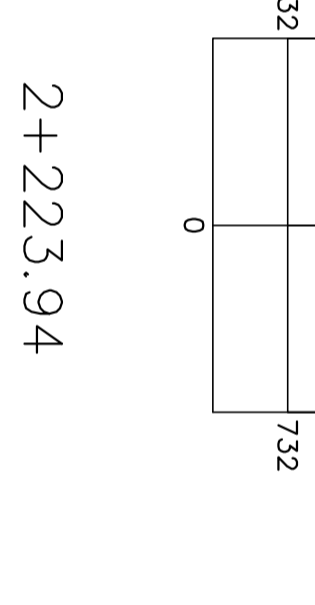
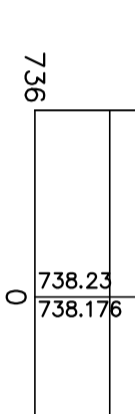
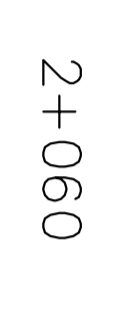
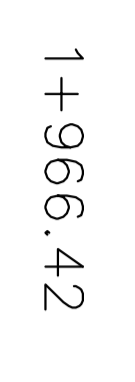
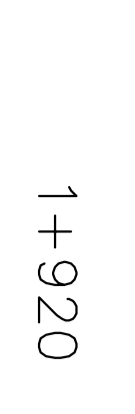
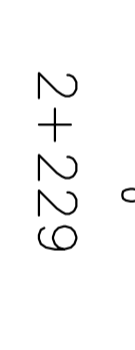
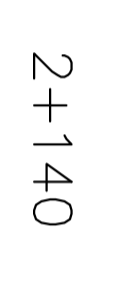
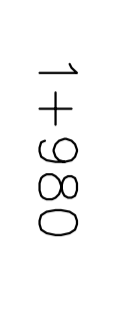
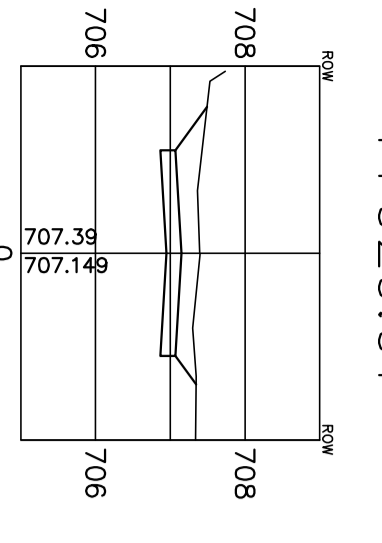
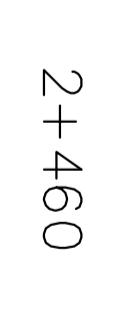
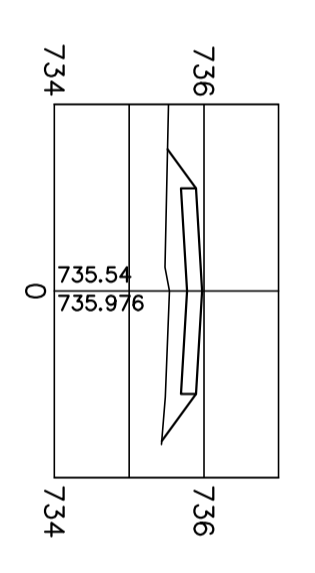
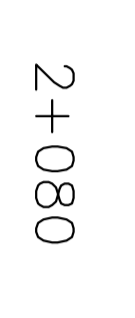
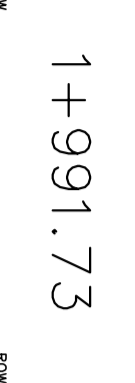
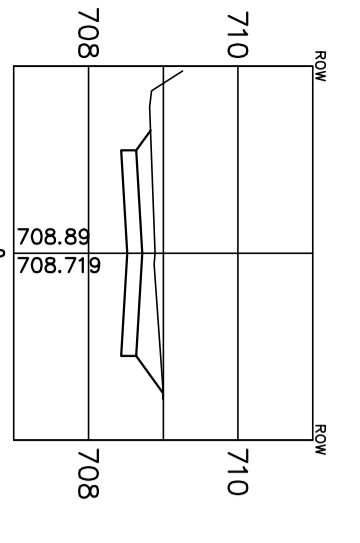
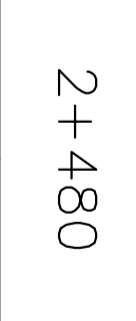
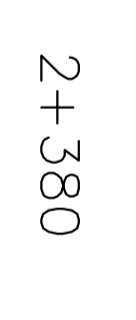
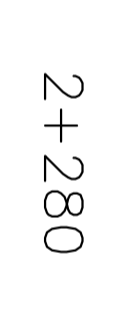
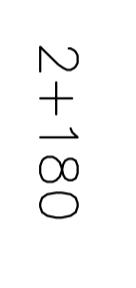
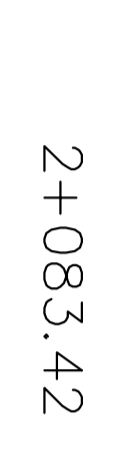
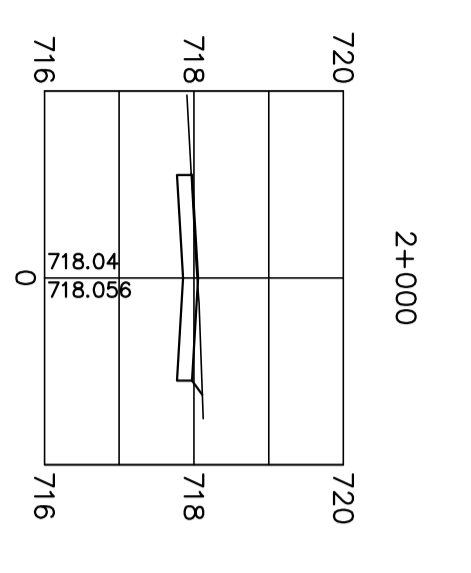
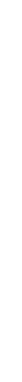
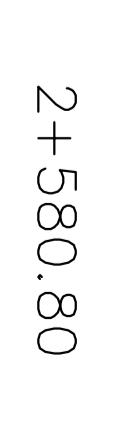
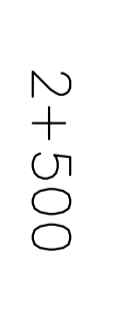
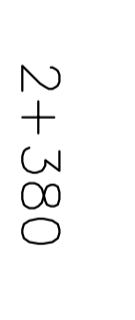
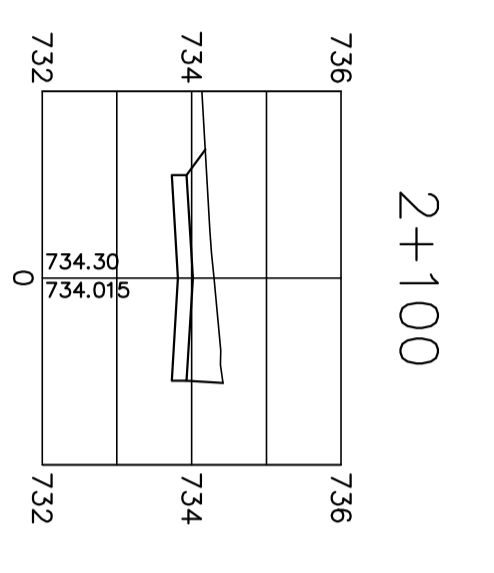
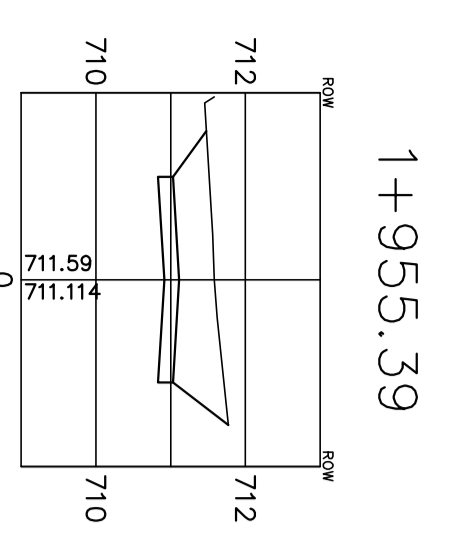
8
 13

ESCALA 1:200

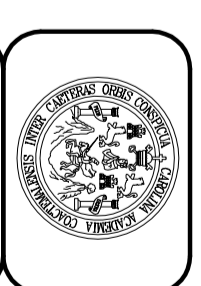


ESCALA 1:200

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS	
COMUNICADO: JOOOTJAN	PROYECTO: DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO	SECCIONES TRANSVERSALES	
LUGAR: SICHOUER	CONTENIDO:		
INDICADA: FECHA: 21/7/09	DISEÑO: ALLAN ARBON	CALCULO: ALLAN ARBON	REVISOR: ALLAN ARBON
Ing. Manuel Antonio Arriaga Guzmán DIRECTOR		9 / 13	



ESCALA 1:200

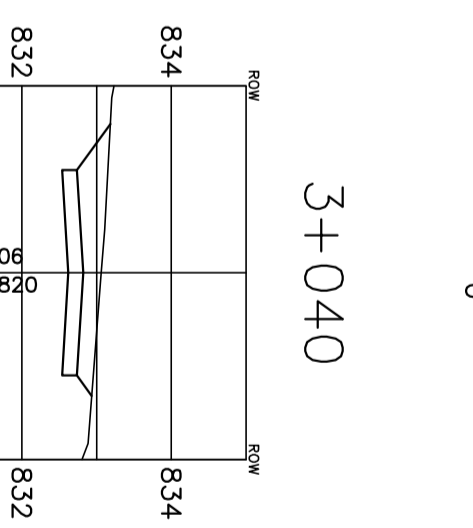
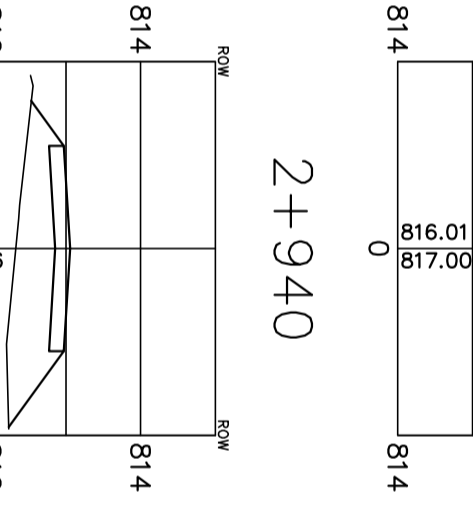
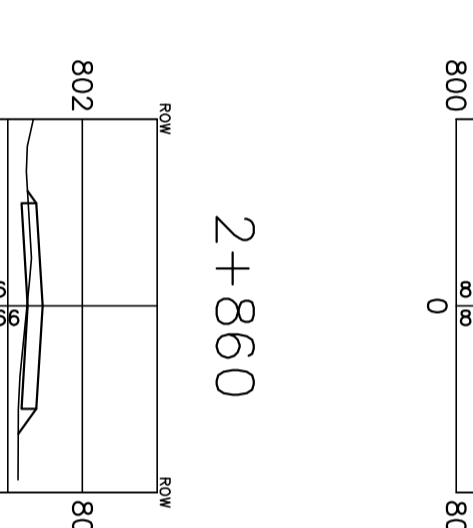
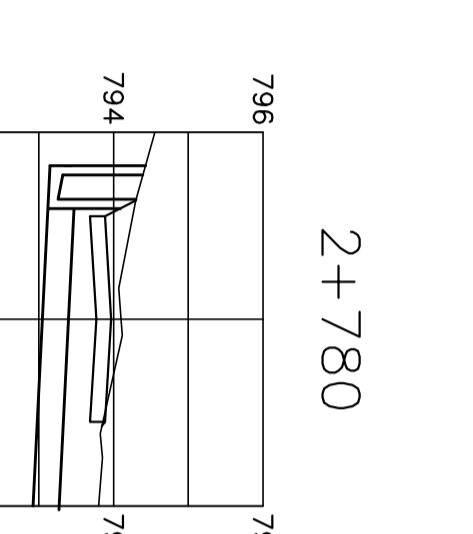
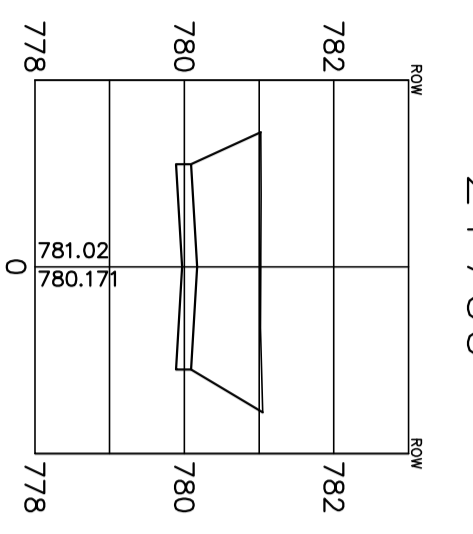
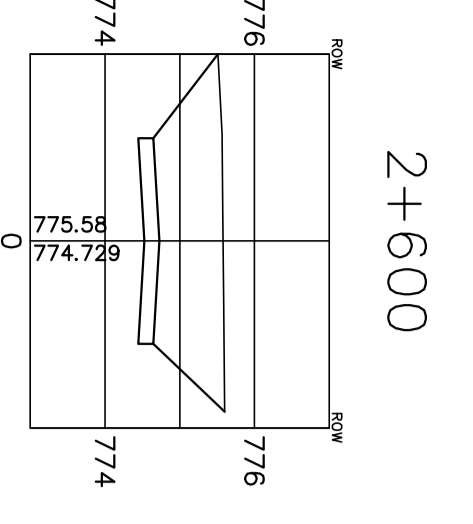
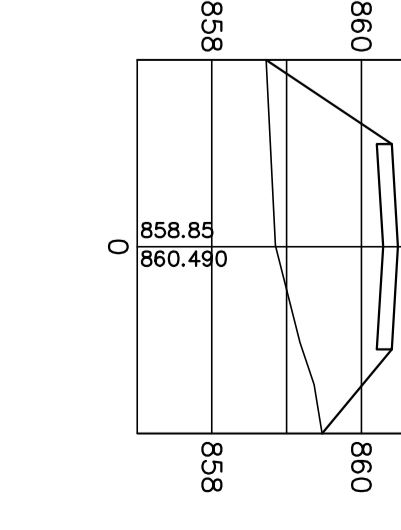
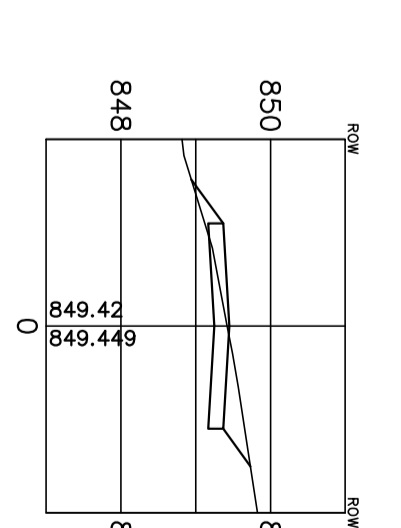
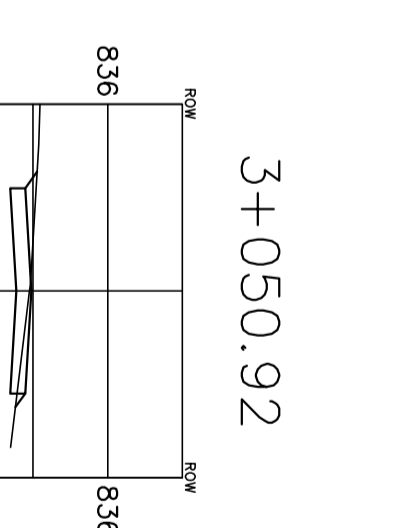
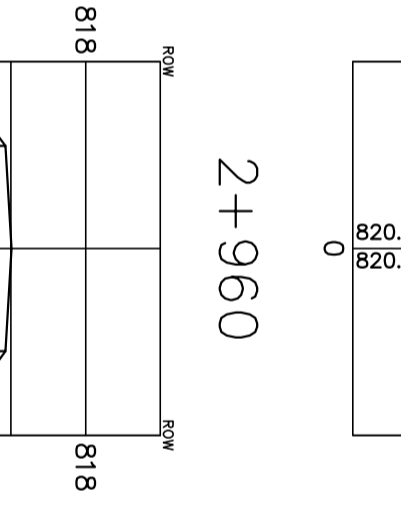
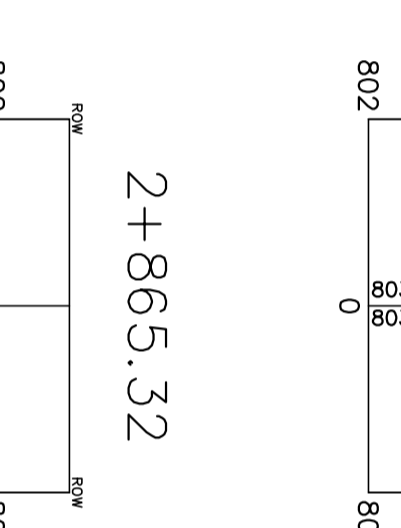
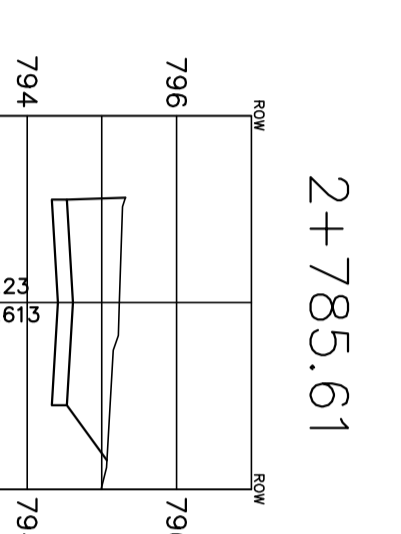
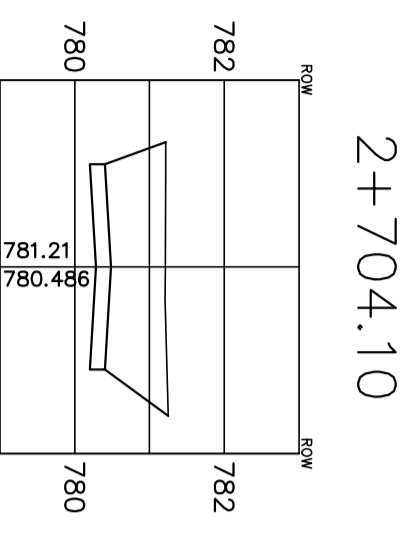
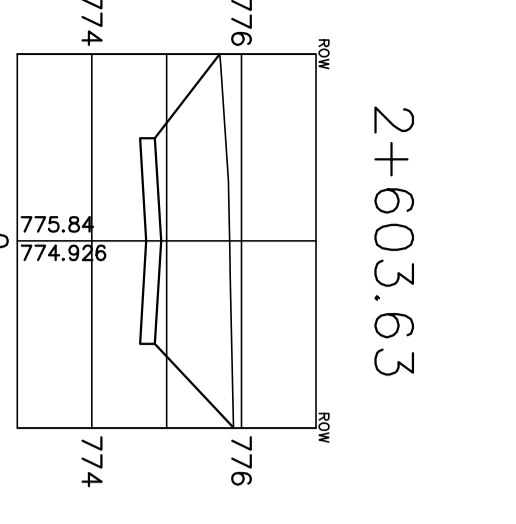
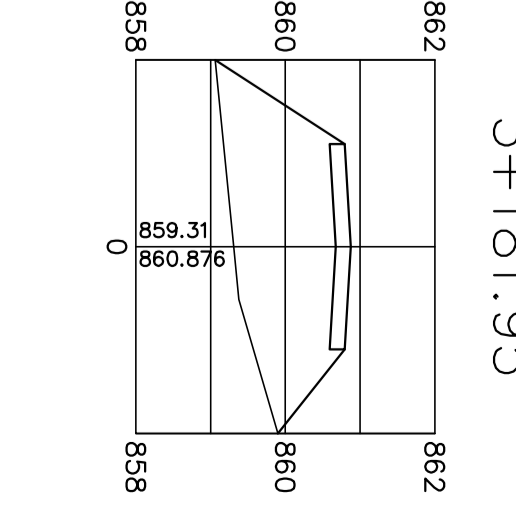
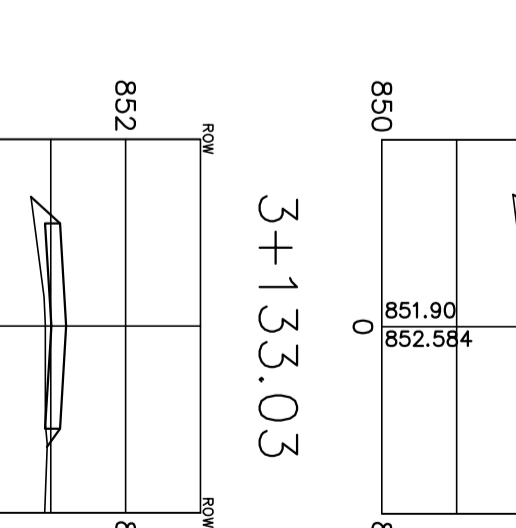
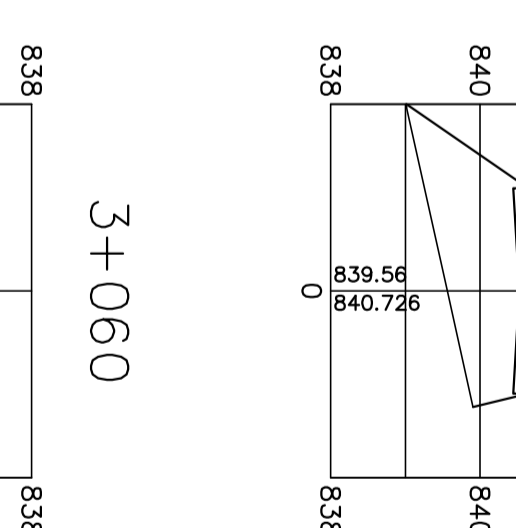
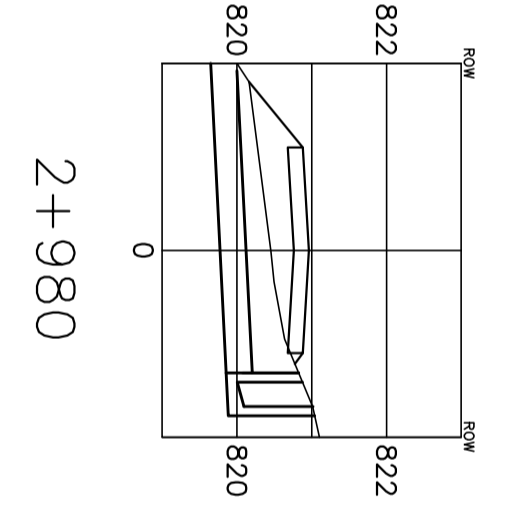
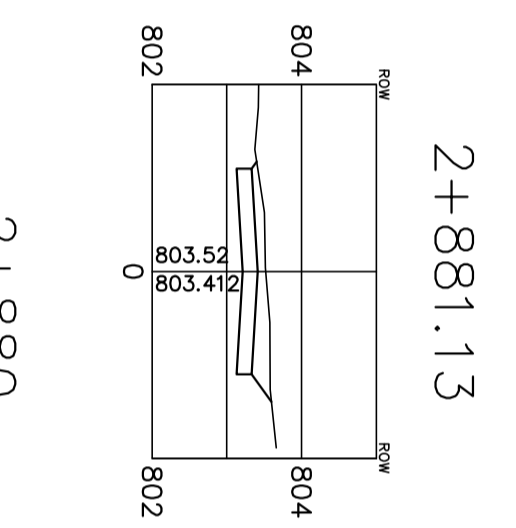
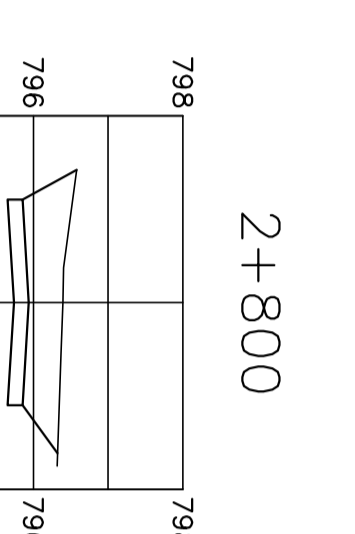
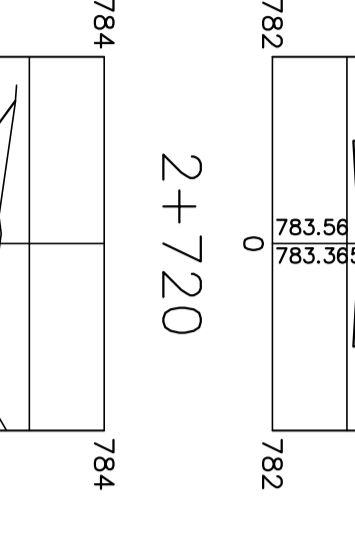
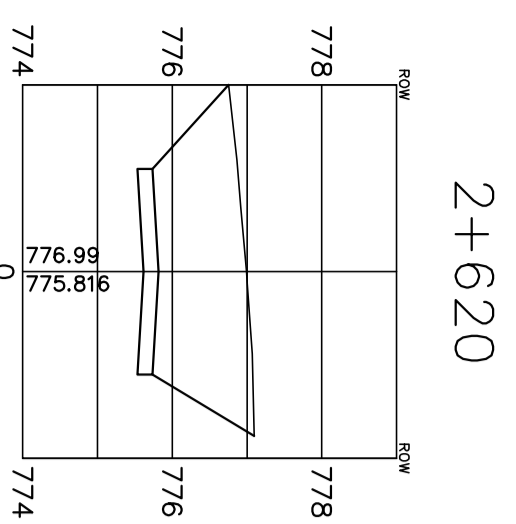
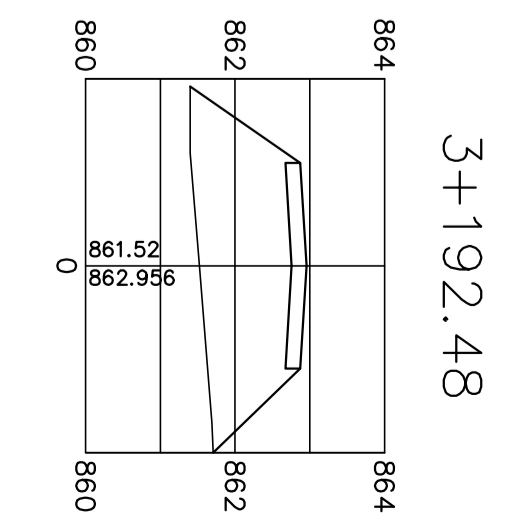
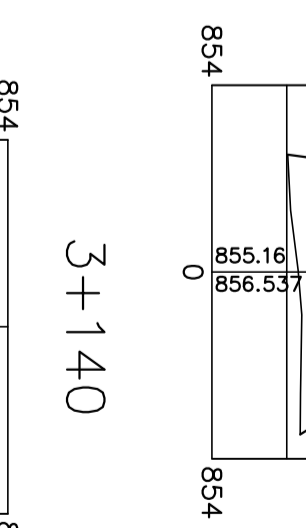
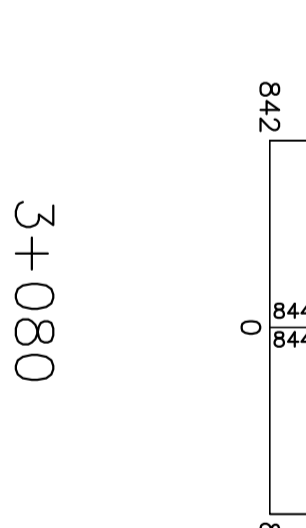
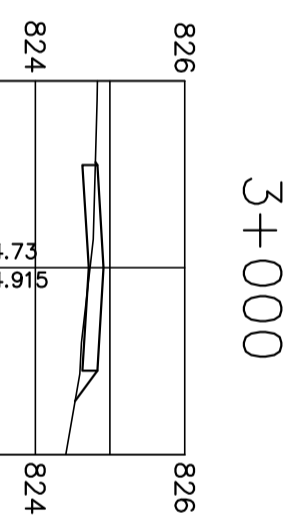
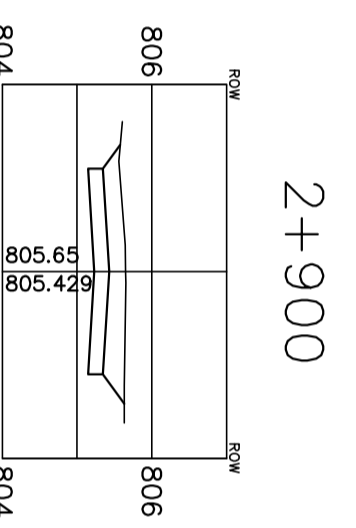
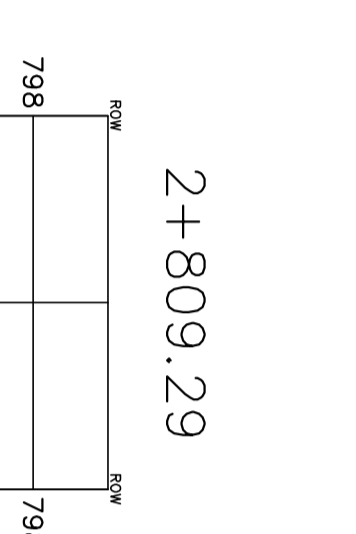
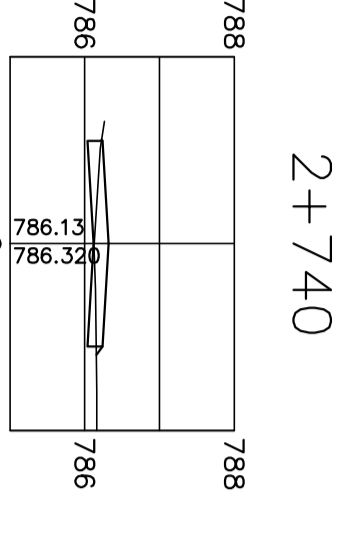
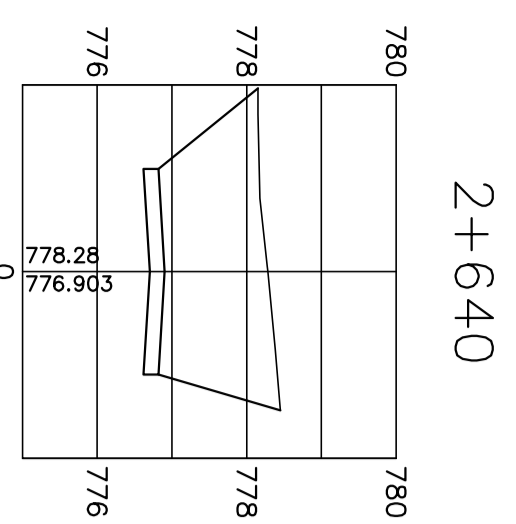
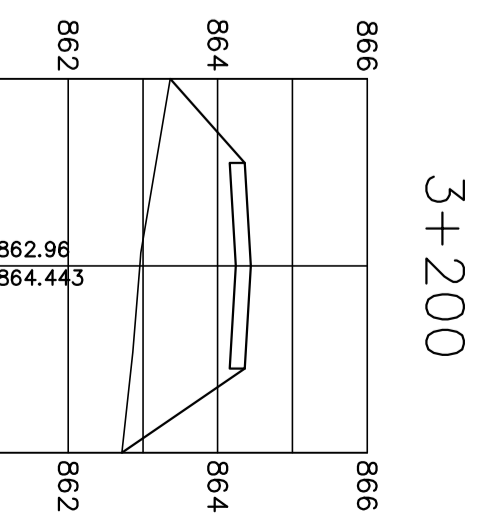
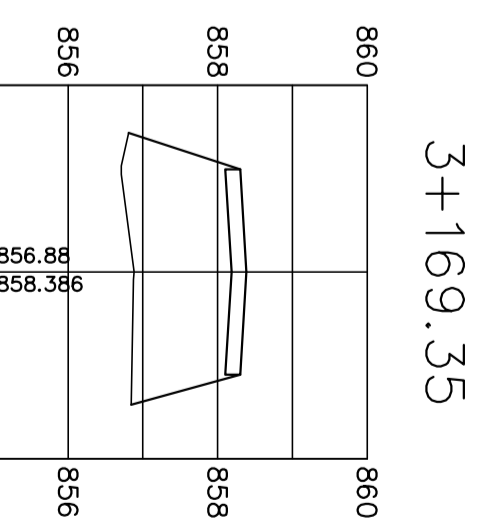
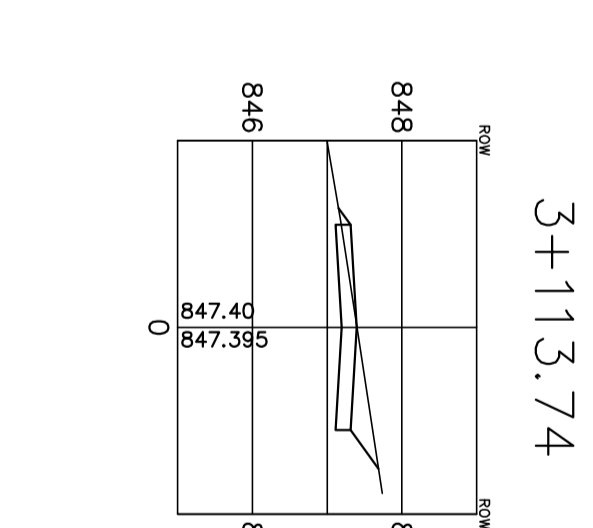
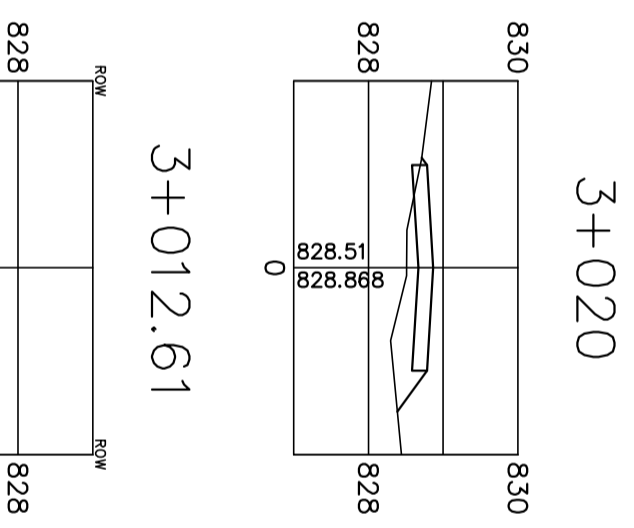
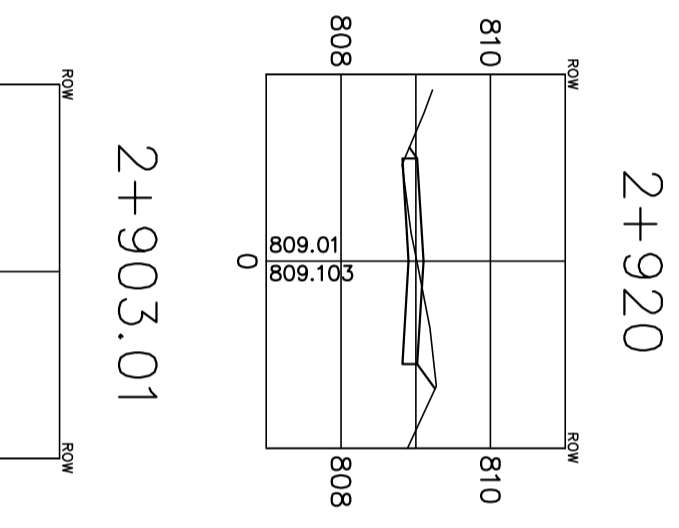
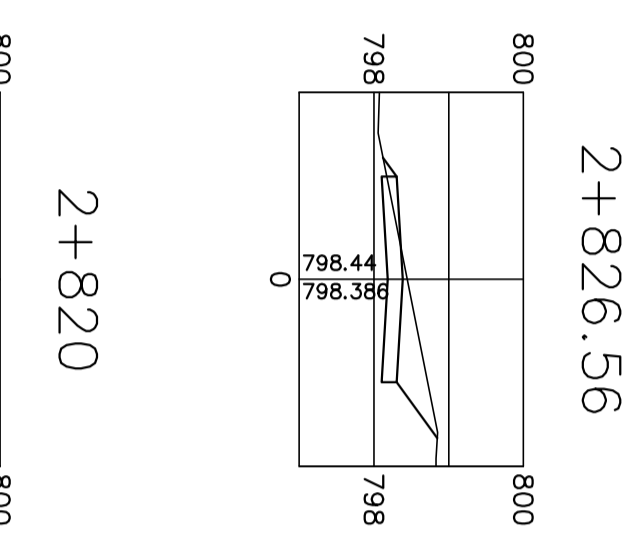
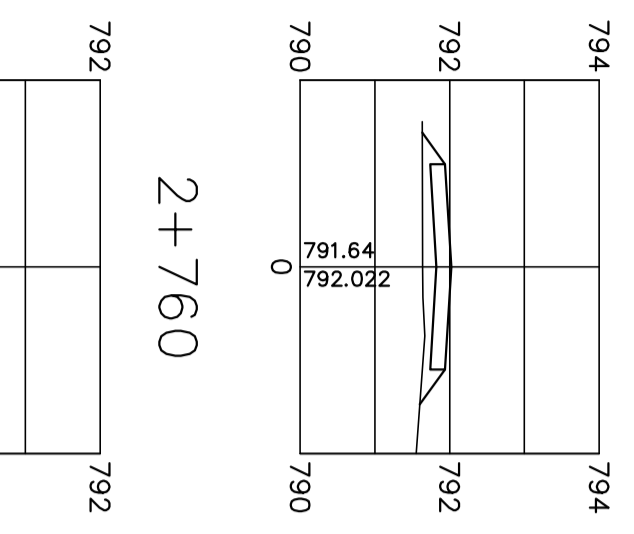
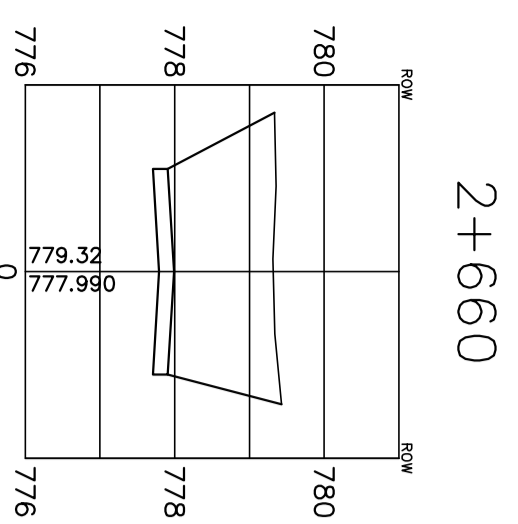
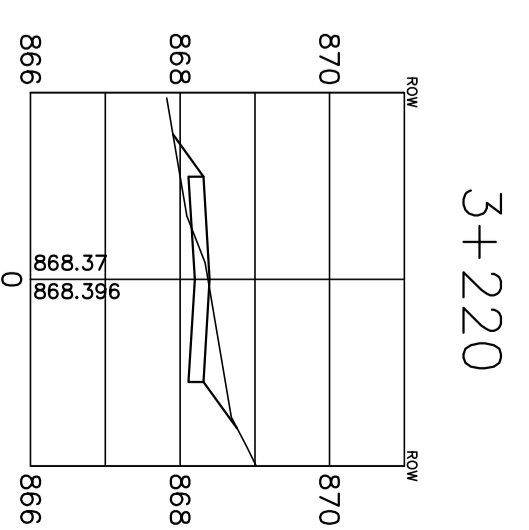
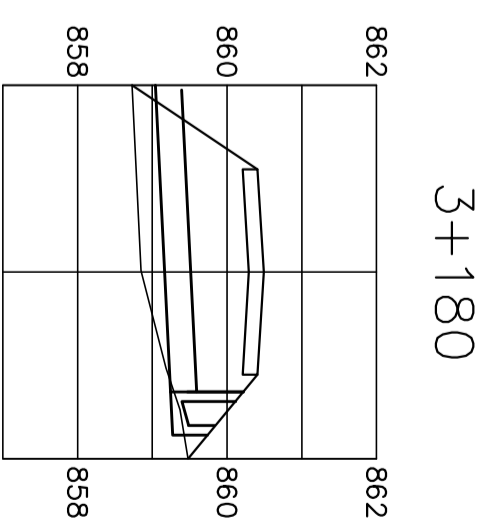
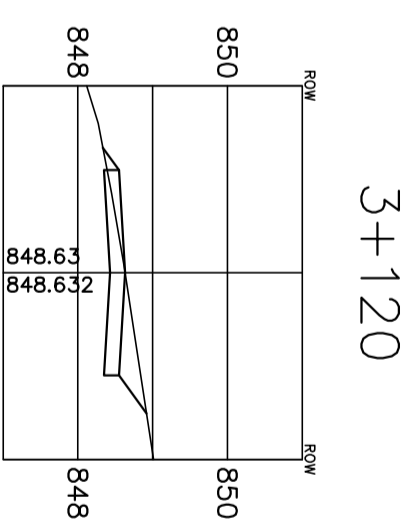
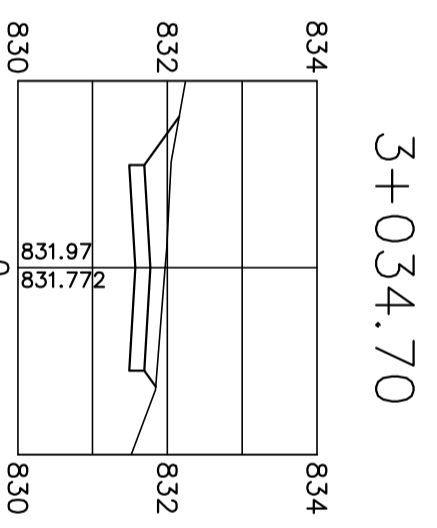
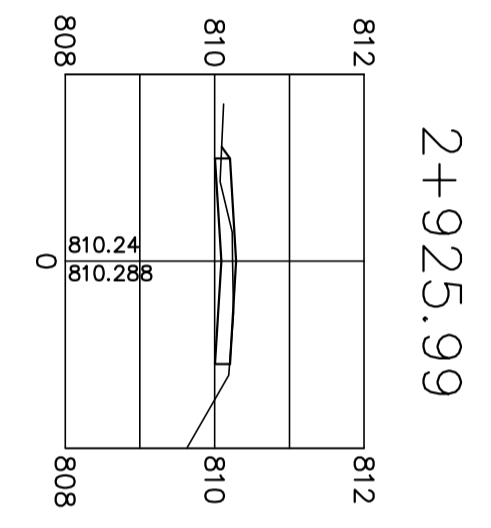
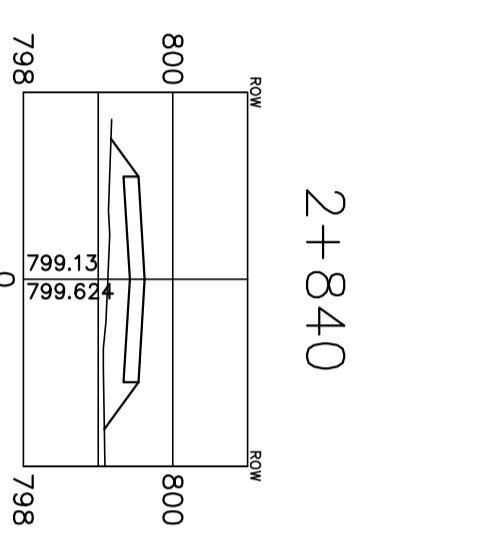
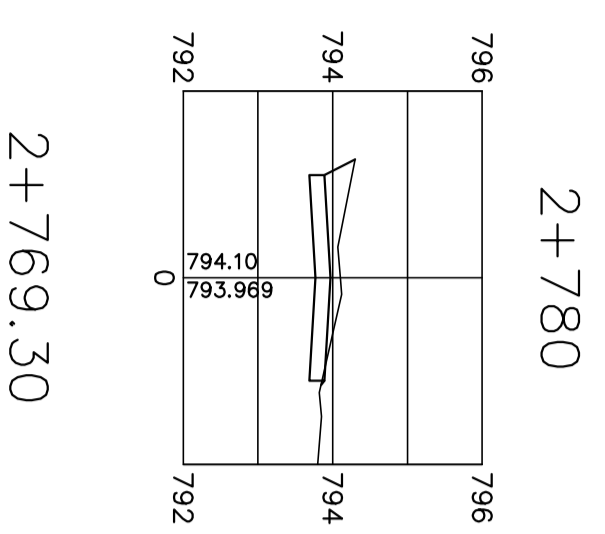
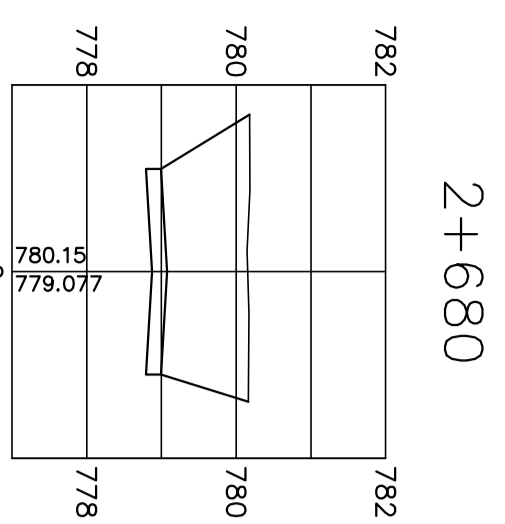


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO. EPS

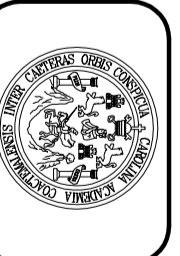
PROYECTO:
 DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO
 PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO

SECCIONES TRANSVERSALES

COMUNIDAD:	JACOTIAN
LUGAR:	SICHQUIER
INDICADA:	21/7/09
COLABORADOR:	ALLAN ARDON
DISEÑO:	ALLAN ARDON
FECHA:	21/7/09
ESCALA:	10
FECHA N.O:	13



ESCALA 1:200

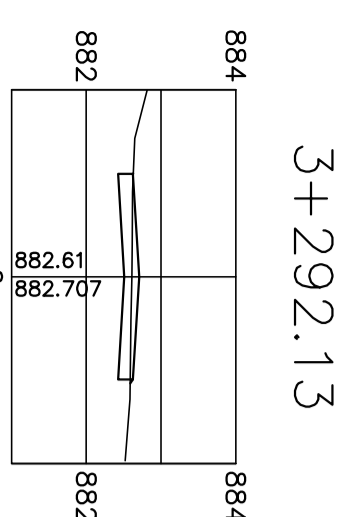


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO. EPS

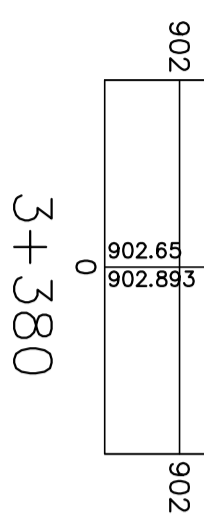
PROYECTO:
 DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO
 PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO

SECCIONES TRANSVERSALES

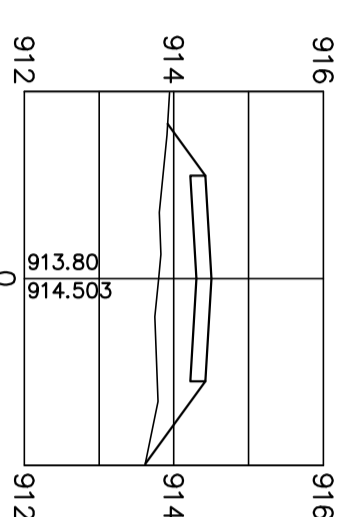
COMUNIDAD: JOCOTIAN
 LUGAR: SICHOUER
 INDICADA: 21/7/09
 DISEÑO: ALLAN ARDON
 CALCULO: ALLAN ARDON
 FECHA: 11/13



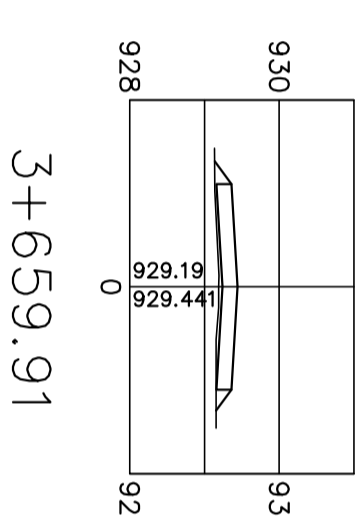
3+292.13



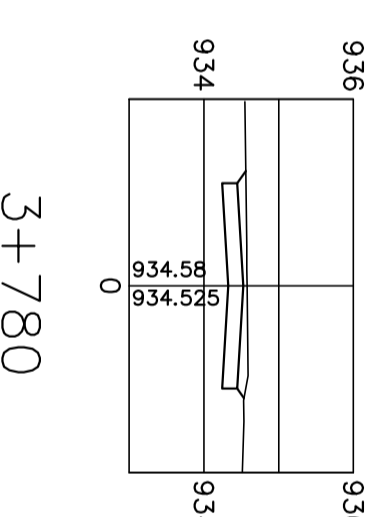
3+400



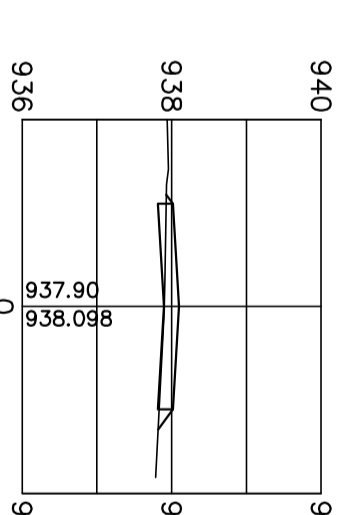
3+542.24



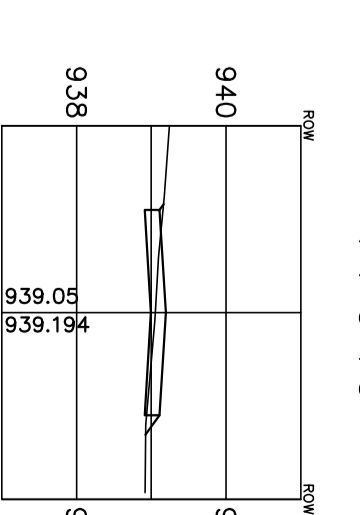
3+660



3+780

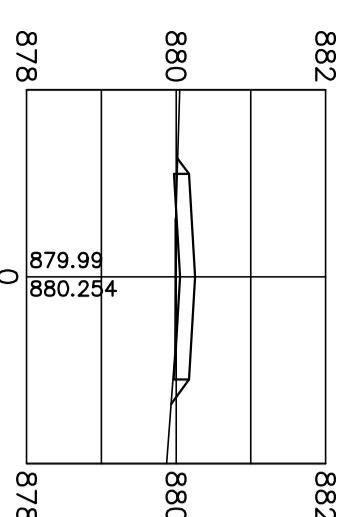


3+880

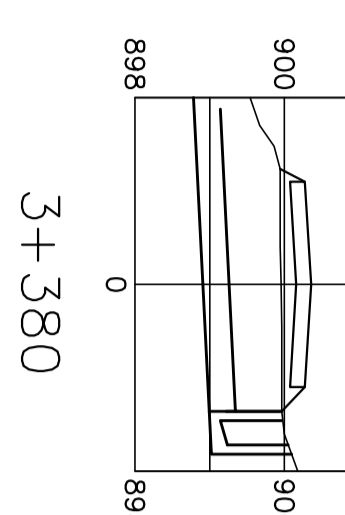


4+040

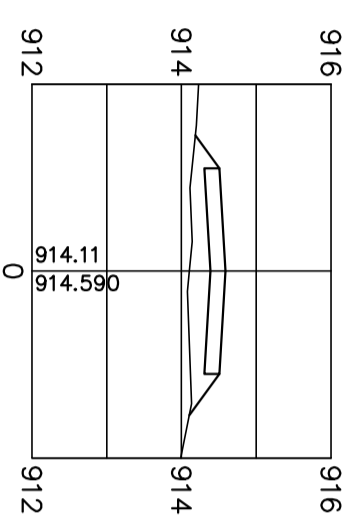
3+280



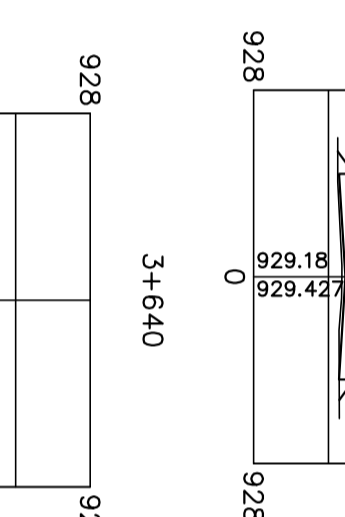
3+380



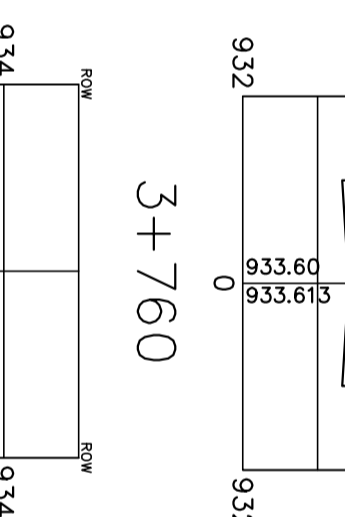
3+540



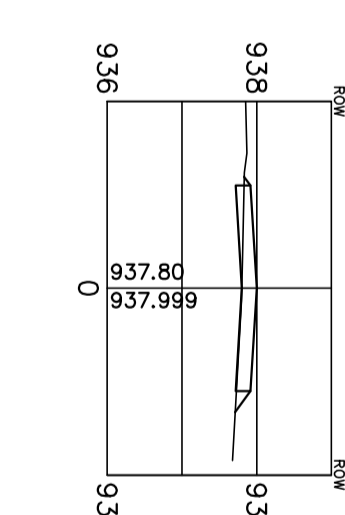
3+640



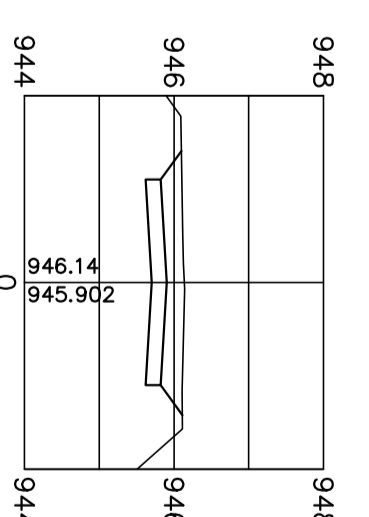
3+760



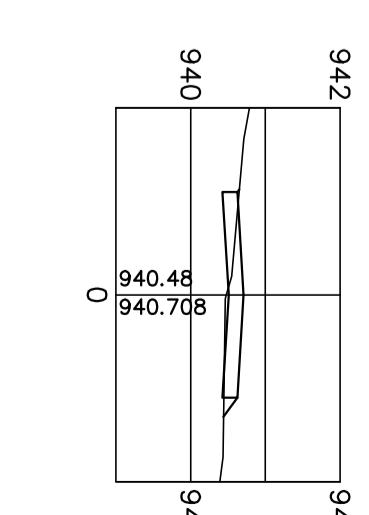
3+879.18



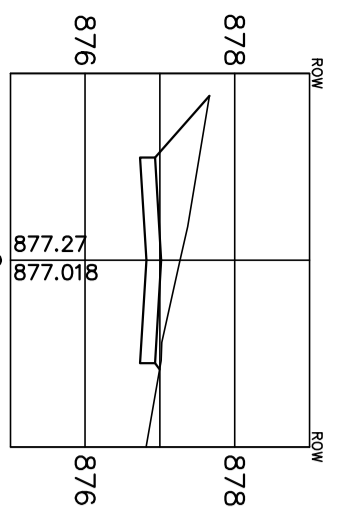
3+960



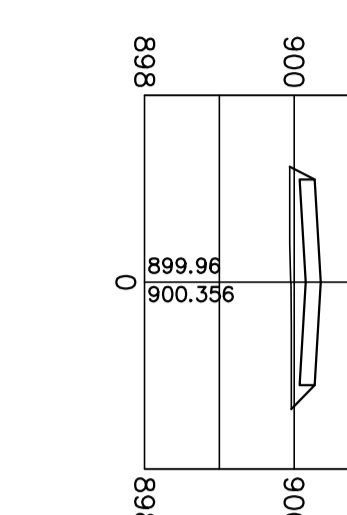
4+024.78



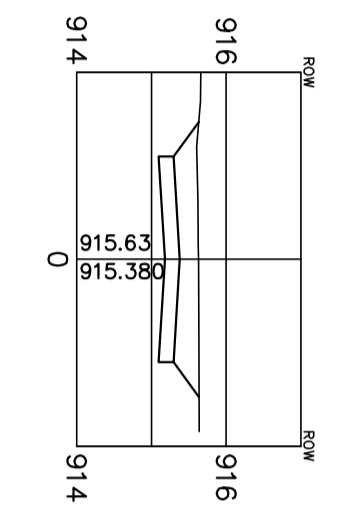
3+263.62



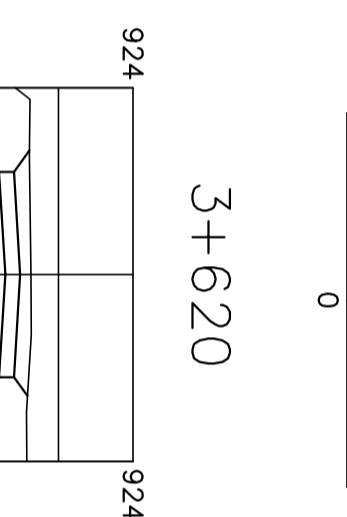
3+360



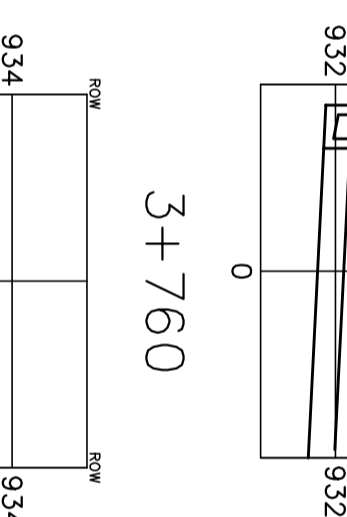
3+500



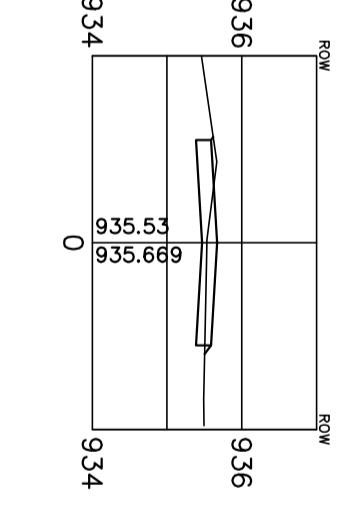
3+620



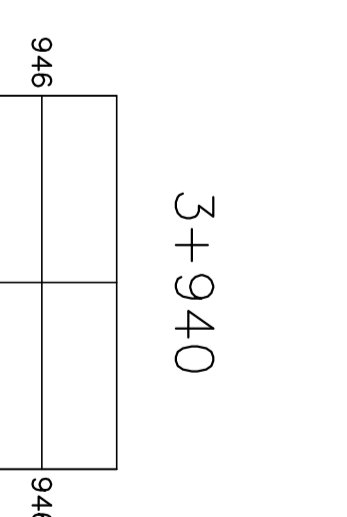
3+760



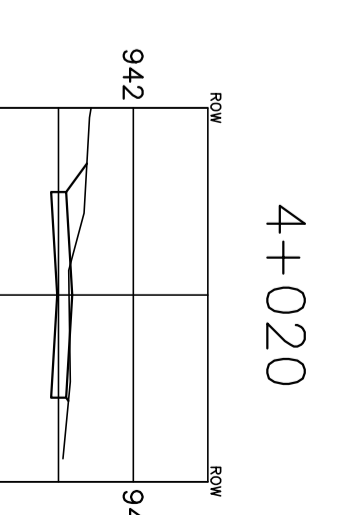
3+846.86



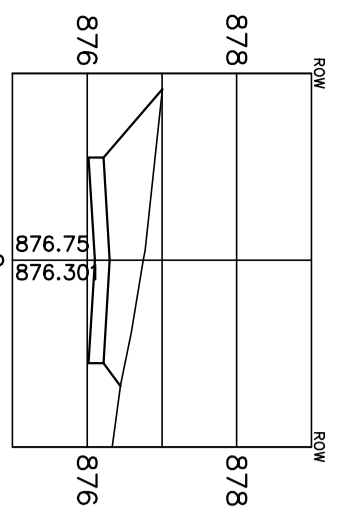
3+940



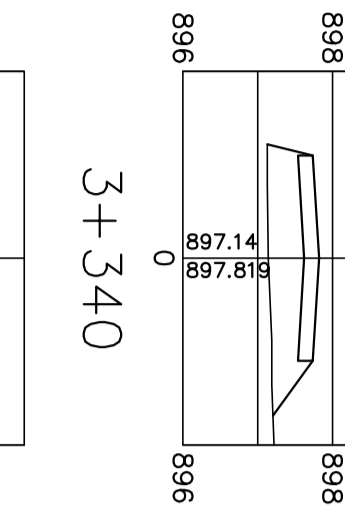
4+020



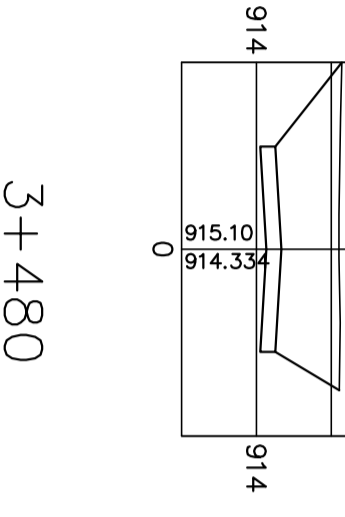
3+260



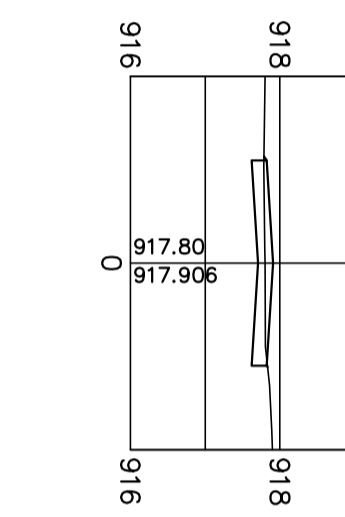
3+340



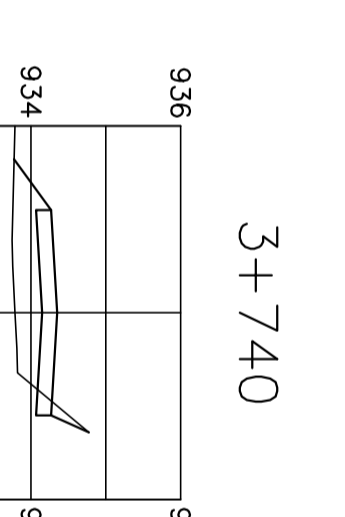
3+480



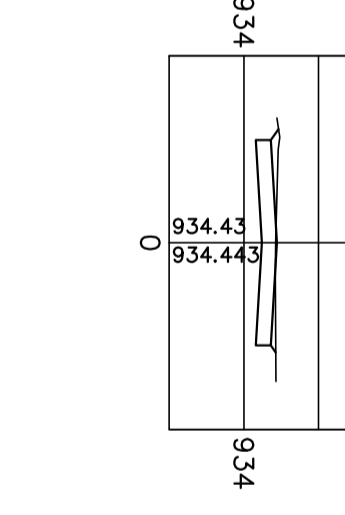
3+580



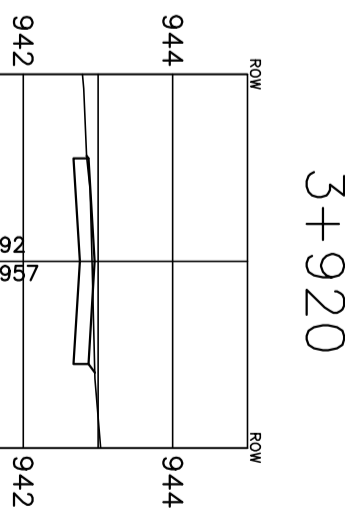
3+740



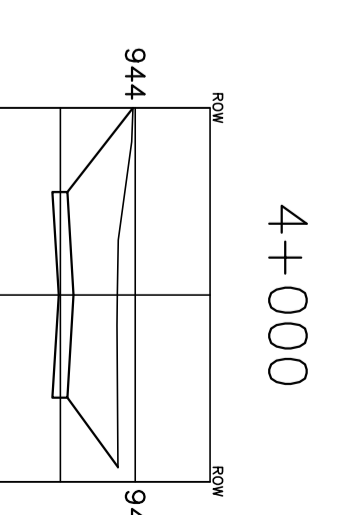
3+845



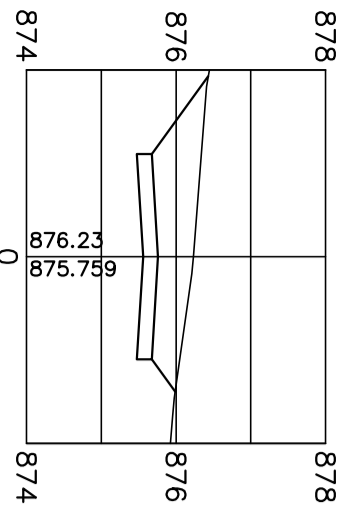
3+920



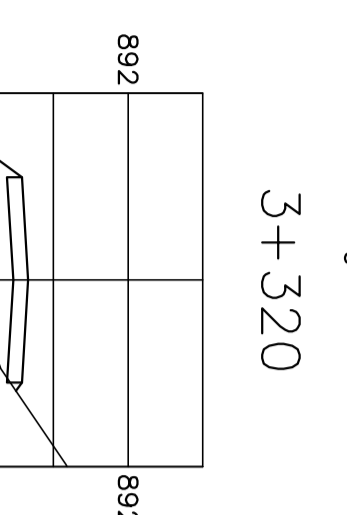
4+000



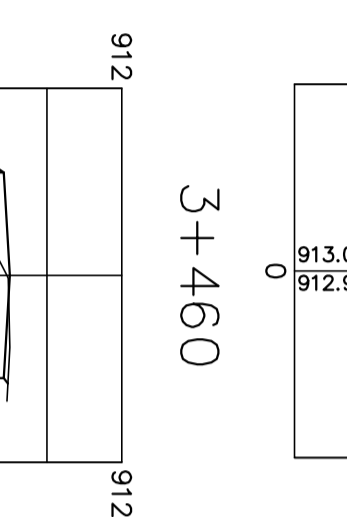
3+257.26



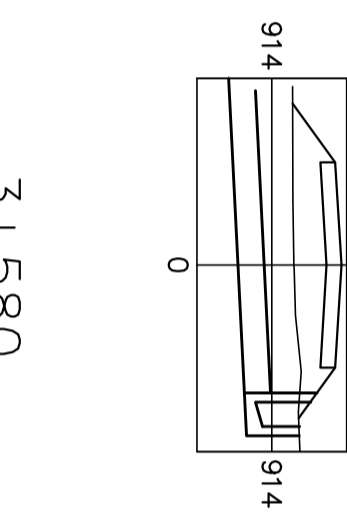
3+320



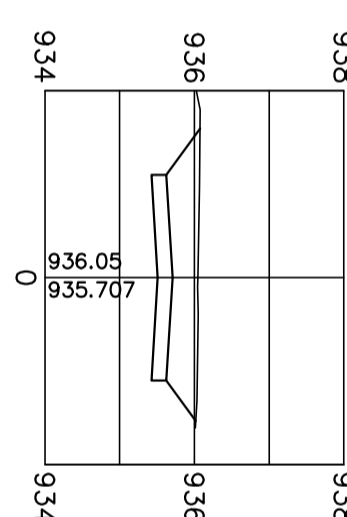
3+460



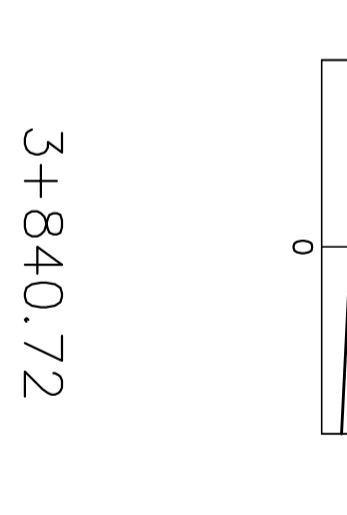
3+580



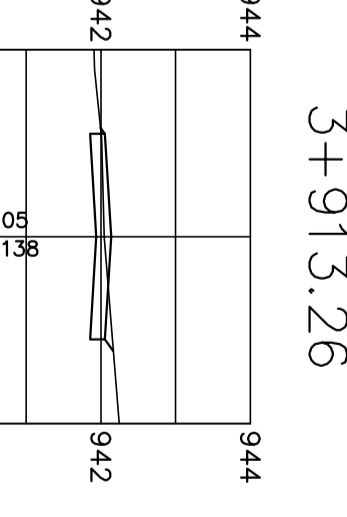
3+720



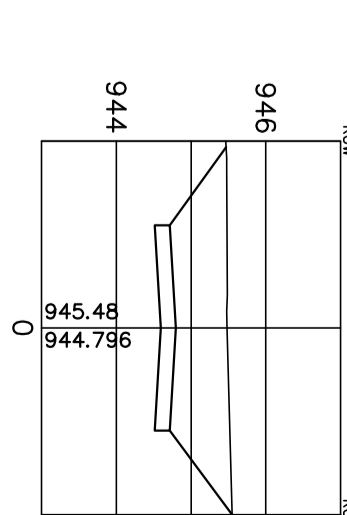
3+840.72



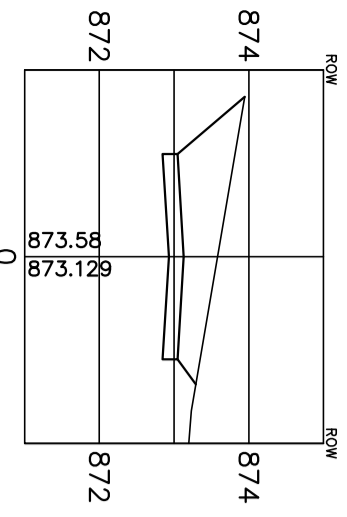
3+913.26



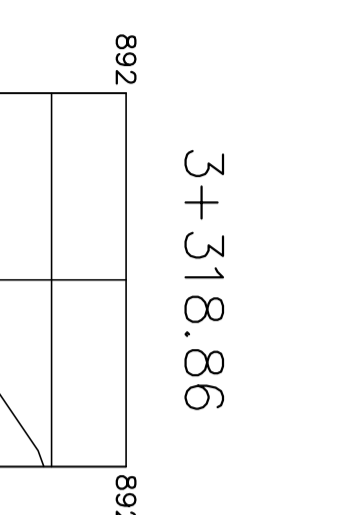
3+983.71



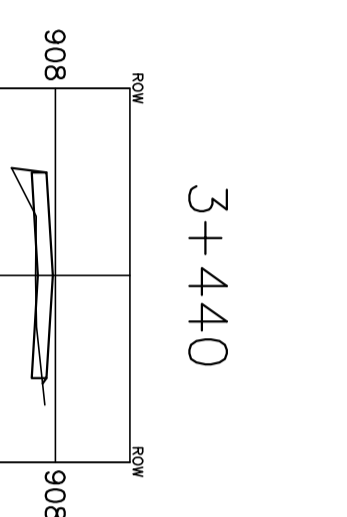
3+243.95



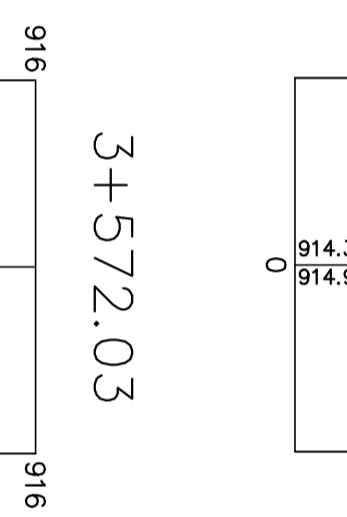
3+318.86



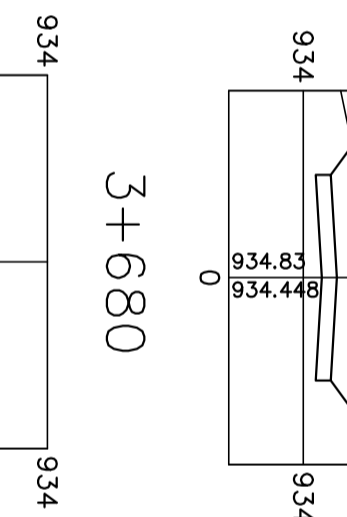
3+440



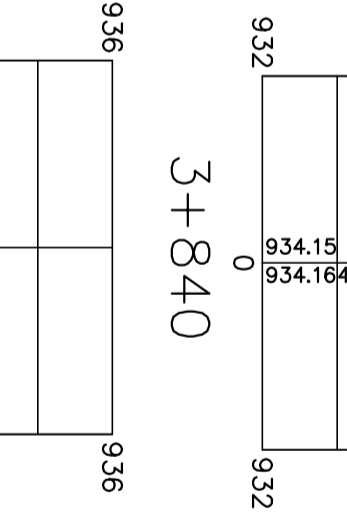
3+572.03



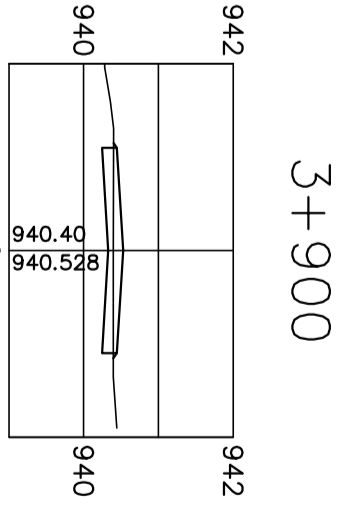
3+680



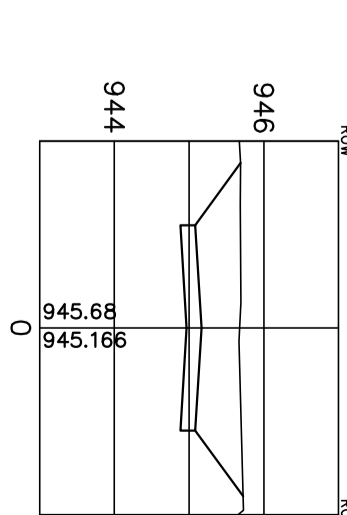
3+840



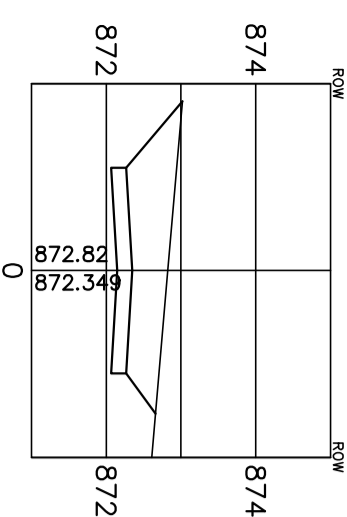
3+900



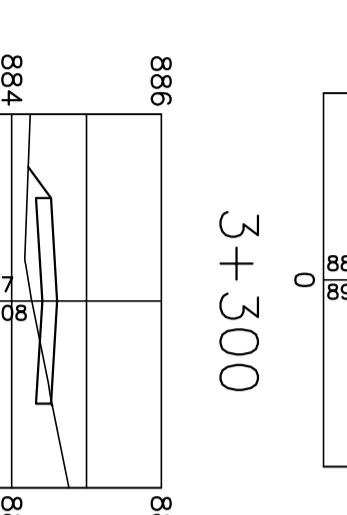
3+980



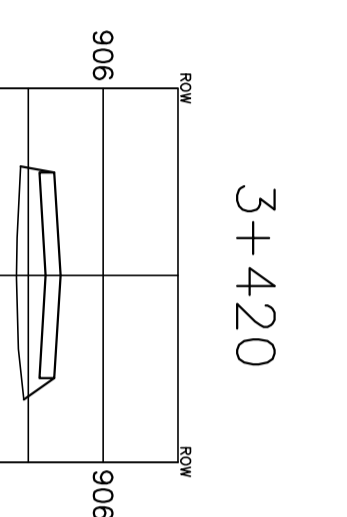
3+240



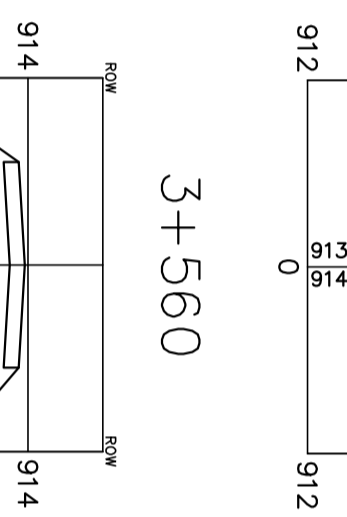
3+300



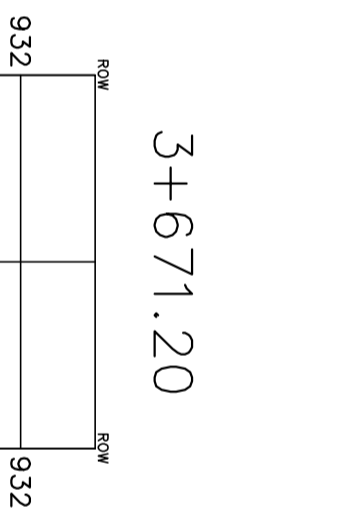
3+420



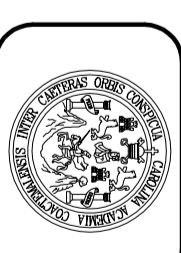
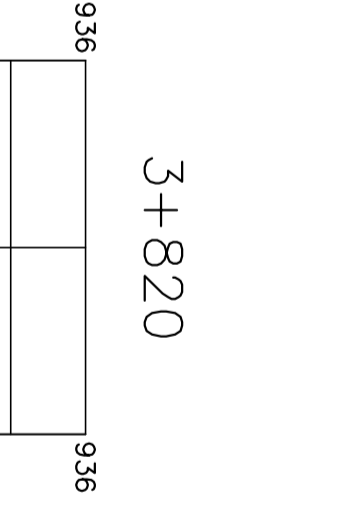
3+560



3+671.20



3+820



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS

PROYECTO:
DISEÑO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO
PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO

SECCIONES TRANSVERSALES

COMUNIDAD:
JOCOTIAN

LUGAR:
SICHOUER

INDICADA:
21/7/09

CONTENIDO:
ALLAN ARDON

DISEÑO:
ALLAN ARDON

CALECULO:
ALLAN ARDON

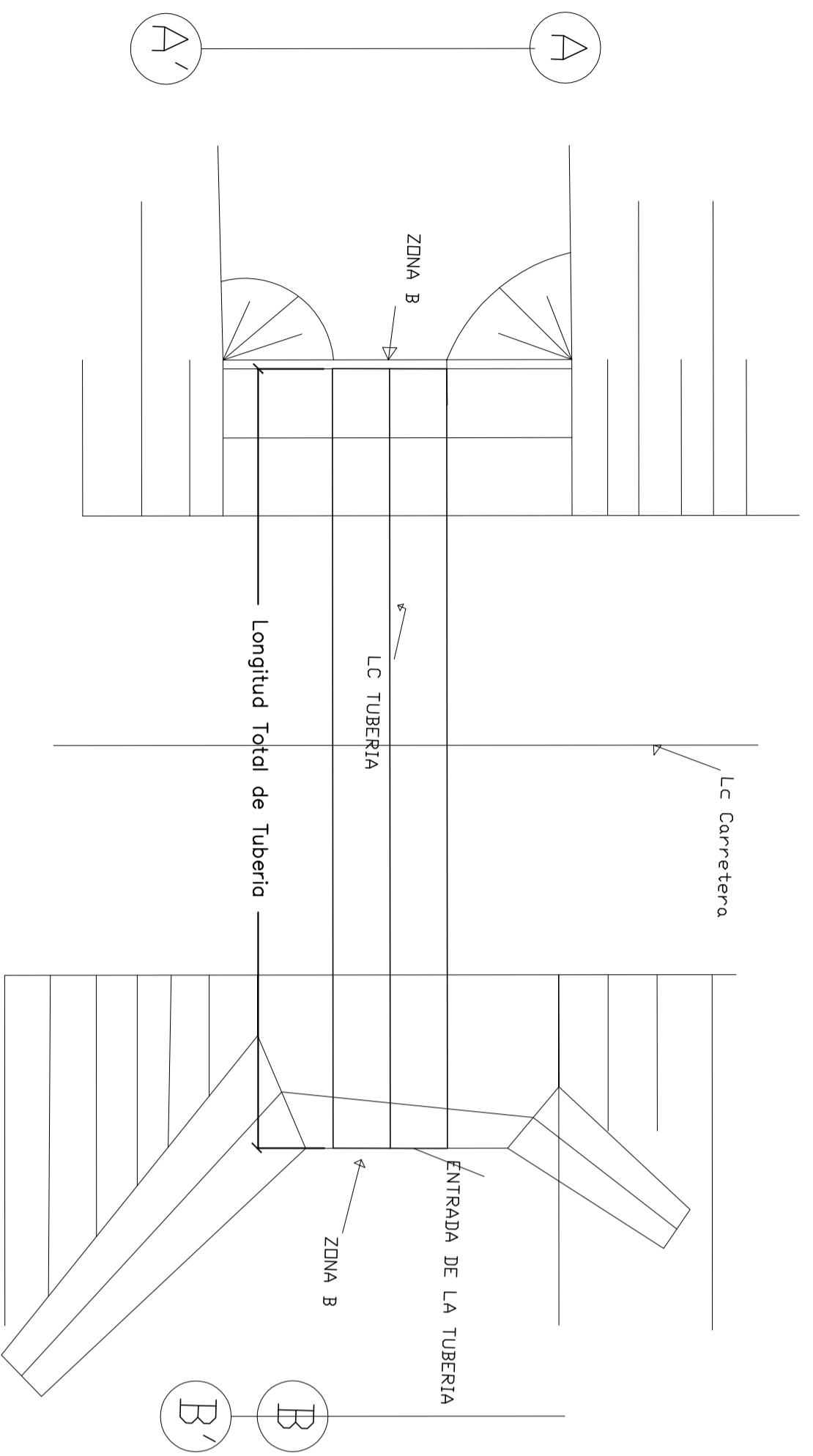
FECHA:
21/7/09

FECHA N.O:
12

FECHA N.O:
13

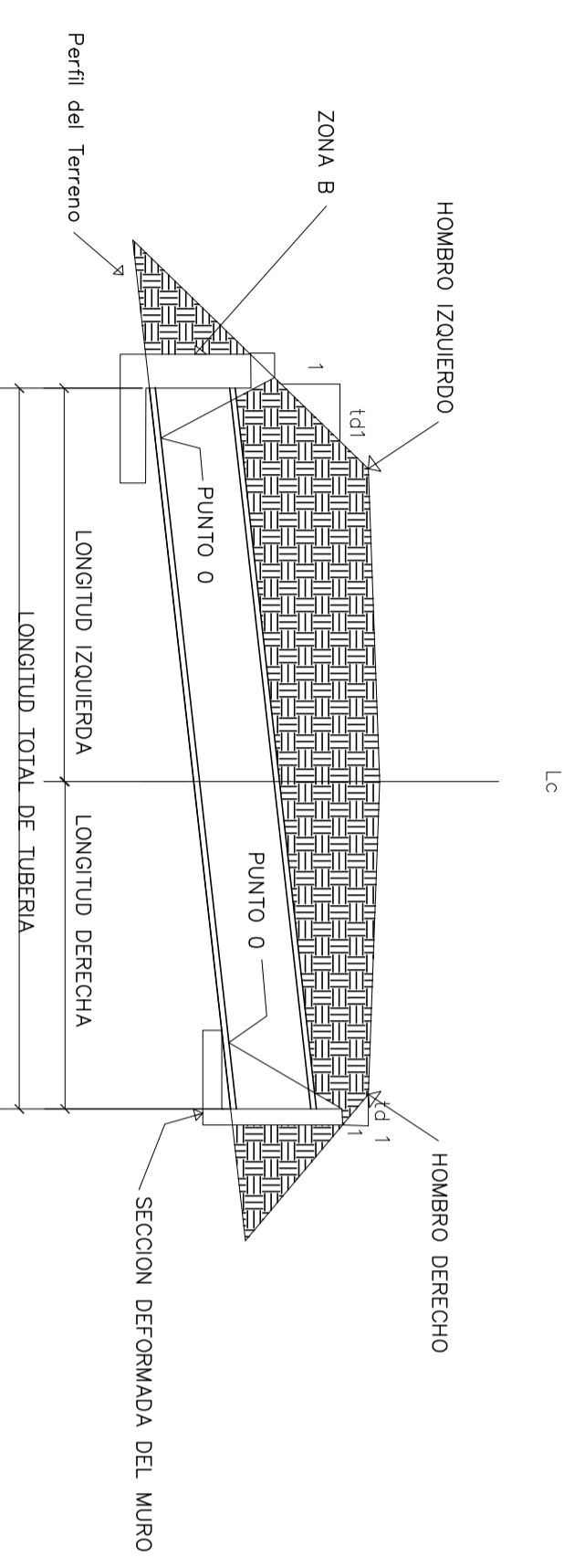
ESCALA 1:200

Mapa Municipal de San Carlos de Guatemala



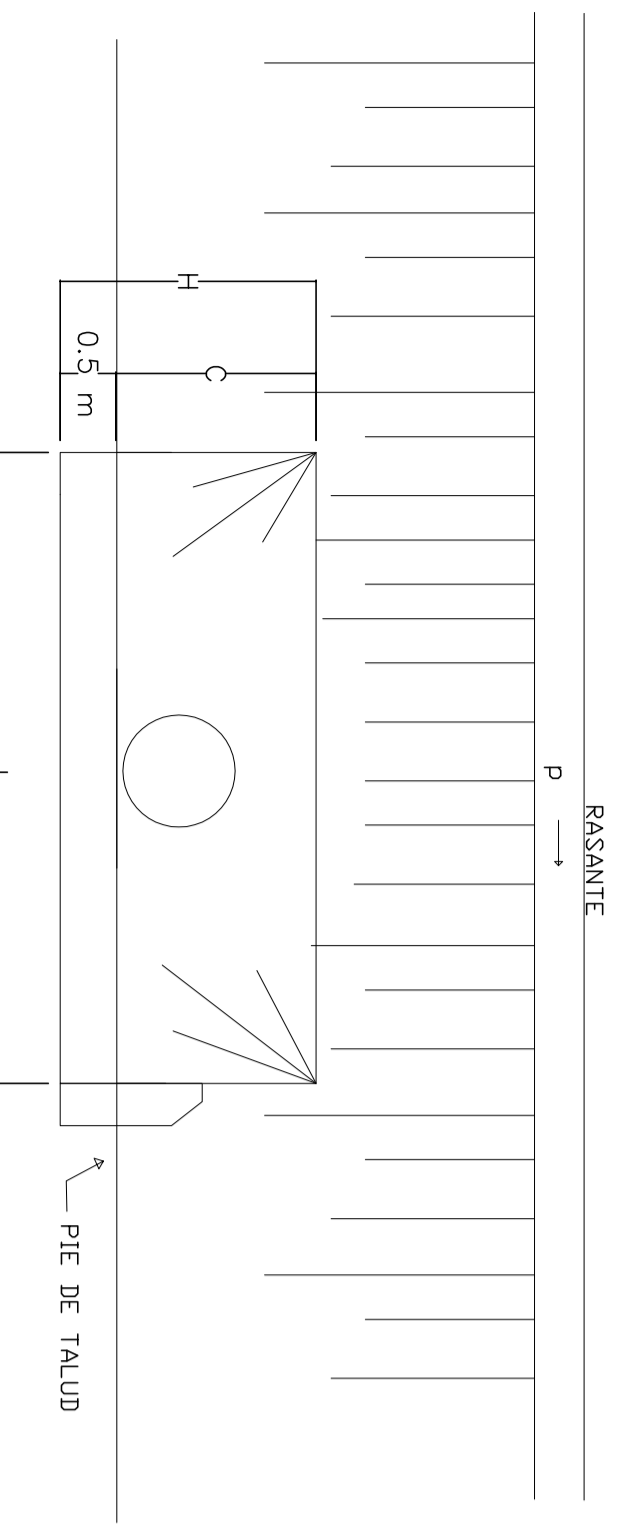
PLANTA DE CABEZALES

Escala 1:60



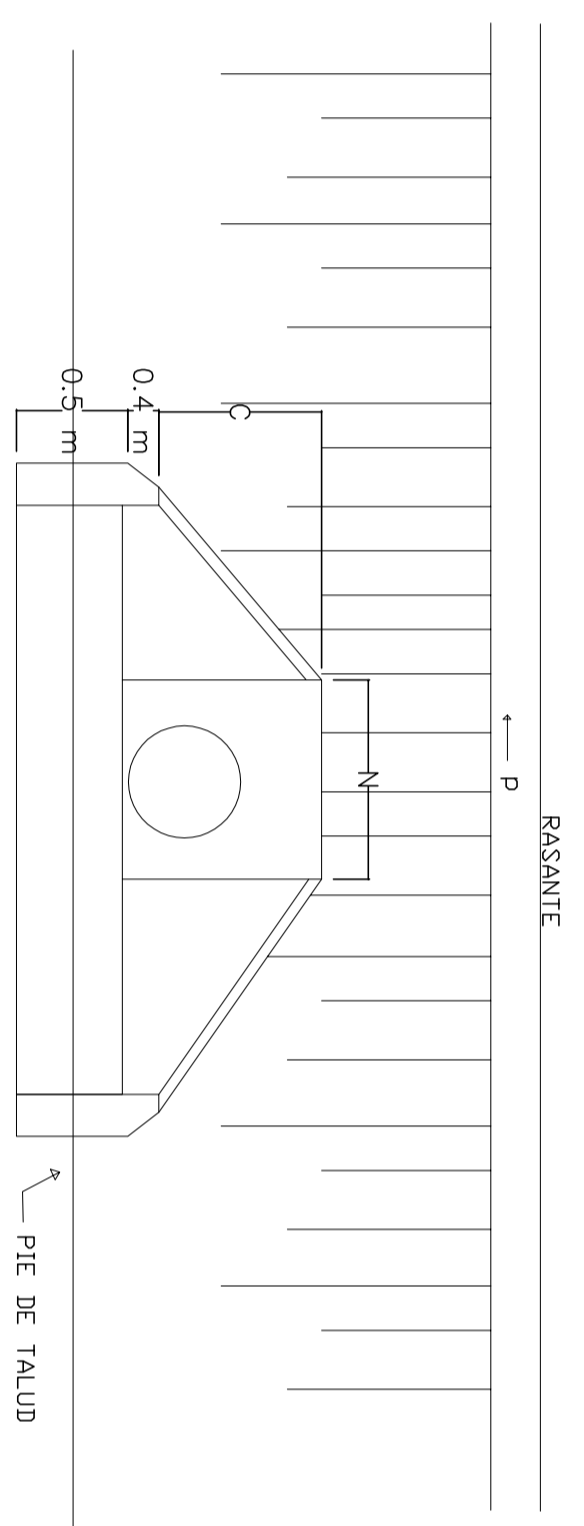
SECCION LC DE LA TUBERIA

Escala 1:60



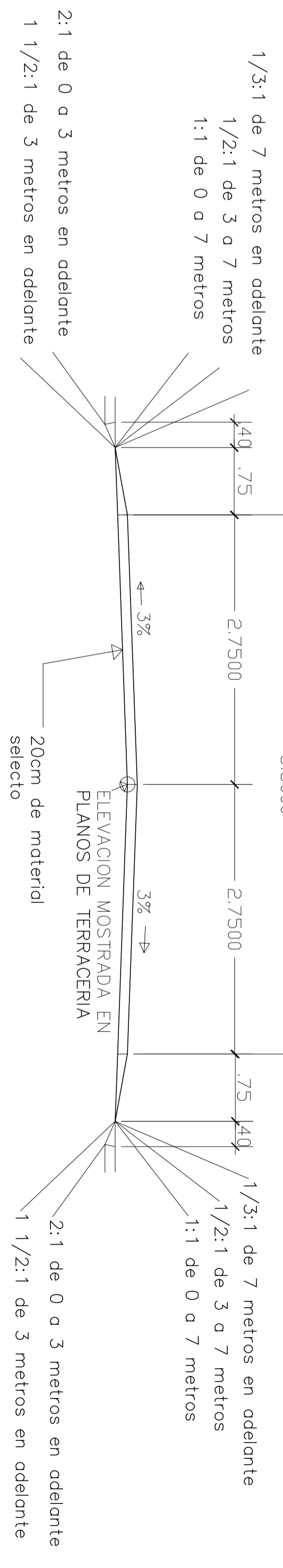
ELEVACION A-A'

Escala 1:60

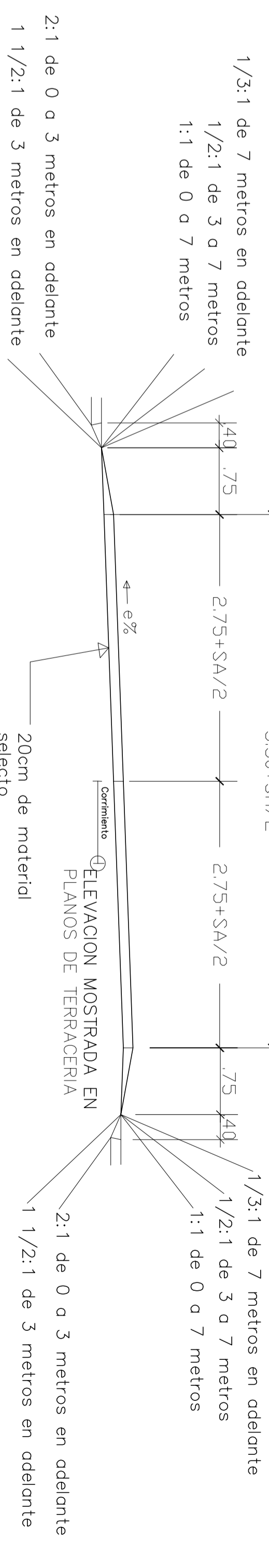


ELEVACION B-B'

Escala 1:60



ALINEACION RECTA TIPO F



ALINEACION CURVA TIPO F

DIAMETRO	J	C	H	N
24	2.28	1.06	1.56	0.61
30	3.26	1.24	1.74	0.76
36	3.82	1.41	1.91	0.91
48	5.11	1.77	2.27	1.22
50	6.36	2.12	2.62	1.52

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, EPS
	COMUNIDAD: JOCOTAN LUGAR: SICHQUIER
FECHA: 21/7/09 INDICADA	PROYECTO: DISENO Y AMPLIACION DEL CAMINO DEL CASERIO PINALITO HACIA EL CASERIO ORATORIO
CONTRATO: OBRAS DE ARTE Y SECCION TIPICA	DISEÑO: ALLAN ARDON
DISEÑO: ALLAN ARDON	DISEÑO: ALLAN ARDON
ESCALA: 1:3	ESCALA: 1:3