



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
COROZAL ARRIBA, Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL
PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

Marvin José Huitz Chay
Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL
PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARVIN JOSÉ HUITZ CHAY

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Brau
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Mayra García de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de marzo de 2008.



MARVIN JOSÉ HUITZ CHAY



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 29 de octubre de 2008.
Ref: EPS.13.978.10.08.

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 **Marvin José Huitz Chay** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200130579**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**.

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. Angel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 29 de octubre de 2008.
Ref.EPS.D.9/8.10.08

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

Estimado Ingeniero Samuels Milson,

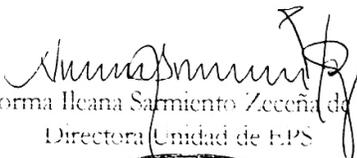
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Marvin José Huitz Chay**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ingeniero Angel Roberto Sic García**.

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 Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Guatemala,
5 de noviembre de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marvin José Huitz Chay, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
9 de febrero de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

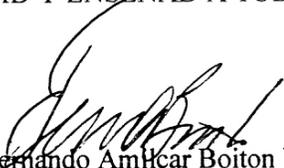
Estimado Ingeniero Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marvin José Huitz Chay, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Marvin José Huitz Chay, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO COROZAL ARRIBA, Y LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA ALDEA PACAYALITO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Sydney Alexander Samuels Mills



Guatemala, marzo 2009.

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres:

Marta Ofelia Chay Herrera con su amor, cariño y sus consejos incondicionales hicieron posible lograr mis objetivos.

José Miguel Huitz Cach por su constante apoyo en cada momento de mi vida, gracias.

Mis hermanos:

Yohana, Jaime, Emerson, Shayna, Florencia Aracely Q.E.P.D. con su cariño siempre me han apoyado.

Mis tíos y tías:

Timoteo Chay, Diego Cach Mazariegos, en especial a **Esteban Marcelo Cach** por confiar en mis objetivos y el constante apoyo para lograrlos.

Mis abuelas:

Florencia Cach Mazariegos Q.E.P.D., Por ser el pilar de una familia sencilla, capaz, emprendedora y sobre todo unida. **Antonia Abelina, Martin Ordoneñez**

AGRADECIMIENTOS A:

Dios: Por brindarme el regalo más precioso:
vivir una día más.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A la Facultad de Ingeniería

A la División de Ciencias de la Ingeniería, del Centro Universitario de Occidente Que en sus aulas fueron donde dieran inicio a un gran proyecto de vida y realizar un sueño más, de ser un profesional.

A mi asesor Ing. Ángel Roberto Sic García. Por el tiempo y colaboración en la realización del presente trabajo.

Mis amigos: Que de una u otra manera me han ayudado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA	
1.1. Ubicación y localización	1
1.2. Vías de acceso	1
1.3. Aspectos climáticos	2
1.3.1. Temperatura	2
1.3.2. Precipitación pluvial	2
1.3.3. Humedad relativa	3
1.4. Topografía	3
1.5. Tipo de suelo	3
1.6. Aspectos económicos	4
1.6.1. Origen de la comunidad	4
1.6.2. Actividad económica	5
1.6.3. Etnia, religión y costumbres	7
1.6.4. Alfabetismo	7
1.6.5. Organización comunitaria	7
1.7. Diagnóstico de necesidades	8

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

2.1. Descripción general del sistema	9
2.2. Levantamiento topográfico	9
2.2.1. Planimetría	10
2.2.2. Altimetría	10
2.3. Parámetros de diseño	11
2.3.1. Período de diseño	11
2.4. Población futura	11
2.4.1. Modelo geométrico	12
2.5. Especificaciones de diseño	13
2.6. Aforos	13
2.7. Dotación de agua	13
2.8. Calidad de agua	14
2.8.1. Análisis físico-químico	14
2.8.2. Análisis bacteriológico	14
2.9. Factores de consumo	15
2.9.1. Factor día máximo	16
2.9.2. Factor hora máximo	16
2.9.3. Caudal medio o consumo medio diario	17
2.9.4. Caudal de conducción o caudal de día máximo	17
2.9.5. Caudal de distribución o caudal de hora máximo	18
2.10. Diseño hidráulico	19
2.10.1. Captación	19
2.10.2. Línea de conducción	20
2.10.3. Determinación del volumen de almacenamiento	21
2.10.4. Condiciones del agua para consumo	22

2.10.5.	Tratamiento del agua	22
2.10.5.1.	Sistema de desinfección	23
2.10.5.2.	Hipoclorador	24
2.10.5.3.	Dosis de cloro necesaria	24
2.10.6.	Obras hidráulicas	25
2.10.6.1.	Caja para válvulas	25
2.10.6.2.	Caja distribuidora de caudales	25
2.10.6.3.	Caja rompe presión	26
2.10.6.4.	Conexiones domiciliarias	27
2.10.7.	Válvulas empleadas en el sistema	27
2.10.7.1.	Válvula de compuerta	27
2.10.7.2.	Válvula de paso	28
2.10.7.3.	Válvula de aire	28
2.10.7.4.	Válvulas de limpieza	28
2.10.8.	Línea de distribución	28
2.10.9.	Diseño de la red de distribución	30
2.11.	Diseño del tanque de almacenamiento	33
2.12.	Programa de operación y mantenimiento	43
2.13.	Cálculo de tarifa	45
2.13.1.	Sistemas de tarifa	45
2.13.2.	Sistema uniforme	46
2.13.3.	Sistema diferencial	46
2.13.4.	Gastos de administración	47
2.13.5.	Gastos de mantenimiento	48
2.13.6.	Gastos de tratamiento	48
2.13.7.	Tarifa adoptada	49
2.13.8.	Tarifa por nueva conexión domiciliar	51
2.13.9.	Tarifa por reinstalación del servicio	51

2.14.	Presupuesto general y cuantificaciones de materiales	51
2.15.	Evaluación socioeconómica	53
2.15.1.	Valor presente neto	53
2.15.2.	Tasa interna de retorno	55
2.16.	Evaluación de impacto ambiental	56

3. REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL

3.1.	Consideraciones preliminares	71
3.1.1.	Descripción del proyecto	71
3.1.2.	Características de los caminos	72
3.1.3.	Normas para caminos	73
3.1.4.	Mano de obra y equipo	75
3.1.5.	Criterios de diseño	76
3.2.	Estudio de suelos	
3.2.1.1.	Granulometría	77
3.2.1.2.	Peso unitario	81
3.2.1.3.	Límite de plasticidad y humedad	82
3.2.1.4.	Compactación (proctor modificado)	84
3.3.	Características del material balasto	87
3.4.	Reconocimiento previo al estudio de la línea preliminar	88
3.5.	Localización de la línea preliminar	89
3.5.1.	Metodología del levantamiento planimétrico	89
3.5.1.1.	Planimetría	89
3.5.1.2.	Altimetría	90
3.5.2.	Metodología de la nivelación	91
3.5.3.	Cálculo de cotas	91

3.6. Diseño alineamiento horizontal	92
3.6.1. Elementos	94
3.6.1.1. Radio de curvatura	94
3.6.1.2. Velocidades de diseño	94
3.6.1.3. Grado de curvatura	95
3.6.1.4. Deflexión angular	96
3.6.1.5. Cuerda máxima	96
3.6.1.6. Longitud de curva	96
3.6.1.7. Tangentes	97
3.6.1.8. External	97
3.6.1.9. Ordenada media (OM)	97
3.6.1.10. Subtangente (ST)	98
3.6.1.11. Rangos de velocidad y cambios de velocidad	98
3.6.2. Sección transversal de una carretera	98
3.6.2.1. Derecho de vía	100
3.6.2.2. Corona	100
3.6.2.3. Rasante	100
3.6.2.4. Pendiente transversal	101
3.6.2.5. Bombeo	101
3.6.2.6. Peralte	102
3.6.2.7. Transición del bombeo al peralte	103
3.6.2.8. Calzada	104
3.6.2.9. Bermas	105
3.6.2.10. Cunetas	107
3.6.2.11. Taludes	107
3.7. Diseño alineamiento vertical	110
3.7.1. Pendiente positiva y negativa	111
3.7.2. Pendiente máxima y mínima	111
3.7.3. Curvas verticales	113

3.7.4. Longitudes de curvas verticales	114
3.7.5. Valores de K para visibilidad de parada	117
3.7.6. Curva cóncava	118
3.7.7. Curva convexa	119
3.7.8. Velocidades de diseño	119
3.7.9. Cálculo de sub-rasante	119
3.8. Movimiento de tierras	121
3.8.1. Excavación de terraplenes	122
3.8.2. Excavación de canales	122
3.8.3. Excavación para estructuras mayores y menores	123
3.8.4. Relleno para estructuras	123
3.8.5. Relleno permeable	124
3.8.6. Acarreo libre y acarreo	124
3.9. Recomendaciones de construcción	125
3.9.1. Corte y relleno	125
3.9.2. Drenajes	126
3.9.3. Objetivo del drenaje	127
3.9.4. Importancia del mantenimiento de carreteras	127
3.9.5. Drenaje longitudinal	127
3.9.6. Contracunetas	128
3.9.7. Drenaje transversal	128
3.10. Presupuesto general y cuantificación de materiales	129
3.11. Evaluación socioeconómica	131
3.12. Evaluación de impacto ambiental	137
CONCLUSIONES	141
RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFÍA	145
APÉNDICE	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1-.	Localización del municipio de La Unión	1
2-.	Dimensiones del tanque (perfil)	35
3-.	Dimensiones del tanque (planta)	36
4-.	Diagrama de momentos en losa	37
5-.	Diagrama de presiones	41
6-.	Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño	54
7-.	Componentes geométricos de una curva circular	93
8-.	Sección transversal en tangente	99
9-.	Sección transversal de una carretera	109
10-.	Tipos de curvas verticales	114
11-.	Curva vertical	116
12-.	Longitud de curvas verticales	117
13-.	Curva cóncava	118
14-.	Curva convexa	119
15-.	Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño	135

TABLAS

I.	Cálculo de momentos respecto al punto (A)	42
II.	Tarifas por gasto anual	50
III.	Tarifas mensual para el período de diseño	50
IV.	Resumen del presupuesto general del sistema de introducción de agua potable	52
V.	Actividades identificativas	60
VI.	Matriz genérica de Impactos Ambientales para tipologías de proyectos de agua potable y escenarios posibles	61
VII.	Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales para Tipologías de proyectos de agua potable	65
VIII.	Parámetros generales para el diseño de carreteras tipo G	76
IX.	Parámetros para el ensayo de compactación	86
X.	Clasificación general C.B.R.	87
XI.	Valores máximos de curvatura para cada velocidad	95
XII.	Bombeo de la calzada	102
XIII.	Ancho recomendado para bermas	106
XIV.	Valores indicativos para taludes	108
XV.	Valores recomendados para taludes	109
XVI.	Relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño	112
XVII.	Valores de “K” para visibilidad	118
XVIII.	Resumen del presupuesto general de la rehabilitación del camino rural	130
XIX.	Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (VAN)	133
XX.	Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (TIR)	135
XXI.	Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (BC)	137

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Diferencia algebraica de las pendientes
Ac	Ángulo central de la curva circular
BM	Banco de marca
C	Coeficiente de fricción
μ	Coeficiente de fricción lateral
Cc	Concentración de cloro al 65%
CM	Cuerda máxima
CRP	Caja rompe presión
Ct	Cantidad de cloro
CHC	Costo de hipoclorito por gramo
D	Dotación
Dc	Demanda de cloro
e	Peralte en metros por metro
E	External
Fc	Flujo de cloro
FDM	Factor máximo diario
FHM	Factor máximo horario
G	Grado de curvatura
GT	Gastos por tratamiento mensual
GM	Gastos de mantenimiento
G_{max}	Grado máximo de curvatura
Hf	Pérdida de carga expresada en metros
K	Parámetro de la curva para visibilidad
Kg	Kilogramo
KPH	Kilómetros por hora
LC	Longitud de curva
l/s	Litros por segundo

m	Metro
mca	Metros columna de agua
n	Período de diseño (en años)
O	Centro de la curva circular
Ø	Diámetro de tubería
OM	Ordenada media
P.U.S	Peso Unitario Seco
PC	Principio de curva
PC	Punto donde comienza la curva circular simple
PCV	Principio de curva vertical
P _f	Población futura
PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
PIV	Punto de intersección de las tangentes verticales.
Po	Población actual
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PVC	Cloruro de polivinilo
Q _D	Caudal de diseño
Q _e	Caudal de entrada
Q _m	Caudal medio diario
Q _{md}	Caudal máximo diario
Q _{mh}	Caudal máximo horario
r	Tasa de crecimiento
R	Radio
Rac	Relación agua cloro en un parte por millar
S _{max}	Sobreelevación máxima de la curva en m/m
ST	Subtangente
V	Velocidad de proyecto
V _{tan}	Volumen del tanque
Δ	Ángulo de deflexión de la tangente

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials ó Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (EE.UU).
Aforo	Es la operación que consiste en medir un caudal de agua.
Agua potable	Agua que cumple con los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano.
Bermas	Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
Bombeo	Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.
Calzada	Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.
Carretera	Infraestructura del transporte especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno

denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Concreto	Es una mezcla de cemento, arena, agregado, agua y aditivo que posee la cualidad de endurecer con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción.
Corona de pavimento	Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada y las bermas.
Corte	Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción de terraplenes.
Cota de terreno	Número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Cota piezométrica	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de una línea de conducción o distribución, que alcanzaría una columna de agua. Es equivalente a la cota de la superficie del agua en el punto de salida, menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia que los separa.
Cuneta	Zanja lateral, generalmente, paralela al eje de la carretera o del camino.

Curva vertical	Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferentes pendientes
Derecho de vía	Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias. La propiedad del terreno para derecho de vía será adquirido por el Estado, cuando ello sea preciso, por expropiación o por negociación con lo propietarios.
Diseño geométrico	Es el proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno.
Dotación	Volumen de agua que se asigna en el diseño, al consumo de un habitante durante un día.
Drenajes	Son los medios utilizados para controlar las condiciones de flujo de agua en carreteras y mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Eje	Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
Elemento	Alineación, en planta o perfil, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

En perfil: Tangente (pendiente constante), curva parabólica (parámetro constante).

En planta: Tangente (azimut, constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante).

Pendiente	Inclinación de una rasante en el sentido de avance.
Peralte	Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.
Presión	Fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.
Rasante	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
Servicio de agua potable	Sistema de abastecimiento de agua potable, con redes independientes, constituido por una o más fuentes, sus obras de conducción, tratamiento, regulación y distribución.
Sub rasante	Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
Terraplén	Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

Tramo Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera. Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos. En general los extremos del tramo coinciden con puntos singulares, tales como poblaciones, intersecciones, cambios en el medio atravesado.

Transito Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.

RESUMEN

El trabajo que se presenta es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado desarrollado en La Unión Zacapa, el cual presenta una orientación principalmente a plantear soluciones de los siguientes problemas.

Se realizó el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, debido a las características topográficas del lugar. Primeramente se presentan criterios básicos en el diseño de sistemas de agua por gravedad como topografía, dotación, población futura, factores de consumo y caudales y el diseño hidráulico, presiones y velocidades, tipo de tubería, el diseño de la línea de conducción y distribución, tanque de almacenamiento y obras de arte, elementos básicos para la operación y mantenimiento, desarrollando una propuesta de tarifa de consumo.

Otro proyecto es la rehabilitación de un camino rural, donde se pretende desarrollar temas como tipos de caminos, normas para caminos, criterios de diseño y estudios de suelos. En la topografía aspectos como planimetría, altimetría, nivelación, cálculo de cotas, etc. En el diseño geométrico sección transversal, diseño de curva horizontal y vertical, movimiento de tierras, cálculo de áreas de secciones transversales, elementos de construcción, corte y relleno, drenajes, drenaje longitudinal, cunetas, contracunetas, drenaje transversal, carpeta de rodadura, etc.

OBJETIVOS

General

Propiciar el mejoramiento socioeconómico del municipio a través del Ejercicio Profesional Supervisado, para que las comunidades beneficiadas puedan desarrollarse a través del personal técnico de la Oficina Municipal de Planificación de La Unión, Zacapa.

Específicos:

1. Realizar el diseño del sistema de agua potable para el caserío Corozal Arriba, ubicado en La Unión, Zacapa.
2. Realizar el diseño de la rehabilitación del camino rural para la aldea Pacayalito, en La Unión, Zacapa.
3. Realizar el estudio y cuantificación de la inversión que podría aplicarse a un camino de terracería.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que presentan las comunidades de Guatemala y en especial comunidades del municipio de La Unión, Zacapa, es la deficiencia de los servicios básicos, de acuerdo con esta demanda se realizan los diseños de proyectos como: sistemas de agua potable, caminos rurales, pavimentación de calles, drenajes, vivienda, etc.

En este trabajo de graduación se realizan dos diseños importantes que pretenden satisfacer las necesidades de la población, uno de ellos es el sistema de agua potable y la rehabilitación de camino rural, con lo cual beneficiarán a varias familias que requieren estos servicios básicos.

El sistema de agua es para el caserío Corozal Arriba, que desde hace tiempo no cuenta con un sistema adecuado de agua, se abastece a través de agua entubada que no es muy eficiente y la calidad de la misma no es la recomendable, por mucho tiempo los vecinos de esta comunidad sufren las consecuencias de la escases de agua potable. El proyecto que se realiza va desde el diseño de la capitación hasta la red de distribución por gravedad.

En cuanto a la comunidad de Pacayalito se encuentra parcialmente incomunicada debido al mal estado que se encuentra el camino, a causa de tormentas que causaron grandes daños y por falta de mantenimiento, con la rehabilitación del camino se benefician no sólo a la aldea Pacayalito sino también a otras comunidades alrededor.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1. Ubicación y localización

El municipio de La Unión se encuentra situado en la parte sur-este del departamento de Zacapa, en la región III o región nororiental del país. La extensión territorial es de 211 km², altitud 880 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la cabecera municipal. Latitud Norte de 14°57'52", longitud Oeste de 89°17'43", colindancias municipales norte: Zacapa y Gualán, este república de Honduras, sur Jocotán y Camotán, oeste: Zacapa (Zacapa).

Figura 1 Localización del municipio de La Unión



1.2. Vías de acceso

La cabecera de La Unión se comunica por carretera asfaltada con el municipio de Gualán a través de la ruta nacional 5 a 30 km de distancia (RN-5), con la capital de Guatemala a 195 km (CA-9), y con la cabecera departamental de Zacapa a 75 km, de los 52 centros poblados del municipio, 48 de estos se comunican a la cabecera municipal por carretera de terracería, 3 por medio de asfalto y 4 por medio de pavimento.

1.3. Aspectos climáticos

1.3.1. Temperatura

La cabecera municipal de La Unión se encuentra a una altura de 880 msnm. Posee un sistema hidrográfico compuesto por varios ríos y quebradas que le dan una exuberante belleza a la región. Su temperatura media anual se registra entre 19°C y 26 °C.

1.3.2. Precipitación pluvial

El municipio de La Unión, se caracteriza por poseer una precipitación pluvial muy fluida, debido a que posee un bosque nuboso, denso de especies nativas (mixto). Se distingue igual que todo el país, por tener dos estaciones. La precipitación pluvial media anual es de 1,365.40 mm. Siendo los meses de febrero, marzo y abril los de menor precipitación. La precipitación pluvial media por época es la siguiente: época seca de 413.40 mm y época lluviosa de 952 mm.

Estos datos fueron otorgados por la encargada de la estación meteorológica tipo “B” del INSIVHUME que existe en el municipio La Unión y se encuentra ubicada en la colonia Tait, de esta cabecera municipal, a una altura de 1,000 msnm, a una latitud Norte de 14° 57’ 48’ y longitud Oeste de 89° 17’ 28’. En la actualidad es una amenaza la indiscriminada tala de árboles que permiten las instituciones de gobierno en los diferentes bosques del municipio; lo que traerá como consecuencia y efecto, la disminución de precipitaciones en las diferentes áreas del mismo.

1.3.3. Humedad relativa

Su humedad relativa promedio anual es de 73.53%, por sus estados climáticos y su innumerable recurso natural se le ha denominado “EL OASIS DE ORIENTE”.

1.4. Topografía

Por su altura el terreno es totalmente quebrado, por lo que es sumamente difícil introducir tecnología agraria (tractores), cuenta con laderas alrededor del camino y presenta erosiones avanzadas. Los suelos sufren durante la época de siembra frecuentes quemas que producen cambios bruscos en la erosión del suelo, debido a cultivos de ladera (maíz, frijol, etc.).

1.5. Tipo de suelo

El municipio se encuentra ubicado dentro de la zona sub-tropical húmeda en un 80% de su extensión. El suelo contiene: rocas ígneas sin dividir, roca volcánica sin dividir y roca metamórficas sin dividir. En resumen los suelos y subsuelos se determinan e integran de la manera siguiente: son suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas o elevaciones medianas y suelos poco profundos o muy poco profundos, donde la erosión ha sido por cultivos de laderas, la textura del suelo es superficial, es franco y arcilloso hasta profundidades de 26 cm, los sub-suelos son de textura franco-arcillosos, de color café, con pH moderadamente ácido.

1.6. Aspectos económicos

1.6.1. Origen de la comunidad

Con respecto al municipio de La Unión, podemos decir que: entre los años 1860 y 1870, empezó a poblarse al este de Zacapa, un pequeño pueblo de nativos del género Chortí procedentes de Jocotán y Camotán, en calidad de caserío que se denominó Monte Oscuro, caracterizándose por ser una zona montañosa y virgen que se conocía como montaña de Lampocoy.

La población comenzó a crecer y después de contar con sólo ocho casas, treinta y tres años después la elevaron a la categoría de municipio, por el Acuerdo Gubernativo del 3 de febrero de 1904, con las formalidades legales del caso; debido a su organización poblacional y política y por contar con producción creciente; perteneció al departamento de Chiquimula, en jurisdicción de Jocotán, debiendo la jefatura política dictar las disposiciones correspondientes.

En ese mismo año estando en el mando presidencial Manuel Estrada Cabrera por medio del Acuerdo Gubernativo del 2 de julio de 1904, señaló a este municipio con el nombre de “Municipio de Estrada Cabrera” del departamento de Chiquimula y comprendía las aldeas siguientes: Monte Oscuro, Corozal, La Jigua, Timushán, Tacacao, Lampocoy, Tasharté, Talquezal, Carí, Guaranjá, Campanario, Taguayní, Capucalito, Roblarón, Roblarcito y Peshjá todas en el trayecto que conduce de Camotán a Honduras (R-5).

Más tarde éste municipio pasó al departamento de Zacapa, proporcionando mejor atención jurisdiccional y de acceso, estableciéndose esto por medio del Acuerdo Gubernativo del 9 de marzo de 1907. Al ser derrocado el presidente Estrada Cabrera, se emitió un nuevo Acuerdo por medio del cual todos los pueblos, plazas o lugares que llevaran el nombre de Estrada Cabrera o el de algunos de sus familiares, recuperasen su nombre anterior o tuviesen uno nuevo y definitivamente el 3 de mayo de 1920 tomó el nombre de La Unión, que actualmente es la cabecera municipal. Teniendo un área de terreno de trescientas diecinueve caballerías, diecinueve manzanas, nueve mil trescientas setenta y nueve varas cuadradas y cuarenta y cinco mil seiscientas veinticinco cien milésimas de vara cuadrada, de su finca rústica No. 2,238 folios 256 y 257 del libro 17 de Chiquimula.

1.6.2. Actividad económica

Café: Es el cultivo que predomina en todo el municipio, en un 95% de su población. Aplicándose en el mismo técnicas adecuadas principalmente en fincas y en parcelas de grupos de pequeños productores atendidos por ANACAFE. Es la fuente principal de ingresos de las familias del municipio y la fuente de trabajo para la mayoría de personas que se dedican al jornal. Se estima una producción por manzana de 40 qq pergamino, equivalentes a 200 qq en maduro. La cantidad estimada de quintales pergamino producidos durante 2000-2004 fue de 60,000. En la actualidad se posee crisis económica de todas las familias del municipio, debido a que los precios de venta del café no son buenos, dando ésto más pobreza a los habitantes.

- Naranja:** En todo el municipio se produce esta fruta. La cual se da entre las plantaciones de café. No es tecnificada y su variedad es criolla; pero forma parte de los ingresos de las familias. Se estima una producción de 5,000 millares anuales.
- Banano:** Es otro cultivo que se asocia con el café, utilizándolo para sombra semi-temporal, aprovechándose la producción de racimos para la venta en el mercado local y departamental. Siendo otra fuente de ingresos para familias. Se estima una producción anual de 50,000 racimos.
- Maíz:** Es uno de los cultivos tradicionales, del cual se obtiene el alimento básico para consumo local. Cada persona siembra aproximadamente 16 cuerdas, ya sea propia o arrendada. Se estima que una cuerda de 25 x 25 varas cuadradas fertilizada produce 1.5 qq de maíz (criollo). Se calcula una producción anual de 50,000 qq.
- Frijol:** También es uno de los cultivos tradicionales, del cual obtienen las familias el alimento básico para consumo familiar. En algunas aldeas como Tres Pinos, La Vegona, Cumbre Alta, Guaranjá, Roblarcito-Roblarón, Peshjá y Peña Blanca; producen para abastecer de grano el mercado local. Se estima que 1 cuerda de 25 x 25 varas cuadradas fertilizada produce 1 qq de frijol. Se calcula una producción anual de 1,000 qq.

1.6.3. Etnia, religión y costumbres

Es el único municipio de Zacapa con población Chortí, cuenta con una población de 25,464 según datos obtenidos por la Oficina Municipal de Planificación en el año 2006, lo que representa el 12% de la población total del departamento de Zacapa. De ésta población el 88% vive en el área rural y el 13% vive en el área urbana. La religión predominante es la católica, que cuenta con 33 oratorios en todo el municipio. Las denominaciones evangélicas poseen un total de 19 templos, reportándose 3 en la cabecera municipal y el resto en el área rural.

1.6.4. Alfabetismo

Según datos recabados en el Programa de Alfabetización (CONALFA), 1 programa, 46 grupos atendidos en etapa inicial, 1 grupos en etapa de pos (3er. grado), 4 grupos en etapa de pos (6to. grado), con 32 animadores voluntarios, y 1 facilitador voluntario; 2 animadores asalariados, y 9 facilitadores asalariados y 1 coordinador, que atienden a 422 alumnos, no poseen infraestructura propia. El índice de analfabetismo es 44.8% a nivel del municipio (datos 2006).

1.6.5. Organización comunitaria

El municipio cuenta con distintos servicios públicos debido al crecimiento poblacional. Existen aproximadamente más de 96 alcaldes auxiliares a nivel del municipio, los cuales son nombrados de acuerdo a la dimensión poblacional y elegidos por su comunidad, datos aportados por Secretaría Municipal.

1.7. Diagnóstico de necesidades

El municipio cuenta con 52 comunidades las cuales por el crecimiento poblacional, las necesidades de infraestructura y servicios básicos son necesarios, en visitas que se hicieron en torno a la población se realizaron las investigaciones, donde se comprobó que existía necesidades de infraestructura tales como drenajes sanitarios, electricidad, pavimentaciones de calles, agua potable, salón comunal, etc. Por otro lado, también se evaluó el sistema de agua potable, donde se determinó que el caserío Corozal Arriba de dicho municipio, tiene un servicio irregular por falta de una línea de conducción competente. Además, otra de las necesidades de la población en la aldea Pacayalito es la rehabilitación del camino rural acceso principal a la aldea. Con respecto a otras necesidades los representantes de las comunidades mantiene dialogo con organismos del estado y organizaciones no gubernamentales para encontrarles solución.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

2.1. Descripción general del sistema

El proyecto consiste en el diseño de la captación hasta la red de distribución, el agua será conducida por gravedad, realizando el levantamiento topográfico, análisis de calidad del agua, tratamiento de agua, obras de arte, tanque de almacenamiento, red de conducción y distribución, además de los planos constructivos y presupuesto general.

2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico para todo el proyecto se hizo por poligonales abiertas. Para ello se utilizaron los siguientes procedimientos: medición de distancias horizontales: con estadía, ángulos y direcciones: por conservación de azimut con el método de orientación de 180 grados o vuelta de campana. Nivelación compuesta: el terreno es demasiado quebrado. Para el diseño del proyecto se efectuó el levantamiento planimétrico y el levantamiento altimétrico.

El replanteo de topografía es la verificación de los datos que se obtuvieron en una topografía que se realizó, con ésta verificación se asegura que los datos obtenidos en esa topografía respecto al terreno, no han variado significativamente a ninguna escala. En éste caso en particular, es importante realizar inspecciones preliminares para formarse un criterio sobre los diseños hidráulicos del sistema.

2.2.1. Planimetría

Planimetría es el conjunto de trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos que permiten construir una figura semejante a la del terreno, proyectado sobre un plano horizontal. Para realizar levantamientos planimétricos existen diferentes métodos, los que por su grado de exactitud se utilizan en diferentes tipos de trabajo; entre ellos están:

- a) Rumbos
- b) Conservación de Azimut
- c) Deflexiones

Para este tipo de proyecto es más recomendable utilizar el método de conservación de azimut, ya que presenta mayores ventajas.

2.2.2. Altimetría

Altimetría es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos para conocer las diferencias de altura del terreno, para poder ser proyectado en un plano vertical. Existen varios métodos, pero los básicos son los siguientes:

1. Nivelación diferencial
2. Nivelación taquimétrica

Para el diseño de éste proyecto, se utilizó el método de nivelación taquimétrica.

2.3. Parámetros de diseño

2.3.1. Período de diseño

El período de diseño es el tiempo durante el cual el sistema debe funcionar en óptimas condiciones, y debe tomarse en cuenta aspectos como la durabilidad de los materiales y equipo utilizado, calidad de la construcción y su debido mantenimiento.

El período de diseño que recomiendan instituciones como (UNEPAR) es de 20 años, ésto no significa que dentro de 20 años el sistema deje de funcionar, el sistema sigue funcionando pero con un porcentaje de deficiencia que ésta en función del mantenimiento que se le efectúe a dicho sistema. En el caso del presente proyecto se adaptó un período de 22 años, debido a que se utilizará PVC; ésto permite la durabilidad de las instalaciones y la capacidad de agua que genera la fuente de servicio.

2.4. Población futura

Para determinar la población futura se hace mediante el cálculo más aproximado que consiste en un modelo estadístico, dado que el número de habitantes de un poblado varía con el tiempo y por lo general éste número se incrementa en la mayoría de poblaciones, es necesario conocer el factor de crecimiento poblacional; en Guatemala el crecimiento poblacional se calcula conforme al modelo geométrico.

2.4.1. Modelo geométrico

El modelo geométrico da un crecimiento de manera exponencial en función del tiempo transcurrido. Es el método más apropiado para el proyecto, por ser el que más se ajusta al crecimiento de poblaciones en vías de desarrollo. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

donde:

P_f = población futura

P_o = población actual

r = tasa de crecimiento

n = periodo de diseño en años

De acuerdo a estadísticas realizadas por personal de la Oficina Municipal de Planificación el caserío Corozal Arriba cuenta con 782 habitantes, 131 viviendas, la tasa de crecimiento poblacional es del 3% según INE del año 2004.

P_o = 782 habitantes

r = 3 %

n = 22 años

$$P_f = 782 \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{22}$$

P_f = 1500 habitantes

2.5. Especificaciones de diseño

El diseño se hará según las recomendaciones de normas INFOM/UNEPAR, para el diseño de sistemas de agua en área rural, tomando en cuenta la asesoría profesional por parte de la universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Unidad de EPS para garantizar un proyecto que cumpla con la demanda de la población, como lo es la cantidad de agua, la calidad y durabilidad del proyecto.

2.6. Aforos

Se define como la cantidad de agua que produce una fuente, se debe de realizar en época de estiaje de la cuenca. El municipio de La Unión cuenta con nacimientos que son el resultado de la percolación del agua superficial a través de diferentes estratos del terreno y por su recorrido dentro del acuífero, experimenta una filtración que generalmente la hace de buena calidad para el consumo humano. El aforo se realizó con el método volumétrico (en época de estiaje junio y julio) en el nacimiento teniendo un caudal de 3.8 l/s.

2.7. Dotación de agua

En éste caso como el clima varía entre templado y frío, dependiendo de la estación climatológica en que se encuentre la región, se usará una dotación de cien litros por habitante por día (100 lt/hab/día).

2.8. Calidad de agua

Con lo establecido en el punto 2.5 para garantizar la calidad del agua se realiza el análisis físico-químico y el bacteriológico según normas vigentes COGUANOR NGO 29001, ésta detalla los análisis que deben realizarse para el consumo de agua. Las características de una buena calidad del agua serán en función del uso que se le asigne, industrial, doméstico o de riego.

2.8.1. Análisis físico-químico

El análisis químico sanitario es para determinar las características del agua, como lo es el color, sabor, turbidez olor. La Norma COGUANOR NGO 29001, indica que estas determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables. Esto establece que el agua es adecuada para el consumo humano.

2.8.2. Análisis bacteriológico

El agua que debe usarse para consumo no debe tener ningún organismo que sea de origen fecal, de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el agua es potable, debido que éste resultado es de un instante, se incorporará un sistema de desinfección, que se detallará más adelante.

2.9. Factores de consumo

Son parámetros que determinan el grado de seguridad para lograr una conservación en los cálculos en el diseño del sistema, estos factores que indican la variación en el consumo del agua en la población, basándose en hora y día máximo. Además están condicionados por lo siguiente:

- Nivel de vida que incidirá en el uso de aparatos electrodomésticos y en una higiene y limpieza más refinadas; el consumo será mayor a mayor nivel de vida.
- Tamaño de la población que probablemente este relacionado con el anterior añadiendo una mejor calidad en el servicio tanto de abastecimiento como de saneamiento; el consumo será mayor a mayor tamaño de población.
- La calidad del sistema de saneamiento que al aumentar, aumentará el consumo.
- La importancia de las zonas industriales y comerciales de la ciudad.
- Condiciones climáticas puesto que el consumo será tanto mayor cuanto más cálido sea el clima.
- El precio del agua ya que el consumo será menor cuanto mayor sea el precio del agua.
- La calidad del agua del abastecimiento que a mejor, hará aumentar el consumo.
- El estado de la red de distribución que afectará a las pérdidas y derroches.
- El control en los edificios públicos.

2.9.1. Factor día máximo

El factor de día máximo (FDM) está definido como la relación entre el valor de consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año, el valor de éste factor varía entre 1.2 a 2 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y de 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes; según normas de diseño para acueductos rurales de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR). Para el caso del presente estudio, se toma un factor de día máximo de 1.2.

2.9.2. Factor hora máximo

El factor de hora máximo (FHM) indica la variación en el consumo de agua que ocurren en algunas horas del día, entonces, es el número de veces que se incrementa el caudal medio diario para satisfacer la demanda, se utiliza en el diseño de redes de distribución. Según las normas de diseño para acueductos rurales de UNEPAR, se debe utilizar un factor de 2.0 a 3.0, para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y de 2.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes, por lo que el presente estudio el factor de hora máximo tendrá el valor de 2.5.

2.9.3. Caudal medio o consumo medio diario

Es la cantidad de agua requerida para satisfacer la necesidad de una población en un día de consumo promedio, en litros por segundo. El caudal medio diario se obtiene del promedio de los consumos diarios en un año.

$$Q_m = \frac{D \cdot P_f}{86400}$$

donde:

Q_m = caudal medio diario

D = dotación

P_f = población futura

86400 = segundos que tiene un día

Con los datos del proyecto se tiene

$$Q_m = \frac{100 \text{lt} \frac{\text{hab}}{\text{dia}} * 1500 \text{hab}}{86400 \frac{\text{s}}{\text{dia}}}$$

$$Q_m = 1.74 \text{ lt/s}$$

2.9.4. Caudal de conducción o caudal de día máximo

Es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas. Se observa durante el período de un año. Cuando no se cuenta con información, se puede calcular incrementándole un porcentaje, denominado factor día máximo, al caudal medio diario.

$$Q_{md} = Q_m * FDM$$

donde:

Q_{md} = caudal máximo diario

FDM = factor máximo diario

Para este proyecto se tiene:

$$Q_{md} = 1.74 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * 1.2$$

$$Q_{md} = 2.01 \text{ lt/s}$$

2.9.5. Caudal de distribución o caudal de hora máximo

Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día en el período de un año. Cuando no se tiene registros, el caudal máximo horario se obtiene multiplicando el caudal medio diario por un factor (factor de hora máxima).

$$Q_{mh} = Q_m * FHM$$

donde:

Q_{mh} = caudal máximo horario

FHM = factor máximo horario

Para este proyecto se tiene:

$$Q_{md} = 1.74 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * 2.5$$

$$Q_{md} = 4.35 \text{ l/s}$$

2.10. Diseño hidráulico

2.10.1. Captación

Es una obra de Ingeniería destinada básicamente a captar, bajo cualquier condición, la cantidad de agua necesaria para el suministro de la población, durante todo el año. El tipo de obra que se va a emplear será en función de las características de la fuente, la configuración del terreno, el tipo de fuente, la calidad física, química y bacteriológica del agua, así como por el criterio hidráulico del Ingeniero. Para éste caso, el tipo de captación propuesta es la captación de manantial de fondo concentrado.

Captación de manantial de brote definido concentrado: aquí se necesita construir un muro recolector; ésta se diseñará de tal forma que garantice el libre flujo de la vertiente hacia el tanque de recolección.

La construcción de captaciones comprende los siguientes aspectos:

- Limpieza del área donde se encuentra el manantial.
- Excavación, hasta descubrir el o los brotes del manantial llegando a terreno firme.
- Construcción de muro de retención con concreto ciclópeo, con mampostería de piedra sobre suelo firme o roca.
- Llenar el área encerrada en el muro con piedra graduada de mayor a menor diámetro. Construir una caja recolectora de 1.0 m³ como mínimo, cuando sean dos o más las vertientes captadas.

Las obras de captación deben llenar los siguientes requisitos:

1. Su capacidad será de tal manera que no limite la máxima cantidad de agua, que sea capaz de producir el manantial.
2. Los materiales que se utilicen en la construcción no deben alterar la calidad del agua, como muros de concreto o mampostería.
3. Se deberá disponer de un depósito (desarenador), en caso de que el agua acarree arena.
4. Se protegerá la captación de la entrada de insectos, animales, así como seres humanos, excepto el personal encargado de limpieza.
5. La tubería de salida debe tener cedazo o rejilla en el interior de la cámara; la de rebalse, en cambio, debe tener rejilla en el lado exterior.
6. La tubería de salida debe de ser de un diámetro mayor que la de rebalse; además, ésta estará a 10 cm. sobre el fondo de la cámara.
7. Estas estructuras garantizarán la seguridad, la estabilidad y el funcionamiento, en todos los casos; además tendrán la facilidad de inspección y operación. En cualquier condición, a la fuente se le garantizará la protección contra la contaminación y entrada de algas u otros organismos indeseables.
8. Las reforestaciones, que se emprendan en las zonas de captación, deberán ser árboles de hojas perennes, plantas higroscópicas, etc.

2.10.2. Línea de conducción

Se utilizará tubería de PVC de 160 PSI, según los datos de diseño. Esta línea está diseñada, de manera que al aumentar la presión se incrementará la resistencia de la tubería que se va a colocar. La línea de conducción es un

conjunto de tuberías libres (canales) o forzadas (tuberías), que parten de las obras de captación al tanque de distribución. En el diseño de una línea de conducción por gravedad, se deben tener los siguientes aspectos fundamentales:

- La capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario.
- La selección del diámetro y clase de la tubería que se empleará deberá ajustarse a la máxima economía.
- De preferencia se utilizará el sistema de dos diámetros para una pérdida de carga ya estimada.
- En conducciones forzadas es preciso tener siempre en cuenta las pérdidas de carga.
- Ésta se acumula cuanto mayor es la longitud de la conducción.
- El diseño completo puede verse en los anexos de este trabajo.

Los permisos para el paso de la tubería de conducción, están registrados en el libro de la oficina municipal de planificación del municipio de La Unión, departamento de Zacapa, destinado para actas de constitución de servidumbres de paso y donaciones para la ejecución de obras de beneficio colectivo.

2.10.3. Determinación del volumen de almacenamiento

El caudal de agua que llega a los tanques es prácticamente constante, por lo que puede almacenarse agua en los períodos en que el consumo es menor para cubrir los de mayor consumo. Para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, se recomienda que el volumen sea de 25% al 40% del caudal máximo diario, para este proyecto se usará un 30%.

$$V_{\text{tanque}} = Qm * (\%Q_{\text{md}}) * \frac{86400}{1000}$$

donde:

V_{tanque} = Volumen del tanque

Para este proyecto se tiene:

$$V_{\text{tanque}} = 1.74 \frac{\text{l}}{\text{s}} * (30\%) * \frac{86400 \frac{\text{s}}{\text{día}}}{\frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}}$$

$$V_{\text{tan}} = 45.01 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para el diseño de tanque se ajusta a un tanque con capacidad de 50 m³.

2.10.4. Condiciones del agua para consumo

El agua proviene de fuentes naturales, que con inspecciones visuales esta en condiciones favorables para el consumo humano, por lo que la desinfección necesaria es simple, para ello se recurre al siguiente método.

2.10.5. Tratamiento del agua

Esta necesidad de tratamiento de las aguas se conoce desde hace mucho tiempo, al relacionarse la calidad del agua con la salud de la población. Se observó que la dotación de una localidad con un abastecimiento de agua en condiciones sanitarias aceptables coincidía con un brusco descenso de la tasa de mortalidad.

El agua potable, por lo tanto, debe cumplir una exigencia fundamental: ausencia de microorganismos patógenos y de sustancias tóxicas.

Pero también debe cumplir otra exigencia: ausencia de sabores, olores, colores o turbiedades desagradables, propiedades organolépticas que provocarían el rechazo de los consumidores. La potabilidad del agua se comprueba mediante análisis, tanto en las estaciones de tratamiento de agua potable, como en la red de distribución.

La desinfección es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos. Un tratamiento adecuado de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados, dependientes de las características del agua a tratar.

2.10.5.1. Sistema de desinfección

Tendrá por finalidad proporcionar una solución de cloro al tanque de distribución del sistema para mantener la potabilidad del caudal. La concentración de cloro en el tanque deberá garantizar una proporción de cloro residual en el punto más alejado de la red que esté en el rango entre 0.6 y 1 mg/L. Deberá tener las siguientes características: alimentación de cloro, se hará con tabletas de Hipoclorito de calcio $[Ca(OCl)_2]$ al 90% de ingrediente activo.

Deberá ser automático, sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica para su funcionamiento, debe permitir el flujo de agua a través de las tabletas

de hipoclorito de calcio para formar la solución. La ubicación del clorador: deberá estar el clorador en una caja instalada a la entrada del tanque de distribución y deberá graduar el flujo para que permita que la cantidad de cloro residual en el punto más alejado de la red de distribución esté entre 0.6 y 1 partes por millón.

2.10.5.2. Hipoclorador

Se usará un solo hipoclorador que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65% diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada en la caja distribuidora de caudales.

2.10.5.3. Dosis de cloro necesaria

Para aplicar a la entrada del tanque el flujo de cloro en g/hr se calcula de la siguiente forma.

$$F_c = Q_e * D_c * 0.06$$

Q_e = caudal de entrada en la caja distribuidora de caudales en l/min

$$F_c = 261 \frac{l}{min} * 0.20 \frac{mg}{l} * 0.06$$

$$F_c = 3.13 \frac{g}{hr}$$

(4.35lt/s=261l/min)

D_c = demanda de cloro en mg/l (por ser un nacimiento de agua clara se estima una demanda de cloro de 0.20 mg/l)

La cantidad de cloro es de 3.13 g/hr, por tanto la cantidad de tabletas que se consumirá en un mes es de:

$$Ct = \frac{3.13\text{gr}}{\text{hr}} * \frac{24\text{hr}}{1\text{día}} * \frac{30\text{días}}{1\text{mes}} * \frac{1\text{tableta}}{200\text{gr}}$$

$$Ct = 11.27 \text{ tabletas /mes}$$

Por lo tanto, el consumo de tabletas al mes será de 11 ½.

2.10.6. Obras hidráulicas

2.10.6.1. Caja para válvulas

Se conocen como cajas de registro sirven para protección de las válvulas de control. Dichas cajas con sus válvulas se localizarán en lo posible en forma tal que permitan aislar un tramo, sin dejar fuera de servicio una gran extensión de la red (ver detalles en planos).

La estructura de la caja será de mampostería con un concreto que alcance una resistencia de 210 kg/cm² y de concreto ciclópeo, un grado estructural del acero de 2810 kg/cm², la tapadera será asegurada con un candado. El cuerpo, la sección desmontable y la compuerta deben ser de bronce.

2.10.6.2. Caja distribuidora de caudales

Clasificada como obra de arte, es utilizada para dividir caudales de diferente o igual magnitud, su uso es necesario cuando no existe una sola red de distribución y a excepción de casos de diseño especiales, se ubicará entre la captación y los tanques de almacenamiento. Además de dividir los caudales de la población a servir, elimina toda carga de presión dinámica y estática al sistema, volviéndola cero. La caja distribuidora de caudales en éste proyecto se encuentra localizada en la estación E-22, adjunto al tanque de distribución. Se construirá de concreto armado, teniendo 2 vertederos rectangulares que distribuyen el caudal en cantidades iguales.

2.10.6.3. Caja rompe presión

Su función principal es la de disipar las presiones de agua dentro de una tubería, para poder evitar así el rompimiento de la misma. Pueden ser de concreto y mampostería, con dimensiones mínimas para capacidad de 1 m³. En redes de distribución las cajas rompe presión deben contar con una válvula de flote, esto es con el fin de evitar desperdicio y no provocar molestias a causa del posible rebalse en las viviendas cercanas a la caja rompe presión.

En redes de distribución se pueden colocar hasta 60 mca de presión estática y 40 mca de presión dinámica. Pero por condiciones de diseño se pueden ubicar hasta 90 mca, siempre que las presiones de trabajo en las conexiones no estén fuera de los máximos y mínimos que son requeridos, y además se deberá contemplar que las válvulas de la caja soporten el esfuerzo al

cual estarán sometidas. En líneas de conducción se deberán localizar hasta 90 mca de presión estática. En total son 3 cajas rompe presión (CRP) las que son requeridas en el diseño.

2.10.6.4. Conexiones domiciliarias

El tipo de conexión a utilizar será la del tipo predial, siendo ésta la mejor forma para poder abastecer directamente de agua potable al área rural. En total serán instaladas 65 conexiones domiciliarias, cada instalación contará con tubería de acometida PVC de $\varnothing \frac{1}{2}$ " , con chorro del mismo diámetro. En este proyecto no se estimaron costos de contadores debido a situaciones económicas se consideró que no debía incluirse, por lo que se tendrá que disponer en un período no muy lejano la instalación de estos contadores.

2.10.7. Válvulas empleadas en el sistema

Las válvulas dentro de un sistema de acueducto, sirven para abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el flujo de agua.

2.10.7.1. Válvula de compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana, que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Se aplica para una apertura total o cierre total del agua, no es utilizada para regular el caudal de agua y no debe de ser usada frecuentemente.

2.10.7.2. Válvula de paso

Controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90°. Se coloca en las conexiones domiciliarias para cortar o abrir el movimiento del agua.

2.10.7.3. Válvula de aire

Son válvulas cuya función es permitir el escape del aire, que se acumula en las partes altas de las tuberías. Existen diferentes tipos de éstas válvulas, pero las utilizadas para sistemas de agua potable deben ser de inclusión y expulsión.

2.10.7.4. Válvulas de limpieza

La válvula de limpieza es una instalación especial que sirve para extraer los sedimentos, que se pudieran depositar en las partes bajas de la tubería, cuenta con una válvula de compuerta que está conectada a un tubo de expulsión de diámetro mínimo de 2". En éste proyecto se ubicarán en el punto más bajo entre las estaciones.

2.10.8. Línea de distribución

La red de distribución o red de abastecimiento comprende todo el conjunto de conducciones y tuberías que distribuyen el agua tratada desde los depósitos hasta el grifo del consumidor. Fundamentalmente existen tres tipos de estructura de red.

- Ramificada, consiste en una conducción principal de la que derivan tuberías secundarias, de las que a su vez parten otras de tercer o cuarto orden, cada vez de menor tamaño. Semejante a las ramas de un árbol.
- Mallada, los ramales de la red anterior están unidos y el agua puede llegar a un punto determinado por varios lados.
- Circular, consiste en completar la conducción principal con otras conducciones circulares.

En consideración a la menor altura de las edificaciones en medios naturales, las presiones tendrán los siguientes valores:

- Presión dinámica mínima 10 mca. Esto sirve para mantener un margen de seguridad en las viviendas con cotas de terreno más bajas del sistema.
- Presión dinámica máxima 40 mca. Al tener en un sistema mayor de esta cantidad es seguro que provocará daños a los accesorios de cada vivienda.
- Presión estática máxima 90 mca. Si por razones de funcionamiento del proyecto se dieran mayores presiones dinámicas de lo previsto, se tendrá la certeza de que este margen de presión estática será lo máximo que deberán de soportar las válvulas del sistema de distribución.

En este proyecto por características especiales del lugar se diseñan dos ramales para poder distribuir el agua en los caseríos a servir.

2.10.9. Diseño de la red de distribución

El ramal uno abastece de agua potable al caserío por la parte baja, con un total de 37 viviendas y se colocará una caja rompe presión (CRP) en la cota 840.00 para evitar que la presión dinámica en las viviendas sea mayor de 40 mca. En el ramal 2 que abastece a 25 viviendas también se colocará una caja rompe presión en la cota 860.00.

El Q_D será el mayor valor entre el caudal máximo horario (Q_{MH})

El cálculo de pérdida (H_f) estará dado por la siguiente ecuación.

$$H_f = \frac{1743.8114 * L * Q_D^{1.85}}{\phi^{4.87} * C^{1.85}}$$

donde:

H_f = pérdida de carga (m)

V = velocidad (m/s)

L = longitud de la tubería

Q_{dm} = Caudal de día máximo, o caudal de conducción (l/s)

ϕ = Diámetro interno de tubería (pl)

C = Calidad de la tubería. Para PVC se usará 150 y para HG se usará $C = 100$.

Con los datos anteriores se diseña el primer tramo del sistema de distribución.

Datos:

Cota inicial = 1000.00m

Cota final = 937.05m

Carga disponible = 1000.00– 937.05 = 62.95 m

Longitud del tramo = 1564.1 m

$Q_{HM} = 2.61$ lt/s.

Para el diseño se usará tubería PVC, por lo tanto la constante $C = 150$ utilizando la fórmula de Hassen & Williams:

$$H_f = \frac{(1743.811) * (L) * (Q)^{1.85}}{(C)^{1.85} * (\phi)^{4.87}}$$

Tomando $H_f = 62.95\text{m}$

Con ésta fórmula buscamos el diámetro de tubería.

$$\phi = \left[\frac{(1743.811) * (L) * (Q)^{1.85}}{(C)^{1.85} * (H_f)} \right]^{1/4.87}$$

Sustituyendo entonces:

$$\phi = \left[\frac{(1743.811) * (1564.1\text{m}) * (2.61\text{l/s})^{1.85}}{(150)^{1.85} * (62.95\text{m})^{4.87}} \right]^{1/4.87} = 1.92\text{pulgadas}$$

Comprobando con diámetros de 2" y 1½"

$$H_f = \left[\frac{(1743.811) * (1564.1) * (2.61)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (\phi)^{4.87}} \right]$$

Sustituyendo diámetros se tienen las siguientes pérdidas

$$f(\phi) = \{2, H_f=51.81\text{m}@1\frac{1}{2}, \quad H_f = 210.48\text{m}\}$$

Determinando longitud de tubería para cada diámetro

$$L_2 = L \left(\frac{H_f - H_{f1}}{H_{f2} - H_{f1}} \right)$$

$$L_2 = 1564.1 * \left(\frac{62.95 - 51.81}{210.48 - 51.81} \right) \quad L_2 = 104.54\text{m}$$

$$L_1 = L - L_2$$

$$L_1 = 1564.1 - 104.54 = 1459.56\text{m}$$

$$H_{f1} = \left[\frac{(1743.811) * (1459.56) * (2.61)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (\phi)^{4.87}} \right]$$

$$H_{f2} = \left[\frac{(1743.811) * (104.54) * (2.61)^{1.85}}{(150^{1.85}) * (1.754^{4.87})} \right]$$

$$f(L, D) = \begin{cases} 1459.56m, & H_{f1} = 48.38m \\ 104.54m, & \underline{H_{f2} = 14.06m} \\ & \underline{H_f = 62.44m} \end{cases}$$

Cota piezométrica (Cp) = cota inicial (del terreno) – pérdida (Hf)

$$Cp = 1001.923m - 14.06 = 987.863 m$$

Velocidad del flujo:

$$V = \frac{(Q) * (1.974)}{(\phi_{interno})^2}$$

$$V = \frac{(2.61 / s) * (1.974)}{(2.193")^2} = 1.07 m / s$$

Con este primer cálculo se obtienen valores aceptables, sin embargo la presión no es la adecuada, a continuación disminuir la pérdida, con esto se aumenta la presión.

Asumir Hf = 30.00m

Con esta fórmula buscamos el diámetro de tubería.

$$\phi = \left[\frac{(1743.811) * (L) * (Q)^{1.85}}{(C)^{1.85} * (Hf)} \right]^{1/4.87}$$

Sustituyendo entonces:

$$\phi = \left[\frac{(1743.811) * (1564.1m) * (2.61 / s)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (30m)^{4.87}} \right]^{1/4.87} = 2.2378 \text{ pulgadas}$$

Con este valor se puede determinar el diámetro interno Nominal.

Diámetro interno nominal = 2.655 pulgadas de 165 psi

Cota piezométrica (Cp) = cota inicial (del terreno) – pérdida (hf)

$$C_p = 1000.00\text{m} - 13.04\text{m} = 986.96 \text{ m}$$

Velocidad del flujo:

$$V = \frac{(Q) * (1.974)}{(\phi_{\text{interno}})^2}$$

$$V = \frac{(2.61\text{l/s}) * (1.974)}{(2.655\text{"})^2} = 0.73 \text{ m/s}$$

2.11. Diseño del tanque de almacenamiento

De acuerdo a las características del terreno y a los requerimientos de la red de distribución, los tanques pueden estar totalmente enterrados, semienterrados, superficiales o elevados. Los tanques de distribución o almacenamiento normalmente se construyen de concreto ciclópeo, concreto reforzado, mampostería reforzada y en los tanques elevados predomina el uso de acero.

El tanque para éste caso se construirá de concreto ciclópeo debido a la facilidad que hay en el lugar de conseguir piedra bola (material principal que integra el concreto ciclópeo), por lo que bajan los costos de materiales para el mismo.

El tanque se realizará con el método de muros por gravedad. Dichos muros son fáciles de construir y su estabilidad depende de su propio peso.

Para obtener los detalles constructivos del tanque, consultar los planos en la sección del apéndice, así como la memoria de cálculo respectiva.

El método de diseño utilizado es el de muros por gravedad.

El tanque está compuesto de cuatro muros que serán de concreto ciclópeo. Para facilitar el diseño, se tomará una sección unitaria del muro (un metro de espesor y un metro de ancho).

A continuación se presenta una metodología de diseño para el muro, aunque ésta depende del criterio del diseñador.

- Se estiman las dimensiones del muro, según las condiciones de carga y tipo de suelo.
- Se calculan los empujes tanto activo como pasivo, según la teoría de Ranking.
- Se calcula el momento de volteo que actúa sobre el muro.
- Se calcula el peso del muro, descomponiendo la forma geométrica real, en varias formas que faciliten el cálculo.
- Se determina la fuerza sustentante N , así como su línea de acción. Si x (centroide de presiones) fuera menor que cero, el muro no es estable.
- Esto porque el momento debido al empuje activo es mayor que el momento estabilizante del peso. Es necesario pues, buscar que la resultante N caiga en el tercio medio de la base del muro. La relación del momento estabilizante y el momento de volteo debe ser de 1.5 o mayor.

- Esto no es más que el factor de seguridad contra una estimación deficiente del empuje activo.
- Se debe comprobar la resistencia al deslizamiento. Se toma en cuenta únicamente la fuerza resistente al deslizamiento, sin tomar en cuenta el empuje pasivo, porque se diseñará el tanque para la situación crítica, cuando esté vacío. Luego se busca la relación de la fuerza equilibrante al empuje activo horizontal que sea de 1.5 o más.
- Se debe calcular la capacidad de soporte del suelo. Debido a que la fuerza N no actúa en el centroide, la presión máxima en la base del muro será mayor que el valor medio.
- Debido a que éste es un método por tanteos, será necesario redimensionar el muro, si alguno de los requisitos anteriores no se cumpliera.

Figura 2 Dimensiones del tanque (perfil)

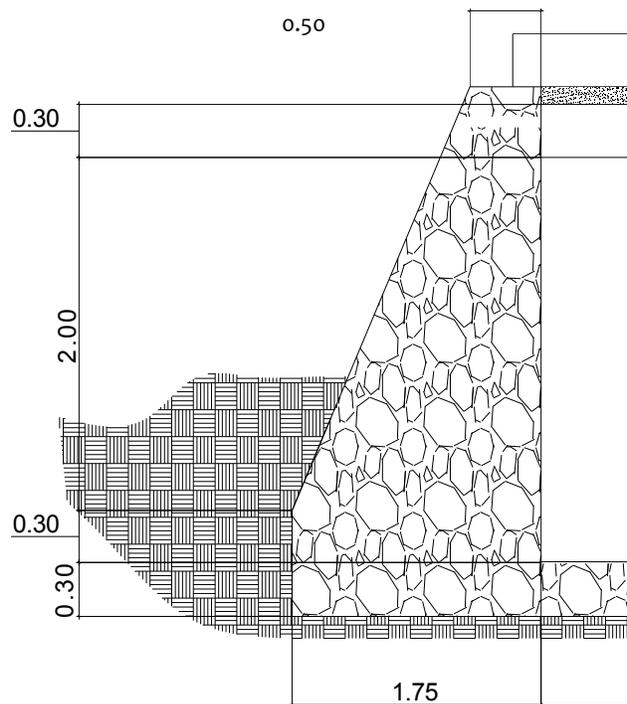
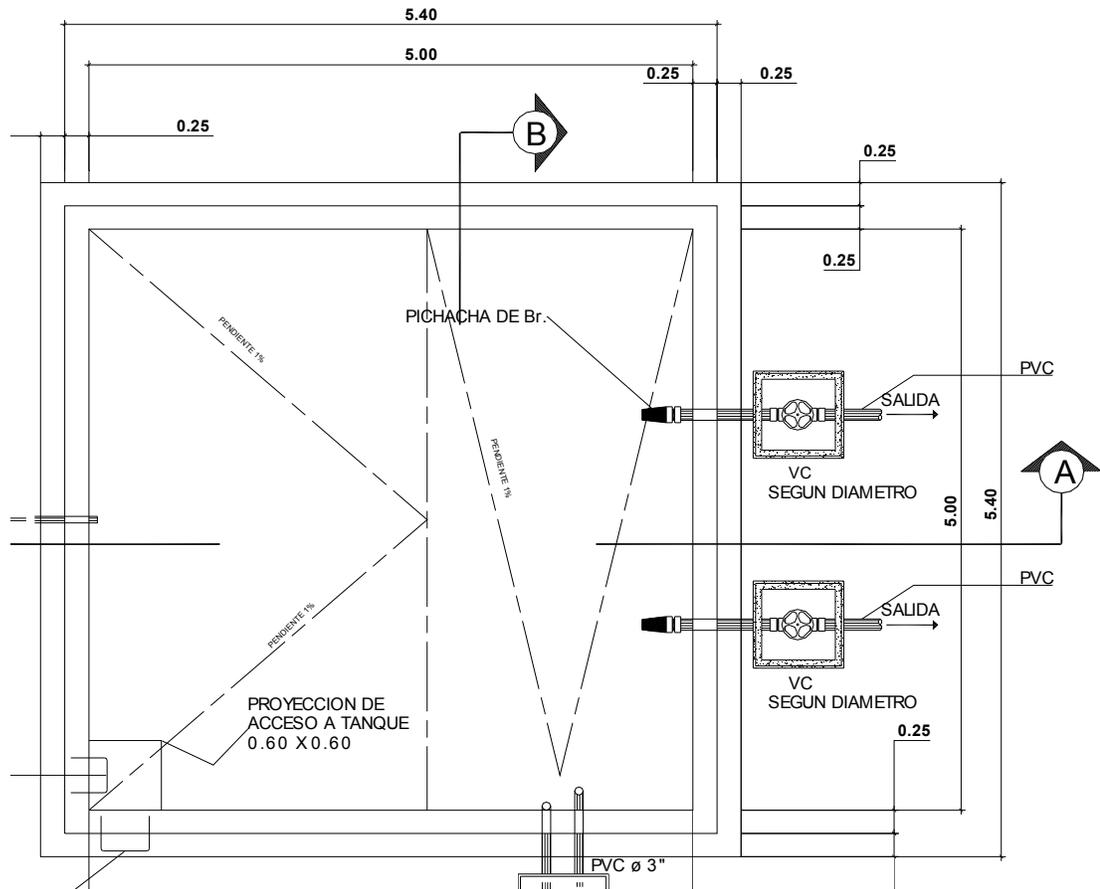


Figura 3 Dimensiones del tanque (planta)



Diseño de la losa del tanque de distribución:

Datos:

$a = 5.00$ Carga viva = 100 kg/m^2 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $b = 5.00$ $\gamma \text{ conc.} = 2400 \text{ kg/m}^3$ Sobre peso = 90 kg/m^2
 $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$

Cálculo de espesor de losa:

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{20.00}{180} = 0.1111 \quad \text{Se adopta } t = 0.12m$$

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5.00}{5.00} = 1 > 0.5 \Rightarrow \quad \text{Losa en 2 sentidos}$$

Integración de cargas últimas:

CV = Carga viva

CM = Carga muerta

CU = Carga última

M = Momento nominal

Peso de la losa = $2400 \cdot 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$

$$CU = 1.7CV + 1.4CM$$

$$CU = 1.7(100) + 1.4(288 + 90) = 700.00 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes:

De acuerdo al método 3 del ACI.

Momentos negativos

Momentos positivos

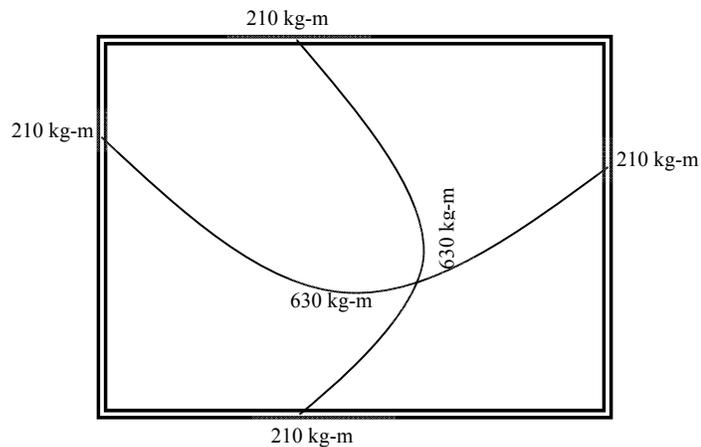
$$M(-)A = 210.00 \text{ kg-m}$$

$$M(+)A = 630.00 \text{ kg-m}$$

$$M(-)B = 210.00 \text{ kg-m}$$

$$M(+)B = 630.00 \text{ kg-m}$$

Figura 4 Diagrama de momentos en la losa



Cálculo de peralte efectivo de losa:

Si se asume acero de refuerzo $\emptyset 3/8''$

$$d = t - \text{Rec} - \frac{f}{2} = 12 - 2 - 0.5 = 9.5 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo requerido con los siguientes datos:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 9.5 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0.40 * \left(\frac{14.1}{2810} \right) \times 100 \times 9.5 = 1.908 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 f'c}} \right] * \frac{0.85 * f'c}{f_y}$$

Sustituyendo datos:

$$A_s = \left[100 * 9.5 - \sqrt{(100 * 9.5)^2 - \frac{630.00 * 100}{0.003825 * 210}} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810} = 2.68 \text{ cm}^2$$

Cálculo de espaciamiento:

$$S = \left(\frac{\text{Area de varilla x base}}{A_s} \right)$$

$$S = \left(\frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{2.68 \text{ cm}^2} \right) = 26.46 \text{ cm}$$

Utilizar varilla No. 3 @ 0.25 m, en ambos sentidos.

✓ **Diseño de viga de soporte de losas:**

Según ACI 318-02.

$$h_{\text{viga}} = L/18.5 = 5.00/18.5 = 0.27 \text{ m}$$

$$b = h/2 = 0.27/2 = 13.50 \text{ cm}$$

Se propone entonces una sección de 0.20 x 0.40 m.

$$b = 20 \text{ cm} \quad \text{Carga de losa} = 700.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ (de la integración de carga de la losa)}$$

$$h = 40 \text{ cm} \quad L = 5.00 \text{ m}$$

$$r = 2.5 \text{ cm} \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área} = 5.00 \text{ m} * 5.00 \text{ m} = 25.00 \text{ m}^2$$

Como es una losa cuadrada el área tributaria es $\frac{1}{4}$ del área total = 6.25 m².

Cargas sobre viga:

$$\text{Carga de losa} = ((6.25 \text{ m}^2) * (700 \text{ kg / m}^2)) / (5.00 \text{ m}) = 21875 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Peso propio} = (2400 \text{ kg/m}^3)(0.20 \text{ m})(0.40 \text{ m})(1 \text{ m}) = 192.00 \text{ kg/m}$$

$$W = 1.4 (192) + 21875 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momento positivo (M+)} = WL^2/9 = (22143.8 \text{ kg/m})(5.00 \text{ m})^2/9 = 61510.50 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momento negativo (M-)} = WL^2/14 = (22143.8 \text{ kg/m})(5.00 \text{ m})^2/14 = 39542.67 \text{ kg-m}$$

$$\text{Corte actuante (Vu)} = WL/2 = (22143.8 \text{ kg/m})(5.00 \text{ m})/2 = 55359.5 \text{ kg}$$

Cálculo del peralte efectivo de viga: proponiendo acero de refuerzo $\emptyset \frac{1}{2}$ " y estribo $\emptyset 3/8$ "

$$d = t - Rec - \phi_{long} / 2 - \phi_{transv} = 40 - 2.5 - 0.95 - 1.27 / 2 = 35.91 \text{ cm}$$

Datos:

$$b = 20 \text{ cm, } d = 36 \text{ cm, } f'c = 210 \text{ kg/m}^2, Fy = 2810 \text{ kg/m}^2.$$

$$As_{min} = \frac{14.1}{2810} * 20 * 35.91 = 3.60 \text{ cm}^2$$

$$As_{req} = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 f'c}} \right] * \frac{0.85 * f'c}{fy}$$

$$As_{(+)} = \left[20 * 35.91 - \sqrt{(20 * 35.91)^2 - \frac{63000 * 20}{0.003825 * 210}} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

$$As_{(+)} = 6.78 \text{ cm}^2 \quad As_{(-)} = \left[20 * 35.91 - \sqrt{(20 * 35.91)^2 - \frac{21000 * 20}{0.003825 * 210}} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

$$As_{(-)} = 4.31 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = \rho_{max} * b * d$$

$$\rho_{\max} = \frac{0.85^2 * 210}{2810} * \frac{6100}{6100 + 2810} = 0.03696$$

$$A_{S \max} = 0.03696 * 20 * 30.91 = 22.85 \text{ cm}^2$$

donde $A_{S \min} \leq A_{S \text{requerido}} \leq A_{S \max}$

Para armado usar:

4.31 cm² = 3 var No. 4 + 1 var No.3 (para cama superior)

6.78 cm² = 3 var No. 4 + 2 var No. 5 (para cama inferior)

- **Cálculo del corte resistente:**

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

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 20 * 35.91 = 4688.67 \text{ kg}$$

- **Comparar corte resistente con corte último:**

Si $V_R \geq V_U$ la viga necesita estribos sólo por armado

Si $V_R < V_U$ se diseñan estribos por corte

Para éste caso $V_u > V_r$ (4688.67 > 275837.5) necesita estribos por corte

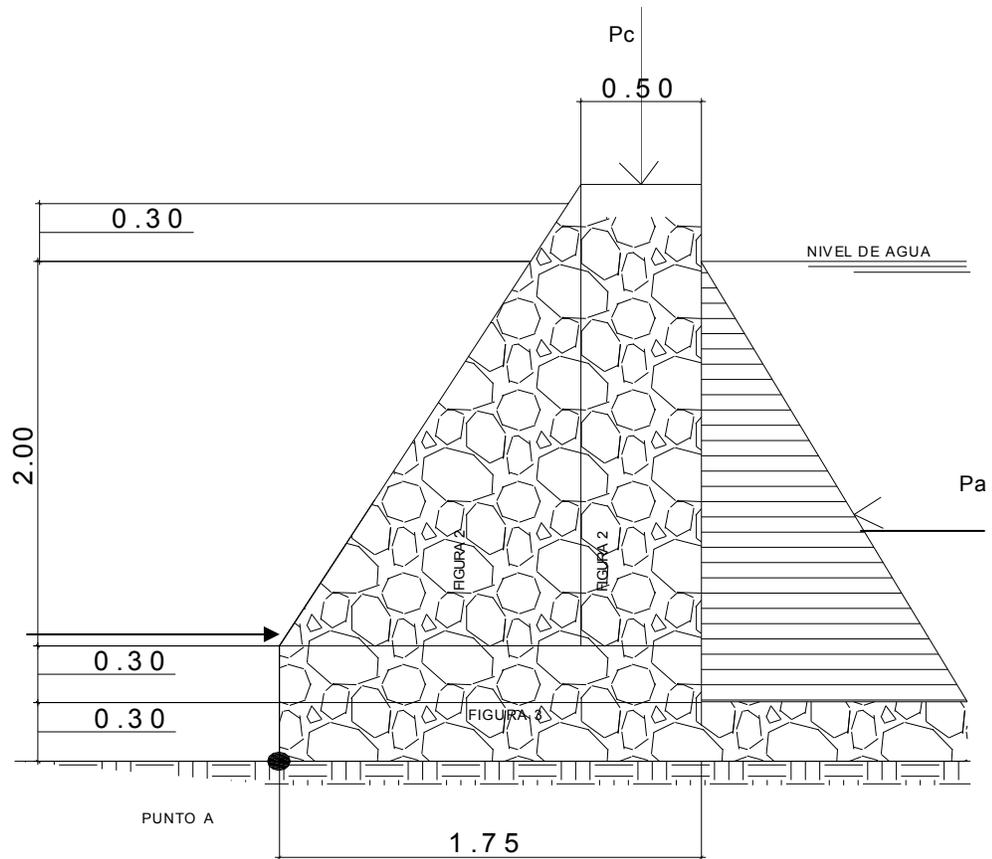
$$S = \frac{A_v * f_y}{0.34 * b}$$

$$S = \frac{0.71 * 2810}{0.34 * 100} = 58.2 \text{ cm.}$$

$$\Rightarrow S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{35.91}{2} = 17.95 \text{ cm} \quad \text{Usar No. 3 @ 15cm}$$

- Diseño del muro del tanque

Figura 5 Diagrama de presiones



Datos

- Ángulo de fricción interna (φ) = 30°
- Peso específico del agua (δ_a) = 1,000 kg /m³
- Peso específico del concreto (δ_c) = 2,400 kg /m³
- Peso específico del concreto ciclópeo (δ_{cc}) = 2,500 kg /m³
- Valor soporte del suelo (V_s) = 15,000 kg /m³
- P_c = 1,600 kg /m

W como carga puntual

$$P_c = 1,600 \text{ Kg/m} \cdot 1\text{m} = 1,600.00 \text{ kg}$$

Momento que ejerce la carga puntual respecto al punto(A).

$$MC = (1,600)(1.75-0.50/2) = 2400 \text{ kg} - \text{m}$$

Fuerza activa (Fa).

$$Fa = \rho a^*(H^2/2) = (1,000\text{Kg/m}^3)((2.30\text{m})^2/2) = 2,645 \text{ kg/m}$$

Momento de volteo respecto del punto(A).

$$Mact = Fa^*((2.30/3)+0.30) = (2,645 \text{ kg/m})((2.30/3)+0.30) = 2821.33 \text{ kg-m}$$

Tabla I Cálculo de momentos respecto al punto(A).

Figura	W Kg	Brazo(m)	Mom(kg-m)
1	2875.00	1.50	4312.50
2	3594.00	0.8333	2995.00
3	1312.50	0.875	1148.43
sumar W_R	7781.50	MR	8,455.94

Carga total (WT) = Pc + WR.

$$WT = (1,600 + 7781.50) \text{ kg} = 9381.50 \text{ kg}$$

Chequeo estabilidad contra volteo.

$$FSV = \frac{\sum MR}{\sum Mact} = \frac{(MR+MC)}{Mact} = \frac{(8455.94 + 2400)}{2821.33} = 3.847 > 1.5 \text{ si chequea.}$$

Chequeo estabilidad contra deslizamiento.

$$FSD = WT/Fa = 9381.50/ 2645 = 3.546 > 1.5 \text{ si chequea}$$

2.12. Programa de operación y mantenimiento

Cada día aumenta la demanda de agua de las comunidades, las continuas sequías han agravado seriamente estos problemas, pero la principal condición es el aumento en el estándar de vida y el marcado crecimiento de la población, adicional a esto los problemas de fugas en las tuberías. Para que un sistema de abastecimiento de agua potable funcione correctamente, se tiene que contemplar un programa de operación y mantenimiento tanto para los equipos como para la infraestructura, situación que va a determinar la vida útil del proyecto, garantizando la cantidad y calidad del agua suministrada.

a. Operación

Se refiere a las acciones externas que se ejecutan a las instalaciones o equipo, sin afectar su naturaleza y características internas.

b. Mantenimiento

Se refiere a las acciones internas que se ejecutan a las instalaciones o equipos y que de algún modo alteran su naturaleza o partes constitutivas del sistema. Estas acciones internas tienen por objeto la prevención o la reparación de daños. Hay dos clases de mantenimiento: correctivo y preventivo.

b.1. Mantenimiento correctivo

Consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones o equipos. Este tipo de mantenimiento no se puede programar, debido a que los daños pueden ser de diferente índole y por

diferentes circunstancias. Para ello es necesario que se disponga de personal especializado y equipo idóneo.

b.2. Mantenimiento preventivo

Consiste en la ejecución de un conjunto de acciones internas en las instalaciones o el equipo para evitar, dentro de lo posible, que se produzcan daños. Todas las intervenciones en las instalaciones o equipos deben programarse usando un calendario, con intervalos periódicos basados en otras experiencias de sistemas similares y, con el tiempo, ajustarlos a las necesidades propias del acueducto correspondiente. Es importante tomar en cuenta, además, los informes sobre las características y el comportamiento operacional de los equipos o instalaciones que provienen de los lugares de fabricación. Las etapas para la organización eficiente del mantenimiento preventivo de un sistema son:

- Inventario técnico de las instalaciones o equipos
- Clasificación en grupos de acuerdo con características similares
- Identificación individual de cada una de las instalaciones o equipos
- Formularios necesarios para el control del mantenimiento preventivo
- Normas de mantenimiento preventivo para cada grupo de componentes
- Plan periódico de mantenimiento preventivo, que se recomienda sea anual
- Archivos técnicos de mantenimiento

El programa, en resumen, consiste en mantener el sistema de agua operando en condiciones lo más cercanas a su máxima eficiencia, especialmente lo relacionado al equipo de bombeo de los pozos en operación, los dosificadores de cloro instalados y por instalar, además de proveer la sustitución oportuna de las bombas y los motores antes de que el costo de operación además de la reparación se eleve y no sea rentable. Es de vital importancia lo referente al estado físico de los tanques de almacenamiento, ya que los mismos requieren de inspecciones periódicas o trabajos de reparación, esto con el objetivo de evitar colapsos en forma oportuna. Así mismo, se debe de mantener un monitoreo de las presiones de la red de distribución, con el objetivo de anticiparse a los problemas de altas y bajas presiones, producto generalmente de expansiones de la red de servicio o cambio del uso de la tierra.

2.13. Cálculo de tarifa

2.13.1. Sistemas de tarifa

Para el correcto funcionamiento del sistema de agua potable y asegurar el cumplimiento de la vida útil del proyecto, se debe de establecer una cuota mensual por el servicio de agua potable que se presta. Para establecer la tarifa más adecuada, existen diversos puntos de vista, entre estos están las tarifas según las variaciones en los precios establecidos. Según este criterio las tarifas se pueden clasificar de la siguiente manera.

2.13.2. Sistema uniforme

Este sistema se refiere a cuando se establece un solo precio unitario, cualesquiera que sean, la clase de consumo o el volumen del mismo. En el sistema uniforme, el volumen de agua consumida se cobrará mensualmente por cuota general a la población, debido a que no se instalarán medidores de volumen de consumo y el cobro mensual se calcula dividiendo el total del gasto en el total de servicios.

2.13.3. Sistema diferencial

Se dice que se aplica este sistema cuando la tarifa incluye precios unitarios variables para las diferentes clases de servicio. La diferenciación se efectúa tomando en cuenta diversos aspectos, por ejemplo:

- según las clases de consumo;
- de acuerdo con el volumen de agua consumida;
- según el avalúo catastral de la propiedad;
- de acuerdo con zonas de presión o bombeo.

Las tarifas diferenciales pueden ser directas, si los precios unitarios aumentan conforme aumenta el consumo o inversas, si los precios unitarios disminuyen cuando el consumo aumenta. El propósito principal de las tarifas diferenciales directas es de índole social, para favorecer a los pequeños consumidores. Las tarifas diferenciales inversas toman en cuenta que para grandes servicios el costo es menor que para pequeños consumidores.

Existen, también, sistemas diferenciales combinados, en los cuales, para algunos consumos la tarifa, suele ser creciente; para otros, generalmente los grandes consumidores, la tarifa es decreciente.

2.13.4. Gastos de administración

Esta función correrá a cargo del comité de agua, el cual será el encargado de la contratación de un fontanero quien será el que trabaje para conseguir la correcta operación del sistema. El comité, también, será el encargado de la recolección de la tarifa en forma mensual por medio de un tesorero, éste tendrá derecho de percibir una comisión correspondiente al 10% de lo recaudado.

El comité de agua, también, deberá cubrir gastos de visitas periódicas por los miembros del comité o de alguna persona que tenga que realizar trámites relacionados con el sistema, así como gastos de sello, papelería y otros, se supone que estos gastos serán del orden del 5% de lo recaudado durante cada mes. Por lo tanto, los gastos de administración, según la metodología de tarifas del INFOM-UNEPAR, se cubrirán aplicando la siguiente fórmula:

G.A. = (15%) (total de ingresos)

donde:

G.A. = Gastos de administración

2.13.5. Gastos de mantenimiento

El mantenimiento, como es lógico suponer, y como se mencionó anteriormente, es previsible, únicamente, el mantenimiento preventivo, pero es muy difícil estimar el mantenimiento correctivo. El mantenimiento incluye la compra de herramienta y equipo necesario para realizar reparaciones al sistema.

Según la metodología del INFOM-UNEPAR, para determinar el costo de obtención de mantenimiento debemos considerar el período de vida útil del sistema ya que se ha estimado que, mensualmente, se requerirá un monto equivalente al 0.75% del costo total del proyecto.

$$GM = \frac{0.0075 * CT}{12}$$

donde:

G.M. = Gastos por mantenimiento mensual

CT = Costo total del proyecto.

2.13.6. Gastos de tratamiento

Como tratamiento se entenderá en este caso a la desinfección que se aplica al agua en el tanque de distribución ya que los tratamientos adicionales serán contemplados en el costo total del proyecto. La desinfección más frecuente en los acueductos rurales es la realizada con hipoclorito de calcio.

La presentación del hipoclorito de calcio en el mercado es más común en forma de pastilla con una determinada concentración, por lo que los gastos ocasionados por el tratamiento, estarán en función del caudal de entrada al tanque, de la concentración que presente el hipoclorito de calcio y de su costo.

Continuando con los criterios para el cálculo de tarifas del INFOM-UNEPAR, el cálculo del costo del hipoclorito de calcio es de la siguiente manera:

$$GT = \frac{Qc * Rac * C_{HC} * 86400 * 30}{45400 * Cc}$$

donde:

G.T. = Gastos por tratamiento mensual

Qc = Caudal de conducción o día máximo

C_{HC} = Costo de hipoclorito por gramo

Rac = Relación agua cloro en una parte por millar

Cc = Concentración de cloro al 65%

2.13.7. Tarifa adoptada

Considerando las características económicas y socioculturales de la comunidad, se optará por aplicar el sistema de tarifa uniforme. En el cálculo de la tarifa se suman los gastos ocasionados en el sistema y se divide por el número de conexiones domiciliarias.

Tabla II Tarifas por gasto anual

Gasto de mantenimiento	Q 215.02
Gastos de tratamiento	Q 102.00
Gastos de operación	Q 350.00
Gastos de administración	Q 412.50
Total	Q 1079.52

Numero de conexiones 65 viviendas.

Se establece que la tarifa mensual por concepto de consumo de agua es de dieciséis con 60/100 quetzales (Q 16.60), esta tarifa se aplica para los primeros 5 años de servicio. La proyección de la tarifa mensual para los siguientes períodos es la siguiente:

Tabla III Tarifas mensual para el periodo de diseño

Periodo (años)	número de conexiones	Tarifa mensual
1 a 5	65	16.60
5 a 10	88	38.86
10 a 15	101	61.98
15 a 20	117	96.74

Es importante tener en cuenta que la tarifa se calculó asumiendo que no existirá una escalada fuera de lo previsto de los factores que influyen en la operación, mantenimiento y tratamiento del sistema.

2.13.8. Tarifa por nueva conexión domiciliar

Una nueva conexión al sistema de agua potable, producirá gastos de instalación en concepto de pago a fontanero y administración. La cuota por la nueva instalación será de trescientos quetzales (Q 300.00) que será recaudado por el comité de agua con la salvedad de que el nuevo beneficiario del sistema desarrollará los trabajos previos a la conexión, es decir, excavación y compra de materiales desde la línea de tubería más cercana a su casa y automáticamente efectuará pagos mensuales de la tarifa establecida.

2.13.9. Tarifa por reinstalación del servicio

Los beneficiarios del servicio del sistema de agua potable que no efectúen sus pagos mensuales de la tarifa durante 3 meses consecutivos se les cortará el servicio, con previo aviso verbal y escrito al segundo mes de no haber efectuado el pago. Al momento de la reinstalación del servicio de agua potable se pagará una cuota de cien quetzales (Q 100.00) por concepto de corte y de instalación más los meses no pagados.

2.14. Presupuesto general y cuantificaciones de materiales

En este listado se integran las unidades o diferentes renglones proyectados, con los materiales de construcción necesaria para cada proyecto y transporte del mismo. Además, se consignó la mano de obra calificada, mano de obra no calificada, con relación al salario del lugar. Con este establece los costos directos, además se incluyen los costos indirectos como se describen a continuación.

Tabla IV Resumen del presupuesto general



NOMBRE DEL PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE SISTEMA DE AGUA CASERÍO COROZAL ARRIBA
 UBICACIÓN:
 FECHA: agosto de 2007
 COMUNIDAD: LA UNIÓN ZACAPA

COSTOS DIRECTOS

Mano de obra calificada	Q	139,770.68
Mano de obra no calificada	Q	34,959.55
Material local	Q	11,909.63
Material no local	Q	291,419.25
Transporte	Q	21,763.16
Total costo directo	Q	499,822.26

COSTOS INDIRECTOS

Imprevistos	Q	24,991.11
Gastos administrativos	Q	39,985.78
Supervisión	Q	29,989.34
Utilidad	Q	124,955.57
Total costo indirecto	Q	219,921.80

TOTAL OBRA Q 71,744.06

	Renglón	Cantidad	Unidad	Total
1	CAPTACIÓN	1	global	Q 15,349.81
2	LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	4584	ML	Q 336,588.35
3	CAJAS PARA VÁLVULAS	11,0	Unidad	Q 19,259.73
5	CAJAS ROMPE PRESIÓN	3	Unidad	Q 17,249.13
6	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN 50 m ³	1	Unidad	Q 49,303.05
7	CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES	1	Unidad	Q 33,243.49
8	CONEXIONES DOMICILIARES	65	Unidad	Q 21,328.69
9	HIPOCLORADOR	1	global	Q 7,500.00

Metros lineales a mejorar **4584 ML**

Costo x ML Q 157.01

2.15. Evaluación socioeconómica

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.15.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11%, el procedimiento a realizar será:

Costo de ejecución= Q719744.06, esta inversión deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, éste rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto-sostenible.

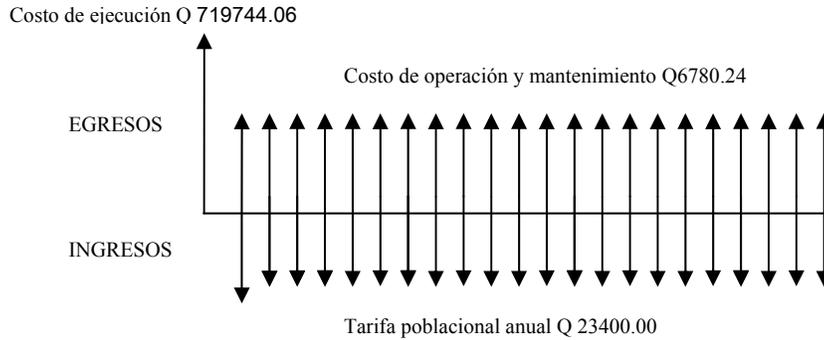
Costo de operación y mantenimiento anual (CA) =Q 565.02*12meses

CA=Q 6780.24

Tarifa poblacional anual (IA) = Q30.00/vivienda*65vivienda*12meses

IA=Q23 400.00

Figura 6 Esquema de ingresos y egresos durante el periodo de diseño



Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 6781.24 * \left[\frac{(1+0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1+0.11)^{20}} \right] = Q 54001.23$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 23400.00 * \left[\frac{(1+0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1+0.11)^{20}} \right] = Q186341.87$$

VPN = ingresos – egresos

VPN = Q186341.87 – Q 54001.23

VPN = Q132341.65

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento, que se necesiten durante el período de funcionamiento.

2.15.2. Tasa interna de retorno

Ésta es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, la tasa interna de retorno TIR atractiva es recuperable por los beneficios directos que tienen sobre la población beneficiada, en cuanto a reducción de gastos en salud, higiene y otros beneficios, por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para éste tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera:

Costo=inversión inicial-VPN=Q 719744.06– Q 3132340.65=Q 587403.41

Beneficio=No. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio=Q587403.41/1500habitantes=Q391.60/hab

Las instituciones de inversión social, toman las decisiones con base al valor anteriormente obtenido y las disposiciones económicas que posean. Según las expectativas de las entidades que colaboran con la municipalidad de La Unión, se tiene un rango aproximado de hasta Q.500.00 por habitante. De lo anterior se concluye que el proyecto, podría ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente con la municipalidad.

2.16. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimice los impactos no deseados. Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta, para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción. Como principio se debe establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa, ni un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir sobreexplotación del medio natural y un freno al desarrollismo negativo y anárquico.

Impacto ambiental para proyectos de agua potable

- **Tipología de proyectos de agua potable**

La tipología de proyectos identificados para cubrir la demanda por infraestructura en el sector agua potable, en los territorios rurales considerados dentro del marco del proyecto de desarrollo rural, son las siguientes:

1. Abastecimiento de agua (fuentes de agua)
2. Sistema de acumulación
3. Sistema de tratamiento
4. Sistema de distribución
5. Ampliación y mejoramiento de un sistema de agua

En un proyecto se debe definir claramente cuál es su tipología de proyecto y la naturaleza de él (apertura o construcción, mejoramiento, ampliación o rehabilitación).

Los proyectos de infraestructura para el sector agua potable no presentarán impactos ambientales adversos de gran magnitud, que pudieran poner en riesgo la salud de las personas o el medio ambiente, sino por el contrario, se espera satisfacer una demanda de primera necesidad. Durante la etapa de construcción de un sistema de agua potable, es necesario preparar los terrenos donde se instalará el estanque de regulación, los equipos de impulsión, así como los ductos desde la fuente de agua al estanque y de éste a los arranques domiciliarios.

Si no son bien estudiadas las fuentes de abastecimiento se pueden generar impactos ambientales adversos de mayor magnitud; sin embargo, buenas medidas constructivas y de mitigación hacen poco probable la generación de impactos.

Se estima que la construcción de un sistema completo de agua potable, incluyendo abastecimiento desde nuevas fuentes de agua, acumulación, tratamiento y distribución, será poco probable debido a que otros organismos del estado tienen facultades, facilidades y recursos disponibles para desarrollar sistemas de agua potable rural. Si se llegara a presentar éste tipo de proyectos será para habilitación de soluciones individuales.

La instalación del estanque de regulación debe someterse a una prueba, que en lo esencial consiste en llenarlo de agua, para determinar posibles filtraciones y comprobar su funcionamiento. Por otra parte, un procedimiento análogo es preciso realizar a los ductos, para comprobar su adecuada instalación y funcionamiento. Las descargas que dichas actividades involucran son mínimas y discontinuas en el tiempo.

En cuanto a los sistemas de distribución de agua potable, éstos consistirán básicamente en la instalación de ductos, de muy poca envergadura y afectación. Las zanjas donde se colocan las tuberías de distribución de agua, en general, sólo tienen 0.60 m de ancho, por lo cual no afectan el desplazamiento de la población o de la fauna del lugar.

- **Antecedentes generales**

En un proyecto siempre debe proporcionar información general acerca del titular, del proyecto y sus obras y del área donde se emplazará el proyecto. Los principales aspectos son:

a) Identificación del titular: En éste ítem deberá entregar toda la información referente al titular del proyecto y del representante legal de la empresa ejecutora (en caso que hubiera).

b) Nombre del proyecto: En éste ítem deberá indicar el nombre y localización del proyecto a ejecutar, además de indicar el tipo y naturaleza de éste. Adicionalmente, debe entregar una indicación si el proyecto generará la necesidad de reubicación de personas debido al proyecto.

c) Características específicas de la actividad, obra o proyecto: El contratista tendrá que indicar el tipo de actividad que desarrollará durante la ejecución de la obra, según su tipología de proyecto.

d) Descripción del área del proyecto: El ejecutor deberá describir el área donde se llevará a cabo la obra, indicando el tipo de relieve y pendientes del terreno, tipos de suelos, descripción climática, cobertura vegetal, entorno cercano al proyecto e indicar el tipo de zona donde se encuentra la obra.

Escenarios posibles identificados

Determinados por la localización del proyecto

Localización en áreas con patrimonio cultural

Localización en zonas áridas (escasas fuentes de abastecimiento)

Descripción de las actividades a realizar

Deberán identificar y describir las actividades de construcción que realizará para la ejecución del mismo, de acuerdo al tipo de proyecto que haya identificado anteriormente.

Tabla V Actividades identificativas

Etapa de construcción	Etapa de operación
<ul style="list-style-type: none">• Constitución del derecho de aprovechamiento• Adecuación o apertura de caminos de acceso• Despeje y corta de vegetación• Instalación de campamentos• Transporte, operación y mantenimiento de maquinaria, equipos y/o materiales• Movimiento de tierras (excavación de zanjas)• Disposición de material excedente• Instalación de estanque de acumulación y regulación• Instalación de tuberías	<ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento de estanques y tuberías• Cloración del agua

Identificación de impactos: En cada proyecto deberá identificar los potenciales impactos ambientales que puedan provocar las actividades y obras asociadas al proyecto, para lo cual debe apoyarse en las matrices de impacto contenidas en esta sección.

Tabla VI Matriz genérica de impactos ambientales para tipologías de proyectos de agua potable y escenarios posibles(*)

TIPOLOGÍA				IMPACTOS AMBIENTALES
Ampliación y mejoramiento del sistema	Distribución de agua potable	Acumulación y tratamiento de agua	Abastecimiento de agua	
ETAPAS/ ACTIVIDADES				Emisión material particulado y polvo
				Generación de aguas residuales
				Generación de residuos sólidos
				Incremento de los niveles de ruido
				Alteración y utilización agua superficial o subterránea
				Contaminación de cursos de agua por sedimentos y residuos
				Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico químicas)
				Remoción y afectación de la cobertura vegetal
				Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades
				Conflictos por uso de agua
				Incremento en los niveles de accidentabilidad
				Impacto visual
				Daño en el patrimonio cultural
Etapas construcción				
x		x	Constitución del derecho de aprovechamiento	
x		x	Adecuación o apertura de caminos de acceso	x
x	x	x	Despeje y corta de vegetación	
x	x		Instalación de campamentos	x x x x
x	x	x	Transporte, operación y mantenimiento de maquinas	x x x x
x	x	x	Movimiento de tierras (corte y relleno)	x x x x
x	x	x	Disposición de material excedente	x x
x		x	Instalación de estanques	x
x	x	x	Instalación de tuberías	x x
Etapas de operación				
x		x	Mantenimiento de estanques	x
	x	x	Mantenimiento de tuberías	x x
x		x	Cloración del agua	(+)

Nota (*) Ocurre impacto sólo en los siguientes escenarios:

- a) Áreas con patrimonio cultural b) Zonas áridas con escasez de fuentes

(+) Este impacto es considerado positivo, puesto que introduce la cultura de la higiene y la salud de las personas.

Marco legal aplicable

El ejecutor de un proyecto debe identificar la normativa que le será aplicable, principalmente la de carácter ambiental. Dentro de la normativa legal están incluidos los permisos sectoriales. La base legal para la evaluación de impacto ambiental, devienen de la ordenanza contenida en el artículo 8, de la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86 (reformado por el decreto del Congreso número 1-93), el que a letra indica:

“Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente”

Los sistemas y elementos ambientales son resguardados por el Título II, Capítulo Único de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86 en la cual parte de su texto dice: “La presente ley tiene por objeto velar por el mejoramiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país”.

El medio ambiente en términos legales ésta compuesto por los siguientes sistemas y elementos ambientales, según Título III capítulos del I al VI:

- Sistema atmosférico (aire)

- Sistema hídrico (agua)
- Sistema lítico (roca y minerales)
- Sistema edáfico (suelos)
- Sistema biótico (animales y plantas)
- Elementos audio visuales
- Recursos naturales y culturales

Plan de manejo ambiental

El ejecutor de un proyecto deberá incorporar un Plan de Manejo Ambiental que consistirá en la elaboración sistemática y estructurada de una serie de medidas tendientes a mitigar, restaurar y/o compensar los impactos ambientales negativos producidos en el entorno debido a la implementación de un proyecto, también deberá contemplar la elaboración de una estrategia ambiental que incluya medidas de prevención de riesgos ambientales y control de accidentes.

a) Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto en el entorno, cualquiera sea su fase de ejecución. Estas medidas se determinan en función del análisis de cada una de las componentes ambientales afectadas por la ejecución del proyecto, en cada una de las etapas de éste, pudiendo ser de tres categorías diferentes:

- 1-. Medidas que impidan o eviten completamente un efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción.
- 2-. Medidas que minimizan o disminuyen el efecto adverso o significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de

la obra o acción, o de alguna de sus partes.

- 3-. Medidas que reducen o eliminan el efecto adverso significativo mediante la implementación de acciones específicas.

b) Medidas reparación y/o restauración

Las medidas de reparación y/o restauración tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.

c) Medidas de compensación

Las medidas de compensación tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado. El ejecutor de la obra debe describir en forma sencilla el componente afectado y los potenciales impactos ambientales que se prevé pueda ocasionar como producto de la ejecución y operación de su proyecto, con su respectiva medida de mitigación, reparación y/o restauración y compensación, con la finalidad que este diseñe un plan de mitigación apropiado para su proyecto.

El diseño de un Plan de Manejo Ambiental busca que el ejecutor genere y provea la información específica necesaria y establezca los compromisos para asegurar un medioambiente libre de contaminación.

Medidas de reducción, mitigación o compensación identificadas

Las medidas propuestas de reducción, mitigación o compensación de impactos ambientales adversos están basadas en la experiencia del consultor y la bibliografía consultada. En la siguiente tabla se entrega un listado de medidas que pueden adoptarse frente a un impacto ambiental potencial para la tipología de proyectos de agua potable.

Tabla VII Medidas de mitigación de impactos ambientales para tipologías de proyectos de agua potable

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	<ul style="list-style-type: none"> - Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. - Transportar el material de excavación cubierto y por las rutas establecidas con anticipación.
Efluentes líquidos	Generación de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> - Reutilizar el efluente producido por la prueba del estanque de regulación y la tubería. - Disponer de baños químicos para personal en la obra.
Residuos sólidos	Generación de residuos sólidos (domésticos e industriales)	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener contenedores de residuos domiciliarios para un adecuado almacenamiento temporal. - Recuperar y reutilizar la mayor cantidad de residuos de excavaciones. - Retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes, en lugares autorizados.
Ruidos y/o vibraciones	Incremento de los niveles de ruido	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías en horarios diurnos. - Mantener los vehículos en las mejores condiciones

Componente	Impacto	Medida de mitigación
		mecánicas.
Recursos hídricos	Alteración y utilización agua superficial o subterránea	<ul style="list-style-type: none"> - Que las obras no perjudiquen ni entorpezcan el aprovechamiento de agua para otros fines (riego, recreación). - Dejar un caudal mínimo de agua, principalmente para la época de estiaje. - No afectar los derechos constituidos de terceros.
	Contaminación de cursos de agua o cauces por sedimentos y residuos líquidos o sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - No almacenar temporalmente, en cauces o lechos de río o en sectores que desemboken en ellos, material de excavación. - No disponer efluentes en cauces o cursos de agua que sirven para abastecimiento. - Remover inmediatamente los derrames accidentales de combustible con materiales adecuados.
Suelo	Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas)	<ul style="list-style-type: none"> - No realizar directamente en el suelo las mezclas para obras de concreto. - Realizar los trabajos de mantenimiento de equipos y maquinarias, si se requiere, sobre un polietileno que cubra el área de trabajo. - Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. - Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. - Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con

Componente	Impacto	Medida de mitigación
		<p>cobertura vegetal fuera del área de la obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo. - Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incremento en los niveles de accidentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. - Mantener una adecuada señalización en el área de obra, en etapa de ejecución y operación. - Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo - Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con alarma reversa.
Paisaje	Impacto visual	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación, en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos. Una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

Responsabilidades y compromisos

a) Organización para el tema ambiental

El ejecutor de un proyecto debe organizarse adecuadamente para

manejar los temas ambientales del proyecto. Debe designar dentro del organigrama de su empresa y del personal que trabajará en la obra a alguien responsable de realizar el seguimiento de las variables ambientales en las cuales se previó impactos adversos y que fueron identificados previamente. La persona designada deberá tener conocimiento cabal del Plan de Manejo Ambiental comprometido en su proyecto.

b) Sistema de comunicación de temas ambientales

El ejecutor de un proyecto deberá diseñar e implementar un sistema sencillo de información y comunicación de temas ambientales, tanto para con la comunidad como con las autoridades públicas con las que le corresponda interactuar. Esto con el objetivo de comunicar eventuales problemas ambientales en la etapa de ejecución de la obra.

c) Capacitación ambiental del personal de la obra

El ejecutor de un proyecto tendrá la responsabilidad de capacitar a su personal en los temas comprometidos en el Plan de Manejo Ambiental. Los siguientes son los temas que se deben cubrir a este respecto:

1. Prohibiciones y sanciones tanto en relación a las labores que le corresponden dentro de la faena como a la conducta que deben tener con las comunidades del área del proyecto.
2. Obligaciones que tienen los trabajadores tanto con la comunidad como con la protección del medio ambiente y la salud.
3. Conducta de los trabajadores en las áreas de faenas y las comunidades cercanas al proyecto.

d) Plan de vigilancia y control ambiental

El ejecutor de un proyecto deberá desarrollar un Plan de Vigilancia y Control Ambiental para la obra, de manera de otorgar garantía del cumplimiento de las medidas ambientales comprometidas. Deberá designar a un trabajador de la obra que lleve un registro de los incidentes y accidentes de carácter ambiental o cuyo origen este en la variable ambiental y de salud de las personas para tomar las medidas correctivas apropiadas.

e) Plan de emergencia ambiental

Bajo la probabilidad que se produzcan emergencias ambientales de proporciones; sin embargo, el contratista debe indicar las acciones de manejo que tendría en caso de una eventual emergencia ambiental, ya sea por derrame de combustible o materiales peligrosos, accidentes en las faenas, problemas debido a emergencias climáticas, etc.

f) Plan de cierre de obras

Como se trata de proyectos de infraestructura rural que poseen un alto valor social, se estima que éstos no requerirán de cierre por término de su vida útil, por lo tanto, lo que se propone aquí es un Plan de Cierre de Obras. El ejecutor de un proyecto debe explicar de manera simple, cuales serán las acciones que tomará al finalizar la obra para volver, en la medida de lo posible al estado inicial el terreno.

g) Compromisos voluntarios

El ejecutor de un proyecto deberá tomar acciones durante todo el transcurso de la construcción de la obra y en la operación con lo cual se estará comprometiendo voluntariamente a cumplir con dichas medidas y tanto las autoridades como la comunidad deben verificar que los compromisos ambientales se materialicen durante la ejecución y operación de un proyecto.

3. REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL ALDEA PACAYALITO

Por rehabilitación se entiende de tipo constructivo por medio del cual se le restaura al camino las condiciones físicas y de funcionalidad con que fue construido originalmente. En los trabajos de rehabilitación no se requiere cambiar el alineamiento horizontal y vertical existente sin perder el concepto del bombeo y del peralte, los operadores deben ser diestros en conformar mecánicamente. La unidad de medida es el metro cuadrado (m²), e incluye todos los trabajos que sean necesarios para dar la plataforma de la subrasante del camino de acuerdo a la sección transversal típica de conformidad a los anchos y sobreamanchos, así como las secciones debidamente procesadas y compactadas de las cunetas, todo mostrado en los planos.

3.1. Consideraciones preliminares

3.1.1. Descripción del proyecto

Este trabajo consiste en el suministro y transporte del material; colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de una capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en los planos y lo descrito en especificaciones y normas.

Conforme se vaya terminando de construir la sub-rasante, debe colocarse la capa de balasto. No debe dejarse sin cubrir la sub-rasante, en una longitud mayor de dos kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de diez centímetros.

En los lugares donde los materiales sean suaves o esponjosos, éstos deben ser removidos en su totalidad y remplazados con material apropiado. Todas las rocas o piedras grandes que se encuentren en el lecho de la carretera, deben excavar hasta los límites laterales de la misma, mostrados en los planos y a una profundidad por lo menos de treinta centímetros debajo de la subrasante.

3.1.2. Características de los caminos

Se ha confirmado que para la determinación de las normas para el diseño geométrico de las carreteras, los países en desarrollo siguen la práctica de agrupar las mismas conforme dos criterios muy diferentes. De carácter administrativo, el primero, propone una clasificación básica de las carreteras en regionales o centroamericanas, para el caso, nacionales, departamentales y locales, en tanto que el segundo criterio, de tipo funcional, apunta a una clasificación de las carreteras en primarias, secundarias y terciarias o, en lo relativo a las vías urbanas, en vías expresas, arterias primarias, colectoras y locales. Obviamente que el primer criterio goza de menor reconocimiento práctico que el segundo, pues es muy poco frecuente que una carretera sea diseñada a altos estándares meramente por razón de su clasificación de regional, por ejemplo, sin prestar debida atención a los volúmenes de tránsito que dicha carretera está proyectada para atender durante su período de diseño.

3.1.3. Normas para caminos

Para la construcción de los caminos rurales, se deben observar las especificaciones mínimas autorizadas para los denominados "caminos rurales". Como consecuencia, las consideraciones técnicas se determinarán en función directa de la economía de su realización y del objetivo básico de que la ruta sea transitable en todas las épocas del año.

Como resultado de las visitas preparatorias, se diseñó un camino con un ancho de calzada de 4.50 metros para conformar un sólo carril, revestido con balasto, para un tránsito promedio diario de 10 a 100 vehículos. Este tipo de camino deberá satisfacer las necesidades actuales y de un futuro inmediato, en cuanto a la comunicación se refiere.

En Guatemala se tienen normas específicas para el diseño de caminos y carreteras de la Dirección General de Caminos, además se aplican normas internacionales como las de la ASSTHO entre otras, a nivel de Centroamérica existe el **manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales**, que engloba criterios generales en el diseño de carreteras.

A. Normas AASHTO

Estas normas tratan sobre las especificaciones de los materiales, métodos de comprobación, además de las especificaciones para probar equipo

para los mismos, tendiendo éstas normas a ser flexibles, de acuerdo a las necesidades y características de los materiales locales, mas no así para los materiales fabricados tales como cemento, acero, asfaltos, etc. Muchas de éstas especificaciones están de acuerdo con las de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales.

B. Normas ASTM

ASTM es una de las más grandes organizaciones dedicadas al desarrollo de estándares en el mundo. Fue fundada en 1898 y trabaja sin fines de lucro; provee un foro para el desarrollo y publicación de consensos voluntarios de estándares o normas acerca de materiales, productos, sistemas y servicios. Más de 32,000 miembros (entre usuarios, consumidores, fabricantes, representantes del gobierno y la docencia) desarrollan documentos que sirven como base para la manufactura, gestión y regulación de actividades cotidianas.

ASTM publica estándares sobre métodos de ensayo, especificaciones, prácticas, guías, clasificaciones y terminología de 130 áreas; cubre temas como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, medio ambiente, servicios y aparatos médicos, sistemas computarizados, aparatos eléctricos y muchos otros. Las oficinas centrales de ASTM no poseen instalaciones técnicas ni de investigación, tales trabajos son realizados voluntariamente por los miembros de ASTM alrededor del mundo.

C. Normas COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas fue creada el 5 de mayo de 1962 por Decreto Número 1523 del Congreso de la República, modificado por el Decreto 23-87 del 25 de mayo de 1987. La Comisión se creó adscrita al Ministerio de Economía y con las funciones siguientes:

a) Dirigir, coordinar y unificar las actividades y las políticas del país en materia de fijación de normas; b) Estudiar, elaborar, modificar y proponer al Organismo Ejecutivo por conducto del Ministerio de Economía, la adopción de normas formuladas de acuerdo con su ley de creación y reglamentos respectivos; c) Constituir los comités técnicos de trabajo para el estudio, elaboración y en su caso, modificación de cada norma en particular; d) Vigilar la aplicación de las normas adoptadas; e) Verificar el cumplimiento de las normas vigentes; f) Establecer y mantener relaciones con las organizaciones internacionales y regionales de fijación de normas; g) Tener bajo su jurisdicción todos los demás asuntos relacionados con la fijación de normas en Guatemala.

3.1.4. Mano de obra y equipo

Aquí se incluyen operarios, ayudantes, peones, etc. necesarios para ejecutar cada uno de los trabajos requeridos durante la elaboración del proyecto. Así como herramientas y equipo como: motoniveladora, vibrocompactadora, camiones de volteo, equipo topográfico.

3.1.5. Criterios de diseño

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

Tabla VIII Parámetros generales para el diseño de carreteras tipo G

PARÁMETROS	TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTAÑOSO
Derecho de vía	15 m	15 m	15 m
Ancho de corona	5.50 m	5.50 m	5.50 m
Ancho de superficie de rodamiento	4.50 m	4.50 m	4.50 m
Velocidad de diseño	40 KPH	30 KPH	20 KPH
Tránsito de diseño (TPDA)	20	20	20
Visibilidad de diseño	52 m	34 m	
Radio mínimo	47 m	30 m	18 m
Pendiente máxima	10%	12 %	14%
Taludes de relleno			
a. Menor de 3.00 m	2:1	2:1	2:1
b. Mayor de 3.00 m y Menor de 7.00 m	1½:1	1½:1	1½:1
Taludes en corte			
a. En subsuelos desconocidos	1:1	1:1	1:1
b. En roca sana	De 0 a ½:1	De 0 a ½:1	De 0 a ½:1
c. En tierra compacta	1:1	1:1	1:1
d. Tierra menos compacta	De 1-¼:1 a 2:1	De 1-¼:1 a 2:1	De 1-¼:1 a 2:1
Ancho de hombros	0.50	0.50	0.50
Bombeo máximo	3 %	3 %	3 %
Material de superficies de rodamiento	Granular compacto	Granular compacto	Granular compacto

3.2. Estudio de suelos

Tienen como finalidad descubrir como trabaja el material a utilizar para la construcción de la carretera, para obtener los mejores resultados. Las pruebas de laboratorio realizadas, sirvieron para determinar las condiciones del material, para determinar la calidad del mismo o hacer los ajustes necesarios para aumentar su calidad.

Se presentan especificaciones, para establecer requisitos de los materiales. Estas especificaciones contemplan los requisitos exigidos a los materiales destinados a ser incorporados en las obras como subbases, bases granulares y capas granulares destinadas a servir de superficie de rodadura.

3.2.1.1. Granulometría

Este método permite, mediante tamizado, determinar la distribución por tamaños de las partículas mayores que 0.08 mm, de una muestra de suelo. Para determinar la distribución por tamaños de la fracción bajo tamiz 0.08 mm, se puede utilizar el procedimiento de sedimentar esa fracción en un líquido conocido, generalmente agua destilada, basándose en la Ley de Stokes, que establece que en un fluido de densidad y viscosidad determinada, esferas de un mismo material adquieren una velocidad de sedimentación proporcional al cuadrado de sus diámetros. Este procedimiento se conoce como método Boyucos o del hidrómetro.

Referencias

- AASHTO T87-70 (preparación de la muestra)
- AASHTO T88-70 (procedimiento de prueba)
- ASTM D421-58
- ASTM D422-63

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracteriza porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

En suelos gruesos (gravas, arenas y limos no plásticos), de estructura simple, la característica más importante para definir su resistencia es la compacidad; la angularidad de los granos y la orientación de las partículas juegan también un papel importante, aunque menor.

Los suelos gruesos con amplia gama de tamaños (bien graduado) se compactan mejor, para una misma energía de compactación, que los suelos muy uniformes, mal graduado. Esto sin duda es cierto, pues sobre todo con vibrador, las partículas más chicas pueden acomodarse en los huecos entre las partículas mayores, adquiriendo el contenido una mayor capacidad.

Una de las razones que han contribuido a la difusión de las técnicas granulométricas es que, en cierto sentido, la distribución granulométrica proporciona un criterio de clasificación. Los conocidos términos arcilla, limo, arena y grava tiene tal origen y un suelo se clasificaba como arcilla o como arena según tuviera tal o cual tamaño máximo. La necesidad de un sistema de clasificación de suelos no es discutible, pero el Ingeniero ha de buscar uno en que el criterio de clasificación le sea útil.

La forma de la curva da idea inmediata de la distribución granulométrica del suelo; un suelo constituido por partículas de un solo tamaño estará representado por una línea vertical, una curva muy tendida indica gran variedad en tamaños (suelo bien graduado).

Pruebas granulométricas:

Para clasificar por tamaño las partículas gruesas, el proceso más expedito es el de tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de las partículas, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

1-. Por medio de una serie de tamices para tamaños grandes y medianos de las partículas, o sea las llamadas granulometrías gruesa y fina.

2-. Por medio de un proceso de vía húmeda para granos finos (material que pasa para el tamiz No. 200).

Análisis por tamizado:

Existen pruebas mecánicas para determinar la granulometría de un suelo. Dentro de este tipo de pruebas encontramos para suelos gruesos el análisis mediante tamices y para suelos finos el análisis de una suspensión del suelo mediante el hidrómetro (densímetro).

El tamaño de la muestra depende del tipo de suelo que se va a cribar:

Para suelos cohesivos de 500 a 1000 gramos.

Para suelos friccionantes de 1000 a 3000 gramos.

Si el material tuviera grumos deben martillarse para que el paso del suelo por los tamices sea el correcto.

Coefficiente de graduación:

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

donde:

C_g : coeficiente de graduación

D_{10} : diámetro por el cual pasa el 10% de partículas, y se determina gráficamente de la curva granulométrica.

D_{30} : diámetro por el cual pasa el 30% de partículas, y se determina gráficamente de la curva granulométrica

D_{60} : diámetro por el cual pasa el 60% de partículas, y se determina gráficamente de la curva granulométrica.

Porcentajes de grava, arena y finos:

Estos porcentajes se determinan a partir de la curva granulométrica o bien de los resultados de los porcentajes acumulativos que pasan por cada tamiz, en base a los criterios dimensionales de las partículas que se describen a continuación:

Grava: partículas con diámetros comprendidos en el rango entre 3" y 2 mm.

Arena: partículas con diámetros comprendidos en el rango entre 2 mm y 0.075mm.

Finos: partículas de limo y arcilla con diámetros inferiores a 0.075mm.

De esta forma, un material bien graduado debe cumplir la condición de que el coeficiente de uniformidad sea mayor de 4 para gravas y mayor de 6 para arenas, y que el coeficiente de curvatura esté comprendido entre 1 y 3.

3.2.1.2. Peso unitario

REFERENCIAS:

- ASTM C-29

Este método cubre la determinación del peso unitario en una condición suelta o compacta, y calcula el porcentaje de vacíos entre las partículas de agregados finos, gruesos o mixtos.

El contenido de vacíos puede usarse como un indicador de la eficiencia de la graduación, ya que en gran medida el porcentaje de vacíos está controlado por la graduación, textura y forma de las partículas. El peso unitario y el peso específico aparente, son factores importantes en el cálculo del diseño de mezclas de concreto

3.2.1.3. Límite de plasticidad y humedad

Referencias:

- AASHTO T89-68 y T90-70
- ASTM 423-66 (Límite líquido)
- ASTM D424-59 (Límite plástico)

El propósito es la determinación de la cantidad de humedad para la cual el suelo cambia de estado líquido a plástico por medio de los límites de Atterberg. La plasticidad es la propiedad que tienen los suelos en deformarse, antes de romperse en cierto límite, se presenta según su porcentaje de humedad, y para conocer su plasticidad utilizamos los límites de Atterberg. Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo se dice que no es plástico. El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia como también se le conoce.

Dentro de los primeros, podemos citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación. Los límites de Atterberg son:

1. Límite líquido
2. Límite plástico
3. Límite de contracción

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad, posee una consistencia semilíquida, al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido y se agrieta o desmorona al ser deformado.

- El límite líquido es el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico.
- El límite plástico es el contenido de humedad de un suelo en el límite inferior del intervalo plástico.
- Al intervalo de contenido de humedad en el cual un suelo posee consistencia plástica se le denomina intervalo plástico.

La transición de un estado a otro del suelo, en la realidad es gradual y por lo tanto resulta difícil fijarle límites al intervalo plástico, sin embargo a través de los trabajos de Atterberg se logró establecer procedimientos estandarizados que permiten estimar dichas fronteras del estado plástico del suelo.

Los análisis de consistencia se hacen solamente con la porción de suelo que pasa el tamiz número 40.

Las fronteras:

SECO	SEMISECO	CONSISTENCIA PLÁSTICA	SEMILÍQUIDO	LÍQUIDO
------	----------	-----------------------	-------------	---------

LÍMITE PLÁSTICO |———— IP ———| LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico

IP límite < 3 para base de carretera

IP límite < 6 sub base

límite líquido no mayor a 25

IP = 0 no plástico

IP < 7 baja plasticidad

IP (7-17) medianamente plástico

IP > 17 altamente plástico

3.2.1.4. Proctor modificado

Referencias:

- AASHTO T99-70 (estándar)
- AASHTO T180-70 (modificado)
- ASTM D698-70
- ASTM D1557-70

El propósito de éste ensayo es medir la humedad óptima y peso volumétrico máximo del suelo, a través del ensayo de proctor ó compactación, en éste caso como material balasto se utiliza el proctor modificado.

Se utiliza la densidad máxima de un suelo para medir el estado de compactación que puede presentar, para compactar la capa de subrasante, el espesor de ésta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima, el valor esta relacionado con el contenido de humedad. Al añadir agua a un suelo seco se forman películas de agua que es absorbida alrededor de las partículas. La densidad máxima se presenta con un contenido óptimo de humedad. El ensayo proctor permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de análisis: proctor estándar y proctor modificado.

La compactación de suelos en general es el método mas barato de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas indeseables del suelo para obtener una estructura, resistencia al corte y relación de vacíos, deseables. Existen muchos métodos para estabilizar suelos utilizando materia química como cal, mezcla de cal y cenizas, cemento y compuestos de ácido fosfórico, pero estos métodos son más costosos y pueden utilizar métodos de compactación adicionalmente a las mezclas. La compactación produce estabilización del suelo mediante la introducción de energía en el suelo. Generalmente el esfuerzo de compactación imparte al suelo:

- Incremento en la resistencia al corte, pues ella es función de la densidad.
- Incremento en la densidad.
- Disminución en la contracción.
- Disminución en la permeabilidad.
- Disminución en la compresibilidad.

De esta lista de propiedades afectadas por la compactación, se ve claramente que el problema de especificar la compactación, es algo más que simplemente el requerimiento de incrementar la densidad del suelo.

Un poco antes y durante la segunda guerra mundial, los pesados equipos de aviación militar comenzaron a exigir densidades de sub-rasante bajo las aeropistas, mayores que las que podían proporcionar los métodos tradicionales de compactación. En lugar de incrementar las compactaciones relativas por encima del 100%, se introdujo un ensayo de compactación modificado.

Tabla IX Parámetros para el ensayo de compactación

PROCTOR	VOLUMEN	GOLPES	% H	CAPAS	MARTILLO
ESTÁNDAR	1/30 PIE ³	25	(4 – 7)	3	5.5 Lb 12 “
ESTÁNDAR MODIFICADO	1/30 PIE ³	25	(2 – 3)	5	10 Lb 18 “

Para la determinación del valor del Peso Unitario Seco (P.U.S.), se aplica la fórmula siguiente:

$$P.U.S. = \frac{P.U.H.}{1 + \frac{\%H}{100}}$$

- **Análisis de resultados**

De los ensayos realizados se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características (ver apéndice):

Descripción del suelo: arena fina, color gris

Clasificación: S.C.U.: SW P.R.A.: A-1-5

Límite líquido: -----0% (no plástico)

Índice plástico: -----0% (no plástico)

Humedad óptima = 16.0%

Densidad seca máxima 1714 kg/m³

CBR al 95% de compactación es de 32.1% aproximadamente

Tabla X Clasificación general C. B. R.

No. C.B.R.	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Sub-rasante
3 – 7	Pobre regular	Sub-rasante
7 – 20	Regular	Base
20 – 50	Bueno	Base, sub-base
>50	Excelente	Base

Como puede apreciarse, este material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50% y el 95% de compactación.

3.3. Características del material balasto

El balasto consiste en una capa final, hecha para la rodadura y a veces es una capa de base o una capa intermedia. Como se describió el proyecto tendrá una carpeta de rodadura de material balasto, el cual debe cumplir con las especificaciones generales para la construcción de carreteras de la Dirección General de Caminos:

- Debe ser de una calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.
- Debe tener un peso unitario suelto, no menor 1,450 kg/m³.
- El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor a 100 milímetros.
- La porción del balasto retenida en el tamiz No.4 (4.75mm), debe estar comprendida entre el 60% y 40% en peso.
- Debe tener un porcentaje de abrasión no mayor al 60%.
- La porción que pase por el tamiz No.40 (0.425mm), debe tener un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.
- La porción que pase por el tamiz No.200 (0.075mm), no debe exceder de 15% en peso.
- El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros.
- Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima.

3.4. Reconocimiento previo al estudio de la línea preliminar

Al inicio y final del tramo, se tomaron en cuenta los comentarios de los beneficiarios del proyecto, indicando de qué forma les favorecerá directa e indirectamente, proporcionaron información sobre la cantidad y tipo de vehículos que transitan dentro del área de influencia del proyecto en las diferentes épocas del año. Por la situación de la brecha, la topografía y el ancho del derecho de vía se prevé utilizar una sección típica “G modificada” para poder obtener un camino revestido con balasto y obras de drenaje.

3.5. Localización de la línea preliminar

3.5.1. Metodología del levantamiento planimétrico

La selección de ruta se hizo, para facilitar la construcción del camino y que cumpla con las especificaciones de AASHTO. Se aprovechará la línea de la brecha existente, evitando utilizar más allá del derecho de paso existente.

3.5.1.1. Planimetría

Son los trabajos efectuados en planta para obtener la representación gráfica de un terreno, proyectado sobre un plano horizontal, por lo tanto, la planimetría está en dos dimensiones. Los trabajos se realizaron a través de un levantamiento de una poligonal abierta utilizando un GPS de precisión, estando calibrado, debido a la zona de ubicación del proyecto, los puntos ubicando a cada 20 metros de la línea preliminar dejando marcados los puntos en todo el recorrido hasta el punto terminal de la línea escogida.

Para los trabajos realizados las distancias se establecieron con cinta métrica.

Equipo utilizado

Estación total

GPS Garmin

Prismas

Trípodes

1 Cinta métrica de 60 metros

1 Almádana de 2 libras

Machetes

Pintura y pinceles

Con la información que se obtuvo del GPS en campo se procedió a plotear las coordenadas UTM en una cuadrícula hecha en Autodesk Land Desktop 2006 escala 1:20000, asumiendo que en la estación No. 1, las coordenadas iniciales son las que nos marcará el GPS utilizado.

3.5.1.2. Altimetría

Son todos los trabajos que se realizan para obtener la información necesaria y, así, representar el terreno en una tercera dimensión, generalmente, se llama a éstos trabajos, nivelación. El trabajo de nivelación consistió en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocaron estaciones a cada 20 metros. A continuación de la nivelación del eje central, se trabajaron las secciones transversales, seccionando a cada 20 metros, sobre el eje central y 15 metros en ambos lados del eje. Esto, con el propósito de determinar el volumen de corte y relleno.

Otro de los elementos a considerar fue la colocación de Banco de Marca (BM), éstos son muy importantes para el replanteo de los trabajos; se colocaron en rocas y puntos considerados como permanentes, con una separación de 500 a 1,000 metros, entre bancos de marca (BM).

3.5.2. Metodología de la nivelación

Se obtuvo por medio del trabajo de nivelación, información del perfil natural del terreno.

- Se asumió en la estación 0+000 una cota basado en la altimetría de 1000 m.
- Se colocaron estacas a cada 20 metros, realizando la nivelación de la poligonal abierta con el método de nivelación compuesta, esta se realiza a base de puntos de vuelta.
- Además, se realizó también el trabajo de secciones transversales, a cada 20 metros de la línea central y 15 metros a ambos lados.

Los puntos de partida y llegada son bancos, para controlar y poder comprobar la nivelación, si no se tienen cotas ya establecidas, pueden suponerse una cualquiera para un banco de tal magnitud que no resulten cotas negativas.

3.5.3. Cálculo de cotas

El cálculo de cotas de terreno y posteriormente planteado en una cuadrícula hecha en Autodesk Land Desktop 2006, mostró la topografía real de la línea preliminar de diseño, éste perfil del terreno determinó el tipo de carretera a diseñar.

3.6. Diseño del alineamiento horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental para la cuadrilla de topografía en el trazo de la carretera. El alineamiento de una carretera es la proyección de un plano sobre el eje de la carretera y los elementos que la integran son:

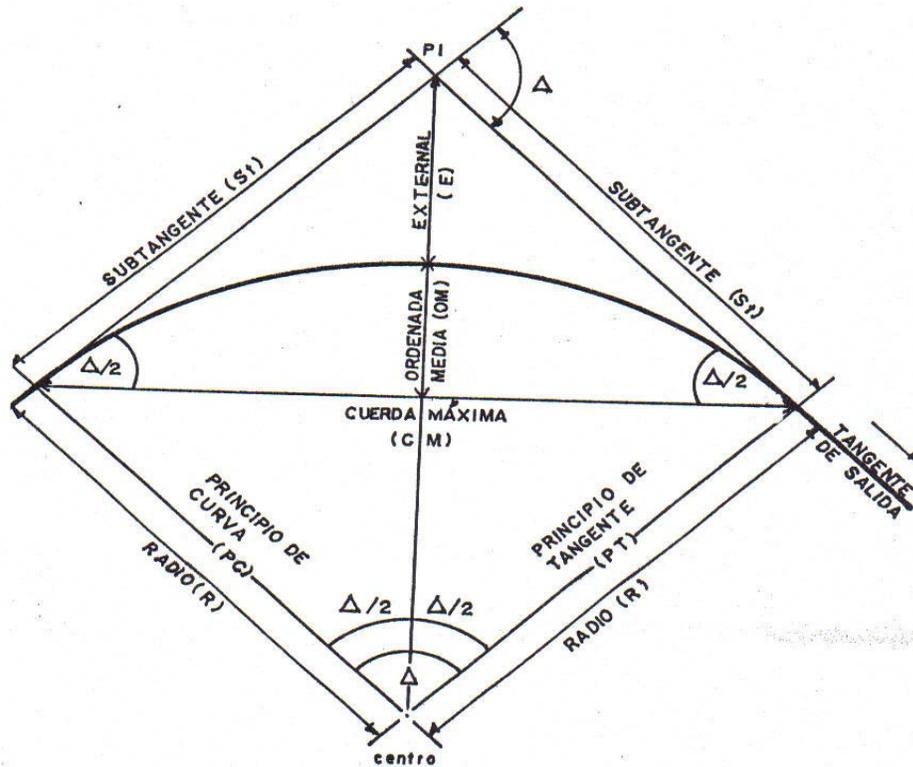
A) Tangentes: Son las proyecciones sobre un plano horizontal de las rectas que unen una curva; la longitud es la distancia que une la curva anterior y el principio de la siguiente.

B) Curvas circulares: Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Pueden ser simples o compuestas.

C) Curvas de transición: Se utilizan para proporcionar un cambio gradual de dirección al pasar un vehículo de un tramo en tangente a un tramo de curva circular. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

El punto de intersección (PI) de las tangentes, también se llama vértice de la curva. La tangente de atrás precede al PI y la tangente de adelante lo sigue. Los puntos PC y PT se les llaman punto de comienzo y de terminación de la curva, punto de curva y punto de tangencia, respectivamente. Observar que los radios son perpendiculares al PC y PT.

Figura 7 Componentes geométricos de una curva circular



- 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

3.6.1. Elementos

3.6.1.1. Radio de la curvatura

Los radios mínimos que se usarán en las diferentes carreteras serán en función de la velocidad de diseño y del peralte, de acuerdo a los valores que se indican en la tabla VII.

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

3.6.1.2. Velocidades de diseño

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

La velocidad en una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo, que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales para el control del flujo vehicular.

3.6.1.3. Grado de curvatura

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

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

donde:

G_{\max} = Grado máximo de curvatura

μ = Coeficiente de fricción lateral

S_{\max} = Sobreelevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en KPH

La siguiente tabla indica los valores máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

Tabla XI Valores máximos de curvatura para cada velocidad

Velocidad de proyecto KPH	Coeficiente de fricción lateral	Sobreelevación máxima m/m	Grado máximo de curvatura calculado grados	Grado máximo de curvatura para el proyecto Grados
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

3.6.1.4. Deflexión angular

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 del azimut 1. El delta nos sirve para definir el tipo de curva que se utilizará, mientras mayor sea, se utilizará una curvatura mayor.

3.6.1.5. Cuerda máxima

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

$$CM = 2 * R * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

3.6.1.6. Longitud de curva

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:

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

3.6.1.7. Tangentes

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el rumbo. La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona.

En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en zonas muy llanas; sin embargo, en éstas regiones se limita a 15 kilómetros por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

3.6.1.8. External

Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E.

$$E = \frac{R \cdot (1 - \cos \frac{\Delta}{2})}{\cos \frac{\Delta}{2}}$$

3.6.1.9. Ordenada media

Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra OM.

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

3.6.1.10. Subtangente

Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida entre la prolongación de las tangentes. Se representa como ST.

$$ST=R*\text{Tag}\frac{\Delta}{2}$$

3.6.1.11. Rangos de velocidad y cambios de velocidad

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno, teniéndose entonces diferencias de velocidades en tramos contiguos. Se admite una diferencia máxima de 20 km/h entre las velocidades de tramos continuos. En caso de superar esa diferencia debería intercalarse entre ambos uno o varios tramos que cumplan esa limitación y proporcionen un adecuado escalonamiento de velocidades.

3.6.2. Sección transversal de una carretera

Es la representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes componentes de una carretera.

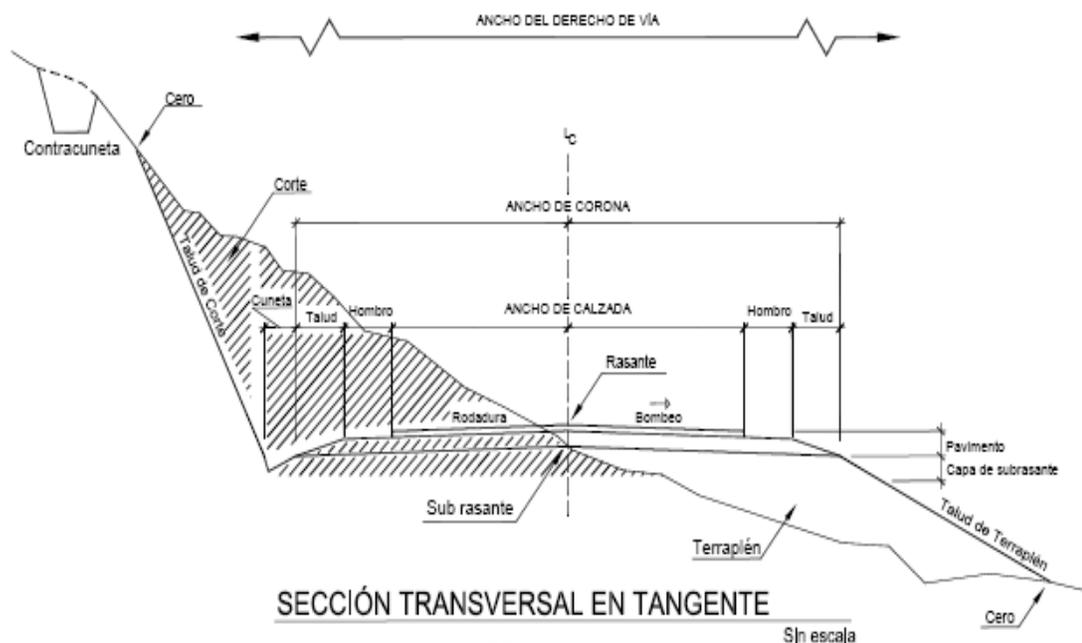
La sección transversal de una carretera en un punto de ésta es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

En las etapas iniciales del diseño de las carreteras, siempre es conveniente dar la debida consideración al uso de componentes de dimensiones normales o mejoradas en la sección transversal, por estar comprobado que con un bajo costo relativo, reducen sustancialmente los riesgos de accidentes o, inversamente

Además de la seguridad, se deben considerar las características operativas del tránsito, la estética, los patrones de velocidad, la capacidad y sus niveles de servicio, tomando en cuenta además las dimensiones de los vehículos de diseño, sus características operativas y la conducta muy particular de los conductores centroamericanos.

En éste proyecto debido a las limitaciones y la importancia del proyecto se tiene una sección típica G (ver apéndice).

Figura 8 Sección transversal en tangente



Los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, corona, calzada, hombros, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios, tal como se ilustra en la Figura N°. 8.

3.6.2.1. Derecho de vía

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones de la vía si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico.

Los derechos de vía mínimos serán los recomendados en la Tabla VIII.

3.6.2.2. Corona

La corona es la superficie de la carretera terminada que queda comprendida entre los bordes de las bermas de la carretera, o sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son: rasante, pendiente transversal, calzada y bermas.

3.6.2.3. Rasante

La rasante es la línea que resulta de establecer las cotas del eje de referencia de la geometría de la carretera a lo largo de su desarrollo. En la sección transversal está representada por un punto que debe coincidir con la referencia para el giro de peralte.

En el caso de carreteras con calzadas separadas con separador central de anchura igual o superior a 10 metros, se considerará la rasante por el borde interior de una o de las dos calzadas en el supuesto futuro de ampliar la vía por el separador central. En estas circunstancias se tendrá en cuenta la disposición de las pilas en los posibles pasos superiores para no perjudicar la futura ampliación.

3.6.2.4. Pendiente transversal

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante de plataforma normal a su eje. Según su relación con elementos del alineamiento horizontal se pueden presentar tres casos:

- a) Bombeo.
- b) Sobreelevación o peralte.
- c) Transición del bombeo a la sobre-elevación o peralte.

3.6.2.5. Bombeo

El bombeo es de pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento. Un bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente. Para ello es necesaria una pendiente transversal del 3% como mínimo hacia ambos lados del eje tangencial y en un solo sentido en las curvas o la que resulte según la sobre elevación.

Tabla XII Bombeo de la calzada

Tipo de superficie de rodadura		Bombeo (%)
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, colocada con extendedoras mecánicas	2
Buena	Superficie de mezcla asfáltica colocada con terminadura, carpeta de riegos	2 – 3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava	2 - 4

En las bermas la pendiente transversal recomendada corresponde a la pendiente adoptada para la calzada más un 2%. En el evento de construirse la berma como continuación de la calzada se deberá mantener la pendiente adoptada para la media calzada.

3.6.2.6. Peralte

El peralte es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal. El peralte es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva. Dicha acción está contrarrestada también por el rozamiento entre ruedas y pavimento.

El análisis de las fuerzas que actúan sobre el vehículo cuando este se mueve alrededor de una curva de radio constante, indica que el peralte máximo está dado por la ecuación:

$$e + \mu = \frac{V^2}{127R}$$

donde:

e : Peralte en metros por metro

μ : Coeficiente de fricción lateral

V : Velocidad del vehículo, (KPH)

R : Radio de la curva, (m)

Para calcular el peralte necesario para que no se deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad dada; sin embargo, algunos problemas relacionados con la construcción, operación y conservación de la carretera, han mostrado la necesidad de fijar un peralte máximo. Se recomienda usar un peralte máximo absoluto del 8%.

3.6.2.7. Transición del bombeo al peralte.

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la espiral de transición. Se indicó que la longitud de la espiral debe ser tal, que permita hacer adecuadamente el cambio de pendientes transversales.

Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición del peralte puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva, recomendándose para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Empíricamente se ha determinado que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con peralte completo.

Para pasar del bombeo a la sobre-elevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente, ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los bordes son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

La sección total de la carretera se peralta girando sobre el eje de simetría, girando también el separador central. El separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central.

3.6.2.8. Calzada

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de vehículos y constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de la calzada es variable a lo largo de la carretera y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de la calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal. En la tabla VIII se suministran los anchos de calzada recomendados en función del tipo de carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño.

3.6.2.9. Bermas

Las bermas son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Tienen como ventajas principales las siguientes: dar seguridad al usuario de la carretera al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, en el que puede eludir accidentes potenciales o reducir su severidad, pudiendo también estacionarse en ellas en caso obligado. Por todo ello se hace obligatorio disponer la superficie de la berma al mismo nivel que la superficie de rodadura de la calzada.

- Proteger contra humedad y posibles erosiones a la calzada, así como dar confinamiento al pavimento.
- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva, alojados en corte.
- Facilitar los trabajos de conservación.
- Proporcionar mejor apariencia a la carretera.
- Separar los obstáculos del borde de la calzada.

El ancho de las bermas depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que la carretera vaya a funcionar. La tabla XIII presenta el ancho de berma recomendado en función del tipo de carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño.

Tabla XIII Ancho recomendado para bermas

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de Dos calzadas ¹	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/1.0	1.8/1.0	-
Carretera Principal de Una calzada	Plano	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.80	1.80	2.00	2.00	2.50	-	-
	Montañoso	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	1.00	1.50	1.50	1.80	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-	-
	Montañoso	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria ²	Plano	-	0.50	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	0.50	0.50	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

¹Berma derecha / Berma izquierda

²Indicativa para calzadas pavimentadas

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0.5 metros de anchura sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobrecancho de compactación y puede permitir la localización de señalización y defensas.

3.6.2.10. Cunetas

Son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no, que recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, etc. En tramos de baja pendiente longitudinal de la rasante y en situación de corte se dará pendiente longitudinal a la cuneta independiente de la rasante con el fin de reducir el costo de explanación.

En general por razones de seguridad son deseables cunetas de sección trapecial con taludes suaves, fondos amplios y aristas redondeadas, lo que requiere bastante espacio junto a la plataforma (o corona), lo cual puede llegar a ser demasiado costoso. Por razones de orden constructivo, sin embargo, las cunetas en tierra tienen en la mayoría de los casos una sección triangular así sean preferibles desde el punto de vista hidráulico las de sección trapezoidal.

3.6.2.11. Taludes

Los taludes son los planos laterales que limitan la explanación. Su inclinación se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos en la vertical, en cada sección de la vía. Un talud se designa en tanto por uno, donde la unidad tiene sentido vertical; por ejemplo, un corte de $\frac{1}{2}$ por uno es un talud de 0.50 m por m. La selección de un talud es un proceso que contempla:

La pendiente del mismo en relación con la seguridad de usuario y vehículo, ya se trate de corte o terraplén, para seleccionar taludes suaves; la estabilidad, que es función de la altura y de la naturaleza del suelo o roca, que conduce a la selección también de los taludes suaves, en los que la erosión producida por el agua es menor, se conservan mejor, arraiga más fácilmente en ellos el césped y las plantaciones y se adaptan mejor al empleo del equipo de conservación y al terreno natural, si éste es plano u ondulado. Naturalmente que el costo puede ser mayor que con otros taludes más inclinados y estables, como en el caso de los taludes en roca.

En los patrones o estándares de diseño para la selección de taludes en función del relieve y de la altura del corte o terraplén, generalmente se obtienen secciones transversales favorables, aún cuando se llega a mejores resultados con el estudio específico de cada caso. La tabla XIV muestra los valores empleados en el diseño de taludes de acuerdo con el relieve, cuando la topografía limita el uso de pendientes más suaves, los cuales se incluyen de manera indicativa.

Tabla XIV Valores indicativos para taludes

Altura de taludes corte o terraplén (m)	Talud horizontal a vertical por tipo de terreno		
	Plano u ondulado	Montañoso	Escarpado
0 a 1.20	6 a 1	4 a 1	4 a 1
1.20 a 3.00	4 a 1	3 a 1	2 a 1
3.00 a 4.50	3 a 1	2½ a 1	1¾ a 1
4.50 a 6.00	2 a 1	2 a 1	1½ a 1
> 6.00	2 a 1	1½ a 1	1½ a 1

En suelos erosionables se debe evitar taludes altos.

Exige el diseño de taludes un estudio taxativo, que analice las condiciones específicas del lugar, incluidos muy especialmente las geológico-geotécnicas, facilidades de mantenimiento, perfilado y estética, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

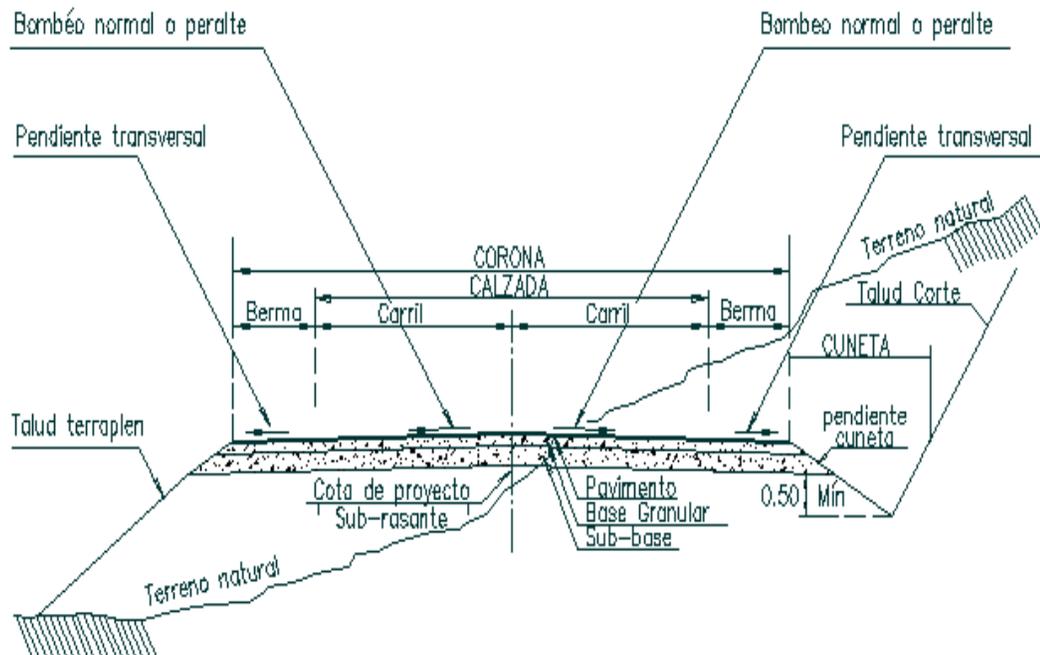
En principio los taludes que se emplean son:

Tabla XV Valores recomendados para taludes

TALUD		
INTERVALO	CORTE	RELLENO
DE 0,0 A 3,00	1:1	2:1
DE 3,0 A 7,00	½:1	1½:1
DE 7,0 EN ADELA	⅓:1	----

pero los valores en cada caso deben ser el resultado del análisis exhaustivo del problema; o indicados, en especial para cortes.

Figura 9 Sección transversal de una carretera



3.7. Diseño de alineamiento verticales

El alineamiento vertical está formado por la rasante, constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes. La inclinación de la rasante depende principalmente de la topografía de la zona que atraviesa, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en rampas. Tan importante como para el alineamiento horizontal, es determinante en el alineamiento vertical el relieve del terreno, con el objeto de no encarecer los costos de construcción y operación. Por tal razón:

- En terreno plano, el alineamiento sigue la topografía, exigiendo especial énfasis en el drenaje.
- En terreno ondulado, en general las rasantes son onduladas.
- En terreno montañoso, el alineamiento está condicionado por las restricciones y condiciones topográficas.
- En los terrenos escarpados, el alineamiento vertical está definido, por las divisorias de aguas.

El alineamiento vertical y el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados, en forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Lo ideal es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones del tránsito y a las características del terreno.

3.7.1. Pendientes positiva y negativa

Se entiende por pendiente positiva aquella pendiente en la cual a medida que avanzamos sobre la carretera, se incrementa la altura respecto al punto anterior, es decir vamos hacia arriba en determinado tramo. Se entiende por pendiente negativa aquella pendiente en la cual a medida que avanzamos sobre la carretera, decrece la altura respecto al punto anterior, es decir vamos hacia abajo en determinado tramo.

3.7.2. Pendiente máxima y mínima

La pendiente gobernadora es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para vencer un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar estos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de guía a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

Respecto a valores mínimos para pendiente longitudinal, éstos están determinados por las condiciones de drenaje. De todas maneras, la inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la calzada no será menor que 0.5%; salvo justificación, no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a 10 segundos, dicha longitud se medirá entre vértices contiguos.

Se han definido las carreteras típicas, según las clases de terreno (plano, ondulado y montañoso), las velocidades de diseño según tipo de carretera y tipo de terreno. A continuación, en la Tabla XVI se incluyen las pendientes máximas recomendadas a utilizar:

Tabla XVI Relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Para que el diseño sea completo, además del porcentaje de pendiente es necesario estudiar su longitud. Se introduce aquí el concepto de longitud crítica de una pendiente, definida como la máxima longitud en rampa (subida) sobre la cual un camión cargado puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Para establecer éstos valores es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Relación peso/potencia de los vehículos pesados.
- Pendiente óptima para éstos vehículos.
- Velocidad con la cual se inicia el ascenso; y
- Velocidad mínima aceptada en la pendiente.

Todos éstos factores son variables y dependen del tipo de vehículo predominante, de la velocidad de diseño, de la carretera y de las velocidades de operación aceptadas.

3.7.3. Curvas verticales

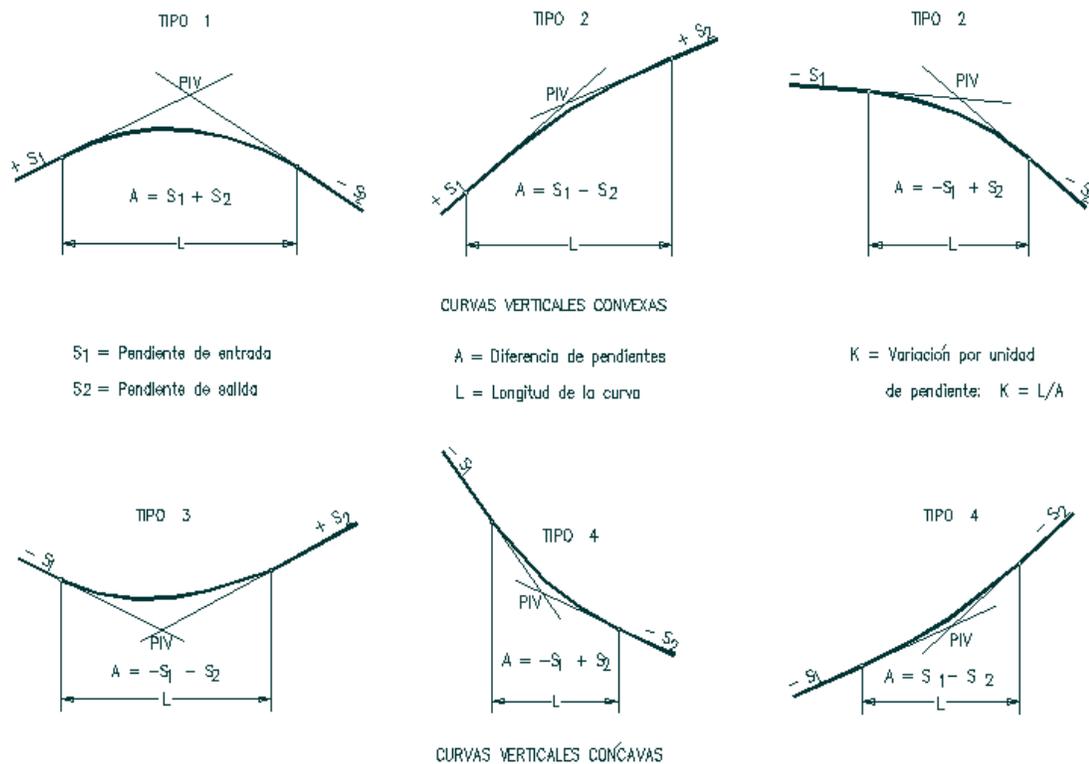
Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el origen de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, como se indica en la Figura 10.

Para una operación segura de los vehículos al circular sobre curvas verticales, especialmente si son convexas, deben obtenerse distancias de visibilidad adecuadas, como mínimo iguales a la de parada. Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.

Debe también tenerse en cuenta el aspecto estético, puesto que las

curvas demasiado cortas pueden llegar a dar la sensación de quiebre repentino, hecho que produce cierta incomodidad.

Figura 10 Tipos de curvas verticales



3.7.4. Longitud de curvas verticales

La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la Figura 10, siendo:

L = Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, (m).

S_1 = Pendiente de la tangente de entrada, (%).

S_2 = Pendiente de la tangente de salida, (%).

A = Diferencia algebraica de pendientes, o sea $A = |S_1 - S_2|$

E = Externa: Ordenada vertical desde el PIV a la curva, que se determinará así:

$$E = \frac{A}{200 + L} * \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

X = Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o PTV, (m)

Y = Ordenada vertical en cualquier punto (m) y, se calcula mediante la expresión:

$$Y = \frac{A}{200 + L} * X^2$$

Esta ordenada se le resta a las cotas de las tangentes en las curvas verticales tipo 1 y 2 y se le suma en la tipo 3 y 4 de la Figura No. 10.

PCV = Principio de la curva vertical.

PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV = Terminación de la curva vertical.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas verticales:

a. **Criterios de comodidad.** Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.

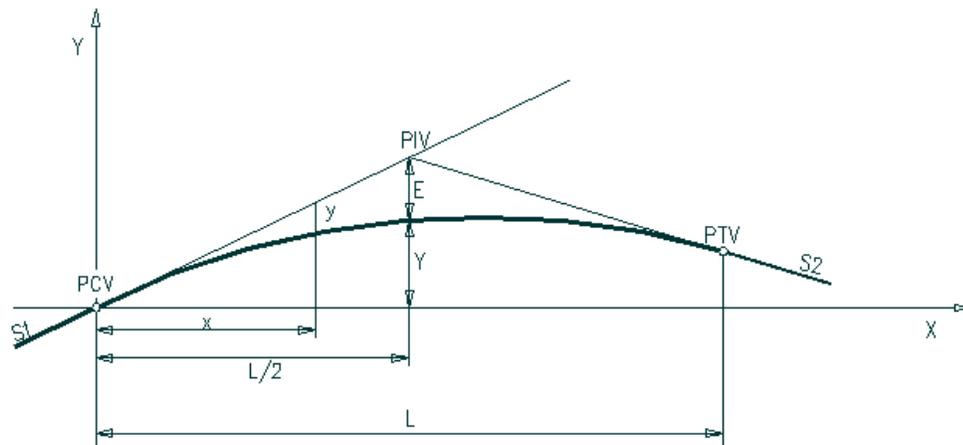
b. **Criterios de operación.** Se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad

completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

c. **Criterios de drenaje.** Se aplica al diseño de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. Para advertir al diseñador la necesidad de modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.

d. **Criterio de seguridad.** Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de adelantamiento.

Figura 11 Curva vertical



Se asumió como longitud de curva vertical mínima la recomendada por la Dirección General de Caminos para este tipo de carreteras, que es el valor absoluto de la velocidad, lo cual para éste caso es de 30 m, pero se tomó una longitud de 70 a 90 m para satisfacer las necesidades de visibilidad entre curva y curva.

3.7.5. Valores de K para visibilidades de parada

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

$$L = K * A$$

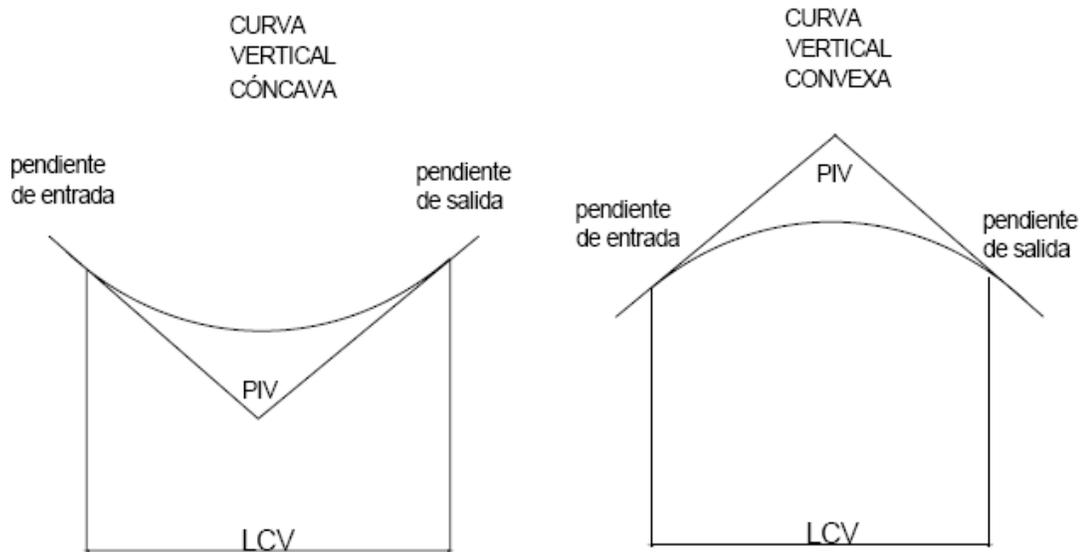
donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales (0%.

K = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la figura siguiente.

Figura 12 Longitud de curvas verticales



La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla siguiente.

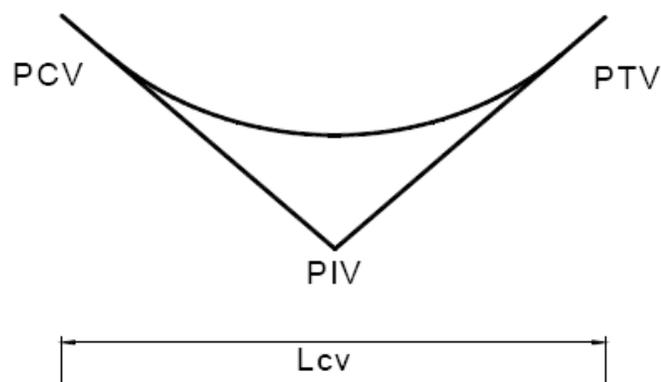
Tabla XVII Valores de “K” para visibilidad

Velocidad de diseño K.P.H.	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

3.7.6. Curva cóncava

Existen curvas en descenso con ambas pendientes negativas denominadas cóncavas también conocidas como curvas en columpio.

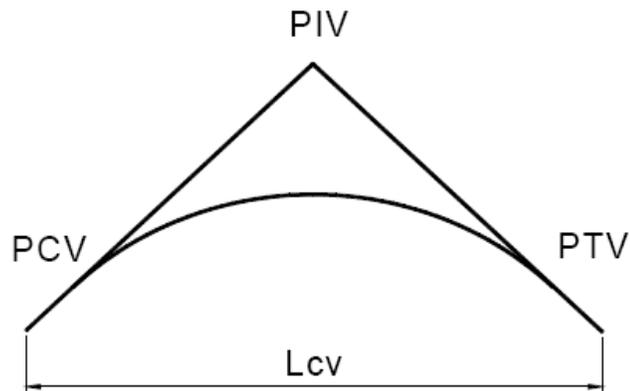
Figura 13 Curvas cóncava



3.7.7. Curva convexa

También existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas denominadas convexas conocidas como curvas en cresta.

Figura 14 Curvas convexa



3.7.8. Velocidad de diseño

Las velocidades de diseño van de acuerdo a la velocidad de diseño de la planta y de allí que la D.G.C. ha tabulado valores constantes K para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa.

3.7.9. Cálculo de la subrasante

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

En un terreno montañoso el criterio técnico básico para definir la subrasante es no exceder la pendiente máxima oscilante entre el 14% al 16%, ni la curvatura mínima permitida para el uso que se le dará a la carretera, lo cual también se relaciona con la sección típica a utilizar y el tipo de terreno.

La sub-rasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro de la ejecución, por lo que la sub-rasante se convierte en el elemento que más determina el costo de la obra.

Por ésta razón, un buen criterio para diseñarla es obtener la sub-rasante más económica. La subrasante económica es aquella que ocasiona el menor costo de la obra, entendiéndose por ésto, la suma de las erogaciones ocasionadas durante la construcción y por la operación y conservación del camino una vez abierto.

Bajo éste aspecto, para el proyecto de la subrasante económica hay que tomar en cuenta que:

- La subrasante debe cumplir con las especificaciones de proyecto geométrico dadas.
- En general, el alineamiento horizontal es definitivo, pues todos los problemas inherentes a el han sido previstos en la fase de anteproyecto. Sin embargo habrá casos en que se requiera modificarlo.
- La subrasante a proyectar debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades

perjudiciales a la terracería o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

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

- Sección típica que se utilizará.
- Alineamiento horizontal del tramo.
- Perfil longitudinal del mismo.
- Secciones transversales.
- Especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- Datos de la clase material del terreno.
- Datos de los puntos obligados de paso.
- El diseñador de preferencia debe haber realizado una visita al tramo que va a diseñar.
- Se deben considerar los tramos que puedan quedar balanceados en distancias no mayores a 500 metros.

3.8. Movimiento de tierras

Es una de las actividades más importantes en la construcción de una carretera debido a su incidencia en el costo de la misma. Además de contemplar, las características geométricas de diseño para construir un proyecto seguro al tránsito de vehículos y que cubra las necesidades para el cual fue diseñado.

3.8.1. Excavación de terraplenes

Como terraplén se entiende el relleno y compactación de las áreas de terreno natural, previamente, preparado, donde se necesita llegar al nivel de subrasante; existen, diversidad de condiciones donde se hace necesario la construcción de terraplenes con distintos tipos de materiales como suelo y roca. Pero el procedimiento es similar y consiste en rellenar y nivelar el terreno inicialmente a un nivel uniforme para luego hacerlo en varias capas sucesivas de material, debidamente, compactadas hasta llegar a la subrasante.

Dentro de la maquinaria empleada tenemos que en su conjunto necesitamos una excavadora que corte el material en el banco y luego lo cargue a los camiones o volquetas que lo acarreen y depositen en el área del terraplén, donde necesitaremos una máquina que lo reciba y lo distribuya uniformemente, aquí podemos emplear una motoniveladora, una retroexcavadora, un cargador frontal u otro que dependiendo de las condiciones de espacio y del tipo de material sea la más adecuada, luego se necesita una compactadora que al igual que las otras máquinas se debe seleccionar el tipo y el tamaño.

3.8.2. Excavación de canales

Se realiza para poder ampliar, profundizar o rectificar canales existentes o construir canales nuevos en las entradas y/o salidas de alcantarillas, puentes y bóvedas. La excavación se debe efectuar de conformidad con la alineación, pendientes, dimensiones y detalles mostrados en los planos.

Todo el material que se excave, será material de desperdicio no clasificado y se dispondrá de él, de preferencia en un canal abandonado o en depresiones cercanas al canal existente.

3.8.3. Excavaciones para estructuras mayores y menores

Este trabajo consiste en la excavación y relleno para la construcción de estructuras. Incluye la limpia, chapeo y destronque del lugar de la obra, excepto que se indique de otra manera en las Disposiciones Especiales; remoción de todo el material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones que se describen en esta sección; la construcción del embreizado, apuntalamiento, tablestacado y encofrado que fueren necesarios, así como su retiro posterior; el bombeo; reducción del agua; drenaje; colocación de un sello de concreto, si es necesario; compactación del relleno; acondicionamiento del material sobrante o inadecuado; y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo. Se exceptúan las excavaciones y rellenos que se deban efectuar con cargo a otras Secciones de las Especificaciones Generales.

3.8.4. Relleno para estructuras

Es el relleno que se construye en los accesos de un puente, sobre la superficie exterior de una bóveda o en la excavación de las alcantarillas. En cada caso se debe seleccionar el tipo de maquinaria para compactación, carga y acarreo de los materiales; hacer los chequeos de laboratorio, revisar los niveles finales del mismo. La medida se hace por el número de metros cúbicos medidos en su posición final.

3.8.5. Relleno permeable

Es el material especial que se coloca entre una estructura cualquiera y el terraplén de la carretera, con el objeto de evacuar el agua que se acumula en esos lugares. Estas estructuras pueden ser: muros, cabezales, muros de retención o estribos de puentes. Este trabajo consiste en la extracción o elaboración, suministro, transporte, almacenamiento y colocación de los materiales del relleno permeable, en los lugares, cotas y dimensiones indicados en los planos, o en los lugares que sea necesario según lo ordene el delegado residente.

3.8.6. Acarreo libre y acarreo

Los materiales que pueden ser incluidos y cobrados bajo este renglón son: los materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, para ser utilizados en la construcción de terraplenes, así como el material de desperdicio.

Acarreo libre: consiste en el acarreo de los materiales anteriormente descritos a una distancia menor o igual a 1,000 metros. Su costo debe ser incluido en el precio unitario del renglón que corresponda.

Acarreo: consiste en el acarreo de los materiales anteriormente descritos a una distancia que exceda de 1,000 metros. Su medida debe hacerse por el número de metros cúbicos-kilómetro, el volumen del material es medido según su estado original y la distancia es el centro de las distancias entre el banco y el lugar a ser depositado menos la distancia de acarreo libre.

3.9. Recomendaciones de construcción

3.9.1. Corte y relleno

En el corte de material, sea éste en trinchera o media ladera, se debe controlar su clase, calidad y cantidad, indicando al personal que realiza el trabajo, su lugar de colocación final fuera del camino si no es material útil, su punto de acumulación donde no estorbe el paso y sea fácil de cargar. Es material útil para rellenar terraplenes. Se debe controlar que la pendiente de inclinación de los taludes de corte y relleno sea la adecuada al tipo de material encontrado, evitando derrumbes posteriores, que obstruyan el tránsito por el camino y que las altura de corte sean las específicas.

La construcción de terraplenes es más delicada, debido a que antes de iniciar la superficie sobre la cual se ha de levantar, debe encontrarse limpia de toda vegetación y sin la capa vegetal, controlando la calidad de los materiales utilizados para el relleno constantemente, observando además que el material de relleno se encuentre libre de raíces, ramas, troncos y material orgánico, que provoque asentamientos posteriores, mediante la inspección a los bancos de préstamo.

La forma de construir un terraplén es, por medio del acarreo de material al lugar de utilización y su regado en capas sucesivas, principiando en la parte más baja del relleno, en capas de anchos parciales y aumentando estos, conforme aumenta la altura del terraplén, hasta obtener la altura deseada con el ancho de la sección típica.

3.9.2. Drenajes

Dentro del diseño de una carretera deben contemplarse los drenajes como parte importante del proyecto, debido a la función que tienen para evitar que el agua dañe la estructura de la carretera. Se debe tener cuidado de incluir todas las formas en que pueda llegar el agua a la carretera por pequeñas que se presenten.

El estudio de la estructura a utilizar, se debe hacer recabando toda la información necesaria y adecuada que permita luego analizarla con algún método de diseño para obtener las dimensiones de la estructura, también se debe estudiar la ubicación de las mismas.

La forma de obtener la ubicación de los drenajes es por medio de la información topográfica de las libretas y los planos a escala 1:50,000 donde se determina un listado de las tuberías, bóvedas y puentes si existieran. Además, se debe hacer una inspección de campo para determinar lo siguiente:

- tipo de corriente;
- sentido, pendiente y esviaje;
- condiciones del lecho, ancho, rocoso, arenoso, piedras sueltas y su tamaño;
- condiciones de aguas altas;
- vegetación de la cuenca, clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque;
- perímetro, área, alturas;
- probables canalizaciones, entrada, salida;
- tramos con sub-drenaje;
- puntos de erosión;
- estructuras existentes.

3.9.3. Objetivo del drenaje

- Pasar con seguridad toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
- Remover el agua fuera de la superficie del camino sin hacer daño al mismo y a su estructura.
- Prevenir impactos negativos al ambiente a ambos lados del camino.
- Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
- Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Remover el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.

3.9.4. Importancia del mantenimiento de carreteras

En una carretera es fundamental el funcionamiento del drenaje, pues el exceso de agua o humedad ocasionan deslaves, asentamientos y desprendimientos de taludes que interrumpen el tránsito y transforma el funcionamiento del camino, ocasionando desequilibrios económicos.

3.9.5. Drenaje longitudinal

Este tipo de drenaje se refiere a las obras de captación y defensa tales como cunetas, contracunetas, bombeo. Se construirán cunetas naturales de sección triangular a uno o ambos lados de la corona, dependiendo si la sección se encuentra en ladera o en corte, las que se construirán con la cuchilla de la motoniveladora, como se indica en los planos de detalles típicos.

3.9.6. Contracunetas

Son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cause deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera. La contra cuneta deberá colocarse en la parte más alta del talud, a una distancia no menor de 2 metros de la orilla, tomando en cuenta el tipo de suelo existente en el área para evitar derrumbes. Este tipo de drenaje longitudinal nos sirve para mantener lejos el agua del camino o bien que el agua escurrida no llegue a el, este tipo de cuneta no fue necesaria en éste proyecto.

3.9.7. Drenaje transversal

El drenaje transversal consiste en 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 24” 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”.

Los trabajos relacionados a la construcción de alcantarillas consisten en el suministro, acarreo, almacenaje, manejo y colocación de la tubería de los diámetros y materiales requerida en los planos. Según las especificaciones los trabajos de excavación y relleno se pagan como renglón de excavación estructural; y, si el material de relleno debe reemplazarse se pagará dentro del renglón de relleno para estructuras.

3.11. Presupuesto general y cuantificación de materiales

En éste listado se integran las unidades o diferentes renglones proyectados, con los materiales de construcción necesaria para cada proyecto y transporte del mismo. Además se consignó la mano de obra calificada, mano de obra no calificada, con relación al salario del lugar. Con éste establece los costos directos, además se incluyen los costos indirectos como se describen a continuación.

Tabla XVIII Resumen presupuesto general del camino rural



NOMBRE DEL PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL
 UBICACIÓN: Aldea Pacayalito
 FECHA: enero 2008
 COMUNIDAD: LA UNIÓN, ZACAPA
 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

RESUMEN

COSTOS DIRECTOS

Mano de obra calificada	Q	125,983.13
Mano de obra no calificada	Q	67,696.88
Material local	Q	248,400.00
Material no local	Q	934,459.00
Transporte	Q	65,444.40
Total costo directo	Q	1,441,983.40

COSTOS INDIRECTOS

Imprevistos	Q	64,889.25
Gastos administrativos	Q	86,519.00
Supervisión	Q	79,309.09
Utilidad	Q	360,495.85
Total costo indirecto	Q	591,213.19

TOTAL OBRA **Q 2,033,196.59**

	Renglón	Cantidad	Unidad	Total
1	PRELIMINARES (TOPOGRAFÍA Y CALCULO)	4887	ml	Q 24,435.00
2	ESCARIFICACIÓN DE TRAMO CARRETERO	2199	m ²	Q 77,040.00
3	TRASLADO Y CORTE DE MATERIAL BALASTO	3300,0	m ³	Q 258,000.00
4	TENDIDO DE BALASTO	3497	m ³	Q 216,600.00
5	COMPACTACIÓN DE BALASTO	3497	ML	Q 78,660.00
6	ELABORACIÓN DE EMPEDRADO	1380	ML	Q 657,725.20
7	ELABORACIÓN DE CUNETAS	2360	ML	Q 63,360.00
8	DRENAJES TRANSVERSALES	8	Unidad	Q 62,163.20
9	FLETE TRASLADO DE MAQUINARIA	4000	ML	Q 4,000.00

Metros lineales a mejorar

4887ML

Costo x ML

Q416.04

3.12. Evaluación socioeconómica

La evaluación de proyectos se realiza con el fin de poder decidir si es conveniente o no realizar un proyecto de inversión. Para este efecto, debemos no solamente identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios, sino tener elementos de juicio para poder comparar varios proyectos coherentemente. La evaluación se hace en base a los siguientes criterios:

Análisis costo - beneficio

El análisis costo - beneficio es una comparación sistemática entre todos los costos inherentes a determinado curso de acción y el valor de los bienes, servicios o actividades emergentes de tal acción.

El propósito esencial de esta comparación es someter a escrutinio los méritos de un curso de acción propuesto, por lo general un determinado acto de inversión, planteando la posible opción de escoger otros cursos de acción alternativos. Poder realizar estas comparaciones exige que el proyectista reduzca todas las alternativas a un mismo patrón común que sea cuantificable objetivamente.

Valor actual neto¹

Una inversión es rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados usando una tasa de descuento pertinente. Los beneficios económicos, tal como se ha señalado anteriormente, incluyen los beneficios directos, los indirectos, las externalidades positivas; en el mismo sentido, los costos incluyen los directos, los indirectos, las externalidades negativas.

El VAN se define como el valor actualizado de los beneficios menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida. Para obtener el valor actual neto se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

donde:

B_t . = beneficio del año t del proyecto.

C_t . = costo del año t del proyecto.

t = año correspondiente a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n.

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la inversión.

r = tasa social de descuento.

¹ Cuando se habla de neto, se asume que los flujos en cada período pueden ser positivos o negativos. El neto se refiere a la diferencia entre los beneficios y los costos. Es decir se suman los beneficios atribuibles al proyecto y se le restan los costos. El VAN incorpora automáticamente el valor del dinero en el tiempo.

Criterios de decisión

Que el flujo descontado de los beneficios supere el flujo descontado de los costos. Como el centro de atención es el resultado de beneficios menos costos, el análisis se efectúa en torno a cero.

Tabla XIX Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (VAN)

RESULTADO		DECISIÓN
Positivo	(VAN > 0)	Se acepta
Nulo	(VAN = 0)	Indiferente
Negativo	(VAN < 0)	Se rechaza

Comparación entre alternativas

Entre varias alternativas de igual duración el mayor VAN decide. Cuando las alternativas tienen vidas diferentes, el VAN debe transformarse en Valor Actual Equivalente (VAE), para obtener una expresión que los haga comparables; la mejor alternativa será la de mayor VAE.

El Valor Actual Equivalente (VAE) se determina calculando primero el VAN del proyecto y después su equivalencia como flujo constante, esto es:

$$VAE=VAN \cdot \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

donde:

i = costo de oportunidad

n = vida útil del proyecto

Por lo tanto, la alternativa seleccionada debe ser el proyecto B.

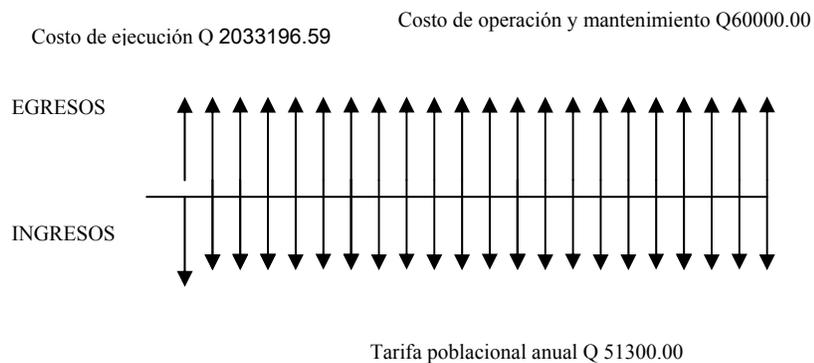
Costo de operación y mantenimiento anual (CA) = Q 5000.00*12meses

CA=Q 6000.00

Tarifa poblacional anual (IA) = Q25.00/vivienda*171vivienda*12meses

IA=Q51300.00

Figura 15 Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño



Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 60000 * \left[\frac{(1+0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1+0.11)^{20}} \right] = Q 47779.96$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 51300.00 * \left[\frac{(1+0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1+0.11)^{20}} \right] = Q408518.73$$

VPN = ingresos – egresos
 VPN = Q408518.73 – Q 47779.96
 VPN = Q403740.76

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento, que se necesiten durante el período de funcionamiento.

Tasa interna de retorno

Se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos actualizados.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Criterio de decisión

La TIR mide la rentabilidad social del proyecto. Como criterio general, debe compararse la TIR del proyecto con la tasa de descuento económica.

Tabla XX Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (TIR)

Resultado	Decisión
Mayor (TIR > 15%)	Se acepta
Igual (TIR = 15%)	Indiferente
Menor (TIR < 15%)	Se rechaza

El criterio de la TIR adolece de dificultades por lo que su uso debe siempre realizarse en conjunto con el VAN. Se señalan las siguientes:

- Si se produce más de un cambio de signo en los flujos, es posible más de una solución, es decir, pueden haber varias TIR.
- El criterio de la TIR asume que los fondos liberados por el proyecto se reinvierten a esa misma tasa, cuando lo lógico es asumir que se invierten a la tasa de oportunidad.

Relación beneficio costo

Como su nombre lo indica, se define por el coeficiente entre los beneficios actualizados y los costos actualizados, descontados a la tasa de descuento (15%).

Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$B = \sum_{t=0}^n \frac{B_t / (1+r)^t}{C_t / (1+r)^t}$$

Criterios de decisión

Como se trata de coeficiente el criterio de decisión es en torno a uno.

Tabla XXI Criterios de decisión para la aceptación de proyectos (BC)

Resultado	Decisión
Mayor (B/C > 1)	Se acepta
Igual (B/C = 1)	Indiferente
Menor (B/C < 1)	Se rechaza

Costo=Inversión inicial-VPN=Q 2033196.59 – 403740.76=Q 1629455.82

Beneficio=No. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio= Q 1629455.82/1800habitantes=Q905.25/hab

3.13. Evaluación de impacto ambiental

Los impactos ambientales deben ser tomados en cuenta al momento de valorar cada alternativa. Según la localización, el tamaño del proyecto, la tecnología utilizada y el medio ambiente del proyecto, existen variaciones en los impactos ambientales.

El estudio de impacto ambiental debe considerar:

- Las posibles alternativas tecnológicas, de ubicación y de la calendarización de las actividades del proyecto en el tiempo, incluyendo la alternativa de que dicho proyecto no sea realizado.
- Los impactos ambientales generados en las fases de construcción, operación y, cuando sea el caso, de cierre de las actividades del proyecto.

El estudio de impacto ambiental debe contener informaciones objetivas respecto a los siguientes aspectos:

Descripción del proyecto: Para cada alternativa y fase de desarrollo del proyecto (construcción, operación y si es el caso, desactivación), descripción completa del proyecto y sus principales acciones, ilustrada por mapas, tablas, diagramas y gráficas, a manera de esclarecer todos sus elementos.

Límites del área de influencia: Definición y justificación de los límites del área afectada por las acciones a ser desarrolladas por la ejecución del proyecto, detallándose el área de incidencia directa de los impactos ambientales, considerando cuencas hidrográficas y ecosistemas completos. Descripción de los factores ambientales, procesos e interacciones presentes en el área de influencia, ilustrados por mapas, tablas y gráficas, de manera que se caracterice la calidad ambiental de dicha área antes del desarrollo del proyecto.

Análisis de los impactos ambientales:

Identificación de los principales impactos ambientales causados por las acciones desarrolladas en todas las fases del proyecto, sus principales características: positivo/negativo; directo o indirecto; local o regional; temporal, permanente o periódico; simples, acumulativo o sinérgico; reversible o irreversible; destacando los impactos significativos y justificando los demás.

Predicción de la magnitud de los impactos significativos, la probabilidad de ocurrencia y los grados de incertidumbre, especificando los métodos de evaluación de impacto ambiental y las técnicas de predicción empleadas.

Medidas ambientales:

Diseño de las medidas destinadas a prevenir y evitar los impactos negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, o reducir la magnitud de los que no puedan ser evitados; evaluación de la eficiencia de cada una de ellas en relación a la protección de los factores ambientales afectados, y de su factibilidad respecto a los costos adicionales al proyecto.

A manera de ejemplo se dan las siguientes medidas ambientales:

1. Control de la erosión, a partir de modificar la inclinación de los taludes tanto en los cortes como en rellenos.
2. Estabilización de taludes con el uso de obras de biotecnología, como el uso de vegetación rastrera.
3. Encausamiento de la escorrentía a través de cunetas, estructuras disipadoras de energía y alcantarillas, así como la descarga amortiguada de las corrientes de agua hacia las partes más bajas.
4. Control de la emisión de polvo y material granulado mediante el riego por aspersión en los tramos de carretera que cruzan áreas pobladas durante la construcción del proyecto. En la etapa de operación se usarán mecanismos para regulación de la velocidad de los vehículos.
5. Medidas preventivas en el almacenamiento de combustibles y lubricantes, como son la construcción de pisos impermeabilizados con lozas de concreto construidas con un canal perimetral que conduzca cualquier derrame hacia recipientes que permitan la recuperación de los hidrocarburos.

6. Protección de la calidad de las aguas superficiales, construyendo vados superficiales con alcantarillas y puentes. Adicionalmente se prohibirá terminantemente el lavado de equipos y maquinarias dentro de los ríos existentes en la zona.
7. Diseño previo y planificación en el aprovechamiento de materiales de préstamo. La explotación de los bancos de materiales se realizará considerando las disposiciones establecidas por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, y se elaborará un plan de cierre para cada banco de material de préstamo, donde se contemple la recuperación de la cubierta vegetal y la conducción de la escorrentía.

Plan de gestión ambiental

Elaboración del plan de monitoreo, especificando: los factores ambientales, los respectivos indicadores de impacto y el resultado de las mediciones antes del inicio del proyecto; las técnicas de muestreo y análisis de laboratorio; la frecuencia de las mediciones futuras de los mismos indicadores.

Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia:

Definición de la calidad ambiental del área de influencia esperada en el caso de la adopción de cada una de las alternativas del proyecto, incluso la opción de no realizarlo, justificando los horizontes temporales considerados y recomendaciones sobre la alternativa más conveniente del punto de vista de la protección del ambiente.

CONCLUSIONES

1. El resultado de la investigación monográfica y diagnóstica del municipio de La Unión, muestra que es una población en crecimiento, cuyo desarrollo fue afectado por la tormenta Stan y que originó muchas necesidades, principalmente de infraestructura física en materia de educación, sistemas viales y sanitarios.
2. Debido a la ubicación dispersa de las viviendas y de las condiciones topográficas del lugar, el diseño de la red de distribución del sistema de agua se realizó por medio de ramales abiertos.
3. Los proyectos de agua potable por gravedad, constituyen una de las mejores opciones para abastecer de agua a las comunidades del área rural de nuestro país, ya que, para su operación no requiere de ningún gasto por concepto de energía o combustible.
4. La implementación de un sistema adecuado de agua potable contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento y salubridad de los habitantes del caserío Corozal Arriba del municipio de La Unión, departamento de Zacapa.

5. La importancia de un buen diseño de carreteras, radica en que determina las características geométricas que dan seguridad al conducir y de él, se obtienen las cantidades de trabajo que componen un proyecto.

6. La construcción de la vía de comunicación para la aldea Pacayalito, permitirá a los habitantes de dicha aldea tener una vía de comunicación inmediata. Traerá múltiples beneficios, entre los cuales cabe mencionar el acceso para realizar la comercialización de sus productos agrícolas y el intercambio comercial de bienes y servicios, con lo cual se espera, que los pobladores alcancen, en un futuro cercano, mejores condiciones de desarrollo social.

7. De acuerdo con las especificaciones de la Dirección General de Caminos, el tipo de camino que mejor se adaptó a las condiciones del lugar fue el tipo “G”, ya que, permite tener pendientes hasta del 18%, tránsito promedio bajo, ancho de calzada 4.50 metros. Estas especificaciones permitieron flexibilizar el diseño, evitando en lo posible que se realice un movimiento de tierras mayor.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un programa de inversión de fondos para el mantenimiento preventivo y no correctivo, para asegurar la limpieza y un efectivo funcionamiento al sistema de cloración para el caserío Corozal Arriba.
2. Garantizar la supervisión técnica, durante la ejecución de la carretera y el proyecto del sistema de agua, para que se cumpla con todas las normas y especificaciones establecidas en el estudio y diseño, en beneficio directo de sus comunidades.
3. Utilizar materiales de construcción adecuados y con las calidades especificadas en los planos.
4. Realizar las inspecciones pertinentes indicadas en el presente informe, a manera de poder realizar el mantenimiento adecuado y prolongar la vida útil del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centro América. **Condiciones Generales y Especificaciones Técnicas Para Actividades de Mantenimiento Contratadas en Base de Estándares o Niveles de Servicio, Tomo III**, Guatemala, diciembre del 2000. 42pp.
2. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centro América. **Normas y Procedimientos de Ejecución para Mantenimiento Vial Tomo III**, Guatemala, diciembre del 2000. 35pp.
3. Instituto de Fomento Municipal, Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. **Guía para el Diseño de Abastecimientos de Agua Potable a Zonas Rurales**. Segunda revisión. Guatemala, Julio de 1,997. 85 pp.
4. López Osoy, Luís Gustavo. Diseño de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rincón Cedral, en el Municipio de Amatitlán Trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 68pp.

5. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Especificaciones Técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala, caminos ambientalmente compatibles**, Guatemala 2002. 13pp.

6. Solórzano Cano, Aníbal Josué. Rehabilitación, Mejoramiento y Apertura de Tramo Carretero que Conduce de la Ruta Nacional 7w a las Comunidades de Chibuc y Turbalyá, en el Municipio de Sacapulas, Departamento de Quiché. Trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 75pp.

7. Thompson Larios, Carol Magdali. Diseño, Supervisión y Ejecución del Proyecto de Agua por Gravedad a la Comunidad de Xecoxom Santa María Nebaj, Departamento del Quiché. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 38pp

APÉNDICE

1. Presupuesto general proyecto de diseño del sistema de agua potable para el caserío Corozal Arriba.
2. Presupuesto general proyecto de rehabilitación del camino rural para la aldea Pacayalito.
3. Informe de examen físico químico del proyecto de diseño del sistema de agua potable para el caserío Corozal Arriba.
4. Informe de examen bacteriológico proyecto de rehabilitación del camino rural para la aldea Pacayalito.
5. Planos constructivos proyecto de diseño del sistema de agua potable para el caserío Corozal Arriba.
6. Planos constructivos proyecto de rehabilitación del camino rural para la aldea Pacayalito.

Pide tu copia a
marvinhuitz@hotmail.com
marvin.huitz@gmail.com
ixim_ulew@yahoo.com



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS) -CENTRO
DE INVESTIGACIONES (CII)
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No. 23634		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 23 322
INTERESADO:	MARVIN JOSÉ HUITZ CHAY (Carné No.2001-30579)	PROYECTO:	EPS "Diseño del sistema de agua potable, caserío Corozal Arriba, La Unión Zacapa"	
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FAC. DE INGENIERÍA-USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	El Cafetal	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2008-07-28; 16 h 40 min.	
FUENTE:	Caserío Corozal Arriba	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2008-07-29; 15 h 02 min.	
MUNICIPIO:	La Unión	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Con refrigeración	
DEPARTAMENTO:	Zacapa			

RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Lig. a materia orgánica	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	- ° C
2. COLOR:	02,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	328,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	02,31 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH):	08,84 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,20	6. CLORUROS (Cl)	18,00	11. SOLIDOS TOTALES	190,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,031	7. FLUORUROS (F)	00,67	12. SOLIDOS VOLÁTILES	21,00
3. NITRATOS (NO ₃)	06,60	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	20,00	13. SOLIDOS FIJOS	179,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	04,00
5. MANGANESO (Mn)	00,04	10. DUREZA TOTAL	114,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	174,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	68,00	70,00	138,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde El punto de vista física olor ligero a materia orgánica (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21TH EDITION 2 005, NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2008-08-29

Vo.Bo.
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
 DIRECTOR CII/USAC



[Signature]
 Zender Muchi Vando
 Ing. Químico Col. No. 426
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio





LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)
FACULTAD DE INGENIERÍA
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-298101
O.T. No. 23 634		
INTERESADO	<u>MARVIN JOSÉ HUITZ CHAY</u> (carné No. 2001-30579)	PROYECTO: <u>EPS "diseño del sistema de agua potable, caserío Corozal Arribal, La Unión Zacapa"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FAC. DE INGENIERÍA -USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>El Cafetal</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2008-07-28; 16 h 40 min.</u>
FUENTE:	<u>Caserío Corozal Arriba</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2008-07-29; 15 h 02 min</u>
MUNICIPIO:	<u>La Unión</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Zacapa</u>	
SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>Lig. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Clara</u>	COLOR RESIDUAL <u>-----</u>
OLOR:	<u>Lig. materia orgánica</u>	

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Guatemala, 2008-08-28

Vo.Bo.

Zoraida Wilma Sarría
 Ing. Químico Col. No. 0120
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio



NOMBRE DEL PROYECTO: **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA**

UBICACIÓN: CASERIO COROZAL ARRIBA

FECHA: Agosto 2007
COMUNIDAD: LA UNION, ZACAP,

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

NO.	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Materiales		Mano de Obra		Sub-total
					Locales	No locales	Calificada	No calificada	
1	CAPTACIÓN	unidad	1						
	Limpieza, trazo y Nivelación	M2	18	Q 15,00			Q 202,50	Q 67,50	Q 270,00
	Excavación	M ³	12	Q 50,00			Q 600,00	Q 150,00	Q 750,00
	Colocación de tubería	ML	6	Q 35,00			Q 210,00	Q 52,50	Q 262,50
	Encofrado	M2	32	Q 50,00			Q 1.600,00	Q 400,00	Q 2.000,00
	Fundición	M ³	4,67	Q 200,00			Q 934,00	Q 233,50	Q 1.167,50
	Desencofrado	M2	32	Q 50,00			Q 1.600,00	Q 400,00	Q 2.000,00
	Cemento Portland	saco	35	Q 55,00		Q 1.925,00			Q 1.925,00
	Codo PVC 90 de 2 1/2"	unidad	3	Q 80,00		Q 240,00			Q 240,00
	Tubo PVC de 2 1/2"	unidad	1	Q 300,00		Q 300,00			Q 300,00
	Válvula de Compuerta HF 2 1/2"	unidad	2	Q 501,00		Q 1.002,00			Q 1.002,00
	Tee PVC de 2 1/2"	Unidad	1	Q 80,00		Q 80,00			Q 80,00
	Pichacha de 2 1/2"	Unidad	2	Q 200,00		Q 400,00			Q 400,00
	Adaptadores machos PVC 2 1/2"	unidad	4	Q 29,50		Q 118,00			Q 118,00
	Pegamento Tangit 1/4	unidad	1	Q 103,00		Q 103,00			Q 103,00
	Hierro 3/8"	varilla	8	Q 21,50		Q 172,00			Q 172,00
	Hierro 1/4"	varilla	4	Q 9,50		Q 38,00			Q 38,00
	Arena de Río	M ³	2,34	Q 200,00	Q 467,00				Q 467,00
	Piedra bola	M ³	3	Q 150,00	Q 450,00				Q 450,00
	Piedrín triturado de 1/2	M ³	2,34	Q 225,00		Q 525,38			Q 525,38
	Alambre de amarre	libra	12	Q 7,00		Q 84,00			Q 84,00
	Candado para intemperie	Unidad	2	Q 25,00		Q 50,00			Q 50,00
	Madera de 1x12x10	PT	344,44	Q 4,50	Q 1.550,00				Q 1.550,00
	Transporte								Q 1.395,44
	TOTAL DEL RENGLÓN								
2	LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	ML	4583,88						
	Limpieza, chapeo y destronque.	M2	3980	Q 5,00			Q 19.900,00	4.975,00	Q 24.875,00
	Excavación	M ³	825,1	Q 40,00			Q 33.004,00	8.251,00	Q 41.255,00
	Instalación de Tubería	ML	4583,88	Q 5,00			Q 22.919,40	5.729,85	Q 28.649,25
	Instalación de Accesorios	unidad	17	Q 15,00			Q 255,00	63,75	Q 318,75
	Relleno de Zanjo	M ³	825,1	Q 12,00			Q 9.901,20	2.475,30	Q 12.376,50
	TUBERÍA								
	Tubo PVC de 2 " 160 psi	tubo	328	Q 300,00		Q 98.400,00			Q 98.400,00
	Tubo PVC de 1 ½" 160 psi	tubo	121	Q 200,00		Q 24.200,00			Q 24.200,00
	Tubo PVC de 1 ½" 250 psi	tubo	216	Q 250,00		Q 54.000,00			Q 54.000,00
	Tubo PVC de 1 ¼" 250 psi	tubo	176	Q 200,00		Q 35.200,00			Q 35.200,00



NOMBRE DEL PROYECTO: **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA**

UBICACIÓN: CASERIO COROZAL ARRIBA

FECHA: Agosto 2007
COMUNIDAD: LA UNION, ZACAPA

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

NO.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Materiales		Mano de Obra		Sub-total
					Locales	No locales	Calificada	No calificada	
	VÁLVULAS								
	Válvula de Aire de 2"	válvula	5	Q 250,00		Q 1.250,00			Q 1.250,00
	Válvulas de Compuerta de 2"	válvula	3	Q 648,45		Q 1.945,35			Q 1.945,35
	Válvulas de Compuerta de 1 ½"	válvula	3	Q 87,03		Q 261,09			Q 261,09
	Válvulas de Aire de 1¼"	válvula	2	Q 250,00		Q 500,00			Q 500,00
	Adaptadores machos PVC 2"	adaptador	14	Q 50,00		Q 700,00			Q 700,00
	Adaptadores machos PVC 1 ½"	adaptador	8	Q 4,94		Q 39,52			Q 39,52
	ACCESORIOS								
	Codo PVC 90 de 2"	codo	1	Q 70,05		Q 70,05			Q 70,05
	Codo PVC 45 de 1½"	codo	5	Q 67,11		Q 335,55			Q 335,55
	Codo PVC 90 de 2"	codo	2	Q 14,37		Q 28,74			Q 28,74
	Codo PVC 45 de 2"	codo	1	Q 16,75		Q 16,75			Q 16,75
	Codo PVC 90 de 1½"	codo	2	Q 6,54		Q 13,08			Q 13,08
	Codo PVC 45 de 1½"	codo	8	Q 7,90		Q 63,20			Q 63,20
	Tee PVC de 2" (para válvulas de aire)	tee	4	Q 64,98		Q 259,92			Q 259,92
	reducidor PVC de 2 a 1½"	reducidor	4	Q 31,87		Q 127,48			Q 127,48
	Tee PVC de 1¼"	tee	1	Q 6,31		Q 6,31			Q 6,31
	Cruz PVC de 1¼"	cruz	1	Q 36,63		Q 36,63			Q 36,63
	Pegamento Tangit	galón	2	Q 375,00		Q 750,00			Q 750,00
	Transporte								Q10.910,18
	TOTAL DEL RENGLÓN								
3	CAJAS PARA VÁLVULAS	ML	11						
	Excavación	M³	15	Q 50,00			Q 750,00	187,50	Q 937,50
	Construcción de Caja	caja	11	Q 600,00			Q 6.600,00	1.650,00	Q 8.250,00
	Instalación Hidráulica	válvula	11	Q 75,00			Q 825,00	206,25	Q 1.031,25
	Cemento Portland	saco	30	Q 55,00		Q 1.650,00			Q 1.650,00
	Arena de Río	M³	6	Q 200,00		Q 1.200,00			Q 1.200,00
	Piedrín triturado de 1/2	M³	7	Q 250,00	Q 1.750,00				Q 1.750,00
	Hiero de 3/8 "	varilla	32	Q 21,50		Q 688,00			Q 688,00
	Alambre de amarre	libra	13	Q 7,00		Q 91,00			Q 91,00
	Madera de 1x12x10	PT	355,21	Q 4,50		Q 1.598,44			Q 1.598,44
	Transporte								Q 2.063,54
	TOTAL DEL RENGLÓN								
4	CAJAS ROMPE PRESIÓN	unidad	3						
	Excavación	M³	9	Q 50,00			Q 450,00	112,50	Q 562,50



NOMBRE DEL PROYECTO: **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA**

UBICACIÓN: CASERIO COROZAL ARRIBA

FECHA: Agosto 2007
COMUNIDAD: LA UNION, ZACAPA

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

NO.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Materiales		Mano de Obra		Sub-total
					Locales	No locales	Calificada	No calificada	
	Instalación Hidráulica	unidad	5	Q 75,00			Q 375,00	93,75	Q 468,75
	Armadura de hierro	M2	7,5	Q 20,00			Q 150,00	37,50	Q 187,50
	Encofrado	M2	44,88	Q 50,00			Q 2.244,00	561,00	Q 2.805,00
	Fundición muro y tapadera	M ³	6,75	Q 200,00			Q 1.350,00	337,50	Q 1.687,50
	Desencofrado	M2	44,88	Q 3,50			Q 157,08	39,27	Q 196,35
	Cemento Portland	saco	56,25	Q 55,00		Q 3.093,75			Q 3.093,75
	Codo PVC 90 de 1½"	codo	9	Q 8,00		Q 72,00			Q 72,00
	Tubo PVC de 1½"	tubo	5	Q 46,51		Q 232,55			Q 232,55
	Válvula de Compuerta HF 1½"	válvula	3	Q 150,00		Q 450,00			Q 450,00
	Válvula de Flote de 1½"	válvula	3	Q 150,00		Q 450,00			Q 450,00
	Adaptadores machos PVC 1½"	adaptador	6	Q 6,00		Q 36,00			Q 36,00
	Pegamento Tangit 1/4	bote	2	Q 103,00		Q 206,00			Q 206,00
	Hierro 3/8"	varilla	18	Q 21,50		Q 387,00			Q 387,00
	Hierro 1/4"	varilla	9	Q 9,50		Q 85,50			Q 85,50
	Arena de Río	M ³	3,38	Q 200,00	Q 675,00				Q 675,00
	Piedra bola	M ³	6	Q 150,00	Q 900,00				Q 900,00
	Piedrín triturado de 1/2	M ³	3,375	Q 250,00	Q 843,75				Q 843,75
	Alambre de amarre	libra	24	Q 7,00		Q 168,00			Q 168,00
	Madera de 1x12x10	PT	483,08	Q 4,50	Q 2.173,88				Q 2.173,88
	Transporte								Q 1.568,10
	TOTAL DEL RENGLÓN								
5	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN 50 m³	M³	1						
	Trazo y Nivelación	M ²	30	Q 5,00			Q 150,00	Q 37,50	Q 187,50
	Excavación	M ³	42	Q 40,00			Q 1.680,00	Q 420,00	Q 2.100,00
	Armadura de hierro	M2	96	Q 25,00			Q 2.400,00	Q 600,00	Q 3.000,00
	Instalación Hidráulica	unidad	4	Q 75,00			Q 300,00	Q 75,00	Q 375,00
	Encofrado	M2	71	Q 50,00			Q 3.550,00	Q 887,50	Q 4.437,50
	Fundición	M3	25	Q 200,00			Q 4.250,00	Q 1.062,50	Q 5.312,50
	Desencofrado	M2	71	Q 50,00			Q 3.017,50	Q 754,38	Q 3.771,88
	Cemento Portland	saco	187,5	Q 55,00		Q 10.312,50			Q 10.312,50
	Hierro de 3/8"	varilla	102	Q 21,50		Q 2.193,00			Q 2.193,00
	Hierro de 1/2"	varilla	25	Q 38,00		Q 950,00			Q 950,00
	Arena de Río	M ³	10	Q 200,00		Q 2.000,00			Q 2.000,00
	Piedra bola	M ³	12	Q 150,00	Q 1.800,00				Q 1.800,00
	Piedrín triturado de 3/4	M ³	10	Q 250,00		Q 2.500,00			Q 2.500,00
	Alambre de amarre	libras	48	Q 7,00		Q 336,00			Q 336,00



NOMBRE DEL PROYECTO: **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA**

UBICACIÓN: CASERIO COROZAL ARRIBA

FECHA: Agosto 2007
COMUNIDAD: LA UNION, ZACAPA

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

NO.	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Materiales		Mano de Obra		Sub-total
					Locales	No locales	Calificada	No calificada	
	Madera de 1x12x10	PT	534,97	Q 4,50		Q 2.407,34			Q 2.407,34
	Madera de 1x12x8	PT	76,42	Q 4,50		Q 343,91			Q 343,91
	Madera de 2x3x8 (parales)	PT	152,85	Q 4,50		Q 687,81			Q 687,81
	Accesorios								
	Válvula de compuerta de 3" (drenaje)	válvula	1	Q 722,00		Q 722,00			Q 722,00
	Tubo PVC de 3" (drenaje del tanque)	tubo	1	Q 400,00		Q 400,00			Q 400,00
	Válvula de compuerta de 2 "	válvula	3	Q 648,45		Q 1.945,35			Q 1.945,35
	Adaptador macho de 2 "	adaptador	6	Q 50,00		Q 300,00			Q 300,00
	Adaptador macho de 3"	adaptador	2	Q 75,00		Q 150,00			Q 150,00
	Tubo PVC de 2 "	tubo	1	Q 300,00		Q 300,00			Q 300,00
	Codo PVC 90 de 2"	tubo	4	Q 80,00		Q 320,00			Q 320,00
	Pegamento tangit 1/4	unidad	1	Q 103,00		Q 103,00			Q 103,00
	Transporte								Q 2.347,76
	TOTAL DEL REGLÓN								
6	CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES	unidad	1						
	Trazo y Nivelación	M2	16	Q 3,50			Q 56,00	Q 14,00	Q 70,00
	Excavación	M ³	32	Q 40,00			Q 1.280,00	Q 320,00	Q 1.600,00
	Armadura de hierro	M2	43	Q 50,00			Q 2.150,00	Q 537,50	Q 2.687,50
	Instalación Hidráulica	global	1	Q 180,00			Q 180,00	Q 45,00	Q 225,00
	Encofrado	M2	86	Q 50,00			Q 4.300,00	Q 1.075,00	Q 5.375,00
	Fundición	M ³	13	Q 200,00			Q 2.080,00	Q 520,00	Q 2.600,00
	Desencofrado	M2	86	Q 50,00			Q 3.440,00	Q 860,00	Q 4.300,00
	Cemento Portland	saco	97,5	Q 55,00		Q 5.362,50			Q 5.362,50
	Hierro de 3/8"	varilla	37	Q 21,50		Q 795,50			Q 795,50
	Hierro de 1/2"	varilla	22	Q 38,00		Q 836,00			Q 836,00
	Arena de Río	M3	5,2	Q 200,00		Q 1.040,00			Q 1.040,00
	Piedrín triturado de 3/4	M3	5,2	Q 250,00	Q 1.300,00				Q 1.300,00
	Alambre de amarre	libra	14	Q 7,00		Q 100,33			Q 100,33
	Madera de 1x12x10	PT	648	Q 4,50		Q 2.915,94			Q 2.915,94
	Madera de 1x12x8	PT	93	Q 4,50		Q 416,56			Q 416,56
	Accesorios								
	Válvula de compuerta de 1½"	válvula	1	Q 246,45		Q 246,45			Q 246,45
	Válvula de compuerta de 1¼"	válvula	2	Q 87,03		Q 174,06			Q 174,06
	Codo PVC 90 de 1½"	codo	2	Q 14,37		Q 28,74			Q 28,74
	Codo PVC 90 de 1¼"	codo	4	Q 6,54		Q 26,16			Q 26,16
	Tubo PVC de 1½"	tubo	1	Q 128,44		Q 128,44			Q 128,44
	Tubo PVC de 1¼"	tubo	2	Q 46,51		Q 93,02			Q 93,02



NOMBRE DEL PROYECTO: **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA**

UBICACIÓN: CASERIO COROZAL ARRIBA

FECHA: Agosto 2007
COMUNIDAD: LA UNION, ZACAP

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

NO.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Materiales		Mano de Obra		Sub-total
					Locales	No locales	Calificada	No calificada	
	Tubo PVC de 3" (para drenaje de caja)	tubo	1	Q 281,13		Q 281,13			Q 281,13
	Codo PVC de 3" (para drenaje de caja)	codo	1	Q 75,68		Q 75,68			Q 75,68
	Pegamento Tangit 1/4	bote	1	Q 103,00		Q 103,00			Q 103,00
	Transporte								Q 2.462,48
	TOTAL DEL RENGLÓN								
7	CONEXIONES DOMICILIARES	unidad	65						
	Excavación	M ³	54	Q 40,00			Q 2.160,00	540,00	Q 2.700,00
	Instalación de Tubería	ML	300	Q 5,00			Q 1.500,00	375,00	Q 1.875,00
	Colocación de caja pref. para domiciliar	unidad	65	Q 50,00			Q 3.250,00	812,50	Q 4.062,50
	Tubería PVC de 1/2"	tubo	50	Q 50,00		Q 2.500,00			Q 2.500,00
	Tee PVC reducida de 1½" a 1/2"	tee	89	Q 11,04		Q 982,56			Q 982,56
	Tee PVC reducida de 3/4" a 1/2"	tee	11	Q 6,18		Q 67,98			Q 67,98
	Caja Domiciliar (prefabricada)	caja	65	Q 125,00		Q 8.125,00			Q 8.125,00
	Transporte								Q 1.015,65
	TOTAL DEL RENGLÓN								
8	HIPOCLORADOR	unidad							
		global	1			Q 7.500,00			Q 7.500,00
	Sub-total								
9	Imprevistos								
10	Gastos administrativos								
11	Supervisión								
12	Utilidad								
	Costo total del proyecto								

Setecientos diecinueve mil setecientos cuarenta y cuatro quetzales 06/100

A

Total	
Q	33.243,49
Q	21.328,69
Q	7.500,00
Q	499.822,26
Q	24.991,11
Q	39.985,78
Q	29.989,34
Q	124.955,57
Q	719.744,06



NOMBRE DEL PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL

UBICACIÓN: Aldea Pacayalito

FECHA: Enero 2008

COMUNIDAD: LA UNIÓN, ZACAPA

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

NO.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio por renglón	Materiales		Mano de Obra		Sub-total	Total
						Locales	No Locales	Calificada	No Calificada		
1	Preliminares (topografía y cálculo)	ML	4887,00		Q 5,00						
	Limpieza	ML	4887,00	Q 2,50				Q 9.163,13	Q 3.054,38	Q 12.217,50	
	Trazo	ML	4887,00	Q 2,50					Q 12.217,50	Q 12.217,50	
	Total renglón										Q 24.435,00
2	Escarificación de tramo carretero	m²	2199,15		Q 35,03						
	Arrendamiento de maquinaria Patrol	hrs.	48,00	Q 900,00				Q 43.200,00		Q 43.200,00	
	VibroCompactadora	hrs.	36,00	Q 900,00				Q 32.400,00		Q 32.400,00	
	Chapeado realizado por albañil	días	12,00	Q 120,00			Q 1.440,00			Q 1.440,00	
	Total renglón										Q 77.040,00
3	Traslado y corte de material balasto	m³	3300,00		Q 78,18						
	Corte de balasto	m ³	3300,00	Q 35,00			Q 115.500,00			Q 115.500,00	
	Banco de material extracción del mismo	m ³	3300,00	Q 12,00			Q 39.600,00			Q 39.600,00	
	Mano de mica para cargar	hrs.	36,00	Q 900,00			Q 32.400,00			Q 32.400,00	
	Camión de volteo	flete	5,00	Q 900,00			Q 4.500,00			Q 4.500,00	
	Carga de balasto	m ³	3300,00	Q 10,00			Q 33.000,00			Q 33.000,00	
	Traslado de balasto	m ³ -Km	3300,00	Q 10,00		Q 33.000,00				Q 33.000,00	
	Total renglón										Q 258.000,00
4	Tendido de balasto	ML	3497,00		Q 61,94						
	Arrendamiento de maquinaria Patrol	hrs.	120,00	Q 900,00			Q 108.000,00			Q 108.000,00	
	Tendido por camión de volteo con sus jornaleros	hrs.	120,00	Q 900,00		Q 108.000,00				Q 108.000,00	
	medición de espesor de capa (jornalero)	días	5,00	Q 120,00				Q 600,00	Q 600,00	Q 600,00	
	Total renglón										Q 216.600,00
5	Compactación de balasto	ML	3497,00		Q 22,49						
	Compactadora de 15 Ton.	hrs.	66,00	Q 650,00		Q 42.900,00				Q 42.900,00	
	Pipa de 3m ³	hrs.	48,00	Q 650,00		Q 31.200,00				Q 31.200,00	
	jornalero	días	30,00	Q 120,00				Q 3.600,00	Q 3.600,00	Q 3.600,00	
	nivelación	días	8,00	Q 120,00				Q 960,00	Q 960,00	Q 960,00	
	Total renglón										Q 78.660,00
6	Elaboración de empedrado	ML	1380,00	Q 25,00	Q 28,08			34.500,00	Q 8.625,00	Q 43.125,00	
	Cemento	Unidad	3200,00	Q 55,00			Q 176.000,00			Q 176.000,00	
	Arena	m ³	900,00	Q 200,00			Q 180.000,00			Q 180.000,00	
	pedrín		250,00	Q 250,00			Q 62.500,00			Q 62.500,00	
	Piedra bola	m ³	650,00	Q 200,00			Q 130.000,00			Q 130.000,00	
	Madera	Pie Tablar	1800,00	Q 3,50		Q 6.300,00				Q 6.300,00	
	Clavo 3"	Libra	1,00	Q 7,00			Q 7,00			Q 7,00	
	transporte									Q 59.793,20	
	Total renglón										Q 657.725,20



NOMBRE DEL PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL

UBICACIÓN: Aldea Pacayalito

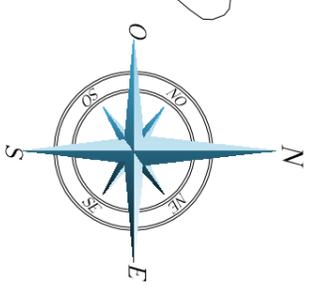
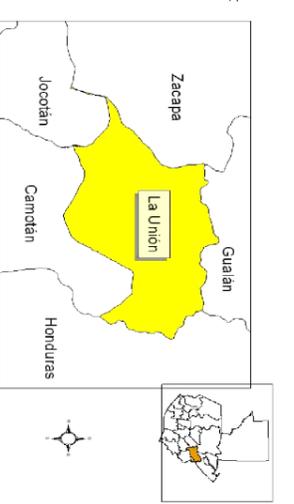
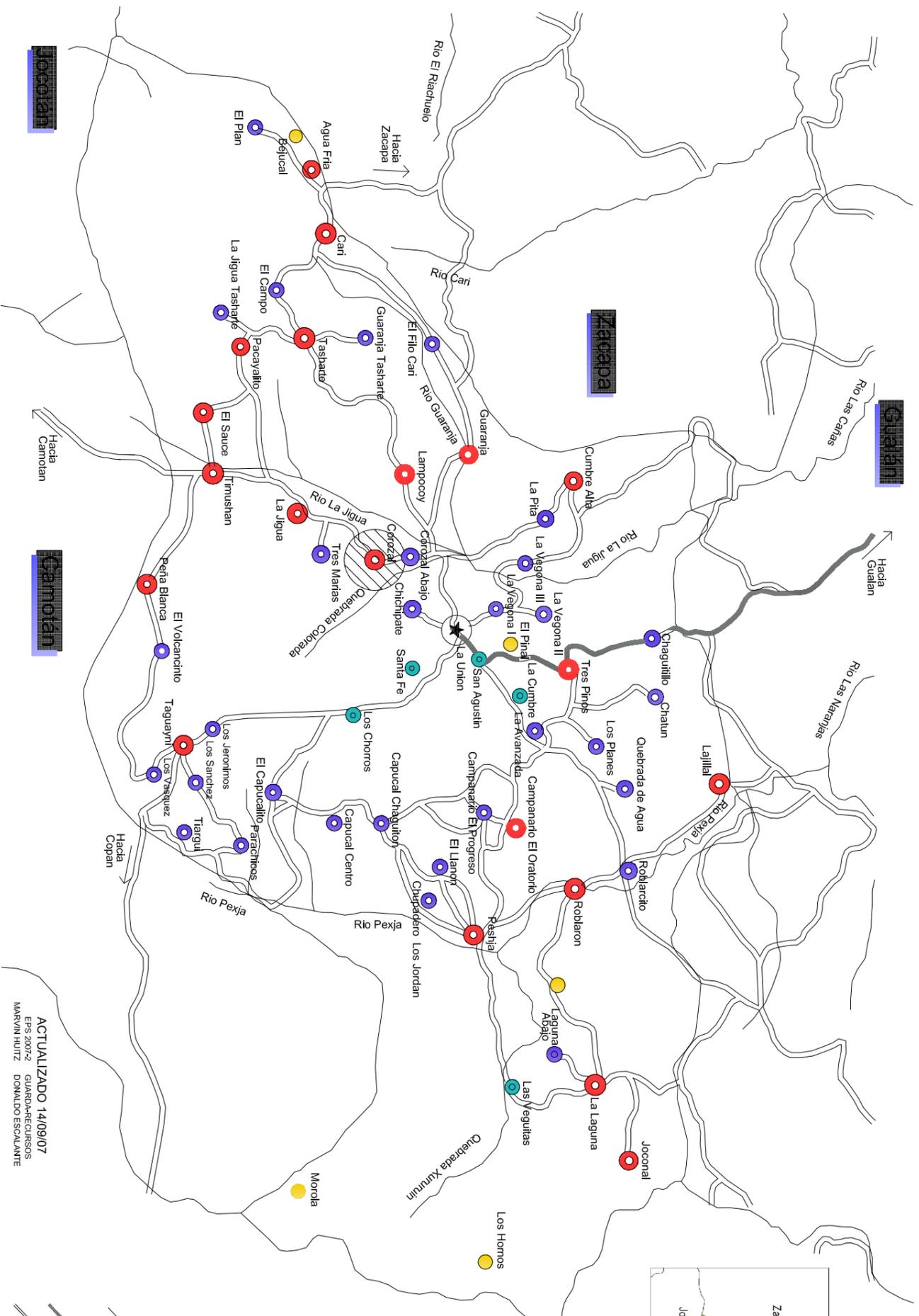
FECHA: Enero 2008

COMUNIDAD: LA UNIÓN, ZACAPA

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

NO.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio por renglón	Materiales		Mano de Obra		Sub-total	Total
						Locales	No Locales	Calificada	No Calificada		
7	Elaboración de cunetas	ml	2360,00		Q 26,85						
	Arrendamiento de maquinaria Patrol (cuchilla)	hrs.	72,00	Q 350,00		Q 25.200,00				Q 25.200,00	
	Mano de obra (4 albañiles Q100,00c/u.)	días	60,00	Q 400,00				Q 24.000,00		Q 24.000,00	
	Rectificación y elaboración de cunetas.	ml	2360,00	Q 6,00				Q 14.160,00		Q 14.160,00	
	Total renglón										Q 63.360,00
8	Drenajes transversales	Unidad	8		Q 7.770,40						
	cemento	saco	64,00	Q 55,00			Q 3.520,00			Q 3.520,00	
	arena	m3	16,00	Q 200,00			Q 3.200,00			Q 3.200,00	
	pedrín	m3	12,00	Q 250,00			Q 3.000,00			Q 3.000,00	
	pedra bola	m3	12,00	Q 150,00		Q 1.800,00				Q 1.800,00	
	hierro # 5	varillas	8,00	Q 85,00			Q 680,00			Q 680,00	
	tubos novalok Ø 24"	Unidad	10,00	Q3.000,00			Q 30.000,00			Q 30.000,00	
	alambre de amarre	lb	96,00	Q 7,00			Q 672,00			Q 672,00	
	tabla 1"x12"10'	PT	1152,00	Q 3,50			Q 4.032,00			Q 4.032,00	
	tabla 2"x3"10'	PT	576,00	Q 3,50			Q 2.016,00			Q 2.016,00	
	clavo 3"	lb	56,00	Q 7,00			Q 392,00			Q 392,00	
	construcción de transversales	global	8,00	Q 900,00				Q 5.760,00	Q 1.440,00	Q 7.200,00	
	Transporte									Q 5.651,20	
	Total renglón										Q 62.163,20
9	Flete traslado de maquinaria	longitud	4000,00		400 / Km.						
	Flete para patrol	global	2000,00	1,00			Q 2.000,00			Q 2.000,00	
	Flete para compactadora	global	2000,00	1,00			Q 2.000,00			Q 2.000,00	
	Total renglón										Q 4.000,00
	Sub-total										Q 1.441.983,40
10	Imprevistos										Q 64.889,25
11	Gastos administrativos										Q 86.519,00
12	Supervisión										Q 79.309,09
13	Utilidad										Q 360.495,85
	Costo total del proyecto										Q 2.033.196,59

MUNICIPIO DE LA UNIÓN, ZACAPAPA.



- NOMENCLATURA**
- LUGARES POBLADOS**
- ★ PUEBLO
 - ALDEA
 - CASERIO
 - FINCA
 - PARAJE
- CAMINOS DEL MUNICIPIO**
- ASFALTADO
 - - - NO ASFALTADO
- MUNICIPIO DE LA UNIÓN**
- MUNICIPALIDAD

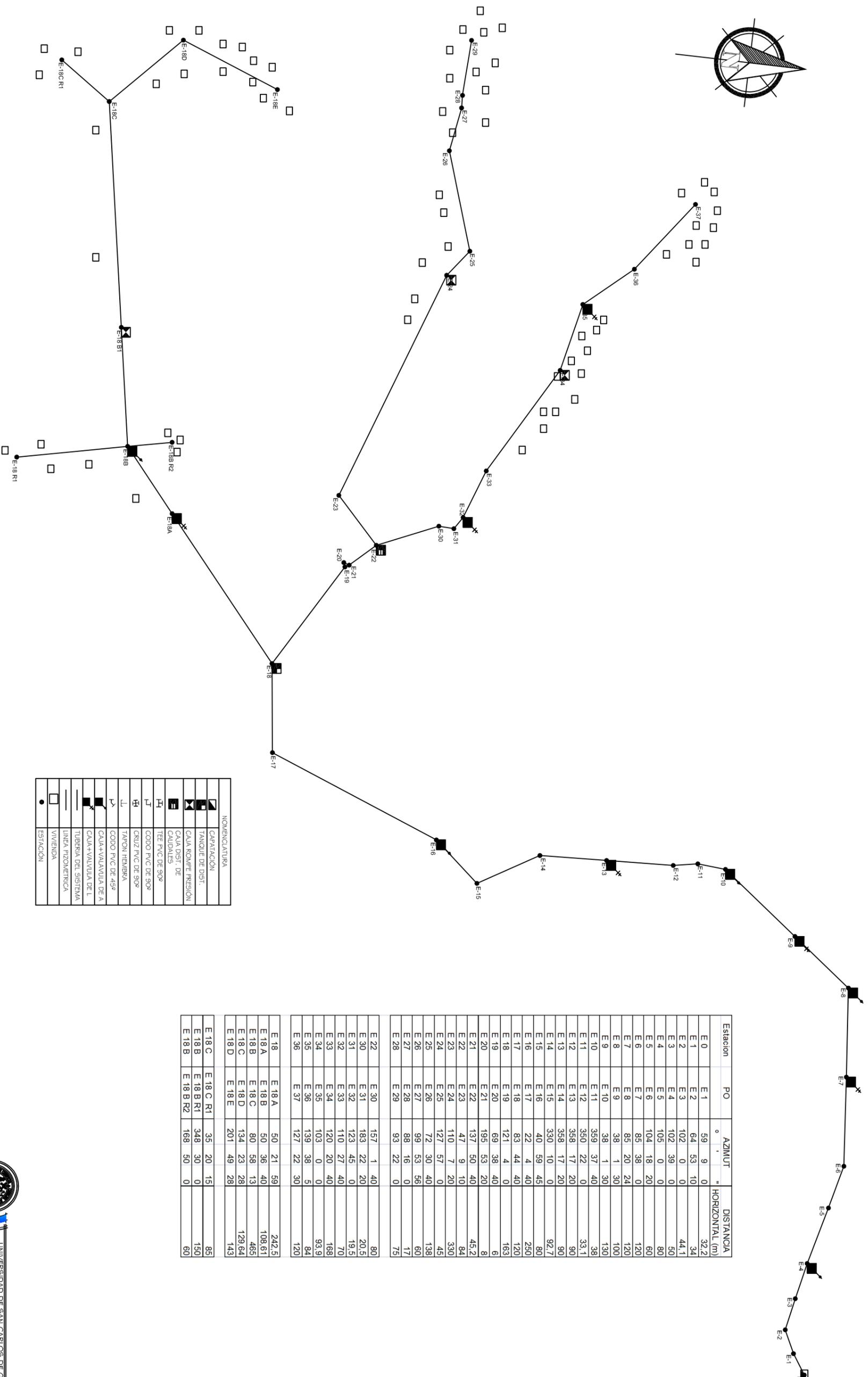
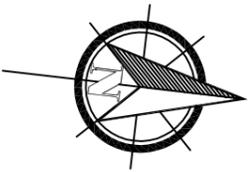
ACTUALIZADO 14/09/07
 EPS 2007-2 GUARDA-RECURSOS
 MARVIN HUIZ DONALDO ESCALANTE

UBICACIÓN DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA

ESCALA HORIZONTAL : 1/ INDICADA

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA PARA EL CASERIO CONDONAL ASERIDA</p>	<p>CLIENTE: MARVIN HUIZ</p>
<p>SUPERVISADO: MARVIN HUIZ</p>	<p>FECHA: AÑO 2007</p>
<p>REDISEÑO: ING. ANGEL SAC</p>	<p>NO. DE AUTORIZADO:</p>
<p>CONTENIDO: UBICACIÓN DEL PROYECTO</p>	<p>HOJA No. /</p>



NOMENCLATURA	
	TANQUE DE DIST.
	CAJA ROMPE PRESION
	CAJA DIST. DE CAUDALES
	TEE PVC DE 90°
	CODO PVC DE 90°
	CRUZ PVC DE 90°
	TAPON HEMBRA
	CODO PVC DE 45°
	CAJA+VALVULA DE A
	CAJA+VALVULA DE L
	TUBERIA DEL SISTEMA
	VIVIENDA
	ESTACION

Estacion	PO	AZIMUT °	DISTANCIA HORIZONTAL (m)
E 0	E 1	59 9 0	32.2
E 1	E 2	64 53 10	34
E 2	E 3	102 0 0	44.1
E 3	E 4	102 39 0	50
E 4	E 5	105 0 0	80
E 5	E 6	104 18 20	60
E 6	E 7	85 38 0	120
E 7	E 8	85 20 24	120
E 8	E 9	38 1 30	100
E 9	E 10	38 1 30	130
E 10	E 11	359 37 40	38
E 11	E 12	350 22 0	33.1
E 12	E 13	358 17 20	90
E 13	E 14	358 17 20	90
E 14	E 15	330 10 0	92.7
E 15	E 16	40 59 45	80
E 16	E 17	22 4 40	290
E 17	E 18	83 44 40	120
E 18	E 19	121 4 0	163
E 19	E 20	69 38 40	6
E 20	E 21	195 53 20	8
E 21	E 22	137 50 40	45.2
E 22	E 23	47 9 10	84
E 23	E 24	110 7 20	330
E 24	E 25	127 57 0	45
E 25	E 26	72 30 40	138
E 26	E 27	99 53 56	60
E 27	E 28	88 16 0	17
E 28	E 29	93 22 0	75
E 22	E 30	157 1 40	80
E 30	E 31	183 22 20	20.5
E 31	E 32	123 45 0	19.5
E 32	E 33	110 27 40	70
E 33	E 34	120 20 40	168
E 34	E 35	103 0 0	93.9
E 35	E 36	139 38 5	84
E 36	E 37	127 22 30	120
E 18	E 18 A	50 21 59	242.5
E 18 A	E 18 B	50 36 40	108.61
E 18 B	E 18 C	80 58 13	465
E 18 C	E 18 D	134 23 28	129.64
E 18 D	E 18 E	201 49 28	143
E 18 C	E 18 C R1	35 20 15	85
E 18 B	E 18 B R1	348 30 0	150
E 18 B	E 18 B R2	168 50 0	60



PLANTA GENERAL

INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERÍO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/2500

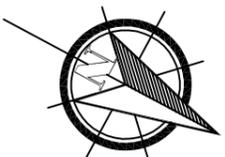


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

UNIVERSIDAD DE LA UNIÓN ZACAPA	ESTUDIOS	MARVIN HUITZ
INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERÍO COROZAL ARRIBA	TÍTULO	ADMINISTRADOR
	FECHA	
	REVISADO	

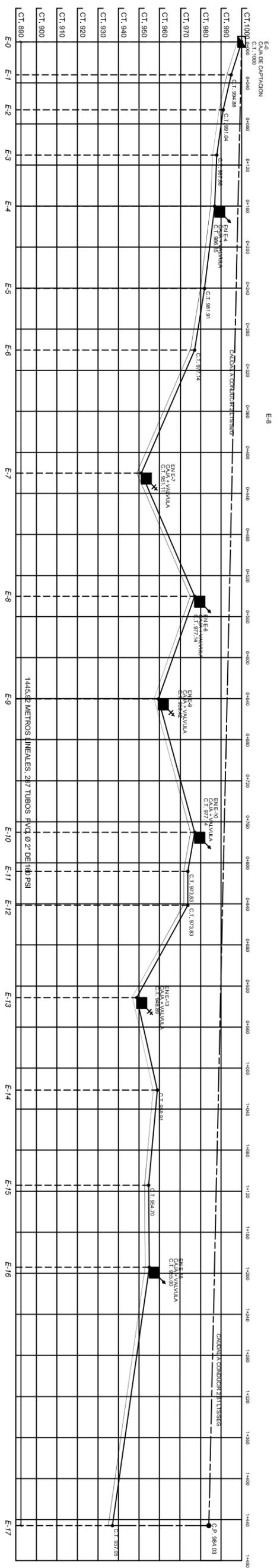
DISEÑADOR	MARVIN HUITZ
REVISOR	ING. ANGEL SUC
VIA DE AUTORIZACIÓN	

CONTENIDO	HOJA No.
PLANTA GENERAL	1 / 9



NOMENCLATURA	
	CAPTACION
	TANQUE DE DIST.
	CAJA ROMPE PRESION
	CAJA DIST. DE CAUDALES
	TEE PVC DE 90°
	CRUZ PVC DE 90°
	TAPON HEMBRA
	CODO PVC DE 45°
	CAJA+VALVULA DE A.
	TUBERIA DEL SISTEMA
	LINEA FISZOMERICA
	VIVIENDA
	ESTACION

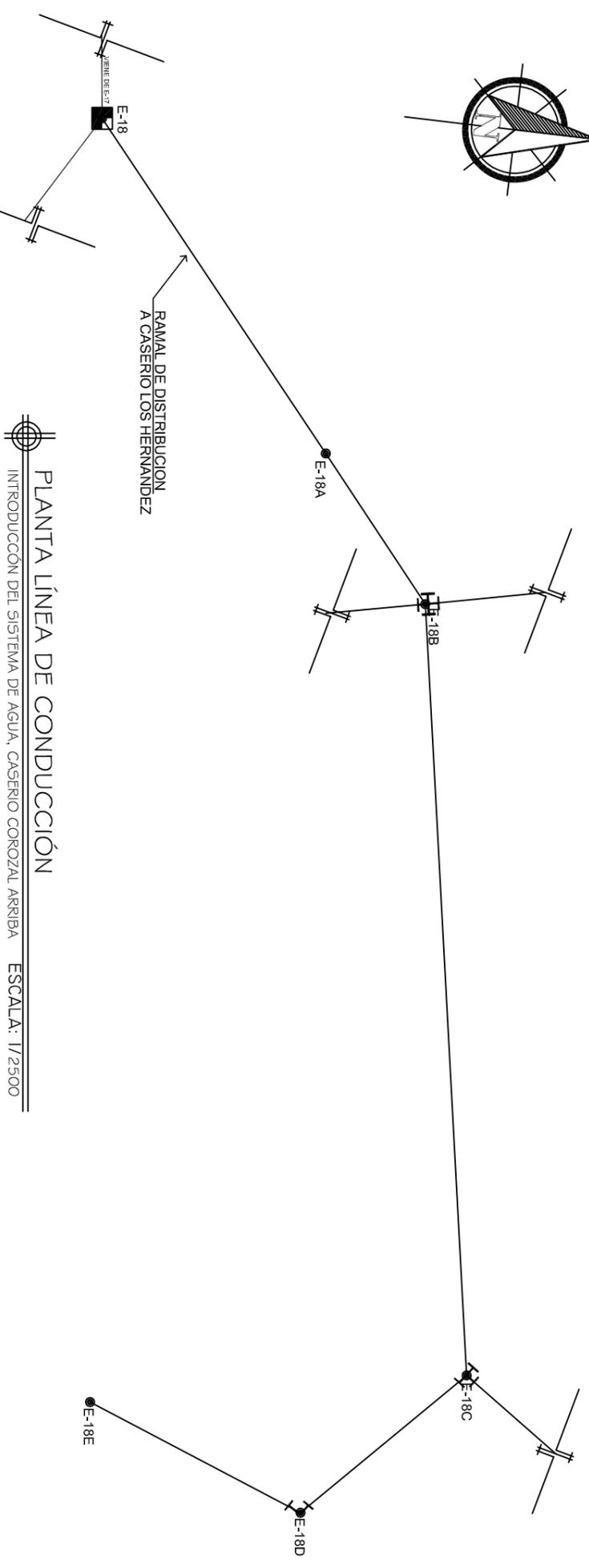
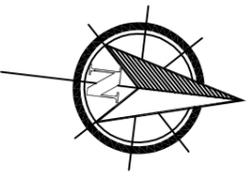
PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/2500



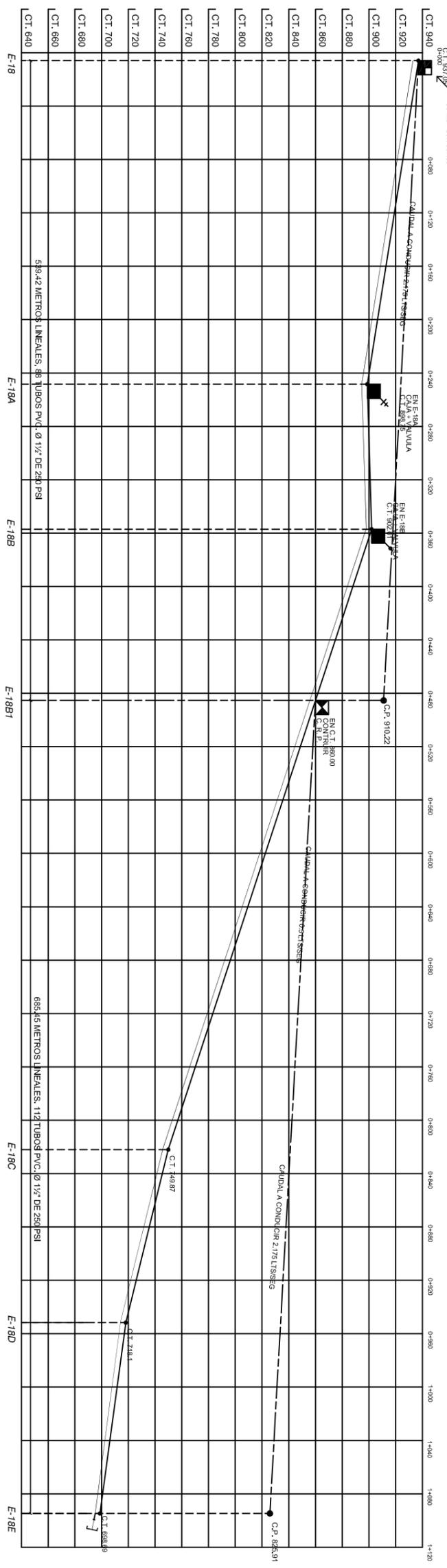
- NOTAS:**
- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - 4- El concreto deberá tener resistencia $f_c=281 \text{ kg/cm}^2$.
 - 5- Se realizará un alisado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
 - 6- Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
 - 7- El hierro de refuerzo será de $\phi 3/8"$
 - 8- El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
 - 10- La válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a 1/3 del diámetro de la tubería donde se instalará.
 - 11- La válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a 1/6 del del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

PERFILES HIDRÁULICOS
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA VERTICAL: 1:2000
ESCALA HORIZONTAL: 1:2000

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPIO DE LA UNIÓN ZACACA INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA		MUNICIPIO DE LA UNIÓN ZACACA INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA	
DISEÑO: MARVIN HUIZ	DISEÑO: MARVIN HUIZ	ASISTENTE: ING. ANGEL SUC	ASISTENTE: ING. ANGEL SUC
HOJA NO. 3		HOJA NO. 3	
PLANTA + PERFILES HIDRÁULICO		PLANTA + PERFILES HIDRÁULICO	



PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN
INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/2500



PERFILES HIDRÁULICOS
INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

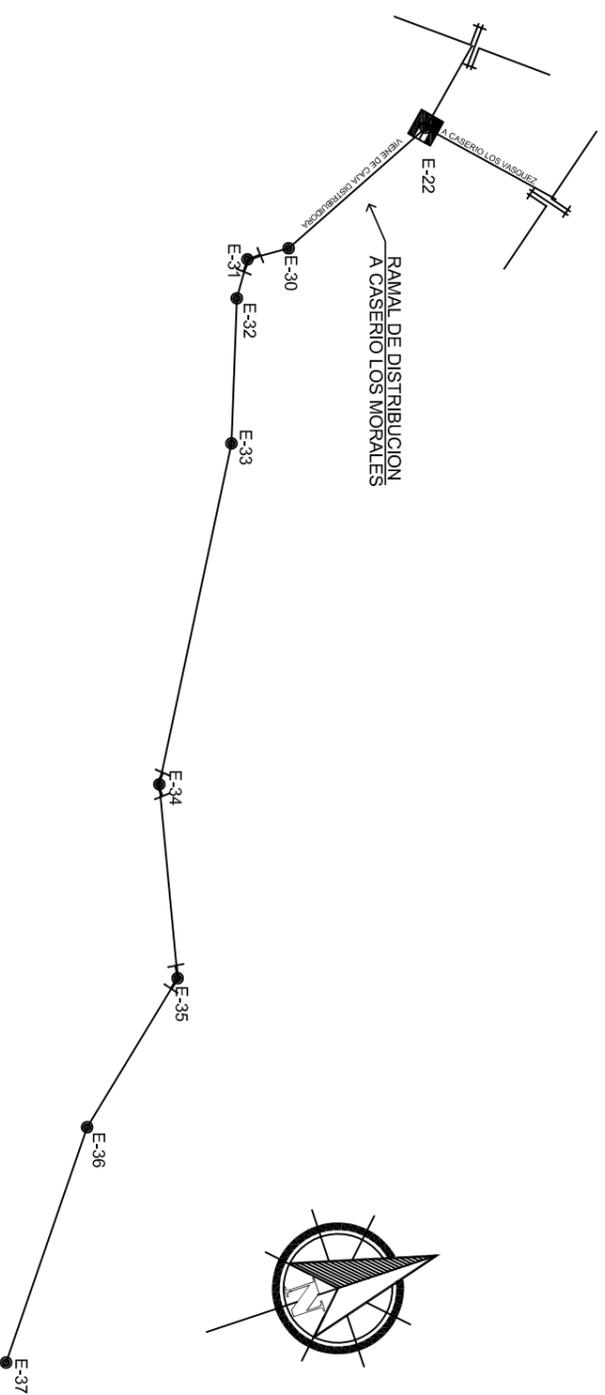
- NOTAS:
- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - 4- El concreto deberá tener resistencia $f_c = 281 \text{ kg/cm}^2$.
 - 5- Se realizará un allado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1 : 1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
 - 6- Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
 - 7- El hierro de refuerzo será de $\varnothing 3/8"$.
 - 8- El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
 - 10- La válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a 1/3 del diámetro de la tubería donde se instalará.
 - 11- La válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a 1/6 del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

NOMENCLATURA	
	CAPACIDAD
	TANQUE DE DIST.
	CAJA ROMPE PRESION
	CAJA DIST. DE CAUDALES
	TEE PVC DE 90°
	CODO PVC DE 90°
	CRUZ PVC DE 90°
	TAPON HEMBRA
	CODO PVC DE 45°
	CAJA+VALVULA DE A
	CAJA+VALVULA DE L
	TUBERIA DEL SISTEMA
	LINEA PIZOMETRICA
	VIVIENDA
	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPIO DE LA UNIÓN ZACANA INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA CASERIO COROZAL ARRIBA	DISEÑO: MARVIN HUIZ
DISEÑADOR: MARVIN HUIZ	ASesor: ING. ANGEL SIC
REVISOR: MARVIN HUIZ	V. O. AUTORIZADO: /
FECHA: MARZO DE 2017 ESCALA:	HOJA No. 4 / 9

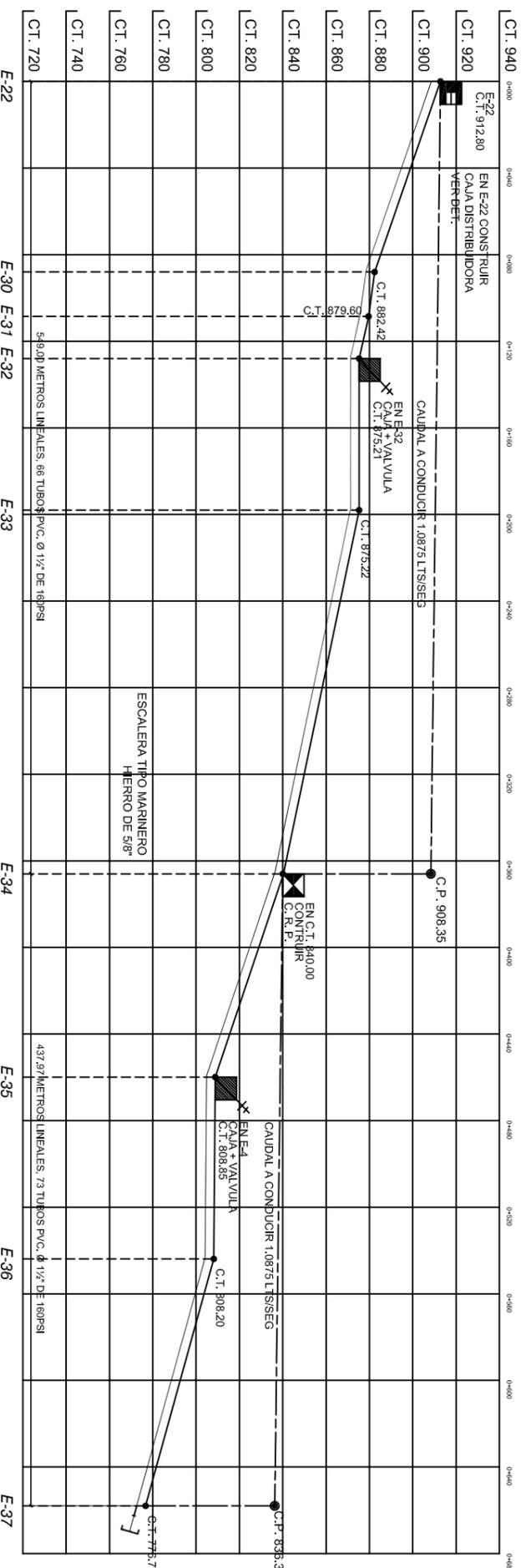
PLANTA + PERFILES HIDRÁULICOS



NOMENCLATURA	
	CAPTACION
	TANQUE DE DIST.
	CAJA ROMPE PRESION
	CAJA DIST. DE CAUDALES
	TEE PVC DE 90°
	CODO PVC DE 90°
	CRUZ PVC DE 90°
	TAPON HEMBRA
	CODO PVC DE 45°
	CAJA+VALVULA DE ALINEACION
	CAJA+VALVULA DE L. LINEA
	TUBERIA DEL SISTEMA
	VIVIENDA
	ESTACION

PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERÍO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/2500



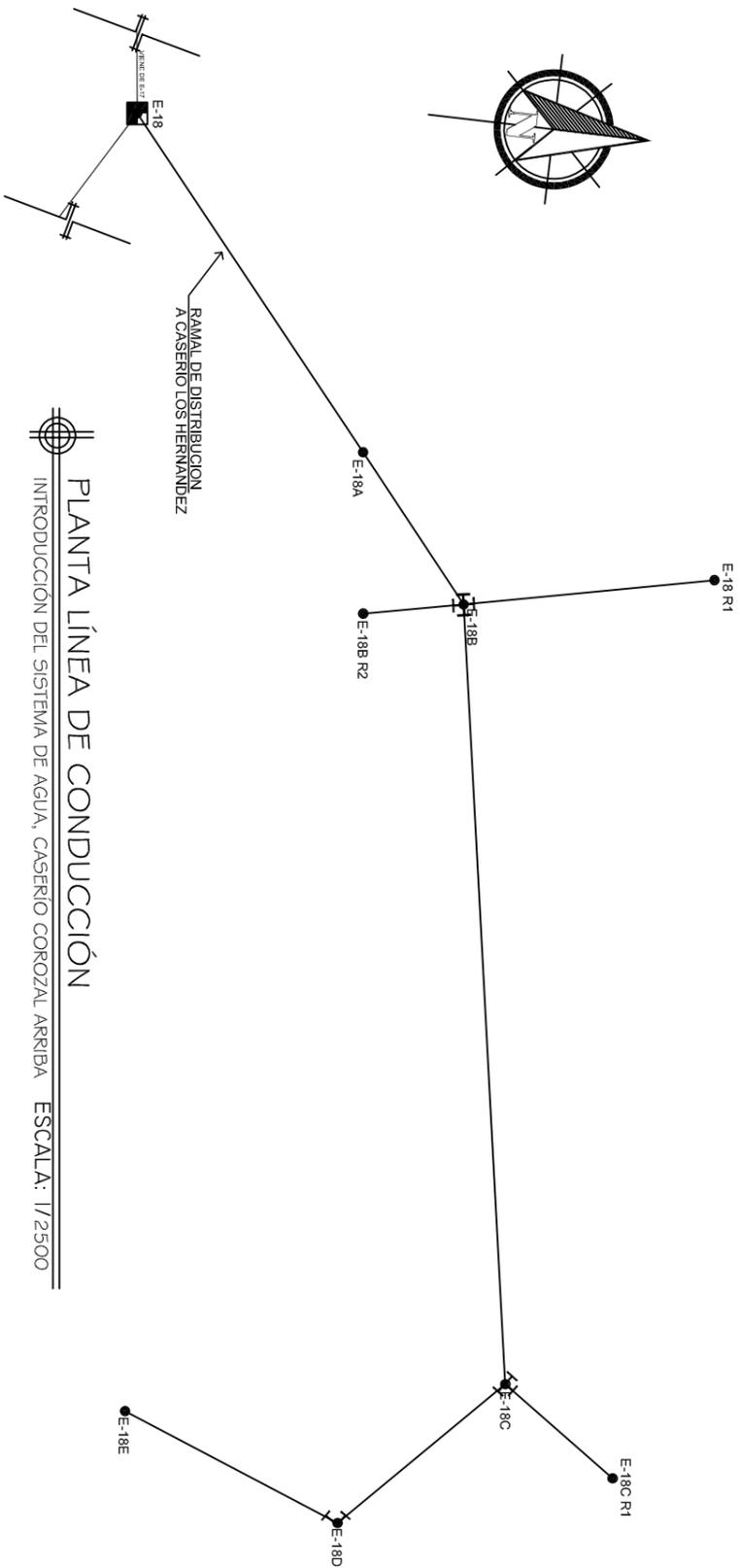
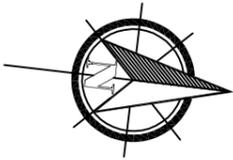
PERFILES HIDRÁULICOS

INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERÍO COROZAL ARRIBA ESCALA HORIZONTAL: 1:2000

- NOTAS:**
- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - El concreto deberá tener resistencia $f_c = 281 \text{ kg/cm}^2$.
 - Se realizará un alisado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
 - Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
 - El hierro de refuerzo será de $\phi 3/8"$
 - El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
 - La válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a $1/3$ del diámetro de la tubería donde se instalará.
 - La válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a $1/6$ del del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE LA UNIÓN ZACAJA		CASERIO COROZAL ARRIBA	
PROYECTO	INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA	CLIENTE	MARVIN HUIZ
ASISTENTE	MARVIN HUIZ	ASESOR	MARVIN HUIZ
DISEÑADOR	MARVIN HUIZ	REVISOR	MARVIN HUIZ
CONTROLES	MARVIN HUIZ	APROBADO	MARVIN HUIZ
PLANTA + PERFILES HIDRÁULICOS		HOLLA N.º	5
			9



CT. 760	0+000	0+040	0+080	0+120
CT. 740				
CT. 720				
CT. 700				
CT. 680				
CT. 660				
CT. 640				

E-18C
 E-18C-R1
RAMAL PARA VIVIENDAS

PERFILES HIDRÁULICOS
 INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA VERTICAL: 1/2000

CT. 920	0+000	0+040	0+080	0+120	0+160
CT. 900					
CT. 880					
CT. 860					
CT. 840					
CT. 820					
CT. 800					
CT. 780					
CT. 760					
CT. 740					
CT. 720					
CT. 700					

E-18B
RAMAL PARA VIVIENDAS

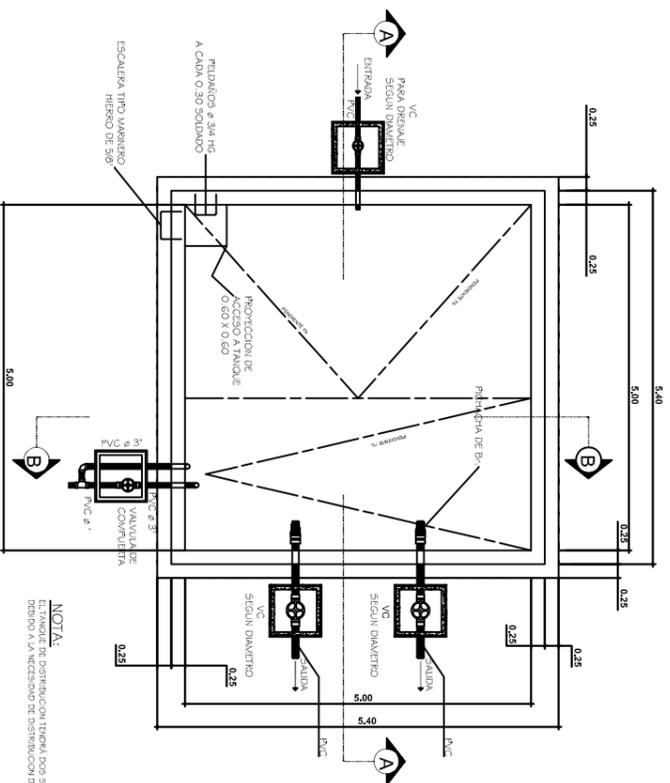
E-18B-R1
RAMAL PARA VIVIENDAS

PERFILES HIDRÁULICOS
 INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA VERTICAL: 1/2000

NOTA:
 EN LOS RAMALES E-18B a E-18B-R1, E-18B-R2 Y E-18C-R1 NO ES NECESARIA LA COLOCACION DE CAJAS RODIEMPRESION PESE A LA ALTURA YA QUE SE INSTALARA TUBERIA DE 12" Y 34" DE 319PSI Y 209PSI.

- NOTAS:**
- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - 4- El concreto deberá tener resistencia $f_c=281$ kg/cm².
 - 5- Se realizará un alisado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1,5 cm.
 - 6- Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
 - 7- El hierro de refuerzo será de $\varnothing 3/8"$
 - 8- El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
 - 10- La Válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a 1/3 del diámetro de la tubería donde se instalará.
 - 11- La Válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a 1/6 del del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

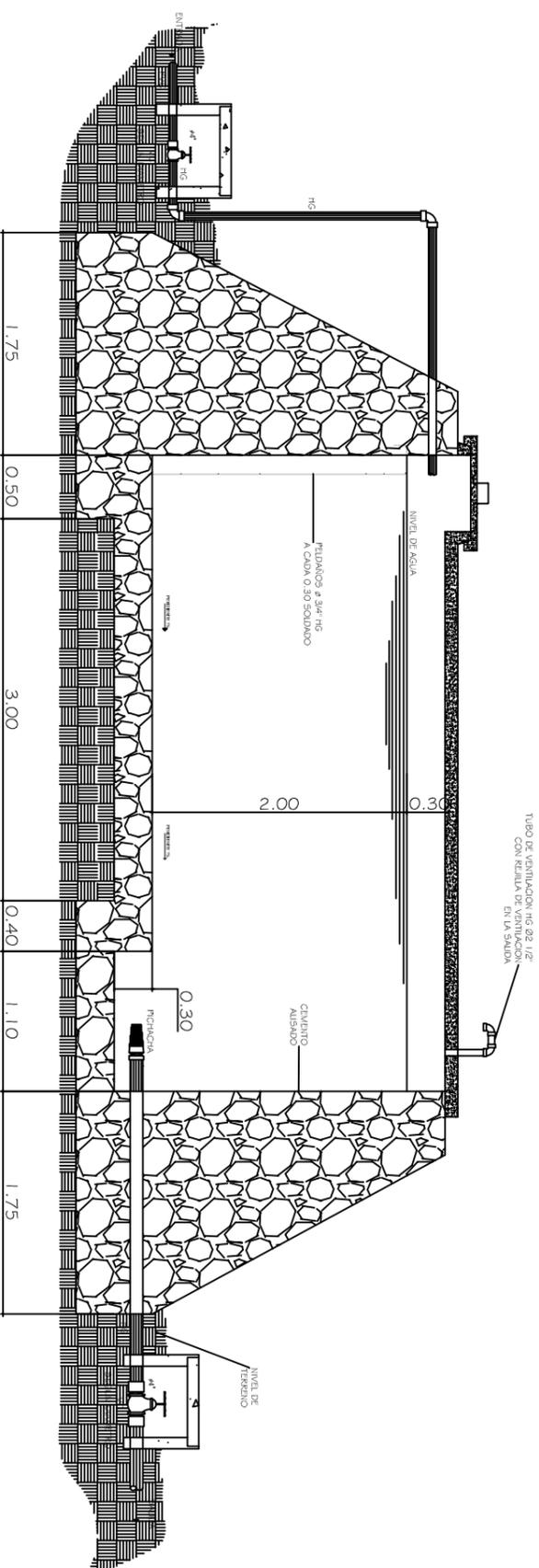
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPIO DE LA UNIÓN ZACARA INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA	DISEÑADO POR MARVIN HUIZ MARVIN HUIZ	REVISADO POR ING. ANGEL SUC	FECHA DE APROBACIÓN MARINA HUIZ 14/05/2023
PLANTA + PERFILES HIDRÁULICO		HOJA NO. 6	TOTAL 9



NOTA:
 EL TANQUE DE DISTRIBUCION TIENE UN NIVEL DE AGUA DE 0.30 MTS SOBRE EL NIVEL DE LA CIMENTACION DE LA SANGRIA.
 DEBIDO A LA NECESIDAD DE DISTRIBUCION DEL CAUDAL EN DOS RAMALES.

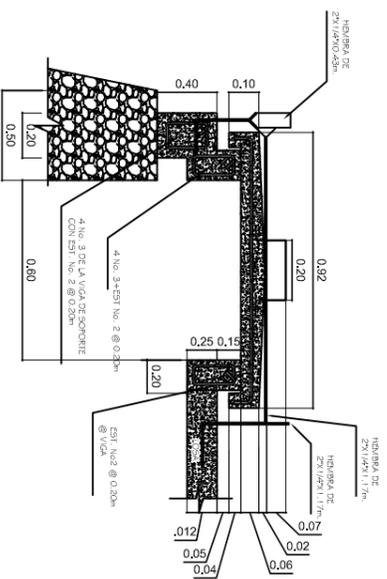
PLANTA DEL TANQUE DE DISTRIBUCION
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

ESCALA: 1/50



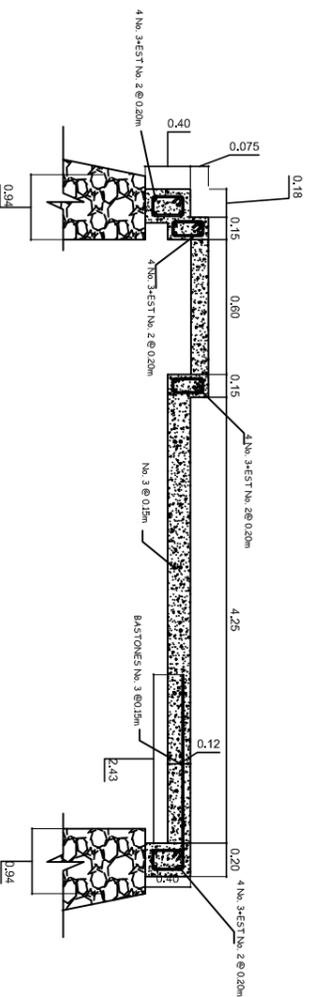
SECCION A-A
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

ESCALA: 1/50



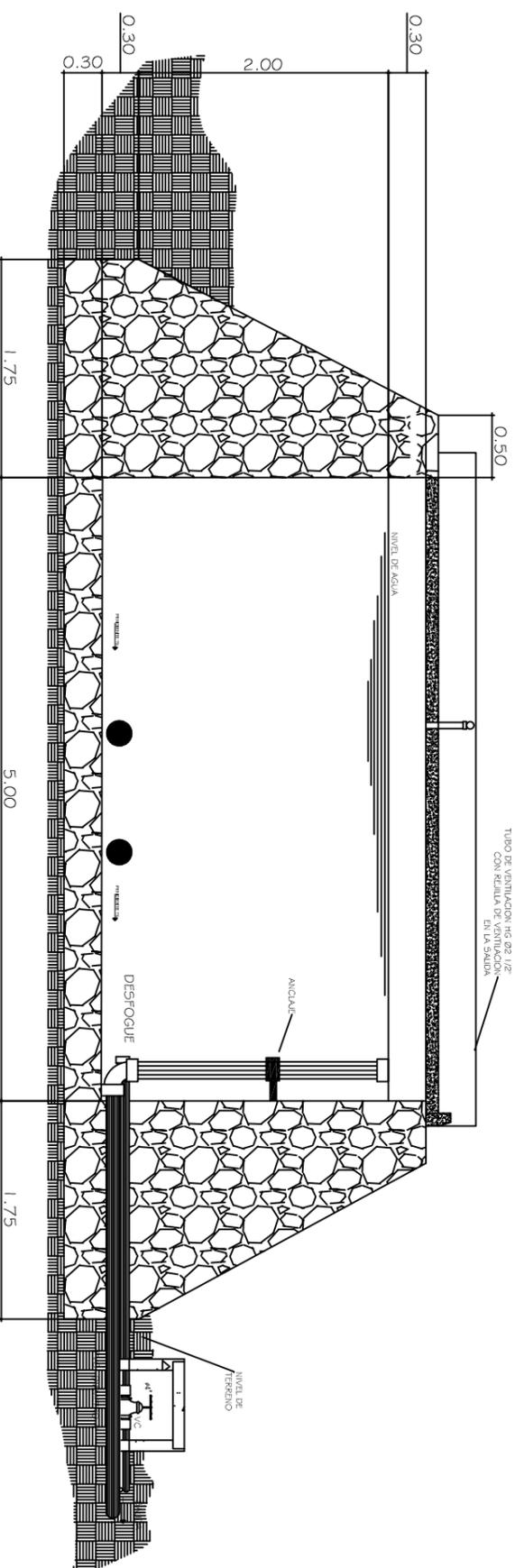
DETALLE DE TAPADERA
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

ESCALA: 1/10



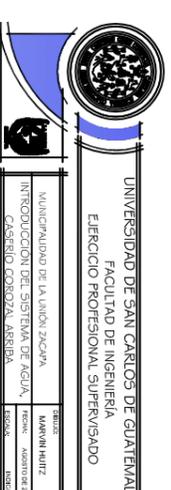
DETALLE DE ARMADO DE LOSA
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

ESCALA: 1/25



SECCION B-B
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

ESCALA: 1/50



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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA,
 CASERIO COROZAL ARRIBA

PROYECTO: INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA

CLIENTE: MARVIN HUITZ

PROYECTISTA: MARVIN HUITZ

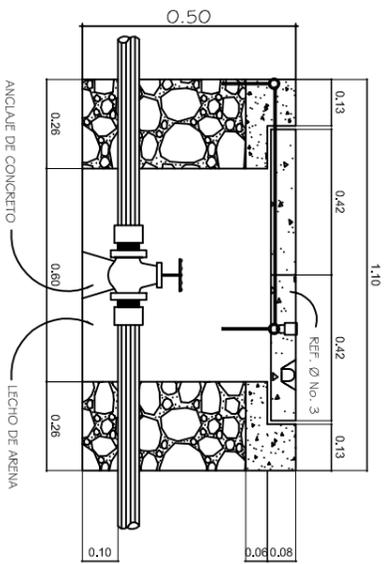
REVISOR: ING. ANGEL SUC

FECHA: 15/05/2024

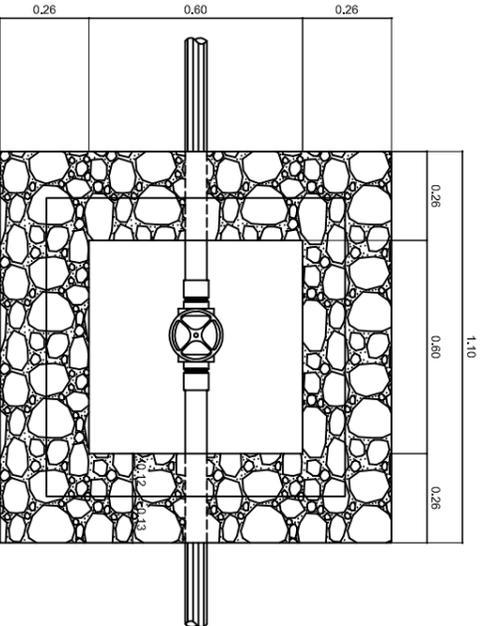
NO. DE AUTORIZACION: 8

HOLAS: 5

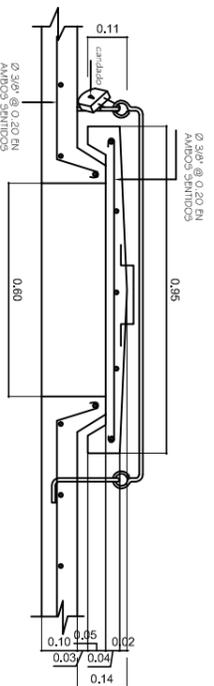
TANQUE DE DISTRIBUCION
 CAPACIDAD DE 50 m³



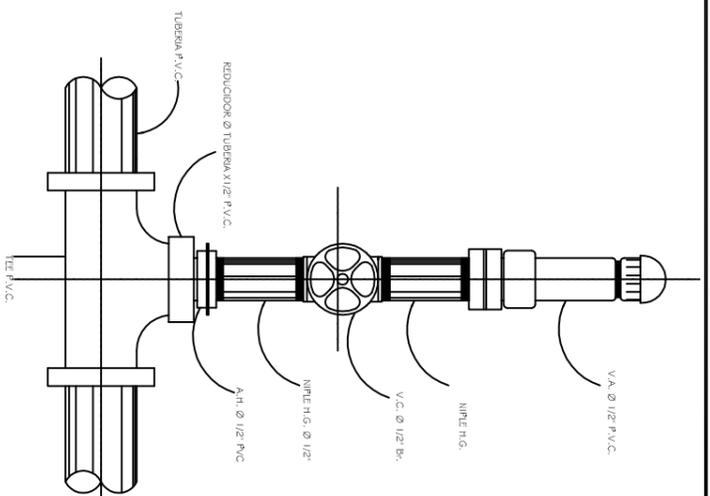
ELEVACION CAJA PARA VALVULA
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/10



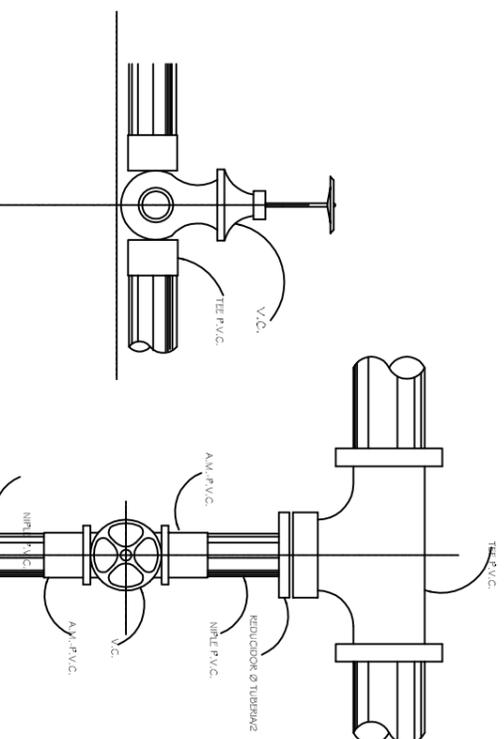
PLANTA CAJA PARA VALVULA
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/10



DETALLE DE TAPADERA
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/10



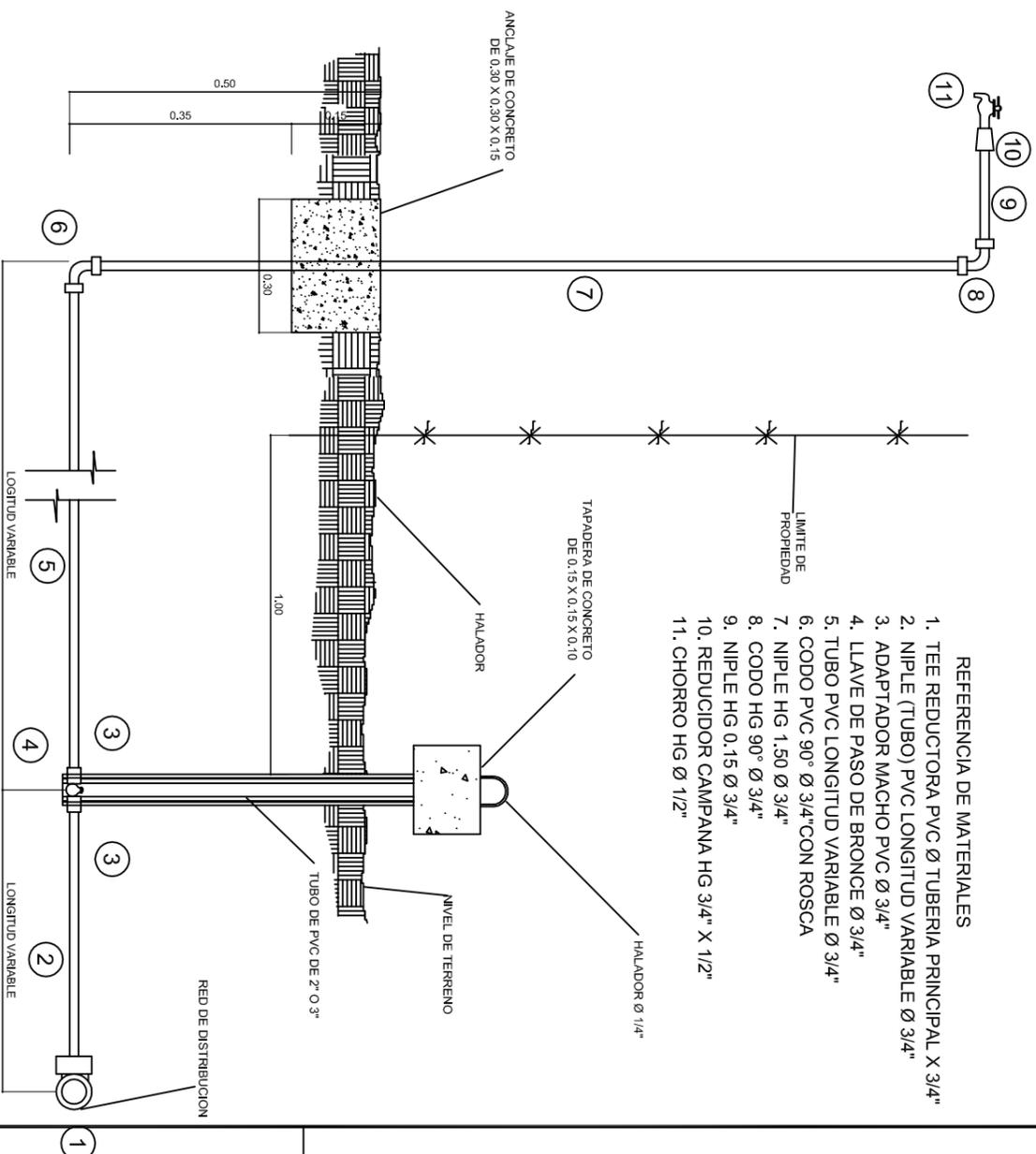
ELEVACION VALVULA DE AIRE
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/SIN ESCALA



ELEVACION VALVULA DE LIMPIEZA
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/SIN ESCALA

PLANTA VALVULA DE LIMPIEZA
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/SIN ESCALA

- NOTAS:
- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - 4- El concreto deberá tener resistencia $f_c=281 \text{ kg/cm}^2$.
 - 5- Se realizará un alisado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
 - 6- Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
 - 7- El hierro de refuerzo será de $\phi 3/8"$
 - 8- El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
 - 10- La válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a $1/3$ del diámetro de la tubería donde se instalará.
 - 11- La válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a $1/6$ del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

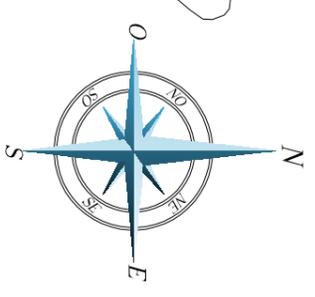
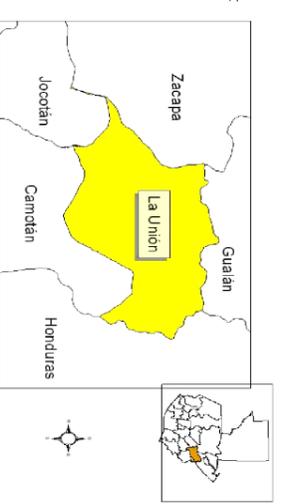
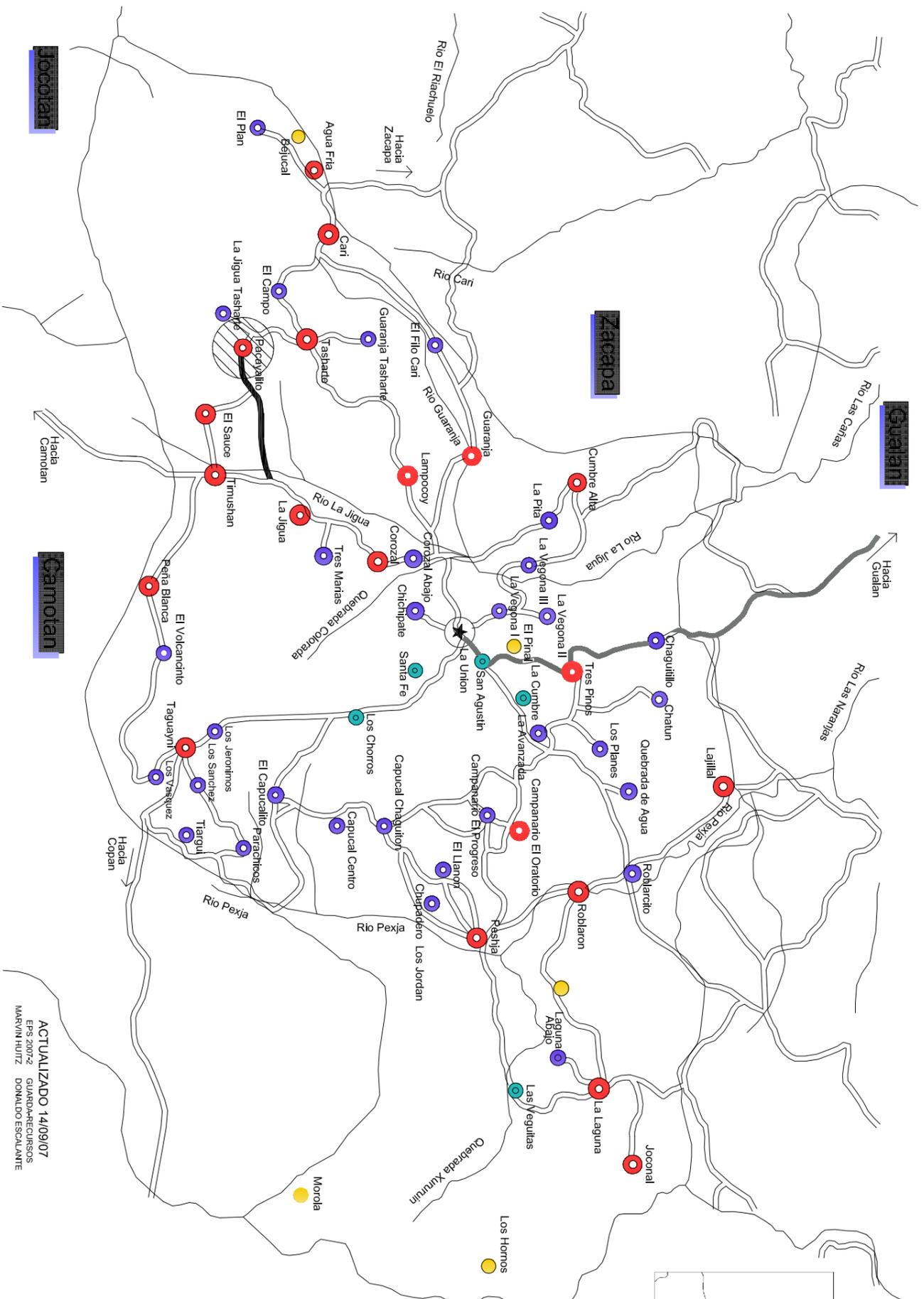


CONEXION TIPICA DOMICILIAR
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA ESCALA: 1/7.5

- REFERENCIA DE MATERIALES
1. TEE REDUCTORA PVC ϕ TUBERIA PRINCIPAL X 3/4"
 2. NIPLE (TUBO) PVC LONGITUD VARIABLE $\phi 3/4"$
 3. ADAPTADOR MACHO PVC $\phi 3/4"$
 4. LLAVE DE PASO DE BRONCE $\phi 3/4"$
 5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE $\phi 3/4"$
 6. CODO PVC $90^\circ \phi 3/4"$ CON ROSCA
 7. NIPLE HG $1.50 \phi 3/4"$
 8. CODO HG $90^\circ \phi 3/4"$
 9. NIPLE HG $0.15 \phi 3/4"$
 10. REDUCIDOR CAMPANA HG $3/4" \times 1/2"$
 11. CHORRO HG $\phi 1/2"$

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA		FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE LA UNION ZACAPA		MUNICIPALIDAD DE LA UNION ZACAPA	
INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA		INTRODUCCION DEL SISTEMA DE AGUA, CASERIO COROZAL ARRIBA	
ESTUDIO	DESARROLLADO	ASISTENTE	FECHA
MARVIN HURTZ	MARVIN HURTZ	ING. ANGEL SIC	
CONTINENTE	CAJA PARA VALVULAS		HOJA No.
	CONEXION DOMICILIAR TIPICA		9
	DETALLE DE VALVULAS		9

MUNICIPIO DE LA UNIÓN, ZACAPA



- NOMENCLATURA**
- LUGARES POBLADOS**
- ★ PUEBLO
 - ALDEA
 - CASERIO
 - FINCA
 - PARAJE
- CAMINOS DEL MUNICIPIO**
- ASFALTADO
 - - - NO ASFALTADO
- MUNICIPIO DE LA UNIÓN**
- MUNICIPALIDAD

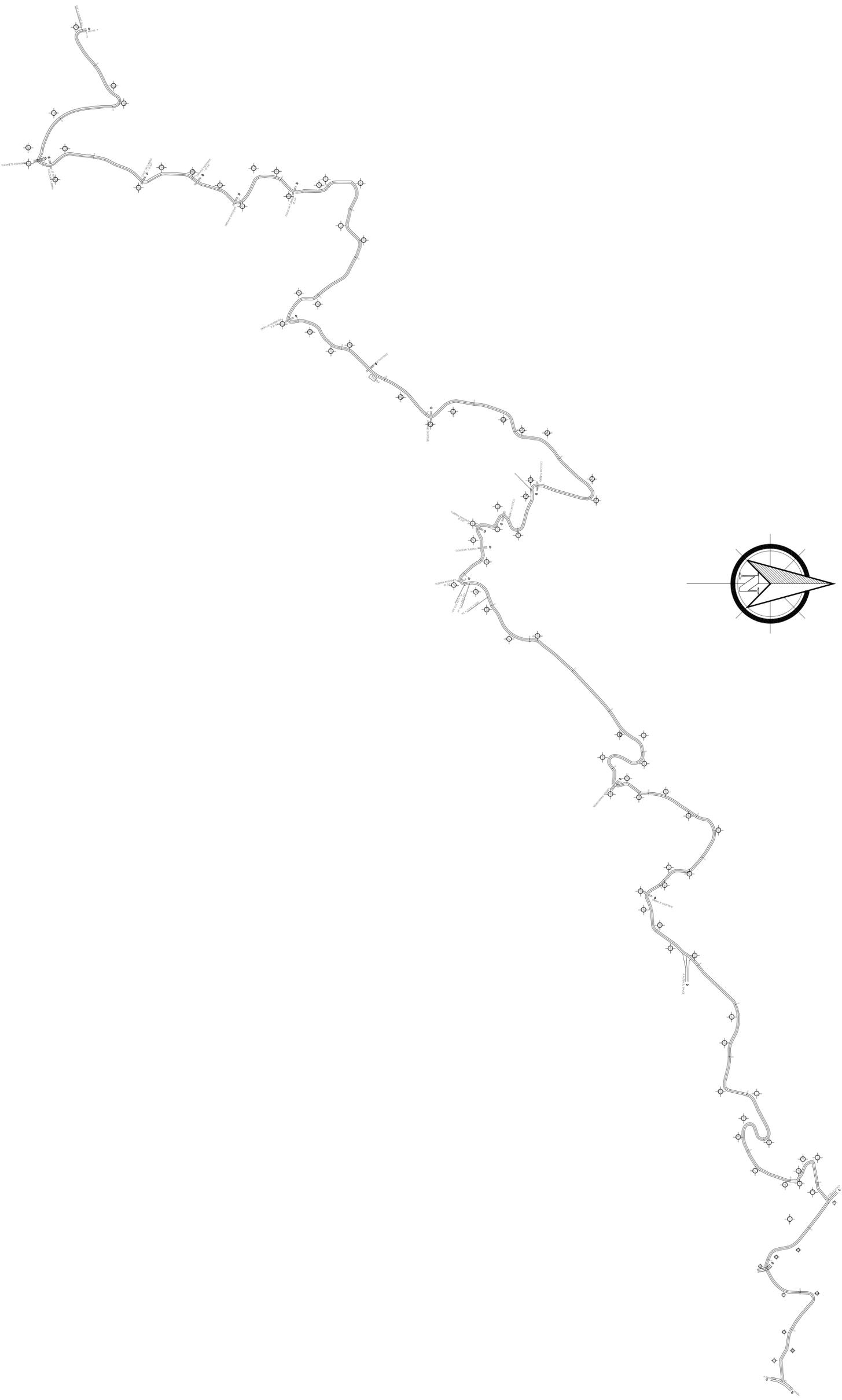
ACTUALIZADO 14/09/07
 EPS 2007-2 GUARDA-RECURSOS
 MARVIN HUITZ DONALDO ESCALANTE

UBICACIÓN DEL PROYECTO

REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL : 1/ INDICADA

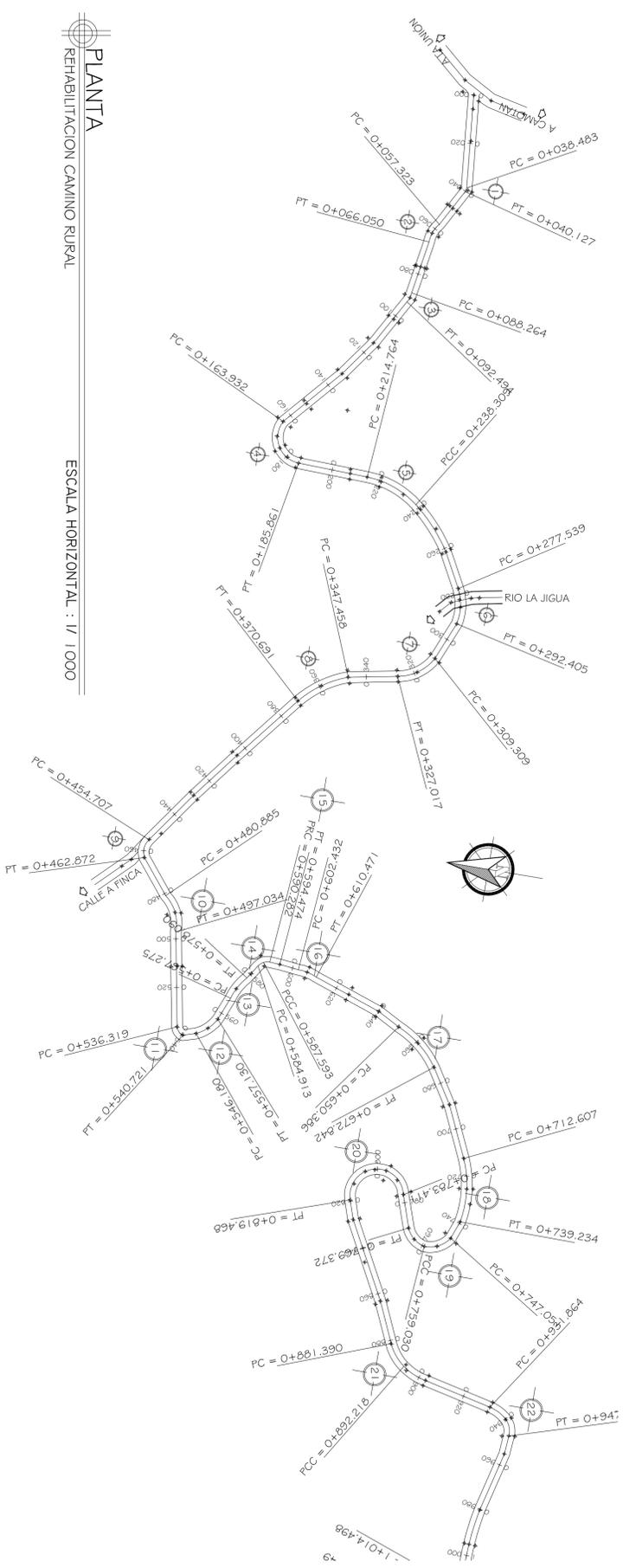
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL ALDEA PARACALITO</p>	<p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE LA UNIÓN, ZACAPA</p>
<p>PROYECTISTA: MARVIN HUITZ</p>	<p>FECHA: MARZO DE 2007</p>
<p>COORDINADOR: MARVIN HUITZ</p>	<p>PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL ALDEA PARACALITO</p>
<p>ASISTENTE: ING. ANGEL SAC</p>	<p>FECHA: MARZO DE 2007</p>
<p>CONTINENTE: UBICACIÓN DEL PROYECTO</p>	<p>NO. DE AUTORIZADO</p>
<p>HOJA No. 1</p>	<p>NO. DE AUTORIZADO</p>




PLANTA GENERAL
 REHABILITACION CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 2500

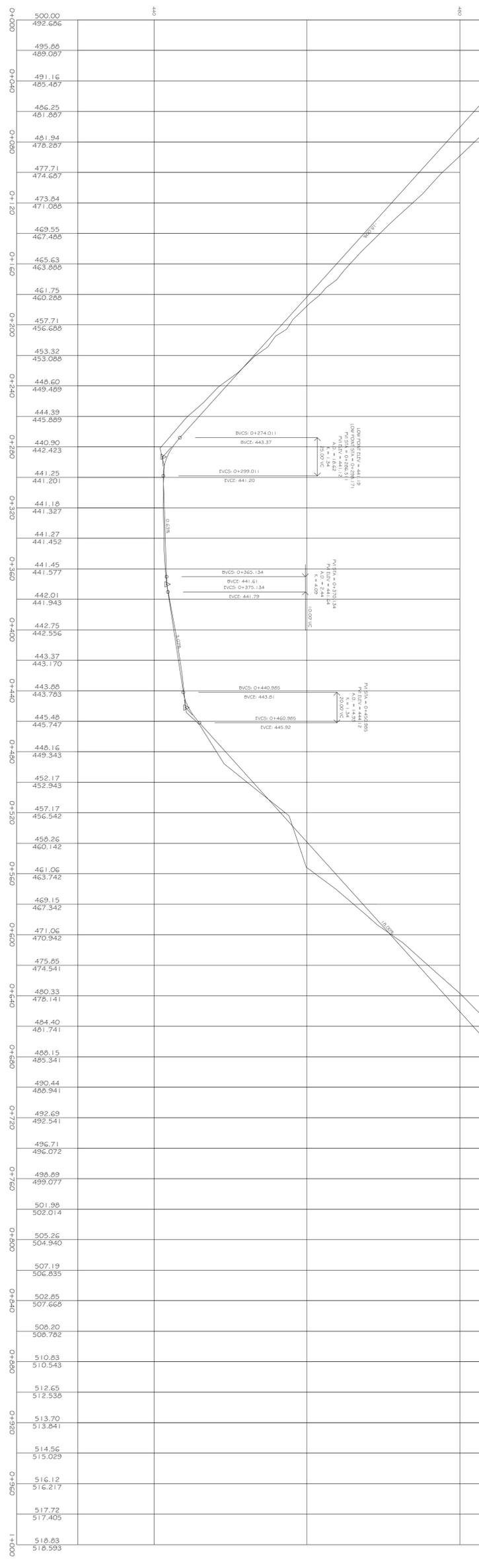
 <p> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO </p>		 <p> MUNICIPALIDAD DE LA UNIÓN ZUCCHI REHABILITACION DEL CAMINO RURAL LA UNIÓN ZUCCHI </p>		 <p> MUNICIPIO DE LA UNIÓN ZUCCHI REHABILITACION DEL CAMINO RURAL LA UNIÓN ZUCCHI </p>	
DISEÑO MARVIN HUITZ	DISEÑADOR MARVIN HUITZ	ASISTENTE ING. ANGEL SIC	SUPLENTE MARVIN HUITZ	FECHA 1 / 2	HOJA No. 1 / 2
PLANTA GENERAL					



No.	PI	DEFLEXION	GRABO	e	V	RADIO	ST	L.C.	P.C.	P.T.	
1	0+039.28	32° 15'	120'	4.00	669.79	292'	30'	2.66	0.845	0+038.483	0+040.123
2	0+069.46	41° 14'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+067.320	0+068.003	
3	0+090.30	35° 14'	380'	19.26	73.19	67'	2.85	0.844	0+087.520	0+088.264	
4	0+126.12	30° 22'	510'	30.89	50.64	50'	3.10	1.21	0+121.760	0+122.502	
5	0+162.70	38° 14'	320'	12.60	130.75	51'	5.6	1.87	0+157.560	0+158.282	
6	0+197.50	51° 4'	170'	4.00	170.00	5.5	37'	19.63	0+190.300	0+192.011	
7	0+238.30	30° 16'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+238.300	0+239.011	
8	0+277.53	41° 14'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+277.530	0+278.241	
9	0+317.00	35° 14'	380'	19.26	73.19	67'	2.85	0.844	0+317.000	0+317.711	
10	0+357.00	30° 22'	510'	30.89	50.64	50'	3.10	1.21	0+357.000	0+357.711	
11	0+397.00	38° 14'	320'	12.60	130.75	51'	5.6	1.87	0+397.000	0+397.711	
12	0+437.00	51° 4'	170'	4.00	170.00	5.5	37'	19.63	0+437.000	0+437.711	
13	0+477.00	30° 16'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+477.000	0+477.711	
14	0+517.00	41° 14'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+517.000	0+517.711	
15	0+557.00	35° 14'	380'	19.26	73.19	67'	2.85	0.844	0+557.000	0+557.711	
16	0+597.00	30° 22'	510'	30.89	50.64	50'	3.10	1.21	0+597.000	0+597.711	
17	0+637.00	38° 14'	320'	12.60	130.75	51'	5.6	1.87	0+637.000	0+637.711	
18	0+677.00	51° 4'	170'	4.00	170.00	5.5	37'	19.63	0+677.000	0+677.711	
19	0+717.00	30° 16'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+717.000	0+717.711	
20	0+757.00	41° 14'	210'	9.62	145.75	111'	4.56	1.71	0+757.000	0+757.711	
21	0+797.00	35° 14'	380'	19.26	73.19	67'	2.85	0.844	0+797.000	0+797.711	
22	0+837.00	30° 22'	510'	30.89	50.64	50'	3.10	1.21	0+837.000	0+837.711	

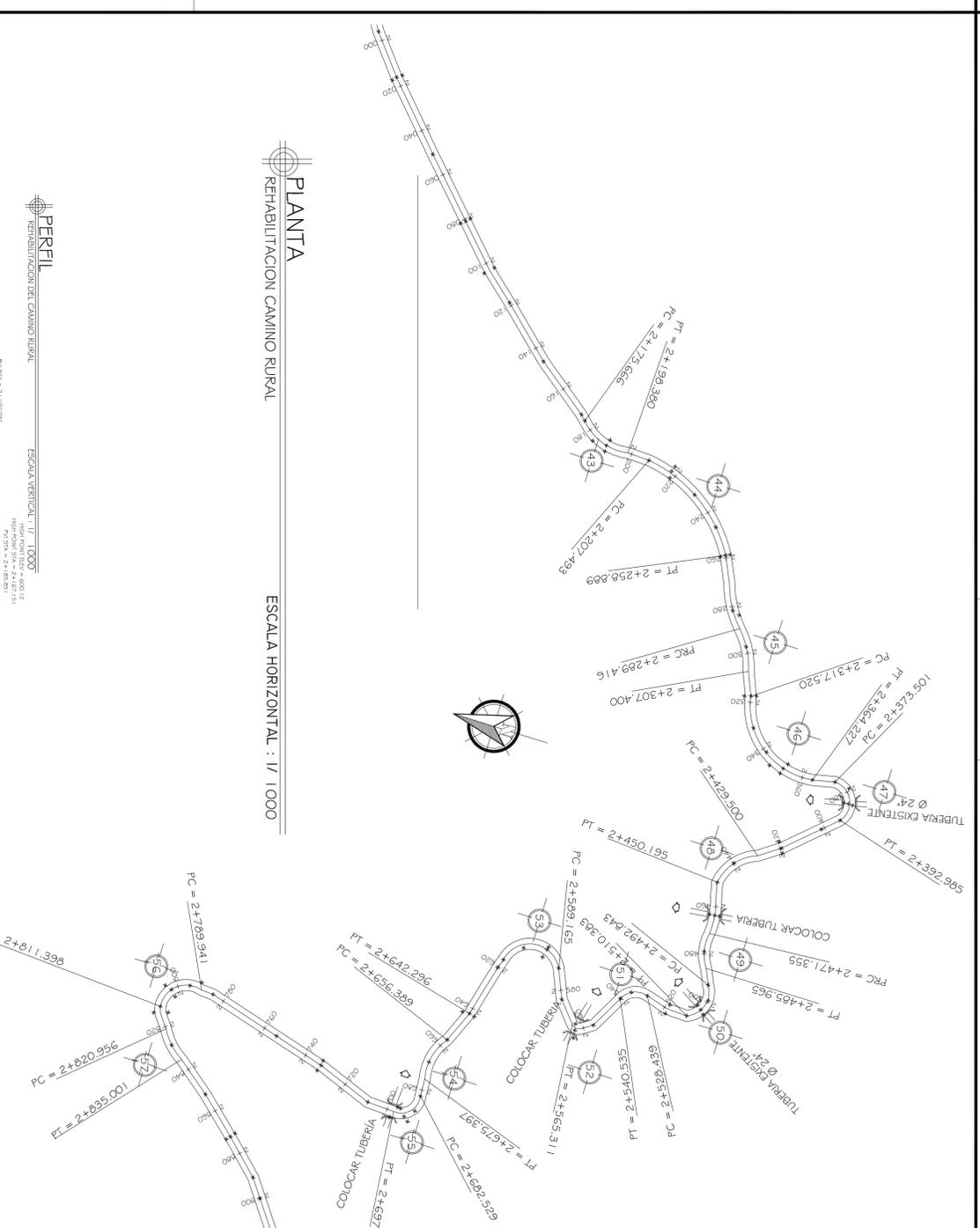
PERFIL
 REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA VERTICAL 1/ 1000

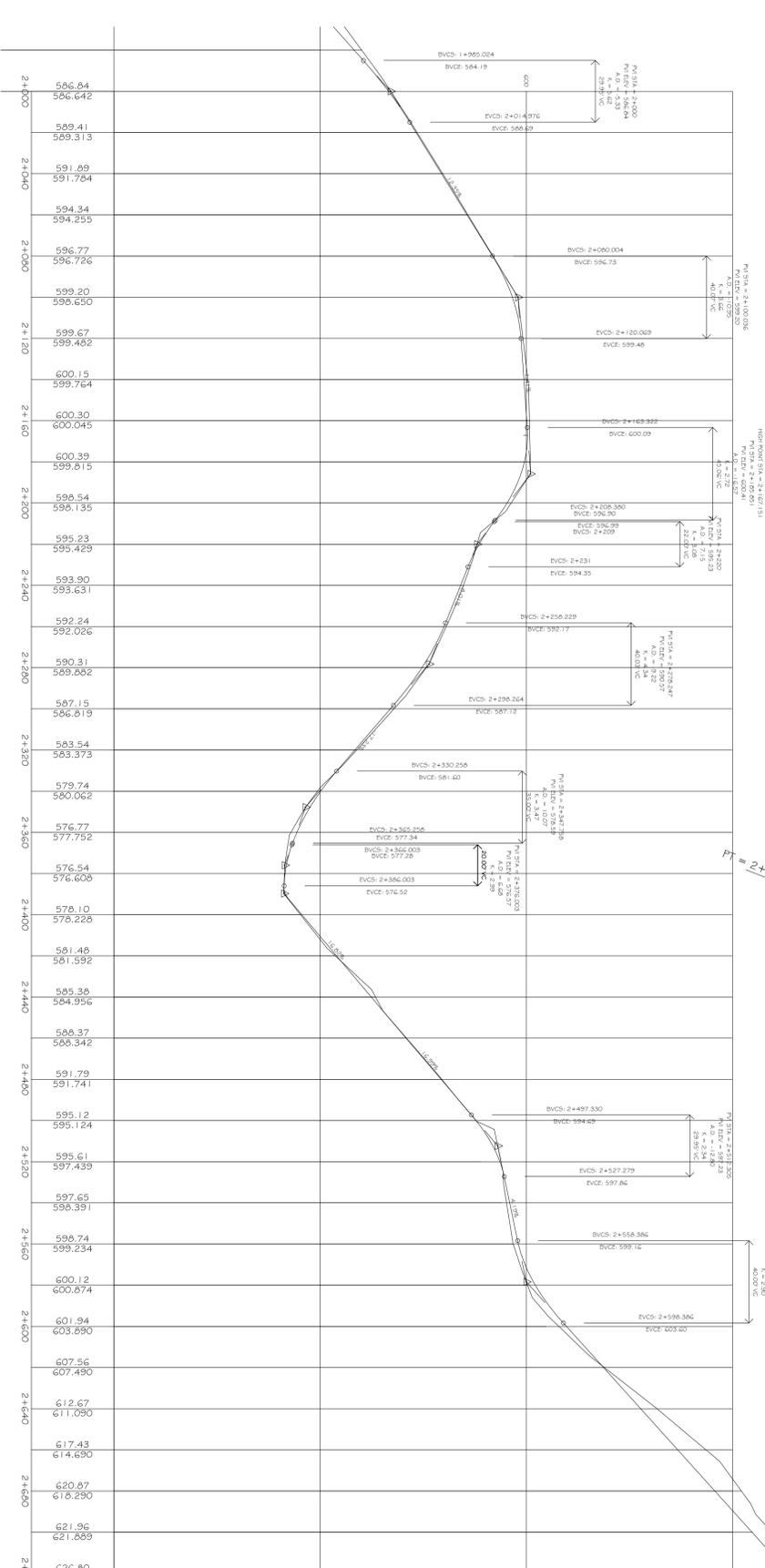


NO.	P.I.	DEFLEXION	GRADO	e	V	RADIO	S.T.	L.C.	P.C.	P.T.
43	2+185.91	58° 48'	20.0°	11	20' KPH	22.15	12.47028	22.71	2+175.666	2+193.379
44	2+231.29	51° 44'	12.0°	10	30' KPH	56.92	27.60001	51.10	2+207.053	2+258.890
45	2+298.20	29° 48'	4.0°	9	40' KPH	33.57280	17.96	2+289.416	2+307.599	
46	2+326.55	38° 12'	14.0°	7	20' KPH	37.69452	30.10	2+317.520	2+356.226	
47	2+354.90	52° 32'	22.0°	5	10' KPH	42.81624	46.71	2+345.534	2+384.270	
48	2+383.25	62° 12'	35.0°	4	5' KPH	47.93796	63.32	2+373.548	2+412.314	
49	2+411.60	62° 12'	35.0°	4	5' KPH	47.93796	63.32	2+401.562	2+440.358	
50	2+440.00	52° 32'	22.0°	5	10' KPH	42.81624	46.71	2+429.576	2+468.402	
51	2+468.40	38° 12'	14.0°	7	20' KPH	37.69452	30.10	2+457.590	2+496.446	
52	2+496.80	29° 48'	4.0°	9	40' KPH	33.57280	17.96	2+485.604	2+524.490	
53	2+525.20	20° 00'	0.0°	10	30' KPH	29.45110	15.92	2+513.618	2+552.534	
54	2+553.60	10° 00'	-1.0°	11	20' KPH	25.32940	13.94	2+541.632	2+580.578	
55	2+582.00	0° 00'	-2.0°	12	10' KPH	21.20770	11.96	2+569.646	2+608.622	
56	2+610.40	10° 00'	-1.0°	11	20' KPH	25.32940	13.94	2+597.660	2+636.666	
57	2+638.80	20° 00'	0.0°	10	30' KPH	29.45110	15.92	2+625.674	2+664.710	
58	2+667.20	29° 48'	4.0°	9	40' KPH	33.57280	17.96	2+653.688	2+692.754	
59	2+695.60	38° 12'	14.0°	7	20' KPH	37.69452	30.10	2+681.702	2+720.798	

PLANTA
REHABILITACION CAMINO RURAL
ESCALA HORIZONTAL : 1/ 1000



PERFIL
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL
ESCALA VERTICAL : 1/ 1000



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

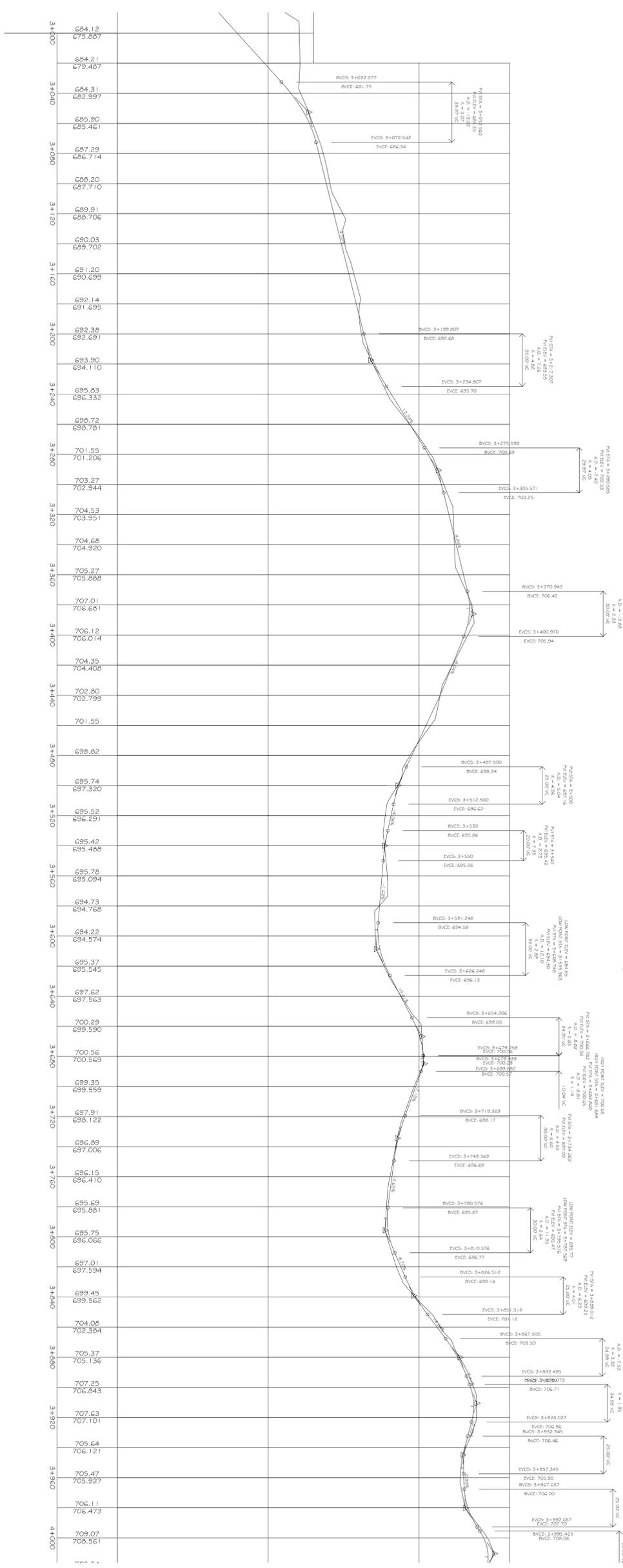
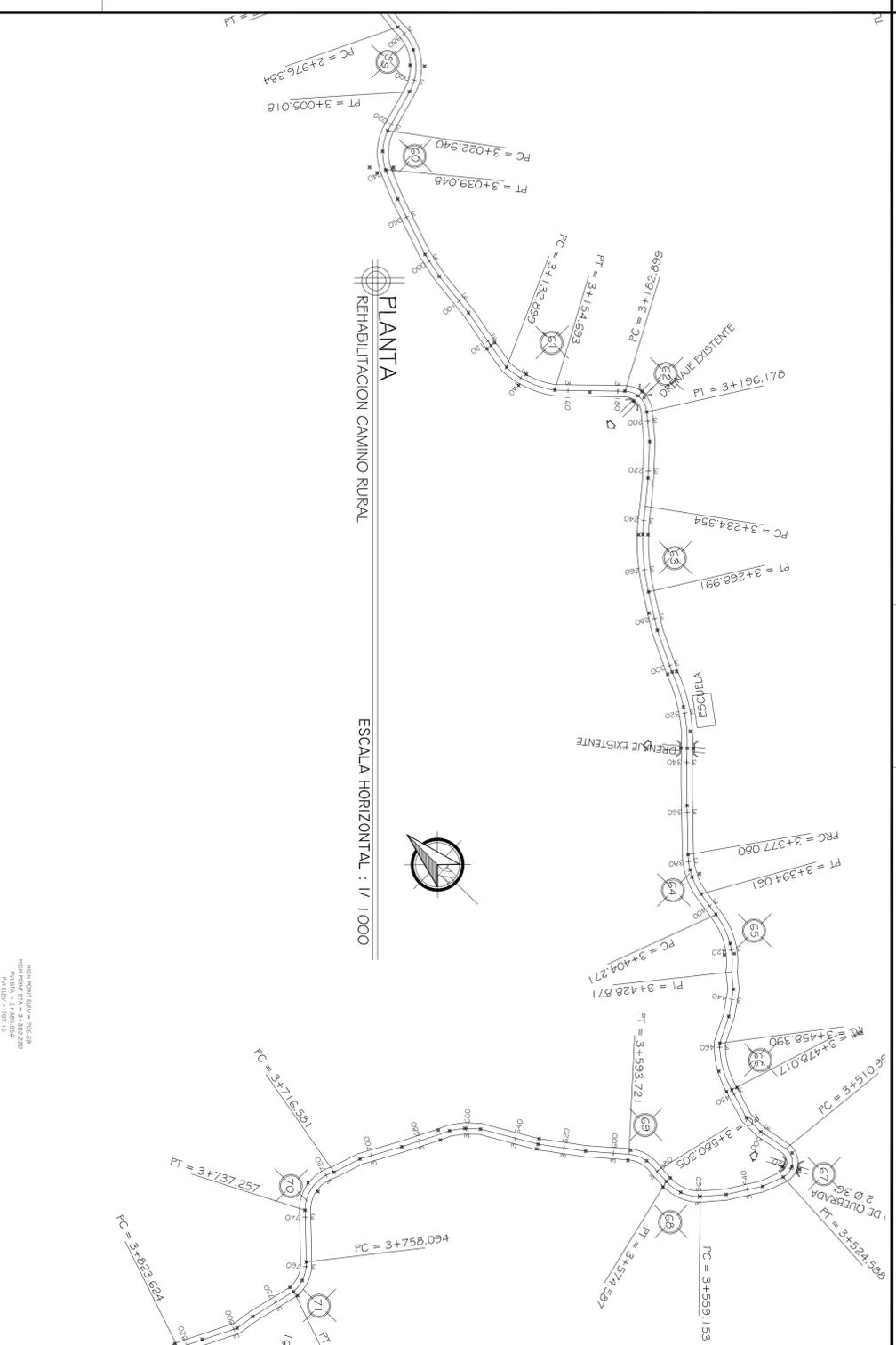
MUNICIPALIDAD DE LA UNION AZUCA
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL ALDEA PACOCHULO

INGENIERO: MARVIN HUITZ
DISEÑADOR: MARVIN HUITZ
ASISTENTE: ING. ANGEL SUC

FECHA: 4/12

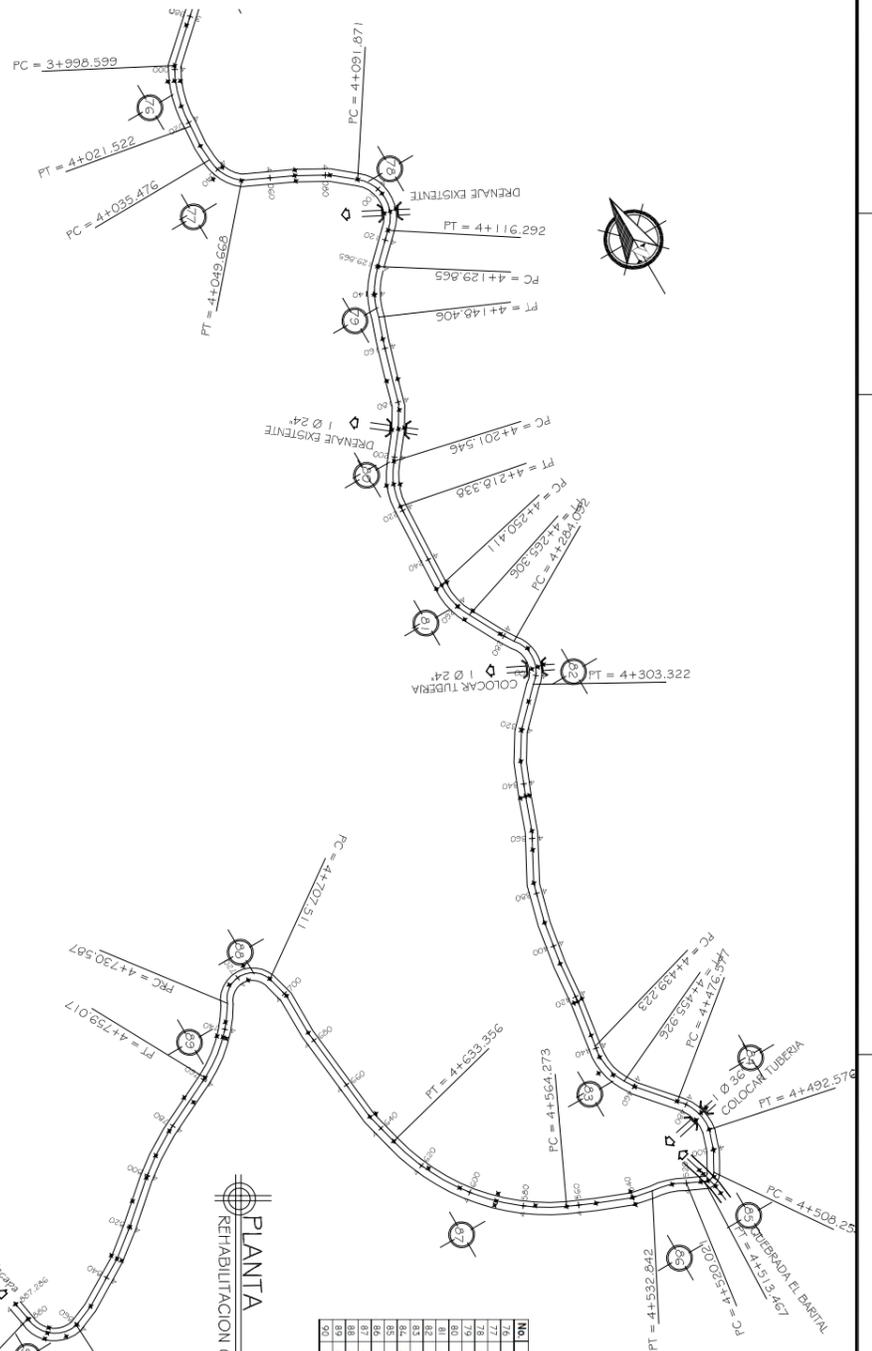
PLANTA Y PERFIL
EST. 2+000 A EST. 3+000

No.	P.I.	DEFINICION	GRADO	e	V	RADIO	ST	LC	P.C.	P.T.
58	2+484.20	4.5°	15.50	6.4	50.47m	2100	8.2232425	16.50	2+572.586	2+592.320
59	2+484.20	12°	26.0	9.9	50.47m	2176	2.5633335	4.71	3+122.610	3+227.632
60	3+143.48	3.3°	6.0	23.47m	5772	11.209584	21.79	3+132.939	3+156.659	
61	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+182.899	3+196.083	
62	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+232.859	3+246.043	
63	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+282.819	3+296.003	
64	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+332.779	3+346.037	
65	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+382.739	3+396.017	
66	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+432.699	3+446.057	
67	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+482.659	3+496.097	
68	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+532.619	3+546.137	
69	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+582.579	3+596.177	
70	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+632.539	3+646.217	
71	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+682.499	3+696.257	
72	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+732.459	3+746.297	
73	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+782.419	3+796.337	
74	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+832.379	3+846.377	
75	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+882.339	3+896.417	
76	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+932.299	3+946.457	
77	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	3+982.259	3+996.497	
78	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+032.219	4+046.537	
79	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+082.179	4+096.577	
80	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+132.139	4+146.617	
81	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+182.099	4+196.657	
82	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+232.059	4+246.697	
83	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+282.019	4+296.737	
84	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+331.979	4+346.777	
85	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+381.939	4+396.817	
86	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+431.899	4+446.857	
87	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+481.859	4+496.897	
88	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+531.819	4+546.937	
89	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+581.779	4+596.977	
90	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+631.739	4+646.017	
91	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+681.699	4+696.057	
92	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+731.659	4+746.097	
93	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+781.619	4+796.137	
94	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+831.579	4+846.177	
95	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+881.539	4+896.217	
96	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+931.499	4+946.257	
97	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	4+981.459	4+996.297	
98	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	5+031.419	5+046.337	
99	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	5+081.379	5+096.377	
100	3+143.48	3.3°	5.0	20.47m	9308	8.519837	13.99	5+131.339	5+146.417	



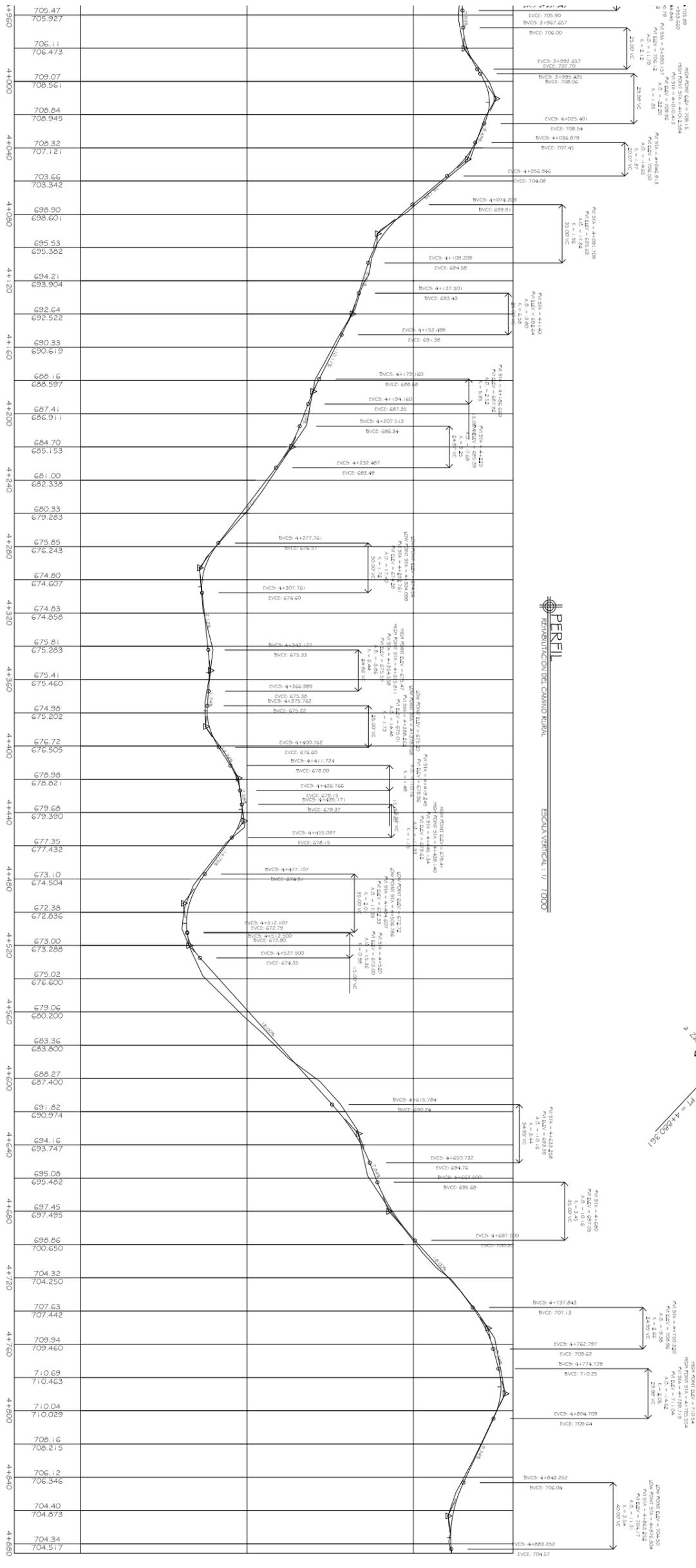
PLANTA
 REHABILITACION CAMINO RURAL
 ESCALA HORIZONTAL : 1/ 1000

PERFIL
 REHABILITACION DEL CAMINO RURAL
 ESCALA VERTICAL : 1/ 1000



NO	PI	DEFLEXION	GRADO	g	V	RADIO	S.T.	L.C.	P.C.	P.T.
76	4+009.27	30° 51'	14.0°	8.2	50.474	142.51	11.7472	32.92	4+038.939	4+020.320
77	4+042.14	17° 15'	18.0°	25.874	17.20	7.328755	16.19	4+035.176	4+039.665	
78	4+059.42	101° 27'	50.0°	20.474	15.79	16.867266	26.42	4+091.871	4+116.821	
79	4+128.55	30° 51'	14.0°	23.174	30.58	8.037162	16.53	4+129.505	4+155.505	
80	4+171.52	30° 51'	14.0°	22.744	24.55	7.831673	14.89	4+200.411	4+226.506	
81	4+272.82	30° 51'	14.0°	22.744	11.39	12.81179	9.23	4+284.029	4+310.322	
82	4+404.51	96° 12'	52.0°	51.365072	5.9	81.7651067	16.70	4+459.233	4+485.926	
83	4+447.16	122° 52'	21.0°	50.474	16.58	8.6282463	16.60	4+478.577	4+492.576	
84	4+483.58	30° 51'	14.0°	20.474	27.22	6.3328627	12.82	4+530.021	4+552.612	
85	4+536.31	26° 59'	19.0°	20.474	77.59	37.034103	69.08	4+564.273	4+533.556	
86	4+576.32	51° 8'	45.0°	30.474	9.41	28.197388	28.43	4+702.581	4+730.584	
87	4+736.32	51° 8'	45.0°	30.474	16.61231	12.61231	28.43	4+730.581	4+730.584	
88	4+776.32	32° 11'	18.0°	23.174	15.97923	15.97923	20.01	4+850.583	4+880.577	

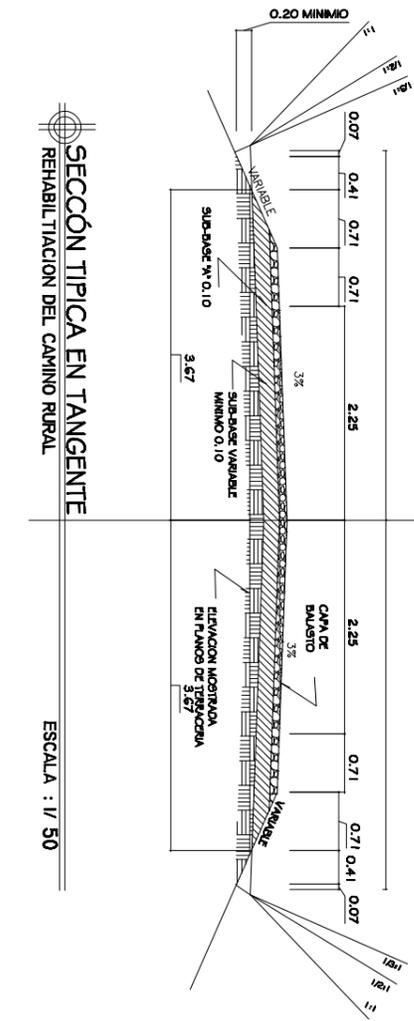
PLANTA
 REHABILITACION CAMINO RURAL
 ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1'000



PERFIL
 REHABILITACION DEL CAMINO RURAL
 ESCALA VERTICAL : 1 / 1'000

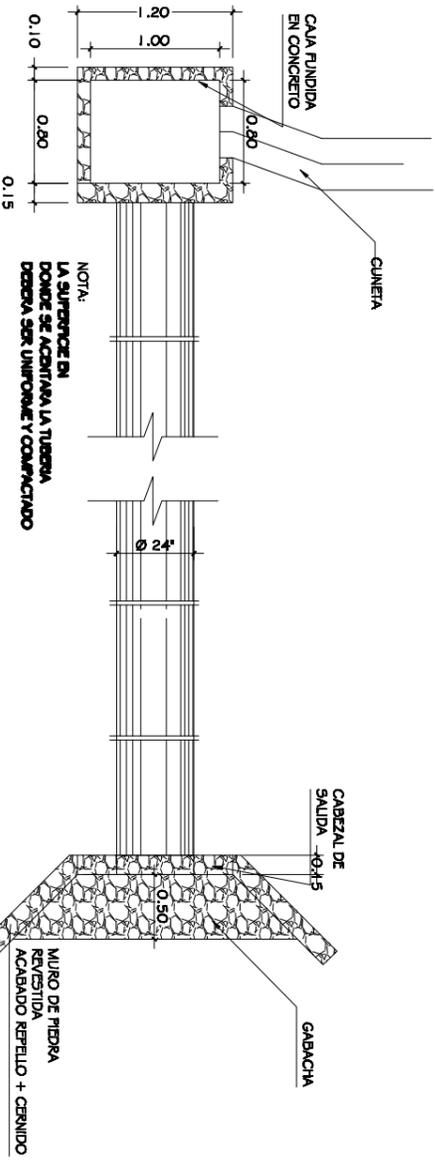
SECCÓN TIPICA EN TANGENTE
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 50



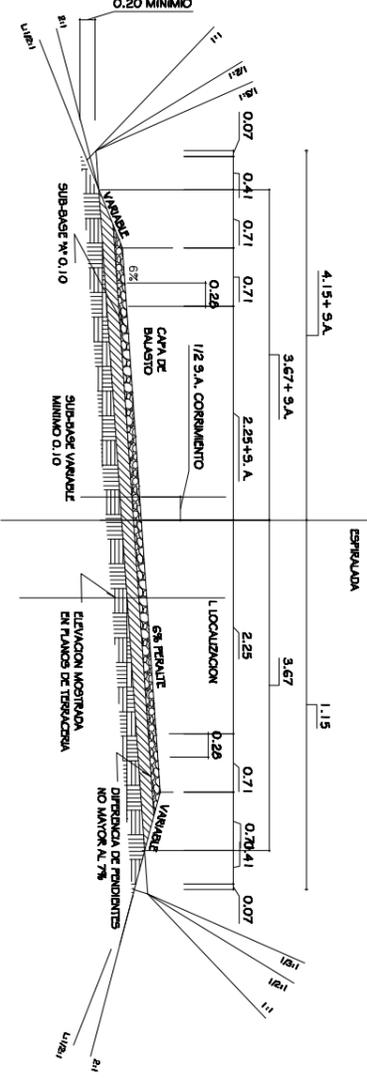
DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 50



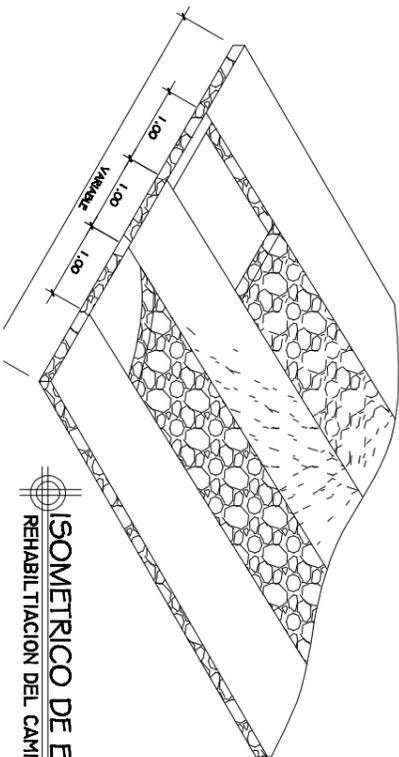
SECCÓN TIPICA EN CURVA
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 50



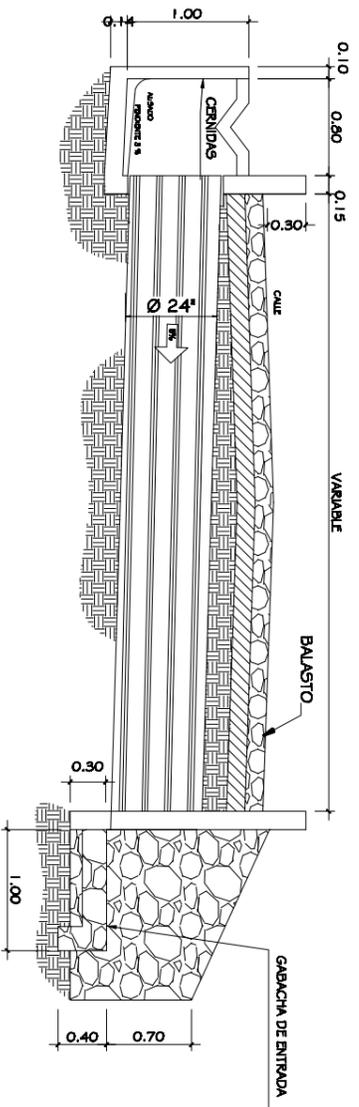
ISOMETRICO DE EMPEDRADO
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ SIN ESCALA



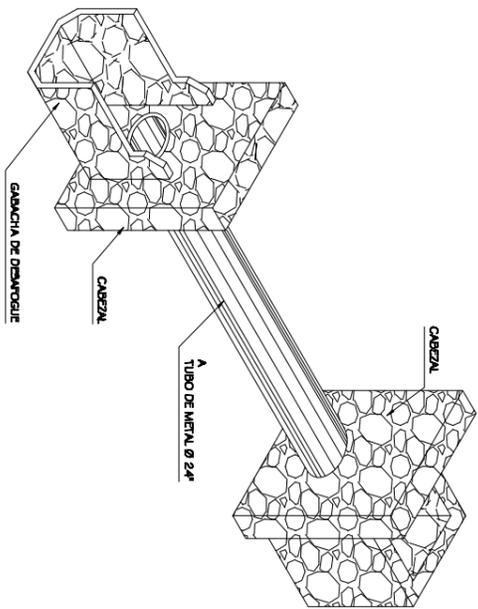
SECCÓN DRENAJE TRANSVERSAL
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 50



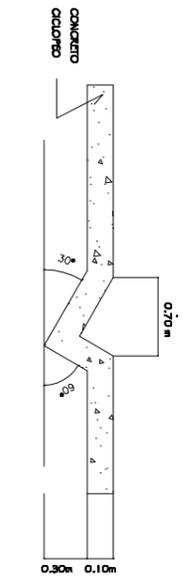
ISOMETRICO DE TRANSVERSAL
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ SIN ESCALA



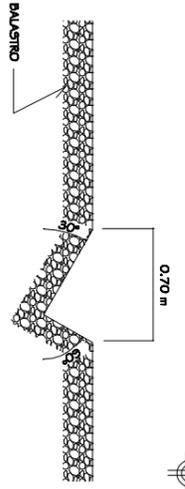
DETALLE DE CUNETTA REVESTIDA
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 25



DETALLE DE CUNETTA NATURAL
REHABILITACION DEL CAMINO RURAL

ESCALA : 1/ 25



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
VINCULACION DE LA UNIDAD TECNICA REHABILITACION DEL CAMINO RURAL (REHABILITACION)	FECHA MARZO 2017
AUTORES MARVIN RUIZ ING. ANGEL SUC	FECHA MARZO 2017
TITULO SECCÓN TIPICA TRANSVERSAL Y DRENAJE TRANSVERSAL	PAGINAS 7
APROBADO MARVIN RUIZ	FECHA MARZO 2017