



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO
PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**

Marcelo Andrés Leonardo Chacón
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO
PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARCELO ANDRÉS LEONARDO CHACÓN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

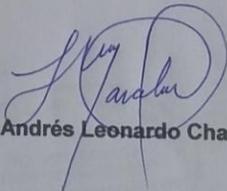
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO
PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 11 de septiembre de 2014.


Marcelo Andrés Leonardo Chacón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de febrero de 2016
Ref.EPS.DOC.96.02.16

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

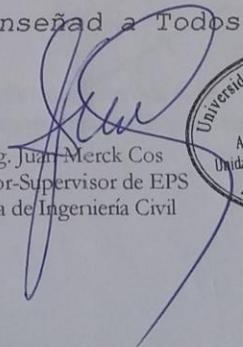
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Marcelo Andrés Leonardo Chacón** con carné No. **201021095**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ.**

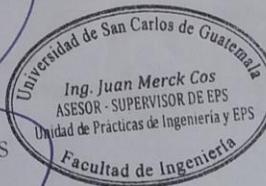
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
11 de marzo de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Marcelo Andrés Leonardo Chacón**, con Carnet No. 201021095 quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

mrrm.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
15 de abril de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marcelo Andrés Leonardo Chacón, con Carnet No.201021095 , quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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,

Y ENSEÑANZA A TODOS

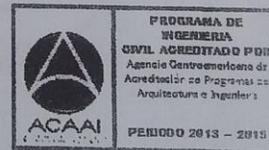


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



ACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de abril de 2016
Ref.EPS.D.169.04.16

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

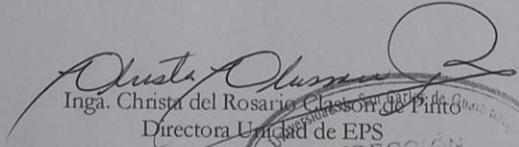
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

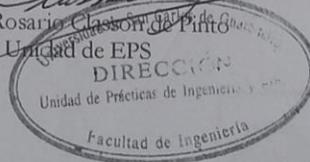
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Marcelo Andrés Leonardo Chacón, carné 201021095**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa del Rosario Clason de Pinto
Directora Unidad de EPS



CdRCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

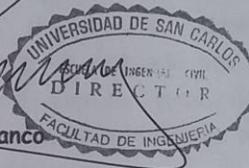
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Juan Merck Cos y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Marcelo Andrés Leonardo Chacón, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

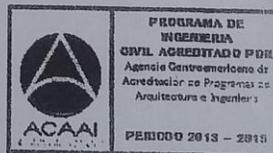
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

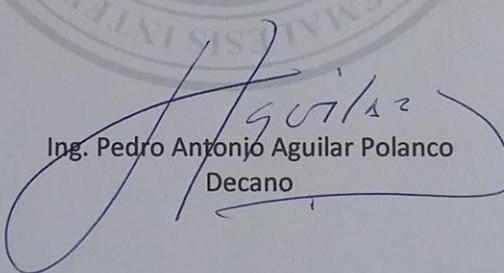


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 324.2016

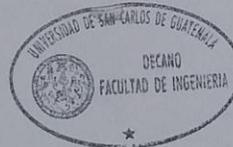
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SALACUIM Y DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA NUEVO PACTIUL, COBÁN, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Marcelo Andrés Leonardo Chacón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Padre de misericordia al que le debo todo lo que soy, por iluminarme y bendecirme siempre.

Mis padres

Marco Tulio Leonardo Baylon e Ingrid Eugenia Chacón Cruz, con mi amor por todas las enseñanzas, apoyo, dedicación y empeño brindado durante mi vida; llevando siempre mis pasos por el camino del bien.

Mi familia

Por el cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis amigos

Por formar parte de un buen grupo de estudio y por los momentos que compartimos. También a las personas especiales que me han acompañado durante mi vida.

Mi asesor-supervisor

Ing. Juan Merck Cos, por todo su apoyo y enseñanzas durante la realización de este trabajo y a lo largo de mis estudios.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme adquirir el conocimiento técnico y científico, y formarme como profesional.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Alma máter y casa de estudios que me inspiro a inspiró a culminar esta carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de las aldeas Salacuim y Nuevo Pactiul del municipio de Cobán.....	1
1.2. Características físicas	2
1.2.1. Ubicación y localización.....	3
1.2.2. Colindancias	4
1.2.3. Topografía	4
1.2.4. Clima	4
1.2.5. Población y demografía	5
1.3. Características de infraestructura.....	5
1.3.1. Vías de acceso	5
1.3.2. Servicios públicos.....	6
1.3.2.1. Educación.....	6
1.3.2.2. Salud	7
1.3.2.3. Agua potable	7
1.3.2.4. Drenajes	7
1.3.2.5. Energía eléctrica.....	8
1.4. Características socioeconómicas	8

1.4.1.	Origen de la comunidad	8
1.4.2.	Actividad económica	8
1.4.3.	Idioma y religión	9
1.5.	Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de las aldeas Salacuim y Nuevo Pactiul.....	9
1.6.	Descripción de necesidades	9
1.7.	Evaluación y priorización de necesidades	10
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio.....	11
2.1.3.	Tasa de crecimiento poblacional.....	15
2.1.4.	Periodo de diseño, población futura.....	15
2.1.5.	Factores de consumo y caudales.....	16
2.1.5.1.	Factor de día máximo.....	16
2.1.5.2.	Factor de hora máximo	16
2.1.5.3.	Caudal medio diario	16
2.1.5.4.	Caudal máximo diario.....	17
2.1.5.5.	Caudal máximo horario	18
2.1.5.6.	Caudal de bombeo	19
2.1.6.	Calidad del agua y sus normas	20
2.1.6.1.	Análisis bacteriológico.....	20
2.1.6.2.	Análisis fisicoquímico	22
2.1.7.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías ...	23
2.1.8.	Presiones y velocidades.....	25
2.1.9.	Levantamiento topográfico	27

2.1.9.1.	Planimetría	27
2.1.9.2.	Altimetría	27
2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema	28
2.1.10.1.	Captación	29
2.1.10.2.	Línea de conducción.....	29
2.1.10.3.	Tanque de distribución	38
2.1.10.3.1.	Cálculo de volumen..	39
2.1.10.3.2.	Diseño estructural del tanque	41
2.1.10.3.3.	Línea de distribución	58
2.1.10.3.4.	Red de distribución	58
2.1.11.	Válvulas	74
2.1.11.1.	Válvulas de limpieza	74
2.1.11.2.	Válvulas de aire	75
2.1.11.3.	Válvulas de globo	75
2.1.11.4.	Válvulas de compuerta	76
2.1.11.5.	Válvulas de cheque	76
2.1.12.	Tipo y número de conexiones.....	76
2.1.13.	Programa de operación y mantenimiento	77
2.1.14.	Propuesta de tarifa	77
2.1.15.	Elaboración de planos	78
2.1.16.	Elaboración de presupuesto	78
2.1.17.	Cronograma de ejecución.....	80
2.1.18.	Evaluación de impacto ambiental	81
2.1.19.	Evaluación socioeconómica	82
2.1.19.1.	Valor presente neto	82
2.1.19.2.	Tasa interna de retorno	84

2.2.	Diseño de la carretera hacia la aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz		85
2.2.1.	Descripción general del proyecto		86
2.2.2.	Levantamiento topográfico		86
	2.2.2.1.	Levantamiento planimétrico	86
	2.2.2.2.	Levantamiento altimétrico	87
2.2.3.	Estudio de suelos para subrasante		87
	2.2.3.1.	Ensayo de Granulometría	87
	2.2.3.2.	Límites de Atterberg	88
	2.2.3.3.	Ensayo de compactación de Proctor.....	88
	2.2.3.4.	Ensayo de valor soporte CBR	89
	2.2.3.5.	Análisis de resultados	89
2.2.4.	Estudio de suelos para balasto		91
	2.2.4.1.	Granulometría	91
	2.2.4.2.	Ensayo de plasticidad	91
	2.2.4.3.	Ensayo de compactación de Proctor.....	91
	2.2.4.4.	Determinación del peso unitario suelto	92
	2.2.4.5.	Análisis de resultados	92
2.2.5.	Normas para el diseño de caminos rurales		93
	2.2.5.1.	Criterios generales	93
	2.2.5.2.	Dirección General de Caminos	94
2.2.6.	Diseño geométrico de carreteras		94
	2.2.6.1.	Cálculo de elementos de curvas horizontales.....	95
	2.2.6.2.	Ejemplo de curvas horizontales.....	99
	2.2.6.3.	Curva de transición	101

	2.2.6.4.	Bombeo	102
	2.2.6.5.	Peralte	102
	2.2.6.6.	Sobreancho	103
2.2.7.		Elemento vertical	106
	2.2.7.1.	Velocidad de diseño	107
	2.2.7.2.	Pendiente mínima y máxima	107
	2.2.7.3.	Curvas verticales	108
	2.2.7.4.	Diseño de subrasante.....	114
2.2.8.		Movimiento de tierras	116
	2.2.8.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	116
	2.2.8.2.	Cálculo de volúmenes, balance y diagrama de masas	118
2.2.9.		Drenajes	120
	2.2.9.1.	Drenaje transversal.....	121
	2.2.9.2.	Cunetas	126
2.2.10.		Diseño carpeta de rodadura	131
2.2.11.		Elaboración de planos	131
2.2.12.		Elaboración de presupuesto	132
2.2.13.		Cronograma de ejecución física y financiera	134
2.2.14.		Evaluación de impacto ambiental	135
CONCLUSIONES			143
RECOMENDACIONES.....			145
BIBLIOGRAFÍA.....			147
APÉNDICES			149
ANEXOS			187

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Cobán, Alta Verapaz.....	2
2.	Ubicación de la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz	3
3.	Sección transversal del río	12
4.	Diseño del tanque de distribución	40
5.	Geometría y diagrama de presiones del muro	57
6.	Red de distribución de agua potable	64
7.	Datos del nodo D	66
8.	Diagrama del valor presente neto del proyecto	83
9.	Elementos de una curva horizontal	95
10.	Sección de una curva vertical	107
11.	Curva vertical cóncava	110
12.	Curva vertical convexa	111
13.	Representación geométrica de cálculo de volúmenes	118
14.	Volumen de corte y relleno.....	119
15.	Mapa de la cuenca.....	123
16.	Curva de duración, intensidad y frecuencia (IDF)	124
17.	Mapa de la cuenca II	127
18.	Radio hidráulico	129

TABLAS

I.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño	14
II.	Parámetros de calidad del agua.....	20

III.	Parámetros bacteriológicos	21
IV.	Parámetros fisicoquímicos	23
V.	Valores comunes del coeficiente de fricción C	25
VI.	Bases generales de diseño.....	28
VII.	Determinación de CDT	33
VIII.	Valores comunes del módulo de elasticidad E.....	35
IX.	Determinación de la presión de trabajo en las tuberías	36
X.	Costo de energía eléctrica requerida	38
XI.	Determinación de momentos respecto al punto A	54
XII.	Datos de los nodos en la red de distribución	65
XIII.	Primer balance de caudales en la malla I	69
XIV.	Segundo balance de caudales en la malla I	70
XV.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable ...	79
XVI.	Cronograma físico-financiero del sistema de abastecimiento de agua potable	80
XVII.	Ingreso y egresos del sistema de abastecimiento de agua potable.....	83
XVIII.	Estándares de diseño de carretera.....	97
XIX..	Tasa de sobreelevación por tipo de terreno.....	103
XX.	Resumen diseño geométrico horizontal	105
XXI.	Valores de k según velocidad de diseño	109
XXII.	Resumen diseño geométrico vertical	113
XXIII.	Relaciones para el dibujo de taludes	117
XXIV.	Coeficiente de escorrentía C	124
XXV.	Presupuesto general de la carretera Nuevo Pactiul	133
XXVI.	Cronograma de ejecución físico-financiero de la carretera	134
XXVII.	Listado taxativo	135

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A.V.	Alta Verapaz
Θ	Ángulo de fricción interna
As	Área de acero
CM	Carga muerta
CU	Carga ultima
CV	Carga viva
Q	Caudal
$Q_{\text{max.diaro}}$	Caudal máximo diario
$Q_{\text{max.horario}}$	Caudal máximo horario
Q_{med}	Caudal medio
Q_v	Caudal por vivienda
C	Coefficiente de escorrentía
V_c	Cortante que resiste el concreto
V_u	Cortante último
\emptyset	Diámetro
\emptyset	Diámetro de varilla
$\emptyset_{\text{teórico}}$	Diámetro teórico
DH	Distancia horizontal
S	Espaciamiento entre varillas
T	Espesor de losa
FQM	Factor de caudal medio
G	Grado de curvatura
I	Intensidad de lluvia

psi	Libra sobre pulgada cuadrada
l/hab/día	Litro por habitante por día
l/s	Litros por segundo
Lc	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m.c.a.	Metros columna de agua
M_{cm}	Momento por carga muerta
M_{cv}	Momento por carga viva
M_u	Momento último
N	Número de viviendas
K	Parámetro de la curva según su tipo
γ_{agua}	Peso específico del agua
γ_c	Peso específico del concreto
W_{concreto armado}	Peso específico del concreto armado
W_{concreto ciclópeo}	Peso específico del concreto ciclópeo
W_{suelo}	Peso específico del suelo
W	Peso total del muro
H_f	Pérdida de carga
N	Periodo de años
Pa	Población actual
Pf	Población futura
%Alm	Porcentaje de almacenamiento
PI	Punto de intersección de las tangentes
PIV	Punto de intersección vertical
PC	Principio de curva circular simple
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical

R	Radio
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la tensión del acero
ST	Subtangente
TIR	Tasa interna de retorno
VPN	Valor presente neto
Vs	Valor soporte del suelo
V	Volumen (corte o relleno)

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes.
Acero de refuerzo	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
ACI	American Concrete Institute.
Aforo	Proceso de medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
CBR	California Bearing Ratio.
Censo	Toda la información sobre la cantidad de población, en un período determinado, el cual brinda y facilita una descripción de los cambios en el número de habitantes que ocurren durante el paso del tiempo.

Concreto	Material pétreo artificial obtenido de la mezcla elaborada de cemento, agregados finos y gruesos, y agua, también puede llevar aditivos.
Concreto ciclópeo	Material de construcción con aspecto de piedra, que se obtiene de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua en el que, a diferencia del concreto reforzado, las piedras son mucho más grandes.
Concreto reforzado	Material de construcción que se obtiene de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, piedra y agua, esto se combina con el refuerzo de acero.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce el agua potable desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
Cota piezométrica	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o en la red de distribución que alcanzará una columna de agua, también es el equivalente a la cota de salida menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia de separación.

Desinfección	Eliminar la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
Dotación	Cantidad (volumen por unidad de tiempo) de agua asignada a una consumidora.
Obras de arte	Toda estructura necesaria para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
Pérdida de carga	Gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del agua de un punto a otro en una sección de tubería.
Presión	Representa a la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.
Rasante	Conjunto de segmentos, rectos o curvos, que definen el nivel superior de una carretera.
Tránsito	Cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro.
Velocidad de diseño	Velocidad máxima en la que un vehículo puede transitar con seguridad en una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

La aldea Nuevo Pactiul, ubicada a 60 kilómetros del municipio de Cobán, Alta Verapaz, requiere del diseño y construcción de una carretera para acceder de forma rápida y segura.

Los habitantes llevan años gestionando el proyecto, ya que se les dificulta transportar sus productos agrícolas hacia un lugar más accesible. Además de brindar un mejor y mayor acceso a centros de salud, con el fin de evitar enfermedades.

La construcción de la carretera se realizará en una fase, siguiendo una angosta brecha como base para la realización y se buscará un banco de material para la carpeta de rodadura. Se buscará llegar hasta el centro de convergencia de la aldea, facilitando el transporte humano, así como el transporte de productos agrícolas, artículos de consumo diario y medicinas.

Asimismo, se requiere del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Salacuim ubicada a 93 kilómetros del municipio de Cobán, Alta Verapaz. El diseño cuenta con una memoria descriptiva de la situación actual del proyecto, métodos y normas de diseño a utilizar.

También se describen los aspectos técnicos, que intervienen en el diseño, los criterios utilizados para el cálculo, la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos. En la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones, los apéndices y anexos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar la carretera hacia la aldea Nuevo Pactiul y el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz.

Específicos

1. Mejorar la calidad del servicio de agua, a través de un sistema de abastecimiento de agua potable, para disminuir el índice de enfermedades que se transmiten por esta vía.
2. Reducir el tiempo de viaje por medio de una vía de acceso adecuada, segura y cómoda para la comunidad.
3. Facilitar la comercialización de granos básicos y animales.
4. Mejorar la calidad de vida de los habitantes y de las aldeas al tener acceso a servicios básicos como carreteras y agua potable.
5. Elaborar planos, presupuesto y cronograma de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Cobán se encuentra ubicado a 212 kilómetros de la ciudad capital, en él se encuentran las aldeas Nuevo Pactiul y Salacuim, ambas con una topografía montañosa y llana en algunas zonas. El clima es cálido en comparación con la cabecera departamental.

Actualmente, la aldea Salacuim cuenta con una fuente de agua potable cercana que facilita el transporte del vital líquido. La aldea tiene un desarrollo acelerado que se ve afectado por la falta de un sistema de agua potable que cubra las necesidades básicas.

La aldea Nuevo Pactiul no cuenta con una vía de ingreso adecuada, por lo que se requiere de una carretera que facilite el transporte y comercialización de productos.

Con el afán de mejorar el desarrollo de las comunidades, se diseñará la carretera de acceso vehicular para la aldea Nuevo Pactiul, lo cual contribuirá de gran manera y garantizará el desarrollo de la comunidad.

Asimismo, se diseñará el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Salacuim, que beneficiará a toda su población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

La investigación desarrollada integra las características sociales, económicas y físicas, niveles de escolaridad, climas de la región, actividades económicas, comercio, vías de acceso y otras que constituyen las dimensiones del desarrollo local de la población.

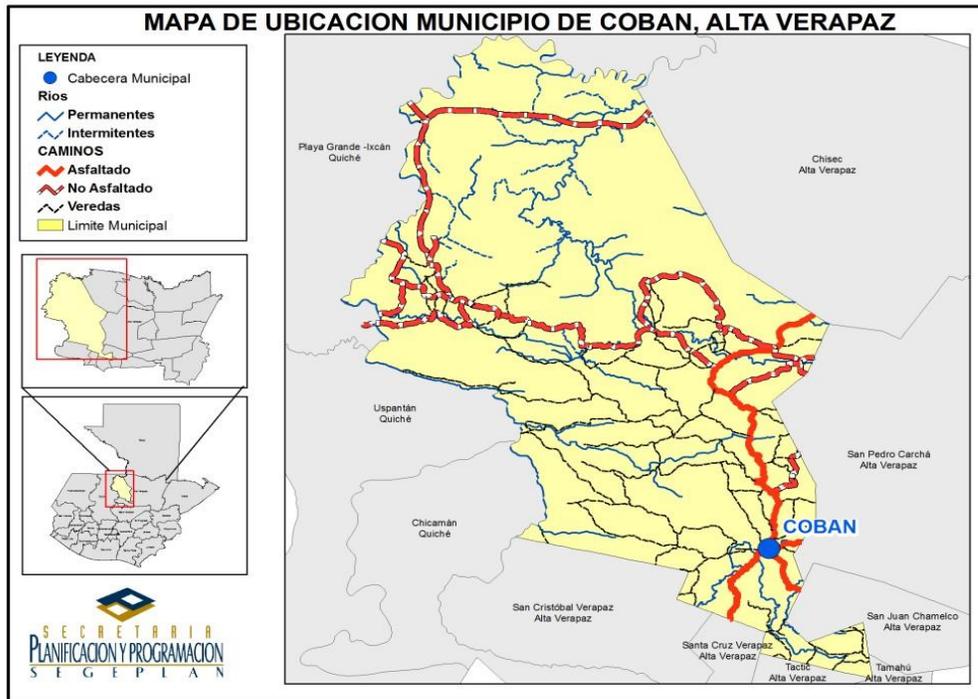
1.1. Monografía de las aldeas Salacuim y Nuevo Pactiul del municipio de Cobán

La República de Guatemala se encuentra dividida en ocho regiones, que se establecen política y administrativamente en veintidós departamentos. Alta Verapaz se ubica en la Región II o región norte y está dividido en diecisiete municipios. Cobán es su cabecera departamental.

Cobán colinda al norte con Ixcán, municipio de Quiché, al sur con los municipios de Alta Verapaz: Tamahú, Tactic, Santa Cruz Verapaz y San Cristóbal Verapaz; al oriente con Chisec, San Pedro Carchá y San Juan Chamelco y al poniente con Uspantán, municipio de Quiché.

Tiene una extensión territorial de 2 132 km², la cabecera municipal se ubica a 15° 27' 23" latitud norte y 90° 22' 37" longitud oeste, a una altura de 1 317 metros sobre el nivel del mar, por lo que su clima es templado húmedo.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Cobán, Alta Verapaz**



Fuente: Secretaria de Planificación y Programación.

Con el propósito de facilitar la administración municipal y atender de mejor forma a la población, el municipio se divide en regiones. Existen ocho regiones, estas son: región 1, Cobán cabecera; región 2, Balbatzul (o Cubilguitz); región 3, Santa Lucía Lachuá; región 4, Salacuim; región 5, Nimlajacoc; región 6, Chirremox Saco I; región 7, Rocja Pasacuc y región 8, Salaguna Grande.

1.2. Características físicas

A continuación se describen las características que tiene el proyecto de la carretera Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz.

1.2.1. Ubicación y localización

La investigación del tramo carretero se sitúa en la comunidad de Nuevo Pactiul, asentada en la región II, cabecera regional de Balbatzul. Está ubicada al norte del municipio, a una distancia de 60 km de la cabecera municipal.

En cuanto al proyecto de introducción de agua, este se localiza en la comunidad de Salacuim, cabecera de la región IV. También se sitúa al norte del municipio, a una distancia de 93 km de la cabecera municipal.

Figura 2. **Ubicación de la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2012. Escala 1:15000.

1.2.2. Colindancias

Nuevo Pactiul colinda al norte con Canguinik; al sur, con Sabob y San Lucas; al oriente con Xben Conop II y III y al poniente con Canillá I y II.

Salacuim colinda al norte con Ben Pec Castaño; al sur, con San Pedro Ixloc; al oriente con Monte Sinaí y al poniente con Nueva Comunidad 22 de Enero y el río Chixoy.

1.2.3. Topografía

El terreno es sumamente quebrado, las montañas y cerros cuentan con natural fertilidad y belleza. En años anteriores la fertilidad del suelo se debía a la insignificante acción erosiva. La tierra y calidad del municipio es arenoso-arcilloso. Los suelos son heterogéneos sobre piedra caliza, los hay muy profundos y pocos profundos.

1.2.4. Clima

Ambas comunidades están ubicadas al norte del municipio, se encuentran en una zona subtropical húmeda. El clima es muy húmedo y cálido, con alturas entre los 400 a 800 metros sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual es de aproximadamente 3 000 milímetros anuales y la humedad relativa es mayor del 80 por ciento, según la estación meteorológica San Agustín Chixoy del Insivumeh.

1.2.5. Población y demografía

Tanto la comunidad de Salacuim como la de Nuevo Pactiul son eminentemente rurales, con alto grado de dispersión entre las viviendas. Su población es de etnia maya q'eqchi'

1.3. Características de infraestructura

A continuación se hará una reseña de las principales características con la que cuenta el proyecto.

1.3.1. Vías de acceso

La cabecera municipal dista de 214 km de la capital, a la que se llega por las rutas CA-9 carretera al Atlántico y CA-14 Las Verapaces, transitable todo el año, haciendo un recorrido aproximado de tres a cuatro horas.

- Ruta departamental número 9: se ubica al norte de la cabecera municipal y pasa la región II (Balbatzul), permite la comunicación con los municipios del norte y noroeste de Alta Verapaz (Chisec, Fray Bartolomé de las Casas, Raxruhá, y Chahal), los municipios del sureste de Petén (Sayaxché, La libertad y San Benito) y con el municipio de Ixcán, Quiché. Desde este último municipio se puede comunicar con los municipios del norte de Huehuetenango (Barillas y San Mateo Ixtatán).
- Para acceder a la comunidad de Nuevo Pactiul se toma la ruta número 9, que de Cobán conduce al municipio de Chisec, hasta llegar a la

comunidad de Cubilguitz, donde se desvía hacia la comunidad de Canguinic, por carretera de terracería, y de allí hacia Nuevo Pactiul mediante vereda.

- En cuanto a las vías de acceso a Salacuim, se toma la ruta número 9, que de Cobán conduce al municipio de Ixcán, Playa Grande, Quiché, vía el municipio de Chisec y la franja transversal del norte. Se llega a la comunidad de San Luis Vista Hermosa, donde se desvía hacia Salacuim por carretera de terracería.
- Carretera CA-14: intersecta con la red vial urbana en el sector El Peaje, siendo esta una carretera nacional que permite la comunicación con la ciudad de Guatemala y la parte sur oriental del país.

1.3.2. Servicios públicos

Con relación a los servicios públicos en la aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz, se realizará una descripción de los más indispensables para los pobladores.

1.3.2.1. Educación

En la comunidad de Nuevo Pactiul únicamente hay una escuela oficial rural mixta, mientras que en Salacuim, además de la escuela primaria, hay un instituto básico por cooperativa. Lamentablemente, como en el resto del municipio, la población rural tiene poco o ningún acceso a la educación.

1.3.2.2. Salud

Ambas comunidades están ubicadas dentro de los servicios de primer nivel de atención, es decir cuentan con un puesto de salud. La población de Nuevo Pactiul no dispone directamente de un puesto de salud, por lo que tiene que acudir al puesto de salud de la comunidad de Canguinik. En Salacuim si se cuenta con puesto de salud fortalecido.

Los puestos de salud funcionan con 2 auxiliares de enfermería, 10 comadronas y 6 facilitadores comunitarios, para cubrir cinco mil habitantes en atención primaria y preventiva. En el puesto de salud fortalecido, además, hay una enfermera profesional y un epeista de medicina. En caso de mayor atención, la población acude a la cabecera municipal, en la que funcionan un centro de salud y el hospital regional.

1.3.2.3. Agua potable

En ambas comunidades no existen servicios de agua potable, sino que se dispone de un sistema de recolección de agua de lluvia, por lo que se incumplen las normas sanitarias. En muchos hogares acarrear agua de manantiales o de ríos.

1.3.2.4. Drenajes

En ninguna de las comunidades se dispone de un sistema de drenajes, limitándose al uso de letrinas en las viviendas. En algunas casas del centro de Salacuim hay fosa séptica.

1.3.2.5. Energía eléctrica

En ambas comunidades hay servicio de energía eléctrica en el centro de la comunidad, pero gran cantidad de casas dispersas (50 %) no cuenta con este servicio; por lo que utilizan velas. Similar situación se da para el alumbrado público, generando mayor cobertura en el centro de la comunidad de Salacuim.

1.4. Características socioeconómicas

El principal trabajo de la comunidad es el cultivo de la tierra, y las mujeres se dedican más a otro tipo de labor, como la crianza de animales domésticos, también se dedican al comercio informal. A continuación se hace un análisis más detallado de las actividades.

1.4.1. Origen de la comunidad

Los pobladores son de origen maya, etnia q'eqchi', población ancestral de la comunidad. Con la Colonia y la repartición histórica de la tierra, los indígenas se convirtieron en colonos o trabajadores de las fincas, agrupándose en pequeños caseríos o poblados.

1.4.2. Actividad económica

La actividad agrícola es el principal motor económico al que se dedica la población, cultivan el cardamomo, maíz y frijol, y en menor escala plátano, banano y naranja. Una actividad, no menos importante, es el ganado vacuno y porcino. La población económicamente activa (PEA) está compuesta mayoritariamente de hombres, mientras las mujeres se dedican a la crianza de

animales domésticos y comercio informal. En la comunidad de Salacuim existe mayor comercio, por tener carretera, servicios públicos y privados.

1.4.3. Idioma y religión

La comunidad lingüística q'eqchi' representa más del 95 % de la población. Hay población monolingüe (idioma materno q'eqchi') y bilingüe (q'eqchi' y español).

Se practica la religión católica y evangélica, habiendo iglesias de ambas religiones. En la iglesia católica se mezclan las tradiciones mayas y la fe católica, ya que se realizan procesiones, danzas folklóricas, ofrendas, ceremonias mayas del cultivo de la tierra, casamientos, bendiciones de viviendas, entre otros.

1.5. Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de las aldeas Salacuim y Nuevo Pactiul

De acuerdo con la información aportada por la Municipalidad de Cobán de las aldeas Salacuim y Nuevo Pactiul, y luego de un análisis diagnóstico y priorización de necesidades, se propone la implementación de alternativas de solución.

1.6. Descripción de necesidades

Luego de una visita de campo y un diagnóstico comunitario, se estableció que las necesidades básicas se enfatizan en los sectores de salud, vías de comunicación y educación.

De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación, personas de las comunidades y las visitas de campo, las necesidades urgentes son las siguientes:

- Introducción de agua potable
- Carreteras
- Puestos de salud
- Ampliación de energía eléctrica
- Ampliación de escuelas

1.7. Evaluación y priorización de necesidades

Tomando en consideración la falta de suministro y la necesidad de agua potable así como de vías de comunicación, se considera que son grandes carencias presentes. Por consiguiente, se detecta la necesidad de los diseños de un camino rural y del sistema de abastecimiento de agua potable para dichas aldeas.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz

El proyecto de sistema de abastecimiento de agua potable servirá para proporcionar a la comunidad de la aldea Salacuim, Cobán, Alta Verapaz, mejor calidad de vida, por lo que a continuación se hará una descripción.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo (conducción) y por gravedad (distribución) para la aldea Salacuim. La fuente es un río que se deriva de un nacimiento de agua de gran caudal y la población a servir en la actualidad es de 2 396 habitantes. La aldea cuenta con calles y avenidas, por lo que se diseñó una red de distribución cerrada, el tipo de conexión a utilizar será predial, la longitud del proyecto es de aproximadamente 10 023,50 metros y se pretende cubrir la totalidad de la población.

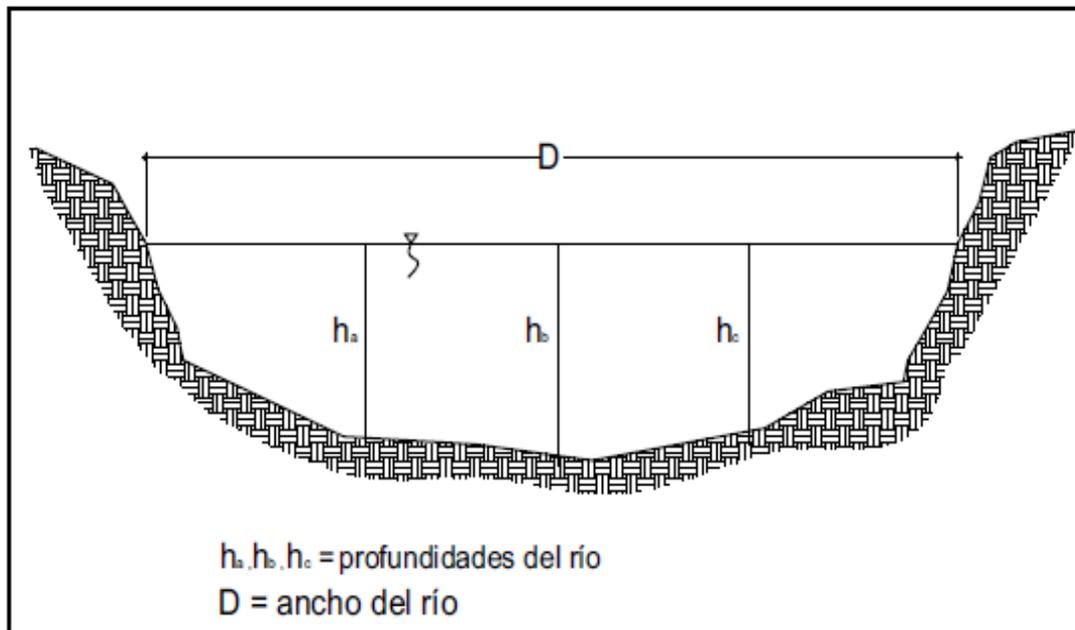
2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio

El método que se utilizó para aforar y obtener el caudal fue por medio de flotadores, este se usa cuando se va a aforar un río que no sea muy turbulento ni caudaloso. Para realizarlo hay que seguir los siguientes pasos:

- Ubicar un tramo recto del río en donde no exista turbulencia.

- Ubicar marcas iniciales y finales en donde se realizará el aforo y medir la distancia del tramo.
- Unos metros antes de la marca inicial, se debe soltar el flotador, tratando de que esté a la mitad de la sección transversal del río.
- Cuando el flotador pase por la marca inicial, accionar el cronómetro y cuando pase por la marca final parar el cronómetro.
- Medir la sección transversal del río.
- Calcular el área de la sección transversal (A).
- Determinar la velocidad del río ($v = L/t$).
- Por último, calcular el caudal ($Q = v * A$).

Figura 3. **Sección transversal del río**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

- Cálculo del caudal:

- Profundidad promedio del río

$$hp = \frac{ha + hb + hc}{3}$$
$$hp = \frac{1,60 + 1,95 + 1,73}{3}$$
$$hp = 1,76 \text{ m}$$

- Área de la sección transversal del río

$$A = D * hp$$
$$A = 6,2 * 1,76$$
$$A = 10,9 \text{ m}^2$$

- Tiempo promedio

$$tp = \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5}{5}$$
$$tp = \frac{8 + 13 + 11 + 14 + 10}{5}$$
$$tp = 11,2 \text{ s}$$

- Velocidad del río

$$v = \frac{L}{tp}$$
$$v = \frac{20}{11,2}$$
$$v = 1,78 \text{ m/s}$$

- Caudal del río

$$Q = v * A$$

$$Q = 1,78 * 10,9$$

$$Q = 19,4 \text{ l/s}$$

La dotación es la cantidad de agua asignada a la unidad consumidora y está expresada en litros por habitante por día (lt/hab/día). Este valor se ve afectado por factores como: el clima, actividades productivas y por el tipo de abastecimiento. Para este proyecto se adoptó una dotación de 90 litros por habitante por día, tomando en cuenta que la dotación para conexiones prediales recomendada por las Normas de Unepar está entre 60 a 90 litros por habitantes por día, por ser una zona de clima cálido se optó por dicho valor.

Tabla I. Dotaciones indicadas en las normas de diseño

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (LTS/HAB/DÍA.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: Normas de Unepar.

Considerando el punto donde se ubica la fuente y debido a que las viviendas se encuentran agrupadas, el sistema combinado de conducción por bombeo y red de distribución por gravedad con un circuito cerrado es el más

adecuado. El tipo de conexiones serán prediales, de acuerdo con el interés de la población y la tendencia de desarrollo de la misma.

2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional

El municipio de Cobán tiene una tasa de crecimiento poblacional de 3,00 %, según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2002, el cual se aplicó para estimar la población futura.

2.1.4. Periodo de diseño, población futura

El periodo de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable es el comprendido entre la puesta en marcha del servicio y el momento en el que se sobrepasen las condiciones establecidas en el diseño, con base en las normas establecidas. Para el presente proyecto se utilizó un período de diseño de 22 años, considerando 2 años de gestión del proyecto.

Para el cálculo de la población futura, se aplicó el método de crecimiento geométrico según la fórmula siguiente.

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde

P_f = población futura

P_o = población actual = 2 396 habitantes

r = tasa de crecimiento poblacional = 3 %

n = periodo de diseño = 22 años

$$P_f = 2\,396 * (1 + 0,03)^{22} = 4\,591 \text{ habitantes}$$

2.1.5. Factores de consumo y caudales

El caudal de diseño está afectado por factores, los cuales están en función de la ubicación del proyecto. Para obtener estos factores se utilizaron como guía las Normas de la Unidad Ejecutora de Acueductos Rurales (Unepar).

2.1.5.1. Factor de día máximo

El consumo diario de una población varía dependiendo de la época y del sector a servir. Este factor varía de 1,2 a 1,8 para poblaciones en áreas rurales y para las áreas urbanas de 1,8 a 2,0, según la Norma de la Unidad Ejecutora de Acueductos Rurales (Unepar). Para este proyecto se adoptó un factor de 1,5.

2.1.5.2. Factor de hora máximo

Es el valor que permitirá establecer cuál es la cantidad máxima de caudal para la que deberán estar diseñadas las tuberías.

Para la red de distribución, varía de 1,8 a 2,0 para poblaciones en áreas rurales y para el área urbana de 2,0 a 3,0; según la Unidad Ejecutora de Acueductos Rurales (Unepar), por lo tanto, se adoptó un factor de 2,0.

2.1.5.3. Caudal medio diario

Es el caudal que consume a diario una población; generalmente se obtiene del promedio de consumos de un año. Para la aldea Salacuim no existen datos de consumo, por lo que el caudal medio se obtiene a partir de la dotación de 90 litros/habitantes/día.

El caudal medio diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{D * Pf}{86\ 400}$$

Donde

Q_{med} = caudal medio diario, en litro por segundo

D = dotación = 90 [l/hab/día]

Pf = número de habitantes futuros = 4 591

86 400 = cantidad de segundos en un día

$$Q_{med} = \frac{90 * 4\ 591}{86\ 400} = 4,78 \text{ l/s}$$

2.1.5.4. Caudal máximo diario

Es el caudal que satisface la demanda del día de mayor consumo, se utiliza en el diseño de la línea de conducción del sistema. Para el efecto, se calcula incrementando el caudal medio por el factor de día máximo.

Este caudal se determina de la siguiente manera:

$$Q_{maxd} = f_{dm} * Q_{med}$$

Donde

$Q_{max.diaro}$ = caudal máximo diario, litro por segundo

F_{dm} = 1,50

Q_{med} = caudal medio diario = 4,78 litros por segundo

$$Q_{maxd} = 1,5 * 4,78 = 7,17 \text{ l/s}$$

2.1.5.5. Caudal máximo horario

Es el caudal que satisface la demanda de la hora de mayor consumo. Se utiliza en el diseño de la red de distribución del sistema, para el efecto se calcula incrementando el caudal medio por el factor de hora máximo.

$$Q_{maxh} = f_{hm} * Q_{med}$$

Donde

$Q_{max,horario}$ = caudal máximo horario [l/s]

F_{hm} = 2

Q_{med} = caudal medio diario [l/s] = 4.78

$$Q_{maxh} = 2 * 4,78 = 9,56 \text{ l/s}$$

2.1.5.6. Caudal de bombeo

Previo al diseño de la línea de impulsión (bombeo), debe calcularse el caudal que se impulsará. Este debe ser suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado tiempo de bombeo; se calcula de la siguiente manera:

$$Q_b = Q_{maxd} * \frac{24}{N}$$

Donde

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

Q_{maxd} = caudal diario máximo = 7,17 litros por segundo

N = número de horas de bombeo = 14 horas

$$Qb = 7,17 * \frac{24}{14} = 12,30 \text{ l/s}$$

El caudal de bombeo obtenido es de 12,30 litros por segundo. Este resultado, comparado con el valor del aforo de 19,4 litros por segundo, permite establecer que el caudal de bombeo Q_b es inferior al valor de aforo, por lo que se cubre la demanda de la comunidad.

2.1.6. Calidad del agua y sus normas

La calidad del agua depende de su origen e historia, existen factores que producen variaciones en la calidad de las fuentes, las más comunes son la absorción de sustancias en solución y las condiciones climatológicas y geográficas propias de cada región.

La calidad de agua para el consumo humano está regida por las acciones del sector de Salud Pública y por la Norma Coganor NTG 29001.

El agua potable debe llenar ciertas condiciones tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.
- Inodora, insípida y fresca.
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Tabla II. **Parámetros de calidad del agua**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^{(c)(d)}
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
 (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
 (c) En unidades de pH
 (d) Límites establecidos a una temperatura de 25° C.

Fuente: Norma Coguanor NTG 29001.

Para el análisis del agua es indispensable realizar los siguientes exámenes.

2.1.6.1. Análisis bacteriológico

El propósito es indicar la contaminación con aguas negras y la posibilidad de que puedan transmitir enfermedades al consumirla. El agua puede contener muchos tipos de bacterias, virus, hongos y otros, cuyo ambiente habitual sea el suelo, el agua o el aire y forman esporas.

Los análisis bacteriológicos están basados en la determinación del número de bacterias presentes y de la presencia o ausencia de organismos de origen intestinal o de aguas negras, las cuales son bacterias del grupo coliforme. Estas huéspedes habituales del intestino grueso del hombre y animales; la *Escherinchia coli* y el *Aerobacter aerógenes* son las bacterias que forman el grupo colliforme de importancia en el análisis del agua. Las pruebas principales son:

- Recuento total de bacterias: se usa para obtener una estimación del número total de bacterias que se encuentran en una muestra de agua. Esta prueba se realiza a dos diferentes temperaturas: a 35 grados centígrados, es la temperatura óptima en que las bacterias crecen en mejores condiciones, a 20 grados centígrados, es la temperatura ambiente, con el objetivo de observar el desarrollo de las bacterias en los medios naturales.
- Investigación del grupo coliforme: estima el número de bacterias del grupo coliforme presentes en determinado volumen de agua, será índice de la intensidad de una contaminación.

Tabla III. **Parámetros bacteriológicos**

Microorganismos	Límite Máximo Permissible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

Fuente: Norma Coguanor NTG 29001.

Con los resultados obtenidos del análisis bacteriológico, el agua se enmarca en la clasificación I, debe existir un tratamiento de desinfección, según la Norma Coguanor NTG 29001 (ver apéndice 2).

2.1.6.2. Análisis fisicoquímico

Este determina las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afectan su calidad, proporcionando información sobre contaminantes en ella, estos son:

- Dureza: es la capacidad del agua para consumir el jabón, las aguas duras son menos corrosivas que las blandas, las cuales contienen compuestos de calcio y magnesio en bajas concentraciones.
- Alcalinidad: se refiere a la medida de los constituyentes básicos presentes en el agua, como calcio y magnesio.
- Concentraciones de iones de hidrógeno, valor de potencial de hidrógeno: estos miden la intensidad de la reacción ácida o alcalina del agua, el valor neutro del agua es 7,0. De 0 a 7,0 indica acidez y de 7,0 hasta 14 indica alcalinidad, la mayoría de aguas naturales poseen valores de 5,5 a 7,0 de potencial de hidrógeno.
- Cloro residual: cuando se agrega cloro al agua, reacciona con sustancias orgánicas y otras que destruyen su poder desinfectante. Por ello es necesario agregar una cantidad de cloro para que reaccione con todas las sustancias y aún quede un exceso o cantidad residual, si se quiere que destruya bacterias y virus. Este puede quedar disponible en estado libre, el cual tiene un rápido poder desinfectante.

Tabla IV. **Parámetros fisicoquímicos**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	-----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: Norma Coguanor NTG 29001.

Según resultados del examen fisicoquímico sanitario, desde este punto de vista se concluye si el agua cumple con la Norma Coguanor NTG 29001, según Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua (este examen no fue realizado para el proyecto).

2.1.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería, se recurre a la fórmula de Hazen & Williams, la cual está expresada por:

$$H_f = \frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times \phi^{4,87}}$$

Donde

Hf = pérdida de carga en metros

L = longitud de tubería en metros

Q = caudal de conducción, litros por segundo

C = coeficiente de fricción de la tubería [PVC C = 150; HG C =100]

Ø = diámetro de la tubería en pulgadas

Al conocer la altura máxima disponible, se toma como Hf, la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua. Despejando el diámetro de la fórmula anterior, se tiene:

$$\phi \text{ teórico} = \left(\frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times Hf} \right)^{1/4,87}$$

Del resultado obtenido, se usan dos diámetros comerciales, uno mayor y otro menor del diámetro teórico, siendo necesario el cálculo de la pérdida de carga para cada diámetro, para combinar ambos y hacer que las pérdidas sean iguales a la altura disponible. Para esta línea de conducción, en función a los resultados obtenidos, se realizará un solo tramo de la cota de captación al tanque de distribución con diámetro único de 6". Los valores más comunes del coeficiente de fricción C son los que se enlistan en la tabla V.

Tabla V. **Valores comunes del coeficiente de fricción C**

MATERIAL	C
Acero o hierro galvanizado	100
Hierro fundido	100
Asbesto o cemento	100
Plástico	150

Fuente: MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. p. 123.

2.1.8. **Presiones y velocidades**

El diseño hidráulico se hará en función a la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea se incluyen los principales conceptos utilizados:

- Presión estática en tuberías

Se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a la que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente.

La máxima presión estática recomendable que soportan las tuberías debe ser entre un 90 y 95 %. Teóricamente pueden soportar más, pero por cuestiones de seguridad si hay presiones mayores, es necesario colocar una caja rompe presión o tubería de PVC de 250 psi o HG.

- Presión dinámica en la tubería

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor disminuyendo por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería, lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión que se le llama pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía con respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota del terreno en ese punto.

- Velocidades

En todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido, para verificar si esta se encuentra entre los límites recomendados.

Para diseño de sistemas de agua potable, según las normas de Unepar se consideran los siguientes límites.

- Para conducciones: mínima = 0,40 m/s y máxima = 3 m/s
- Para distribución: mínima = 0,60 m/s y máxima = 3 m/s

Sin embargo los fabricantes recomiendan: una mínima de 0,40 m/s y una máxima de 4 m/s.

2.1.9. Levantamiento topográfico

La topografía tiene por objetivo medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para representar sobre un plano, a escala, su forma y accidentes. Con los datos tomados sobre el terreno y aplicando procedimientos matemáticos, se calculan distancias, ángulos, direcciones, coordenadas, elevaciones, áreas o volúmenes según lo requerido en cada caso.

El levantamiento topográfico se realizó para una red por circuitos cerrados, debido al ordenamiento de las viviendas dentro de la comunidad. Se realizó en las calles y avenidas y puntos estratégicos, de tal forma que comprendió la mayoría de viviendas beneficiarias del servicio.

2.1.9.1. 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 el levantamiento topográfico se utilizó una estación total Nikon C-100 con precisión de 5 pulgadas y su respectivo trípode, dos plomadas de una libra, una cinta métrica, un estadal de aluminio de cuatro metros, estacas, trompos y pintura.

2.1.9.2. Altimetría

Es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos necesarios para determinar las diferencias de altura de un terreno, para ser proyectado posteriormente en un plano vertical.

Se utilizó una estación total Nikon C-100 con precisión de 5 pulgadas y su respectivo trípode, dos plomadas de una libra, una cinta métrica, un estadal de aluminio de cuatro metros, estacas, trompos y pintura.

2.1.10. Diseño hidráulico del sistema

A continuación se describen los procedimientos que se llevarán a cabo en el diseño hidráulico del sistema.

Tabla VI. Bases generales de diseño

Tipo de sistema	Bombeo y gravedad
Núm. de conexiones	466
Población actual	2 396
Población futura	4 591
Viviendas actuales	466
Viviendas futuras	840
Período de diseño	20 años
Tasa de crecimiento	3,0 %
Dotación	90 l/h/d
Caudal medio	4,78 l/s
Caudal de bombeo	12,30 l/s
Caudal de distribución	9,56 l/s
Factor de día máximo	1,50
Factor de hora máximo	2,00
Clase de tubería	PVC
Presión de trabajo	160 psi
Coeficiente hidráulico (c)	150
Factor de almacenamiento	43 %
Volumen del tanque	180 m ³

Fuente: elaboración propia.

2.1.10.1. Captación

Se define como las obras de arte o estructuras de obra civil adecuadas para la captación total o parcial de una fuente de abastecimiento, la cual puede ser superficial, brote definido y galerías de infiltración; todas estas estructuras deben ser diseñadas bajo ciertas normas y reglamentos. La fuente de abastecimiento constituye el elemento primordial en el diseño de un acueducto y previo a cualquier paso debe definirse su tipo, cantidad, calidad y ubicación.

En este proyecto, la fuente es un brote natural que forma una poza con una profundidad promedio de 2,5 metros y un diámetro aproximado de 12 metros, en una forma cónica. Se diseñó una caseta de bombeo ubicada a 9,6 metros sobre la fuente, teniendo cuidado que esté ubicada sobre la cota del terreno de la crecida más alta de la fuente. La bomba será de succión y estará conectada a la fuente mediante tubos de PVC, contará con una pichacha al inicio para evitar la succión de material que pudiera dañar el equipo de bombeo.

2.1.10.2. Línea de conducción

Es un conjunto de tuberías libres o forzadas que parten del tanque de captación al tanque de distribución. Para el diseño de una línea de conducción por bombeo se deben considerar los siguientes aspectos fundamentales.

- Capacidad suficiente para transportar el caudal de día máximo.
- Selección del diámetro y clase de la tubería que se empleará deberá ajustarse a la capacidad económica del proyecto.

La línea de conducción comprende de 1 260 metros lineales, que van desde la caseta de bombeo hasta el tanque de distribución. Los cálculos

hidráulicos se realizarán con las ecuaciones universalmente calificadas como hidráulicamente correctas, tal como la ecuación de Hazen & Williams.

- Determinación de posibles diámetro económico

Siguiendo el criterio de la economía y algunos más descritos a continuación, se calcula el diámetro que produce la menor pérdida y menor costo de bombeo. Se calcula el diámetro aproximado para una velocidad del flujo de 0,60 y 2,00 metros sobre segundo, ya que son el rango mínimo y máximo de la misma, para esto se aplica la siguiente expresión:

$$\phi = \sqrt{\frac{1,947 \cdot Qb}{v}}$$

Donde

ϕ = diámetro, en pulgadas

Qb = caudal de bombeo = 12,29, litros por segundo

V = velocidad del flujo en la tubería = 0,6 y 2

$$\phi = \sqrt{\frac{1,947 \cdot 12,38}{0,6}} = 6,38 \text{ plg}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{1,947 \cdot 12,38}{2}} = 3,5 \text{ plg}$$

De lo anterior se obtendrá un rango de diámetros, los cuales deben ser analizados según los diámetros comerciales y se utilizará el que presente mejores condiciones de funcionamiento y economía. Los diámetros analizados serán de 4", 5" y 6"

- Carga dinámica total (CDT)

Llamada también altura dinámica total, es la carga que debe suministrar la bomba para desplazar el caudal de agua que se necesita a través de la tubería hasta el nivel requerido. La carga dinámica total (CDT) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CDT = h_s + h_{fs} + h + h_{fi} + h_v + h_m$$

Donde

CDT = carga dinámica total

h_s = altura del nivel dinámico a la bomba

h_{fs} = pérdidas en el tubo de succión

h = altura de la bomba a la descarga

h_{fi} = pérdidas en la línea de línea de impulsión

h_v = pérdidas por velocidad

h_m = pérdidas menores

En el caso de la carga dinámica total para la tubería de 4 pulgadas de diámetro se obtiene lo siguiente:

- La altura del nivel dinámico a la bomba es la diferencia de cotas entre el punto de ubicación de la caseta de bombeo y la fuente.

$$h_s = 9,6 \text{ m}$$

- Para obtener la pérdida producida en el tubo de succión, es necesario utilizar la ecuación de Hazen & Williams.

$$hfs = \frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times \phi^{4,87}} \quad hfs = \frac{1743,811 \times 11 \times 12,38^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,5^{4,87}} = 0,18 \text{ m}$$

- La altura de la bomba hasta la descarga se obtiene de la diferencia de la cota de descarga del agua en el tanque de almacenamiento y la cota de terreno de la caseta de bombeo.

$$h = 68 \text{ m}$$

- Para obtener la pérdida producida en el tubo de impulsión es necesario utilizar la ecuación de Hazen & Williams. La distancia de la línea de impulsión es de 1 260 metros a la cual se le aplicará un factor de incremento del 5 por ciento, ya que la longitud en planta puede variar debido a las pendientes del terreno.

$$hfi = \frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times \phi^{4,87}} \quad hfi = \frac{1743,811 \times 1260 \times 12,30^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,15^{4,87}} = 21,02 \text{ m}$$

- La pérdida de carga por velocidad son las pérdidas que se producen en las tuberías por los cambios de velocidad que experimenta el flujo, se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$hv = \frac{v^2}{2g}$$

Donde

V = velocidad del flujo = 1,36 m/s

g = gravedad (9,81 m/s²)

$$h_v = \frac{1,36^2}{2 * 9,81} = 0,09$$

- Las pérdidas menores son las que se producen debido a la diversidad de accesorios que deben colocarse en la línea de bombeo, usualmente para obtener este valor, se toma el 10 por ciento de la pérdida de carga en la línea de impulsión.

$$h_m = 0,10 * h_{fi}$$

$$h_m = 0,10 * 21,02 = 2,10m$$

Por lo tanto, la carga dinámica total para la tubería de 4 pulgadas de diámetro queda de la siguiente forma:

$$CDT = 9,6m + 0,18m + 68 m + 21,02m + 0,09m + 2,10m$$

$$CDT = 100,99 m$$

Al igual que para la tubería de 4 pulgadas, se analiza para la tubería de 5 pulgadas y 6 pulgadas, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla VII. **Determinación de CDT**

Diámetro	h _s	h _{fs}	h	h _{fi}	h _v	h _m	CDT
4	9,60	0,18	68,00	21,02	0,09	2,10	100,99
5	9,60	0,06	68,00	7,41	0,04	0,74	85,86
6	9,60	0,03	68,00	3,17	0,04	0,32	81,16

Fuente: elaboración propia.

- Verificación del golpe de ariete

Se le denomina así a la variación de presión en una tubería, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producidas por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de la bomba. Este fenómeno puede provocar ruptura de la tubería (presión positiva) o aplastamiento de la misma (presión negativa).

El golpe de ariete es una onda de presión que se propagará con una velocidad llamada celeridad, la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} + \frac{Di}{e}}}$$

Donde

a = celeridad

k = módulo de elasticidad volumétrica del agua (2,07*10⁴ kg/cm²)

E = módulo de elasticidad del material de la tubería

Di = diámetro interno de la tubería

e = espesor de la pared de la tubería

Tabla VIII. **Valores comunes del módulo de elasticidad E**

MATERIAL	E (Kg/cm ²)
PVC	3,00*10 ⁴
Hierro fundido	1,05*10 ⁶
Acero	2,05*10 ⁶
Asbesto de cemento	(1,85 – 2,5)*10 ⁶

Fuente: MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. p. 647.

Para una tubería de 4 pulgadas de diámetro se obtiene lo siguiente:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,07E4}{3E4} * \frac{105,51mm}{4,39mm} \right)}} = 338,64m/s$$

La sobrepresión generada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = \frac{a * V}{g}$$

Donde

ΔP = sobrepresión

a = celeridad

g = gravedad

V = velocidad

Por lo tanto, la sobrepresión obtenida para la tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro queda de la siguiente forma:

$$\Delta P = \frac{338,64 * 1,36}{9,81} = 46,94 \text{ mca}$$

Para la verificación de la resistencia de la tubería a soportar el golpe de ariete, es necesario sumar la altura de bombeo a la sobrepresión, lo que debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería seleccionada.

$$\Delta P + H = 46,94 + 68 = 114,94 \text{ mca}$$

$$114,94 \text{ mca} > 112,49 \text{ mca}$$

No puede ser utilizada una tubería de 4" de diámetro y 160 psi.

Al igual que para la tubería de 4 pulgadas, se analiza para la tubería de 5 y 6 pulgadas, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IX. **Determinación de la presión de trabajo en las tuberías**

Diámetro	di	e	a	ΔP	h	Pmax
4	105,51	4,39	338,64	46,94	68,00	114,94
5	130,43	5,43	338,73	31,73	68,00	99,73
6	155,32	6,48	339,07	22,42	68,00	90,42

Fuente: elaboración propia.

La tubería PVC con una presión de trabajo de 160 psi, equivale a 112,49 mca; por lo tanto, las tuberías de 5 y 6 pulgadas de diámetro pueden ser utilizadas en la línea de bombeo. Sin embargo, el precio de la tubería de 6 pulgadas es mayor al precio de la tubería de 5 pulgadas, pero el diámetro de 5

pulgadas no es un diámetro comercial. Esto es un factor importante a tomar en cuenta para la elección del diámetro de la tubería.

- Potencia del equipo de bombeo

Para este proyecto en particular, se utilizará una bomba eléctrica centrífuga. Por lo tanto, es necesario conocer la potencia de la bomba, para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$POT = \frac{Qb * CDT}{76 * Ef}$$

Donde

POT = potencia de la bomba

Qb = caudal de bombeo

Ef = eficiencia de trabajo de la bomba = 0,60

$$POT = \frac{12,30 * 100,99}{76 * 0,60} = 27,24 \text{ HP}$$

$$POT = 27,24 * 0,746 = 20,32 \text{ Kw}$$

El costo mensual de energía eléctrica se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Costo} = POT * \text{Horas} * PU$$

Donde

POT = potencia de la bomba, en kilowatts

Horas = total de horas de trabajo en un mes

PU = precio unitario del kilowatt por hora = 1,90

$$\text{Costo} = 20,32 * 420 * 1,90 = Q 16 216,19$$

Esta expresión se aplica a todos los diámetros posibles para determinar el diámetro económico. Luego se calcula la energía requerida mensualmente, lo que se multiplica por el precio unitario del kilovatio para obtener el costo mensual de bombeo.

Tabla X. **Costo de energía eléctrica requerida**

Diámetro	POT (HP)	POT (Kw)	Horas (h)	PU (Kw/h)	Costo (mes)
4	29,06	21,68	420,00	Q 1,90	Q 17 299,70
5	23,84	17,79	420,00	Q 1,90	Q 14 194,67
6	22,28	16,62	420,00	Q 1,90	Q 13 264,54

Fuente: elaboración propia.

Del análisis anterior se concluye que la tubería a utilizar para el diseño de la línea de bombeo será de 6 pulgadas de diámetro, porque el costo mensual es menor y porque el diámetro de 5 pulgadas no es comercial. La bomba será centrífuga modelo 45 VR de 30 hp y 3 600 rpm, se le colocará un reductor de potencia alargando así la vida útil del equipo.

2.1.10.3. Tanque de distribución

En todo sistema, incluyendo aquellos con abastecimiento por gravedad las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque, como mínimo, con las siguientes funciones.

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.

- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará del 25 al 40 % del consumo medio diario y en sistemas por bombeo de 35 al 50 %.

En el proyecto se asumió un volumen de compensación del 43 %.

Cuando el suministro de agua puede considerarse seguro y continuo en la cantidad prevista en el proyecto, se puede prescindir del volumen de reservas para contingencias, con el fin de mantener bajo el costo inicial del sistema.

2.1.10.3.1. Cálculo del volumen

En los sistemas por bombeo se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 35 al 50 % del caudal medio diario.

$$Vol = \frac{Q_{md} * \% \text{almecnamiento} * 1m^3 * 86\ 400}{1\ 000,00}$$

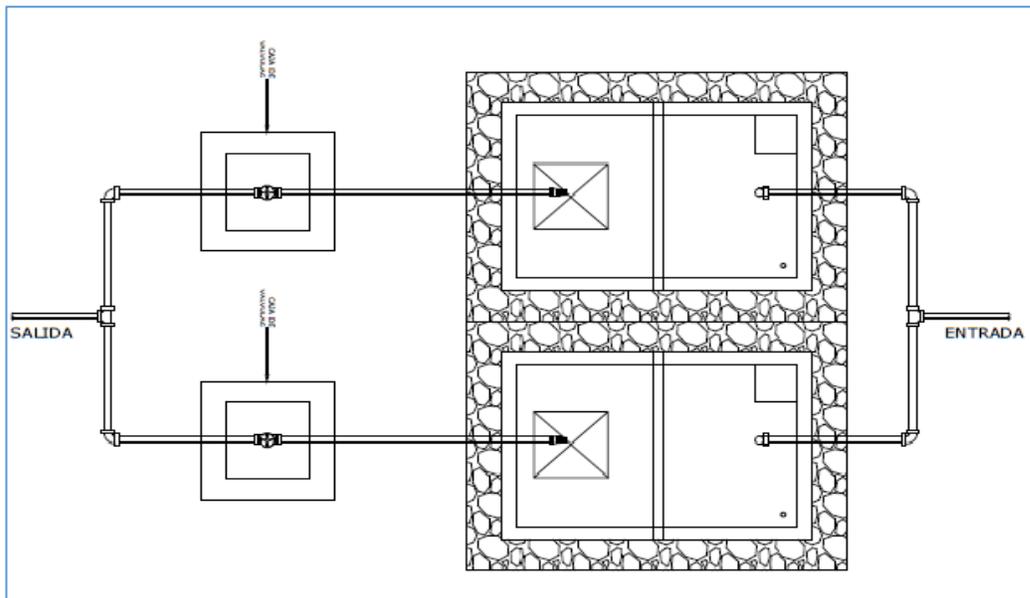
$$Vol = \frac{4,78 * 0,43 * 86\ 400}{1\ 000,00} = 177,6\ m^3$$

Capacidad real del tanque = 180 m^3

Se diseñarán 2 tanques de 90 m^3 cuidando la relación largo – ancho de 1.5:1 a 2:1, se construirá con muro de gravedad de concreto ciclópeo, semienterrado y cubierto con losa de concreto reforzado.

Se consideró un largo de 7 metros y, cuidando la relación 1.5:1, se obtiene un ancho de 5 metros. Para lograr el volumen total se diseñará con una altura de 2,4 metros, cubriendo el total del volumen requerido.

Figura 4. **Diseño del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

2.1.10.3.2. Diseño estructural del tanque

Los tanques de distribución o almacenamiento normalmente se construyen de muros de gravedad de concreto ciclópeo, concreto reforzado, mampostería reforzada y cubierta de losa de concreto reforzado. En los tanques elevados predomina el uso del acero.

Debido a las características del terreno para este caso, se diseñará con muros de gravedad de concreto ciclópeo y cubierta de losa de concreto reforzado, tomando en cuenta que la condición crítica es cuando este se encuentre completamente lleno. La estructura de cubierta se diseñará, con una losa de concreto reforzada con las dimensiones que se muestran a continuación.

Longitud = 7,50 m

Ancho = 5,00 m

Alto = 2,40 m

- Losa

Se compone de dos losas separadas por una viga de soporte colocada a la mitad de la longitud total. Empleando el método 3 de American Concrete Institute (ACI).

Para losa 1 = losa 2

- Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{3,75}{5} = 0,75$$

Como $a/b \geq 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos

- Espesor

$$t = \frac{2 * (5,00 + 3,75)}{180} = 0,10 \text{ mts}$$

- Carga muerta

Peso propio de la losa $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,10$	= 240 kg/m^2
---	------------------------

Acabados	= 60 kg/m^2
----------	-----------------------

300 kg/m^2

- Carga viva

200 kg/m^2

- Carga última

$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$

$C_u = 1,4(240 \text{ kg/m}^2) + 1,7(200 \text{ kg/m}^2)$

$C_u = 420 \text{ kg/m}^2 + 340 \text{ kg/m}^2$

$C_u = 760 \text{ kg/m}^2$

Para calcular los momentos actuantes, que hace referencia al caso 6, se utiliza el método 3 del American Concrete Institute, para los momentos positivos y negativos, conforme se aplique la integración de la carga en la losa y de acuerdo a la posición de giro.

○ Momentos positivos

- Debido a la carga muerta + carga viva se calcula con la siguiente fórmula:

$$M(+)_a/b = C_{a/b}W_{CM}L_{a/b}^2 + C_{a/b}W_{CV}L_{a/b}^2$$

- Coeficiente de momentos positivos para carga muerta última en sentido corto.

$$C_{a+ CMU} = 0,054$$

- Coeficiente de momentos positivos para carga viva última en sentido corto

$$C_{a+ CVU} = 0,073$$

$$M(+)_a = C_a W_{CMU} L_a^2 + C_a W_{CVU} L_a^2$$

$$M(+)_a = 0,054 * 420 * 3,75^2 + 0,073 * 340,00 * 3,75^2$$

$$M(+)_a = 667,97 \text{ kg} - \text{m}$$

- Coeficiente de momentos positivos para cargas muertas últimas en sentido largo.

$$C_{b+ CMU} = 0,004$$

- Coeficiente de momentos positivos para cargas vivas últimas en sentido largo.

$$C_b + C_{VU} = 0,006$$

$$M(+)_b = C_b W_{CMU} L_b^2 + C_b W_{CVU} L_b^2$$

$$M(+)_a = 0,004 * 420 * 5^2 + 0,006 * 340,00 * 5^2$$

$$M(+)_b = 93,0 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos negativos

Debido a la carga última total se calcula con la siguiente fórmula:

$$M(-)_{a/b} = C_{a/b} W_{CU} L_{a/b}^2$$

- Coeficiente para momentos negativos en sentido corto.

$$C_a = 0,096$$

$$M(-)_a = C_a W_{CU} L_a^2$$

$$M(-)_a = 0,096 * 760 * 3,75^2$$

$$M(-)_a = 1\,026,0 \text{ kg} - \text{m}$$

- Coeficiente para momentos negativos en sentido largo.

$$C_b = 0,000$$

$$M(-)_b = C_b W_{CU} L_b^2$$

$$M(-)_b = 0,00 * 894,40 * 7,5^2$$

$$M(-)_b = 0,0 \text{ kg} - \text{m}$$

- Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 10\text{cm} - 2,5\text{ cm} - 0,475\text{cm} = 7\text{ cm}$$

- Cálculo del refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210\text{ kg/m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero $Fy = 2\ 810\text{ kg/m}^2$

$$d = 7\text{ cm}$$

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

$$t = 14\text{ cm}$$

$$\phi = \frac{3}{8}'' = 0,95\text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo } \phi = \frac{3}{8}''$$

Área de acero mínimo ($A_{S_{\min}}$)

$$A_{S_{\min}} = \left(\frac{14,1}{Fy} \right) * b * d$$

$$A_{S_{\min}} = \left(\frac{14,1}{2\ 810} \right) * 100 * 7 = 3,51\text{ cm}^2$$

- Cálculo del espaciamiento para el acero mínimo

$$S_{\min} = \left(\frac{A_{sv} * 100}{A_{s_{\min}}} \right)$$

Donde

S_{\min} = espaciamiento del acero mínimo en centímetros

A_{sv} = área de acero de la varilla en centímetros cuadrados

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínimo en centímetros cuadrados

$$S_{\min} = \left(\frac{0,74 * 100}{3,51} \right) = 21,35 \text{ cm}$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,10 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

- Acero requerido para M(-)

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * F'_c}} \right] * \frac{0,85 * F'_c}{F_y}$$

$$A_s = \left[100 * 7 - \sqrt{(100 * 7)^2 - \frac{1\ 026 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\ 810}$$

$$A_s = 6,23 \text{ cm}^2$$

- Área de acero máximo ($A_{s_{\max}}$)

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 7$$

$$A_{s_{\max}} = 12,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} < A_s < A_{s_{\min}}$$

Se diseña con el acero calculado del momento mayor $A_s = 6,23 \text{ cm}^2$

$$S_{A_s} = \left(\frac{0,71 * 100}{6,23} \right) = 11,39 \text{ cm}$$

El refuerzo serán varillas corrugadas núm.. 3 (3/8") @ 0,11 mts en ambos sentidos; tensiones núm. 3 a L/5 @ 0,22 mts y bastones núm. 3 a L/4 @ 0,22 mts, en ambos sentidos, con una losa de espesor de 0,10 metros.

- Diseño de la viga divisoria de la losa, según ACI 318-05

Para el predimensionamiento de la viga soporte se utilizan las siguientes fórmulas:

$$h = \left(\frac{L}{18,5} \right) = \left(\frac{5}{18,5} \right) = 0,27 \text{ cm}$$

$$b = \left(\frac{h}{2} \right) = \left(\frac{0,27}{2} \right) = 0,14 \text{ cm}$$

Se propone entonces una sección de 0,35 x 0,20 metros

Datos

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$r = 2,50 \text{ cm}$$

$$\text{Carga de losa} = 894,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 5 \text{ m}$$

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

- Área tributaria

$$A1 = A2 = (1,875 * 1,875) + (1,25 * 13,875) = 5,86m^2$$

- Carga losa 1

$$Carga\ Losa = \frac{5,86 * 760}{5} = 890,63\ kg/m$$

- Carga losa 2:

$$Carga\ Losa = \frac{5,86 * 760}{5} = 890,63\ kg/m$$

- Peso propio

$$Peso\ propio = (2\ 400 * 0,20 * 0,35) = 168\ kg/m$$

- Carga total 1 949,25 Kg/m
- Cálculo de momentos y corte último

$$M(+)=\frac{W * L^2}{24} = \frac{1\ 949\ 25 * 5^2}{24} = 2\ 030,47\ kg - m$$

$$M(-)=\frac{W * L^2}{12} = \frac{1\ 949,25 * 5^2}{12} = 4\ 060,94\ kg - m$$

$$Vu = \frac{W * L}{2} = \frac{1\ 949,25 * 5}{2} = 4\ 873,13\ kg$$

- Cálculo de peralte efectivo de viga: proponiendo acero de refuerzo de ½ pulgada y estribos de 3/8 de pulgada.

$$d = t - r - \frac{\emptyset\ long}{2} - \emptyset\ trans = 35 - 2,5 - \frac{1,27}{2} - 0,95 = 30,91\ cm$$

$$As_{min} = \left(\frac{14,1}{2\ 810}\right) * 20 * 30,91 = 3,10\ cm^2$$

- Cálculo del área de acero requerido

- Para M (+)

$$As = \left[20 * 30,91 - \sqrt{(20 * 30,91)^2 - \frac{2 030,47 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 810}$$

$$As(+)_{\text{calc}} = 2,69 \text{ cm}^2$$

- Para M (-) = 4 717,67 kg-m

$$As = \left[20 * 30,91 - \sqrt{(20 * 30,91)^2 - \frac{4 717,67 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 810}$$

$$As(-)_{\text{calc}} = 5,59 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero máximo

$$As_{\text{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d = 0,5 * 0,036966 * 30,91 = 11,43 \text{ cm}^2$$

Luego de calcular el As_{req} , se procede a verificar si cumple con el área de acero mínimo y el área de acero máximo. Se colocan varillas de acero de tal forma que su área supla lo solicitado en los cálculos de As_{req} . Entonces, se ordena la cama superior e inferior de la viga, según lo que indiquen los cálculos.

Para el armado final de la viga soporte se coloca lo siguiente:

$5,59 \text{ cm}^2 = 4$ varillas núm. 5 (para cama superior)

$3,10 \text{ cm}^2 = 3$ varillas núm. 4 (para cama inferior)

- Cálculo del acero transversal (estribos)
 - Cálculo del corte que resiste el concreto

$$V_c = (0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = (0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 30,91 = 4\ 035,84\ kg$$

Se debe determinar si el corte que resiste el concreto es menor o mayor al corte último y se verifica de la siguiente forma:

$V_c > V_U \rightarrow$ la viga necesita estribos solo por armado

$V_c < V_U \rightarrow$ se diseña los estribos por corte

Para este caso $V_c < V_U$ (4 035,84 kilogramos < 5 661,2 kilogramos), se diseña por corte.

Por relación de triángulos se determina el valor de X de la siguiente forma:

$$X = \frac{2,50 * 4\ 035,84}{5\ 661,2} = 1,78$$

$$2,5 - X = 2,5 - 1,78 = 0,72$$

$$V_{0,6} = \frac{0,6 * 4\ 035,84}{1,78} = 1\ 360\ 40\ kg$$

- Cálculo del espaciamiento máximo

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{30,91}{2} = 15,46 \text{ cm}$$

- Cálculo del espaciamiento

$$S = \frac{2 * Av * fy * d}{Vu}$$

Donde

S = espaciamiento

Av. = área de la varilla

fy = resistencia del acero

d = peralte de la viga

VU = corte último

Vc = resistencia a corte del concreto

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810 * 30,91}{5\,661,2} = 25,31 \text{ cm}$$

Se utiliza S = 15 cm

El acero transversal se colocó para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte con espaciamientos a cada 15 centímetros.

Núm. 3 @ 15 cm

- Muro de gravedad

El muro se consideró por gravedad, de concreto ciclópeo, las dimensiones preliminares y datos para su diseño para asumir capacidad soporte y peso específico del suelo.

Datos a utilizar para el cálculo estructural:

Peso del concreto ciclópeo ($W_{\text{concreto ciclópeo}}$) = 2 500 kg/m³

Peso del concreto armado ($W_{\text{concreto armado}}$) = 2 400 kg/m³

Peso específico del agua (ρ_a) = 1 000 kg/m³

Peso específico del suelo (W_{suelo}) = 1 700 kg/m³

Angulo de fricción interna (θ) = 28°

Valor soporte del suelo (V_s) = 12 000 kg/m²

Con base en resultados a estudios de suelos efectuados en comunidades propias del municipio de Cobán, Alta Verapaz.

- Cálculo de la altura del agua

Se dividió el volumen del tanque (90 metros cúbicos) entre la longitud y el ancho del tanque, de la siguiente manera:

$$Vol = a * h * L$$

Donde

vol = volumen

ha = altura del agua

L = longitud del tanque

$$ha = \frac{90}{7,5 * 5} = 2,4 \text{ m}$$

- Cálculo del peso sobre el muro

$$W_m = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga perimetral}} + W_{\text{viga soporte}} + 25 \% \times W_{\text{cv}}$$

$$W_{\text{losa}} = 2 * 5 * 7,50 * 0,14 * 2\,400 = 12\,096 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga perimetral}} = (25 * 0,2 * 0,15 * 2\,400) = 1\,800 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga soporte}} = 5 * 0,20 * 0,35 * 2\,400 = 840 \text{ kg}$$

$$W_{\text{carga viva}} = 0,25 * 5 * 7,5 * 200 = 1\,875 \text{ kg}$$

$$W_m = 16\,611 \text{ kg}$$

- Cálculo del peso total por metro unitario del muro

$$W_t = \frac{W}{L} = \frac{16\,611}{25} = 664,44 \text{ kg/m}$$

Considerando la carga uniformemente distribuida como una carga puntual sobre una franja unitaria (Pcp).

$$P_{cp} = 664,44 \text{ kg}$$

Momento que ejerce la carga puntual respecto al punto A.

$$M_{cp} = 664,44 * \left(\frac{0,6}{2} + 1,25 \right) = 998,88 \text{ kg} - m$$

- Cálculo de la fuerza activa (Fa)

$$F_a = \rho a * \left(\frac{ha^2}{2} \right)$$

Donde

Fa = fuerza activa que ejerce el agua

ρ_a = peso específico del agua

ha = altura del agua

$$F_a = 1\,000 * \left(\frac{2,4^2}{2}\right) = 2\,880 \text{ Kg}$$

- Cálculo del momento de volteo respecto al punto A

$$M_{fa} = 2\,880 * \left(\frac{2,4}{3} + 0,3\right) = 3\,168 \text{ kg} - m$$

- Cálculo de momentos respecto del punto A

Tabla XI. **Determinación de momentos respecto al punto A**

Sección	Dimensiones (m)		Área (m ²)	Peso vol (kg/m ³)	Peso Wr (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)/m
1.00	1.25	2.70	1.69	2 500,00	4 218,75	0.83	3 515.63
2.00	0.60	2.70	1.62	2 500,00	4 050,00	1.55	6 277,5
3.00	2.85	0.30	0.86	2 500,00	2 137,5	1.43	3 045,94
				Σ	10 406,25		12 839,065

Fuente: elaboración propia

- Cálculo de la carga total (WT)

$$WT = P_{cp} + \sum W_r = 664,44 + 10\,406,25 = 11\,070,69 \text{ Kg}$$

- Chequeo de la estabilidad contra el volteo (FSV > 1,5)

$$Fsv = \left(\frac{\sum Mr}{Mfa} \right)$$

Donde

Fsv = estabilidad contra el volteo

$\sum Mr$ = sumatoria de momentos respecto al punto A

MFa = momento de volteo por la fuerza activa

$$Fsv = \left(\frac{12\ 839,06}{3\ 168} \right) = 4,05 > 1,5 \text{ Chequea}$$

- Chequeo de estabilidad contra el deslizamiento (FSD > 1,5)

$$Fsd = \left(\frac{WT}{Fa} \right)$$

Donde

FSD = estabilidad contra el deslizamiento

WT = carga total

Fa = fuerza activa que ejerce el agua

$$Fsd = \left(\frac{11\ 070,69}{2\ 880} \right) = 3,84 > 1,5 \text{ Sí chequea}$$

- Verificación de la presión bajo la base del muro, $P_{\text{máx}} < V_s$, $P_{\text{mín}} > 0$

$$ex = \left(\frac{b}{2} \right) - a$$

Donde

ex = excentricidad

b = base del muro

a = distancia de la excentricidad del muro

$$a = \left(\frac{\sum Mr + M_{cp} - Mfa}{WT} \right)$$

$$a = \left(\frac{12\,839,06 + 1\,998,88 - 3\,168\,kg}{11\,070,69} \right) = 1,05$$

$$ex = \left(\frac{2,85}{2} \right) - 1,05 = 0,375$$

- Módulo de sección

$$Sx = \left(\frac{1}{6} \right) * b^2 * L$$

Donde

Sx = módulo de sección

b = base del muro

L = longitud unitaria

$$Sx = \left(\frac{1}{6} \right) * 2,85^2 * 1,00 = 1,35\,m^3$$

- Cálculo de presiones

$$P = \left(\frac{WT}{A} \right) + \left(\frac{WT * ex}{Sx} \right)$$

Donde

P = presión del muro al suelo

WT = carga total

Sx = módulo de sección

A = área del muro

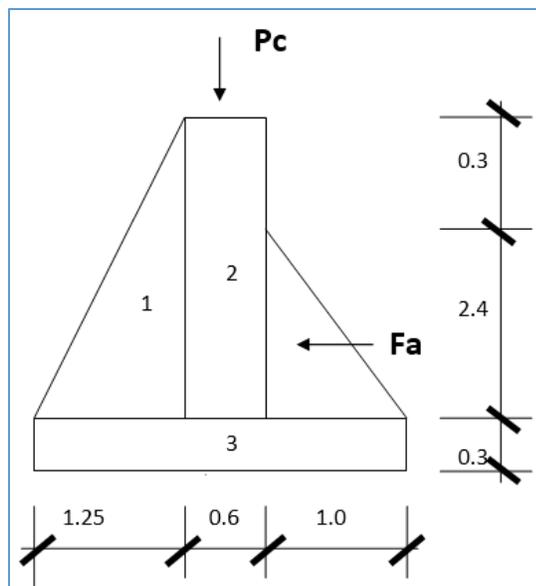
ex = excentricidad

$$P_{max} = \left(\frac{11\,070,69}{2,85 * 1} \right) + \left(\frac{11\,070,69 * 0,375}{1,35} \right) = 6\,959,64 \frac{kg}{m^2} < V_s$$

$$P_{max} = \left(\frac{11\,070,69}{2,85 * 1} \right) - \left(\frac{11\,070,69 * 0,375}{1,35} \right) = 809,26 \frac{kg}{m^2} > 0$$

Las dimensiones del muro resisten las cargas a las que están sujetas.

Figura 5. **Geometría y diagrama de presiones del muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.10.4. Línea de distribución

La línea de distribución consta de 603,5 metros lineales aproximadamente que van del tanque de distribución hasta el inicio del poblado y de un diámetro de 4 pulgadas. El diseño se realizó de manera similar al diseño en la línea de conducción, obteniendo la carga disponible. Seguidamente, con la ecuación de Hazen y Williams se precisó un diámetro teórico y con el resultado obtenido, se determinó la pérdida de carga. Finalmente, se realizó el chequeo de las presiones y velocidades. Los resultados alcanzados se observan en el anexo A, en la tabla de cálculo hidráulico.

2.1.10.5. Red de distribución

La red de distribución está constituida por todo el sistema de tuberías, va desde el tanque de distribución a las viviendas. Existen tres tipos de redes de distribución: abiertas, cerradas y combinadas.

- Red abierta: tuberías conectadas de tal forma que cada uno de sus ramales es terminal, en cada punto donde distribuya agua. Se utiliza cuando las viviendas están muy dispersas o cuando la comunidad no tiene definida claramente las vías de tránsito, como calles y avenidas, y no es posible efectuarla.
- Red cerrada: formada por tuberías interconectadas que forman mallas o circuitos, es la más eficiente de los sistemas pues mantiene las presiones. Se utiliza en las comunidades que tienen definido claramente calles y avenidas o cuando la población esté dispuesta de tal forma que se pueda efectuar.

- Red combinada: una mezcla de red abierta y cerrada, se utiliza cuando por alguna circunstancia cierta cantidad de beneficiarios se encuentra en puntos dispersos de una población bien definida en sus vías de tránsito.

La elección del sistema idóneo y funcional dependerá de las características del lugar poblado, ubicación del tanque de agua potable, entre otros. Desde el punto de vista sanitario es preferible optar por la red mallada; ya que ocasiona menos problemas de contaminación, porque no permite el estancamiento del agua. La urbanización de la comunidad llena los requisitos para diseñar un sistema de distribución a base de mallas y ramales secundarios, por lo tanto se implementará este sistema en dicho lugar.

- Circuito cerrado

Este tipo de sistema presenta una ventaja muy importante, su seguridad, pues se puede aislar un sector o circuito interno, sin dejar sin agua el resto del sistema. Además, una de las ventajas más importantes del sistema es que la presión se mantiene en cualquier punto de la red.

Para calcular el tipo de sistema (circuito cerrado) propuesto para este proyecto, se utiliza el método de aproximaciones sucesivas de Hardy-Cross. Este es un método iterativo que parte de la suposición de los caudales iniciales en los tramos, los cuales se corrigen sucesivamente con un valor particular Q . En cada iteración se deben calcular los caudales actuales o corregidos en los tramos de la red. El método se fundamenta en el cumplimiento de dos leyes:

- Ley de continuidad de masa en los nudos: la suma algebraica de los caudales en un nudo, debe ser igual a cero.

$$\sum_{j=1}^m (Q_{ij} + q_{ij}) = 0$$

Donde

Q_{ij} = caudal que parte del nudo j y que fluye hacia dicho nudo

q_i = caudal concentrado en el nudo i

m = número de tramos que confluyen al nudo i

- Ley de conservación de la energía en los circuitos: la suma algebraica de las pérdidas de energía, en los tramos que forman un anillo cerrado, debe ser igual a cero.

$$\sum_{j=1}^n h_{ji} = 0$$

Donde

h_{ji} : pérdida de carga por fricción en el tramo T_{ij}

n : número de tramos del circuito i

Esta última ley difícilmente se cumple, por lo que solo se corrigen los caudales que circulan en cada tramo del circuito.

- Condiciones generales para la aplicación del método
 - Conviene que la dirección de los caudales siga la pendiente del terreno.
 - En cada nodo de la malla $\Sigma Q_{entrada} = \Sigma Q_{salida}$.
 - Elegir las mallas y un sentido de recorrido.

- $\Sigma H_f = 0$; esta condición difícilmente se cumple, por lo que se corrigen los caudales, con la ecuación general:

$$\Delta Q = \frac{-\Sigma h_f}{1,85 * \Sigma \frac{h_f}{Q}}$$

- En tramos comunes a varios circuitos, se deben aplicar las correcciones (ΔQ) de los otros circuitos con signo cambiado.
 - La red se considerará compensada, cuando el valor absoluto de todas las correcciones (ΔQ), sea menor al 1 % del caudal de entrada.
- Procedimiento
 - Dividir la red cerrada en un número tal de circuitos cerrados que asegure que cada tubería está incluida al menos en un circuito.
 - Conocidos los caudales que entran y salen, atribuir caudales hipotéticos (Q) a las diversas tuberías del sistema, de tal manera que se cumpla la ley de continuidad.
 - Deducir el diámetro de la tubería para cada tramo.
 - Calcular el valor de pérdida de carga en cada tubería, de acuerdo con la ecuación de Hazen & Williams.
 - Determinar el valor; $\Sigma \frac{h_f}{Q}$ para cada circuito cerrado.
 - Determinar la suma algebraica de las pérdidas de carga en cada circuito y verificar si se cumple con la condición de la ley de la conservación de la energía. Por lo general, en las primeras iteraciones esto no se cumple.

- Determinar el caudal de corrección, ΔQ que se debe aplicar a cada flujo supuesto en los circuitos, con la ecuación descrita en la condición .

$$\Delta Q = \frac{-\sum hf}{1,85 * \sum \frac{hf}{Q}}$$

- Corregir los gastos con: $Q = Q_2 + \Delta Q$.
- Repetir el proceso iterativo a partir del cuarto paso.
- Cuando las condiciones sean inferiores al valor indicado, calcular los caudales y las pérdidas finales.
- Calcular las presiones en la red.

Al igual que la línea de conducción, los ramales de la red de distribución se calculan con la ecuación de Hazen & Williams, chequeando que las velocidades y las presiones se encuentren dentro de los rangos establecidos. Para el chequeo de las redes debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Utilizar como caudal de diseño el mayor entre el caudal de uso instantáneo y el caudal unitario.
 - La presión dinámica estará entre el rango de 10 y 40 m.c.a. excepto en puntos donde exista poco desnivel, se puede tomar un mínimo de 6 m.c.a.
 - Las velocidades deben estar comprendidas entre 0,60 m/s y 3 m/s.
- Caudal de uso simultáneo

Este caudal se considera como la probabilidad estadística del uso simultáneo de las conexiones domiciliarias, este no debe ser menor de 0,20 l/s, se determina en función de la siguiente ecuación:

$$Q_i = \sqrt{K * (N-1)}$$

Donde

Q_i = caudal instantáneo

K = coeficiente, 0,15 para conexión predial y 0,20 para llena cantaros

N = número de viviendas

Sustituyendo datos en la expresión anterior:

$$Q_i = \sqrt{0,15 * (466-1)} = 8,35 \text{ l/s}$$

- Caudal unitario

Este caudal es igual al caudal máximo horario, el cual se describió y cálculo en inciso 2.1.5.5, obteniendo el siguiente valor:

$$Q_{\text{max.horario}} = 9,56 \text{ l/s}$$

Se utiliza para el diseño el caudal mayor entre el caudal de uso simultáneo y el caudal unitario, en este caso el caudal mayor resultó ser el caudal unitario.

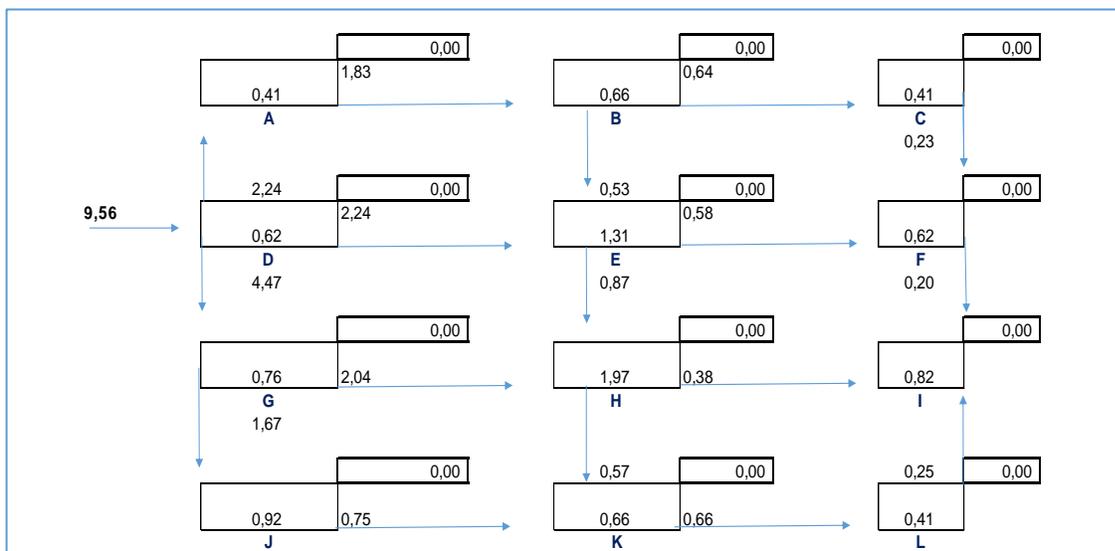
Con el caudal tomado, se procede a calcular el caudal por vivienda, el cual servirá para determinar el caudal necesario para cada tramo, este se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_v = \frac{Q_{\text{diseño}}}{N} = \frac{9,56}{466} = 0,0201/\text{s}$$

La red se dividió en 6 circuitos, asegurando que cada tubería está incluida al menos en un circuito. Se le dio dirección al flujo tratando de seguir la pendiente del terreno, sin embargo no siempre se logró. Se cumple la ley de continuidad asegurando que en cada nodo la sumatoria de caudales sea igual a cero.

En la figura 6 se coloca, en el rectángulo grande, el caudal que se consume en cada nodo; en el rectángulo pequeño, la sumatorio de caudales en cada nodo la cual siempre será cero y en las flechas, el caudal que circula en las tuberías de la red.

Figura 6. Red de distribución de agua potable



Fuente: elaboración propia.

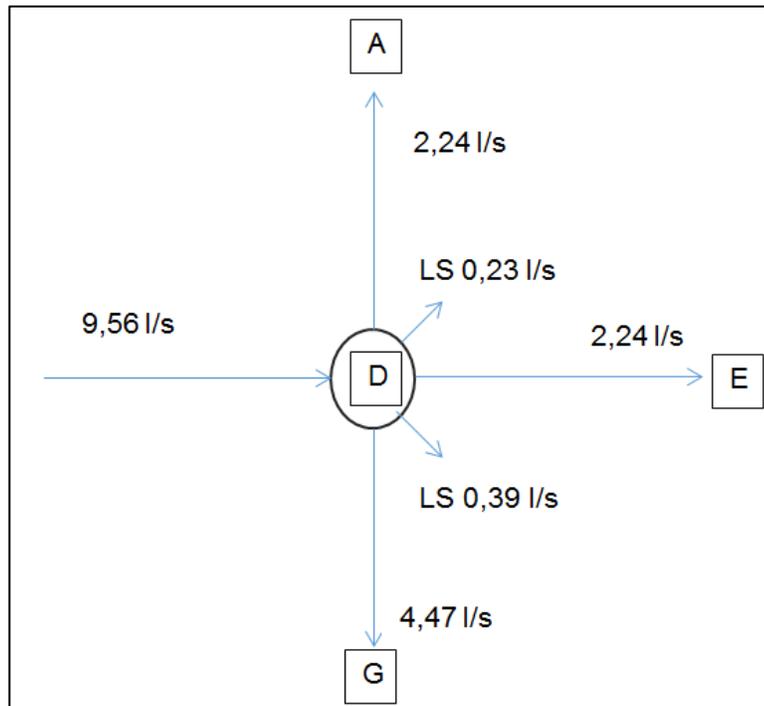
Tabla XII. **Datos de los nodos en la red de distribución**

Nodo	casas	caudal vivienda	caudal utilizado	cota
A	20,00	0,02051	0,41	84,33
B	32,00	0,02051	0,66	93,52
C	20,00	0,02051	0,41	94,90
D	30,00	0,02051	0,62	81,92
E	64,00	0,02051	1,31	93,41
F	30,00	0,02051	0,62	94,26
G	37,00	0,02051	0,76	95,96
H	96,00	0,02051	1,97	92,94
I	40,00	0,02051	0,82	78,31
J	45,00	0,02051	0,92	102,95
K	32,00	0,02051	0,66	99,97
L	20,00	0,02051	0,41	92,83
total de casas	466,00	Σ CAUDALES	9,56	

Fuente: elaboración propia.

A continuación se tomará como ejemplo el tramo D-A del circuito cerrado, este tramo pertenece al nodo D de la malla I del proyecto.

Figura 7. Datos del nodo D



Fuente: elaboración propia.

$$Q \text{ máximo horario} = Q_E = 9,56 \text{ l/s}$$

$$Q_E = \sum Q_S$$

$$Q_E = Q_{LS1} + Q_{LS2} + Q_{DA} + Q_{DE} + Q_{DG}$$

Donde

Q_E = caudal de entrada en el nodo D

Q_{DA} = caudal del tramo AB

Q_{DE} = caudal del tramo AD

Q_{DG} = caudal del tramo AF

Q_{LS1} = caudal en la línea secundaria núm. 1

QLS2 = caudal en la línea secundaria núm. 2

Caudales asumidos de acuerdo con la distribución de caudales y al número de casas conectadas en los respectivos tramos: QDA, QDE y QDG

QLS1 = caudal de vivienda (Qv) * casas conectadas en línea secundaria 1

QLS2 = caudal de vivienda (Qv) * casas conectadas en línea secundaria 2

$$QLS1 = (0,021 \text{ l/s}) * (11) = 0,23 \text{ l/s}$$

$$QLS2 = (0,021 \text{ l/s}) * (19) = 0,39 \text{ l/s}$$

$$QDA = 9,56 - (0,23 + 0,39 + 4,47 + 2,24)$$

$$QDA = 2,24 \text{ l/s}$$

Datos para el cálculo del diámetro de la tubería

$$C_D = 81,92$$

$$C_A = 84,33$$

$$\Delta H_f = 2,41 \text{ M}$$

$$Q = 2,24 \text{ l/s}$$

$$L = 180 \text{ m}$$

$$\phi \text{ teórico} = \left(\frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f} \right)^{1/4,87}$$

$$\phi \text{ teórico} = \left(\frac{1743,811 \times 180 \times 2,24^{1,85}}{150^{1,85} \times 2,41} \right)^{1/4,87} = 2,27$$

$$\phi = 2,5 \text{ plg}$$

$$\phi \text{ int} = 2,655 \text{ plg}$$

Se tomará el diámetro de la tubería del tramo DA de la malla I, para encontrar la pérdida generada por la fricción a lo largo del tramo de la tubería

entre los puntos D y A. Para este cálculo nuevamente se utilizará la ecuación de Hazen-Williams.

$$H_f = \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{1743,811 * 180 * 2,24^{1,85}}{150^{1,85} * 2,655^{4,87}} = 1,13 \text{ m}$$

Las velocidades de diseño deben estar entre 0,40 m/s, como mínimo, debido a que si su valor es menor, existe sedimentación en la tubería y un máximo de 3 m/s, si es mayor, ocasiona daños a la tubería debido a la fricción del líquido en la tubería.

$$V = \frac{1,974 * Q}{\phi^2}$$

$$V = \frac{1,974 * 2,24}{2\ 655^2} = 0,63 \text{ m/s}$$

$$0,40 \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$$

Luego de obtener todos los datos para el diseño es fundamental realizar el balance en el sistema de abastecimiento, para equilibrar los caudales que circulan en los circuitos cerrados. A continuación se corrige el caudal del sistema, aplicando la siguiente ecuación en cada tramo de los circuitos.

Tabla XIII. **Primer balance de caudales en la malla I**

							-0,16
							Δ
MALLA I	Tramo	L	Diametro	Q	Hf	Hf/Q	
	DA	180,00	2,66	2,24	1,13	0,50	-0,16
	AB	350,00	2,66	1,83	1,51	0,83	-0,16
	BE	180,00	1,75	0,53	0,58	1,11	-0,13
	DE	350,00	2,66	-2,24	-2,19	0,98	-0,16
						$\Sigma 1,03$	$\Sigma 3,42$

Fuente: elaboración propia.

$$\Delta Q = \frac{-\sum hf}{1,85 * \sum \frac{hf}{Q}}$$

$$\Delta Q = \frac{-1,03}{1,85 * 3,42} = -0,16$$

$$|\Delta 1| > 0,01 * 9,56 = 0,09$$

Como el caudal no ha llegado al balance adecuado, se tendrá que compensar nuevamente el sistema hasta que cumpla con la condición del método de Hardy-Cross:

Tabla XIV. Segundo balance de caudales en la malla I

							-0,02			
		Tramo	L	Diametro	Q+Δ	Hf	Hf/Q	Δ	Q+Δ	Hf
MALLA I		DA	180,00	2,66	2,07	0,98	0,47	-0,02	2,06	0,97
		AB	350,00	2,66	1,66	1,27	0,76	-0,02	1,65	1,24
		BE	180,00	1,75	0,39	0,34	0,87	0,01	0,41	0,36
		DE	350,00	2,66	-2,40	-2,49	1,04	-0,01	-2,41	-2,52
						Σ0,10	Σ3,15			Σ0,05

Fuente: elaboración propia.

$$\Delta Q = \frac{-0,10}{1,85 * 3,15} = -0,02$$

$$|\Delta 2| < 0,01 * 9,56 = 0,09$$

En la segunda iteración, el valor de la corrección es inferior al descrito en el procedimiento, se da por balanceada la malla I.

Por consiguiente, se encontrarán las presiones en los nodos de las mallas, utilizando la presión en el punto D de entrada al sistema.

Datos del tanque a nodo D:

Caudal = 9,56 l/s

Longitud de tubería del tanque al punto D = 603,5 m

Diámetro de tubería de conducción = 4 pulgadas

Cota del terreno del tanque = 130,11

Cota del terreno de D (CTD)= 81,92

Se calcula la pérdida

$$H_f = \frac{1743,811 * 603,5 * 9,56^{1,85}}{150^{1,85} * 4,154^{4,87}} = 6,28 \text{ m}$$

Se calcula y verifica la velocidad

$$V = \frac{1,974 * 9,56}{4,154^2} = 1,09 \text{ m/s}$$

Cota piezométrica en el punto D = CPD = CPTANQUE - H_f

$$CP_D = 130,11 - 6,28 = 123,83 \text{ m}$$

Presión en el punto D = CPD - CTD - H_f

$$P_D = 123,83 - 81,92 = 41,91 \text{ mca}$$

La presión dinámica se encuentra apenas encima del parámetro

$$10 \text{ m.c.a.} \leq P_D \leq 40 \text{ m.c.a.}$$

El diseño de la red de distribución, contemplado en este estudio, se resume en la tabla de cálculo hidráulico del apéndice 3.

- Sistema de desinfección

La desinfección del agua significa la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. En la práctica, la cloración del agua es un método confiable de desinfección en los tratamientos del agua potable y que exitosamente evita la reaparición de bacterias en las tuberías.

Para la desinfección del agua potable, las siguientes maneras pueden ser usadas:

- Cloro gaseoso, hipocloritos de sodio y calcio, dióxido de cloro y ozono: el cloro gaseoso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el dióxido de cloro son especialmente convenientes como desinfectantes del agua potable.
- Cloro gaseoso: todos los cloradores operan generalmente bajo el principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, la cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Esta solución sirve como desinfectante.
- Hipoclorito de calcio: es un compuesto sólido de cloro, disponible en el comercio en forma de tabletas o de gránulos. Para preparar una solución medidora, se usan solo gránulos del 65 al 75 por ciento de cloro efectivo, dependiendo del producto.

Por muchas décadas, el cloro ha probado ser un agente confiable para desinfectar agua y no ha podido ser reemplazado por un desinfectante más conveniente, por lo cual es recomendable utilizarlo en esta red de abastecimiento de agua potable.

Este tendrá por finalidad proporcionar una solución de cloro a los tanques de distribución de ambos sistemas 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 de 0,7 y 1,5 partes por millón. Deberá tener las siguientes características:

- Alimentación de cloro: se hará con tabletas de hipoclorito de calcio [Ca(OCl)] al 90 % de ingrediente activo y con las siguientes dimensiones para cada tableta: diámetro 3 1/8", alto 1 1/4", peso 300 gramos. Su funcionamiento, 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.
- Ubicación del clorador: deberá instalar el clorador en una caja instalada, en la tubería de entrada al tanque elevado y deberá graduarse el flujo para permitir que la cantidad de cloro residual, en el punto más alejado oscile entre 0,7 y 1,5 ppm.
- Caja de hipoclorador: tiene como finalidad proteger al clorador. En lo posible deberá construirse con materiales locales. Deberá tener una tapadera de registro con pasador y candado. Como referencia tómesese como dimensiones interiores 1,00 x 1,00 metros en planta por 1,00 metros de altura.

Según la Norma Coguanor 29001, como tratamiento preventivo contra las bacterias y virus, la cantidad mínima de cloro que se debe aplicar al agua es de 1ppm, es decir 1 gramo por metro cúbico de agua. Para este caso se utilizarán pastillas de 250 gramos, un total de 18 pastillas por semana. Se propone colocar un alimentador automático modelo CL 220 con capacidad para 30 pastillas.

2.1.11. Válvulas

Se describirán las válvulas que se usarán para el buen funcionamiento del proyecto, las cuales se describen a continuación.

2.1.11.1. Válvulas de limpieza

Son aquellas que se usan para extraer todos los sedimentos que se pueden acumular en los puntos bajos de las tuberías, se deben colocar única y exclusivamente en la línea de conducción, ya que en la red de distribución, los grifos realizan esta función.

Estas válvulas se componen básicamente por una te a la cual se conecta lateralmente un niple (tubería menor de 6 m), además de una válvula de compuerta que se puede abrir para que, por medio del agua, se expulsen de la tubería los sólidos acumulados.

Se colocaron 5 válvulas de limpieza a lo largo de la línea de conducción, en las estaciones:

0 + 365

0 + 925

1 + 420

1 + 530

1 + 780

2.1.11.2. Válvulas de aire

Las líneas por gravedad tienen tendencias a acumular aire en los puntos altos. Cuando se tienen presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado. Pero, en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería. La acumulación de aire en los puntos altos provoca una reducción del área de flujo del agua y consecuentemente se produce un aumento de las pérdidas y una disminución del caudal. Con el fin de prevenir este fenómeno, deben utilizarse válvulas ubicadas en todos los puntos altos que permitirán la expulsión de aire y la circulación del caudal deseado.

Se colocaron 4 válvulas de aire a lo largo de la línea de conducción, en las estaciones:

0 + 220

0 + 445

1 + 430

1 + 585

2.1.11.3. Válvulas de globo

Se emplean por lo general en las conexiones domiciliarias para regular el caudal. El agua al pasar por el interior de la válvula tendrá que hacer un recorrido que provocará una considerable pérdida de carga, aún con la válvula completamente abierta.

Para el diseño de este sistema no se tomarán en cuenta estas válvulas, el flujo en la distribución se regula mediante las presiones dinámicas.

2.1.11.4. Válvulas de compuerta

Tienen la función de abrir o cerrar el paso del agua. Se colocarán en la entrada y salida del tanque de distribución, además, en todos los nodos de la red de distribución.

2.1.11.5. Válvulas de cheque

También llamadas válvulas de retención, son utilizadas para no dejar regresar un fluido dentro de una línea. Esto implica que cuando las bombas son cerradas para algún mantenimiento o simplemente la gravedad hace su labor de regresar los fluidos hacia abajo, esta válvula se cierra instantáneamente dejando pasar solo el flujo que corre hacia la dirección correcta. Por eso también se les llama válvulas de no retorno. Obviamente, es una válvula unidireccional y que debe ser colocada correctamente para que realice su función usando el sentido de la circulación del flujo que es correcta.

Se colocaron 2 válvulas de cheque en la línea de bombeo, en las estaciones:

0 + 115

1 + 180

2.1.12. Tipo y número de conexiones

El tipo de conexión a instalar es predial, es decir, un chorro por vivienda. Se tiene contemplado realizar 466 conexiones en toda la red de distribución.

2.1.13. Programación de operación y mantenimiento

Para el sistema de abastecimiento de agua potable se pueden realizar dos tipos de mantenimiento, estos son:

- Mantenimiento preventivo

Se entenderá como mantenimiento preventivo a todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, este se realizará con el propósito de disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse.

- Mantenimiento correctivo

Se realizará ante cualquier daño que se presente en el sistema, siendo este accidental o premeditado, el cual se tendrá que realizar a la mayor brevedad posible, para no afectar a la población con la carencia del vital líquido.

2.1.14. Propuesta de tarifa

Se debe garantizar la sostenibilidad del proyecto durante el período para el que fue diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle un mantenimiento preventivo y, cuando así lo amerita, también correctivo. Dichos recursos sólo pueden obtenerse a través del pago mensual que cada vivienda deberá cancelar.

Se contratará a un fontanero para darle mantenimiento a todo el sistema, con un sueldo de 3 000 quetzales mensuales, este se obtendrá del pago mensual por el servicio de agua y se estima una cantidad de 2 000 quetzales

para materiales de mantenimiento, haciendo un total de 5 000 quetzales para el costo de operación y mantenimiento.

- Cálculo de la tarifa mensual

Datos

Número de conexiones = 466

Costo de operación mantenimiento = Q. 5 000,00

Costo de energía eléctrica de la bomba = Q. 13 096,78

Costo de tratamiento = Q. 500,00

La tarifa será la sumatoria de los costos de operación y mantenimiento dividido el número de conexiones.

Tarifa = $500,00 + 5\,000,00 + 13\,096,78 / 466 = 39,90$ quetzales mensuales por vivienda. Se opta por una tarifa mensual de Q 50,00 por vivienda, la cual se consideró accesible para la comunidad.

2.1.15. Elaboración de planos

Los planos elaborados del proyecto son los siguientes: planta general de densidad de viviendas, plantas-perfiles de la línea de conducción y red de distribución, detalles del tanque de captación y detalles de las válvulas.

2.1.16. Elaboración de presupuesto

Para elaborar el presupuesto se aplicó el método de renglones de trabajo, tomando los costos indirectos con un valor de 27 % del total del costo directo. El precio de los materiales y maquinaria está con base en el lugar donde se

construirá la obra de infraestructura. Los precios de mano de obra fueron sugeridos por la Municipalidad de Cobán.

Tabla XV. **Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable**

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO						
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE						
UBICACIÓN: ALDEA SALACUIM, COBAN, ALTA VERAPAZ						
No.	DESCRIPCION DE RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.		MONTO
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	Replanteo topografico	10 024	ml	Q 3,14	Q	31 466,09
2,0	CAPTACIÓN					
2,1	Caseta de bombeo	1,00	global	Q 34 253,18	Q	34 253,18
2,2	Equipo de bombeo, bomba centrifuga 30HP	1,00	global	Q 68 031,36	Q	68 031,36
3,0	TANQUE DE DISTRIBUCION					
3,1	Tanque de distribución de 90m3	2,00	unidad	Q 236 067,76	Q	472 135,52
3,2	Hiplocorador con caja	1,00	unidad	Q 14 022,26	Q	14 022,26
4,0	LINEA DE CONDUCCIÓN					
4,1	Tuberia PVC Ø 6", 160 psi	1 260,00	ml	Q 269,50	Q	339 565,11
4,2	Tuberia PVC Ø 4", 160 psi	603,50	ml	Q 154,35	Q	93 147,52
5,0	RED DE DISTRIBUCIÓN					
5,1	Tuberia PVC Ø 3", 160 psi	450,00	ml	Q 102,81	Q	46 263,81
5,2	Tuberia PVC Ø 2 1/2", 160 psi	880,00	ml	Q 72,10	Q	63 445,52
5,3	Tuberia PVC Ø 2", 160 psi	1 860	ml	Q 55,45	Q	103 129,84
5,4	Tuberia PVC Ø 1 1/2", 160 psi	1 590	ml	Q 49,35	Q	78 466,44
5,5	Tuberia PVC Ø 1", 160 psi	1 340	ml	Q 40,50	Q	54 276,24
6,0	CONEXIONES DOMICILIARES					
6,1	Conexiones domiciliars red de distribución	466,00	unidad	Q 624,65	Q	291 085,02
7,0	OBRAS DE ARTE					
7,1	Caja de valvula de aire	15,00	unidad	Q 3 356,86	Q	50 352,96
7,2	Caja de valvula de limpieza	19,00	global	Q 3 032,57	Q	57 618,76
7,3	Caja de valvula de compuerta	39,00	global	Q 2 536,79	Q	98 934,84
7,4	Caja de valvula de cheque	2,00	global	Q 2 600,77	Q	5 201,54
COSTO TOTAL DE LA OBRA						Q 1901 396,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.17. Cronograma de ejecución

Es la secuencia lógica de las actividades de ejecución del proyecto, se muestra en forma resumida en la siguiente tabla.

Tabla XVI. Cronograma físico-financiero del sistema de abastecimiento de agua potable

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO									
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE									
UBICACIÓN: ALDEA SALACUIM, COBAN, ALTA VERAPAZ									
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	% POR RENGLÓN	COSTO POR RENGLON	MESES			
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
1 TRABAJOS PRELIMINARES									
1,1	Replanteo topográfico	10 024	ml	1,65%	Q 31 466,09	■			
2 CAPTACIÓN									
2,1	Caseta de bombeo	1,00	global	1,80%	Q 34 253,18		■		
2,2	Equipo de bombeo, bomba centrífuga 30HP	1	global	3,58%	Q 68 031,36		■		
3 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN									
3,1	Tanque de distribución de 90m3	2,00	global	24,83%	Q 472 135,52		■	■	■
3,2	Hipoclorador con caja	1	unidad	0,74%	Q 14 022,26		■		
4 LINEA DE CONDUCCIÓN									
4,1	Tubería PVC Ø 6", 160 psi	1 260	ml	17,86%	Q 339 565,11	■	■	■	■
4,2	Tubería PVC Ø 4", 160 psi	603,50	ml	4,90%	Q 93 147,52		■	■	■
5 RED DE DISTRIBUCIÓN									
5,1	Tubería PVC Ø 3", 160 psi	450,00	ml	2,43%	Q 46 263,81			■	
5,2	Tubería PVC Ø 2 1/2", 160 psi	880,00	ml	3,34%	Q 63 445,52			■	
5,3	Tubería PVC Ø 2", 160 psi	1 860,00	ml	5,42%	Q 103 129,84			■	
5,4	Tubería PVC Ø 1 1/2", 160 psi	1 590,00	ml	4,13%	Q 78 466,44			■	
5,5	Tubería PVC Ø 1", 160 psi	1 340,00	ml	2,85%	Q 54 276,24			■	■
6 CONEXIONES DOMICILIARES									
6,1	Conexiones domiciliars en red de distribución	56,00	unidad	15,31%	Q 291 085,02			■	■
7 OBRAS DE ARTE									
7,1	Caja de valvula de aire	15	unidad	2,65%	Q 50 352,96			■	
7,2	Caja de valvula de limpieza	19	global	3,03%	Q 57 618,76			■	
7,3	Caja de valvula de compuerta	39	global	5,20%	Q 98 934,84			■	
7,4	Caja de valvula de cheque	2	global	0,27%	Q 5 201,54			■	
				79,36%	Q 1901 396,00				
PORCENTAJE MENSUAL EJECUTADO						16,06%	30,25%	22,00%	31,69%
PORCENTAJE MENSUAL ACUMULADO						16,06%	46,31%	68,31%	100,00%
DESEMBOLSO MENSUAL						Q 133 632,29	Q 575 172,29	Q 418 307,12	Q 602 552,39
DESEMBOLSO MENSUAL ACUMULADO						Q 305 364,20	Q 880 536,49	Q 1 298 843,61	Q 1901 396,00
SEMANA EN LA CUAL SE EJECUTARÁ EL RENGLÓN, IDENTIFICADA CON: ■									

Fuente: elaboración propia.

2.1.18. Evaluación de impacto ambiental

No se presentan impactos ambientales adversos de gran magnitud que pudieran poner en riesgo el medio ambiente.

En la etapa de construcción del sistema de abastecimiento de agua potable es necesario preparar los terrenos donde se instalarán los distintos elementos estructurales y no estructurales, no cortar árboles sin los debidos procesos y el terreno del tanque de almacenamiento no debiera generar impactos significativos en el medio ambiente. No dañar el hábitat natural de la flora y fauna.

- Análisis de vulnerabilidad del entorno

El ambiente natural puede ser afectado por el sistema de agua potable en los aspectos siguientes:

- Capa vegetal del terreno
 - Generación sólidos domésticas
 - Hacer uso desmedido del agua
- Consideraciones a tomar para no causar daños

Se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- No incendiar capas vegetales con el afán de crear espacios disponibles para la construcción

- Si un área es deforestada considerablemente es necesario realizar reforestaciones que a corto plazo puedan sustituir el área verde retirada.
- Una vez finalizados los trabajos de construcción retirar cualquier tipo de material de los accesos públicos.
- Concientizar a la población en el buen manejo del recurso hídrico.

2.1.19. Evaluación socioeconómica

En su mayoría, este tipo de proyectos no son un atractivo económico, lo cual lleva a plantear un mecanismo para hacer viable el proyecto con subsidios, transferencias, impuestos, donaciones, etcétera. Sin embargo, es indispensable realizar un análisis financiero y determinar la viabilidad del proyecto. Para ello, se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno.

2.1.19.1. Valor presente neto

Esta es una alternativa para toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión vale la pena o no poder realizarla, y no hacer así malas inversiones que provoquen en el futuro pérdidas.

La Municipalidad de Cobán contratará un fontanero para el mantenimiento del sistema por Q 5 000,00 mensuales.

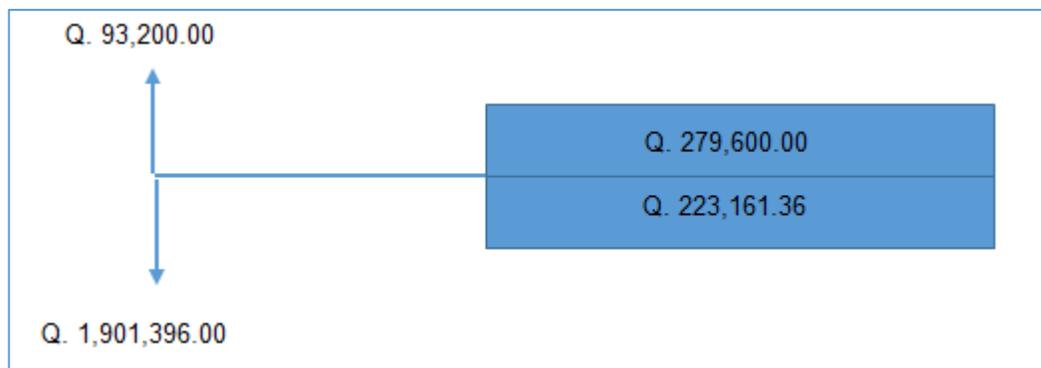
Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida será un pago único de Q 200,00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 50,00. Suponiendo una tasa de interés anual del 11 %, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

Tabla XVII. **Ingresos y egresos del sistema de abastecimiento de agua potable**

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo Inicial		Q 1 901 396,00
Ingreso Inicial	$(Q200,00 / Viv.) \times (466)$	Q 93 200,00
Costos anuales (fontanería + reparación de artículos)	$[(Q 5 000 / Mes) \times (12 Mes)]$	Q 60 000,00
Ingresos Anuales	$(Q 50,00 / Viv Mes) \times (466 Viv) \times (12 Mes)$	Q 279 600,00
Costos de energía eléctrica de la bomba	$(Q. 13 096,78 / Mes) \times (12 Mes)$	Q 157 161,36
Costo desinfección	$(Q 500,00 / Mes) \times (12Mes)$	Q 6 000,00
Período de diseño en años		20 años

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Diagrama del valor presente neto del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

El procedimiento a realizar será:

$$n = 20$$

$$i = 11 \%$$

Costo de operación y mantenimiento (egresos):

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 223\,161,36 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11(1+0,11)^{20}} \right] = 1\,777\,106,99$$

Tarifa poblacional (ingresos):

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 279\,600,00 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11(1+0,11)^{20}} \right] = 2\,226\,546,542$$

El valor presente neto está dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

$$VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$VPN = Q\,2\,226\,546,542 - Q\,1\,777\,106,99 = Q\,449\,439,54$$

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

2.1.19.2. Tasa interna de retorno

Es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento. Por

eso se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido, de lo contrario la inversión no es provechosa. Debido a que el proyecto es de carácter social, resulta imposible obtener una tasa interna de retorno atractiva; para este tipo de inversión.

En el municipio se realiza un análisis socioeconómico de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

Costo = Inversión inicial – VPN

Costo = Q 1 901 396,00 – Q 449 439,54 = Q 1 451 956,46

Beneficio = Número de habitantes beneficiados a futuro.

Costo/Beneficio = Q 1 451 956,46 / 2 396 habitantes = Q 605,99 / habitante

De lo anterior se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorable por cualquiera de las instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, para su funcionamiento.

2.2. Diseño de la carretera hacia la aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz

Se realizó el diseño de la carretera para la comunidad de la aldea Nuevo Pactiul, para fortalecer la economía del municipio, realizándose levantamiento topográfico, planimétrico, altimétrico, entre otros.

2.2.1. Descripción general del proyecto

El proyecto consiste en diseñar una carretera tipo F, con una longitud de 2,6 kilómetros, en región montañosa, velocidad de diseño de 20 kilómetros por hora, con una pendiente máxima del 14 por ciento, carpeta de rodadura de balasto, ancho promedio de 5,5 metros, cunetas naturales y revestidas, y drenajes transversales. Para los tramos con pendientes mayores a la indicada serán construidas carrileras de hormigón ciclópeo de 0,8 metros de ancho.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico se utilizó el sistema de poligonal abierta por el método de coordenadas totales y localización de eje central.

2.2.2.1. Levantamiento planimétrico

Parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos, que tienden a conseguir la representación a escala sobre una superficie plana de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo de su relieve.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias a cada 20 metros.

El equipo utilizado para dicho levantamiento fue el siguiente: estación total Nikon C-100 con precisión de 5 segundos y su respectivo trípode, dos plomadas de 1 libra, una cinta métrica, un estadal de aluminio de 4 metros, estacas, trompos, pintura y machetes.

En cada estación se levantaron secciones transversales, hasta una distancia máxima de 7,00 metros a cada lado de la línea central. Se consideró que con esta distancia es suficiente para diseñar la ruta. La Municipalidad colaboró con personal local para seguridad del equipo, cadenero y un vehículo para transportar el equipo de ida y vuelta.

2.2.2.2. Levantamiento altimétrico

La altimetría comprende los métodos y procedimientos para determinar la cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia. Es la proyección del terreno en el plano vertical. La unión de trabajos de planimetría y altimetría, proyecta en un plano toda la información requerida del terreno, siendo la base para el diseño geométrico de la carretera.

Es recomendable dibujar el perfil que se ha levantado durante el día, con el objeto de apreciar si tiene una forma congruente a la realidad y si cumple con las especificaciones de pendientes máximas permisibles. Lo anterior faculta que los errores se encuentren a tiempo y no hasta realizar el dibujo en gabinete.

2.2.3. Estudio de suelos para subrasante

Los resultados de los ensayos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) del material que será utilizado como subrasante, se ilustran en el apéndice 4.

2.2.3.1. Ensayo de Granulometría

El análisis granulométrico consiste en determinar la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de granos presentes en una muestra de suelo.

En la práctica, se trabaja con rangos de tamaños. El análisis granulométrico permitió obtener la cantidad de suelo que pasa en una serie de mallas o tamices normalizados. La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, graficando los diámetros de partículas en función del porcentaje que pasa (en peso) o también llamado porcentaje más fino.

2.2.3.2. Límites de Atterberg

Son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria, ya que la muestra de suelo al ser ensayada se encuentra con su estructura original destruida por la acción de remoldeo.

2.2.3.3. Ensayo de compactación de Proctor

Actualmente, existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente en laboratorio, las condiciones dadas de compactación en terreno.

Históricamente, el primer método respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el realizado R.R. Proctor y que es conocido como prueba Proctor estándar. El más empleado actualmente es denominado prueba Proctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el estándar, es el que está de acuerdo con las solicitaciones que las modernas estructuras imponen al suelo.

2.2.3.4. Ensayo de valor soporte CBR

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo simplemente como: relación de soporte y esta normado con el número ASTM D 1883-73. Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de subbases y bases granulares que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 milímetros, y que es retenido en el tamiz de 20 milímetros.

Se recomienda que la fracción no exceda del 20 por ciento. Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado. Ensayo de CBR (valor soporte california): el número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en kilogramos por centímetros cuadrado (libras por pulgadas cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19,4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria, patrón requerido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

2.2.3.5. Análisis de resultados

Los resultados del estudio de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en el apéndice.

Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación PRA: A-4

- Clasificación SCU: SM
- Descripción del suelo: arena limosa color café
- Límite líquido: N.P.
- Índice plástico: N.P.
- Descripción del suelo con respecto a los límites: suelo no plástico.
- Densidad seca máxima: 1 091,76 kg/m³ o 68,15 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 47,00 %
- CBR al 95 % de compactación: 12,51 %
- CBR crítico: 4,08 %

Como se puede observar el suelo tienen baja resistencia. El suelo no cumple con las condiciones para una subrasante.

Por la baja resistencia del suelo, recomienda mezclarlo con cal viva o cal hidratada, que funcionan como un material estabilizador para la subrasante mejorando así su resistencia.

Según especificaciones de la Dirección General de Caminos, el material de sub-rasante ya estabilizado debe tener un CBR, determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 20, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 1 %.

Para la realización del ensayo de CBR, el procedimiento se modificará dejando el material estabilizado dentro del molde para su curado, al aire y sin saturar, durante un período de 7 días, antes de iniciar el proceso de saturación de los especímenes.

2.2.4. Estudio de suelos para balasto

Los resultados de los ensayos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) para una muestra de material balasto, que será utilizado como carpeta de rodadura.

2.2.4.1. Granulometría

La granulometría es la propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. En la clasificación de los suelos para el uso en ingeniería se está acostumbrado utilizar algún tipo de análisis granulométrico, este ensayo constituye una parte de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

2.2.4.2. Ensayo de plasticidad

Sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos están representados por su contenido de humedad.

2.2.4.3. Ensayo de compactación de Proctor

Es todo proceso por medio del cual se aumenta el peso volumétrico de un material. La densidad que se puede obtener de un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad), se llama contenido óptimo de humedad para aquel método de compactación.

En general esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

2.2.4.4. Determinación del peso unitario suelto

El peso unitario aparente o peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico. El valor se utiliza para convertir pesos a volumen y viceversa.

2.2.4.5. Análisis de resultados

Los resultados del estudio de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en los anexos del documento. Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación PRA: A-2-7
- Clasificación SCU: GP-GC
- Descripción del suelo: grava con arena arcillosa color café anaranjado.
- Límite líquido: 48,4 %
- Índice plástico: 23,8 %
- Descripción del suelo con respecto a los límites: arcilla de baja plasticidad.
- Densidad seca máxima: 2 132,26 kg/m³ o 133,10 lb/pie³.
- Humedad óptima (Hop): 9 %
- CBR al 95 % de compactación: 53,23 %
- CBR crítico: 21,85 %

Como se puede observar, si cumple con las condiciones para una carpeta de rodadura, ya que su CBR es mayor a 50 (AASHTO T-193), efectuando sobre muestra saturada a 95 por ciento de compactación (AASHTO T-180).

Este material se utilizará como base y carpeta de rodadura por sus características, según los resultados de laboratorio que se presentan en el apéndice del documento.

2.2.5. Normas para el diseño de caminos rurales

Para un correcto diseño de carreteras es necesario cumplir y respetar las normas de diseño establecidas. El siguiente diseño se realizó con base en las Normas de la Dirección General de Caminos.

2.2.5.1. Criterios generales

Al realizar el trabajo de campo, se inicia el estudio para fijar el eje de la carretera o diseño de la línea de localización. Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno, dependiendo del criterio adoptado, que a su vez, dependen del volumen del tránsito y la velocidad de diseño a utilizar.

Una vez fijadas las especificaciones que regirán el diseño geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adapten a las condiciones del terreno y que cumplan con los requisitos establecidos. Existen factores que suelen forzar una línea, influyendo en la determinación de los alineamientos horizontal y vertical de una carretera, por lo que es necesario adoptar una serie de normas generales, que se tomen de la práctica y del sentido común.

Debido a la dependencia entre sí de los alineamientos, que deben guardar una relación que permita la construcción, con el menor movimiento de tierras posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y relleno a producirse, obligan en determinadas circunstancias al incumplimiento de estas normas; solamente cuando sean justificables por razones económicas, sin olvidar la importancia de estas recomendaciones para lograr el diseño de carreteras seguras y de tránsito cómodo.

Los criterios de diseño se tomaron con base en la tabla XVIII, que los define la Dirección General de Caminos. Para un TPDA, de 10 a 100 se define una carretera tipo F, con una velocidad de diseño de 20 kilómetros por hora para una región montañosa, su radio mínimo de 18 metros, pendiente máxima de 14 por ciento y ancho de calzada de 5,50 metros.

2.2.5.2. Dirección General de Caminos

La Dirección General de Caminos utiliza las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes, que es la que norma en forma general, las relaciones entre la Dirección General de Caminos y los contratistas, para todas sus obras

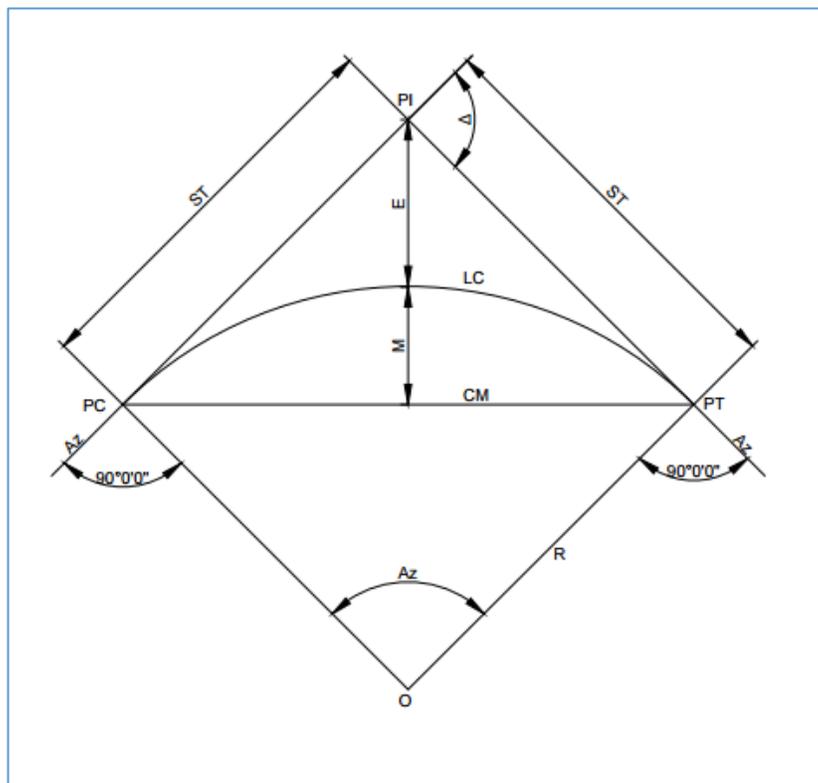
2.2.6. Diseño geométrico de carreteras

El diseño horizontal y vertical de las carreteras corresponde principalmente a un análisis geométrico, con requisitos mínimos que deben ser cumplidos para garantizar el buen diseño y funcionamiento de la carretera.

2.2.6.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales

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

Figura 9. Elementos de una curva horizontal



Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 23.

Donde

PC = punto donde comienza la curva circular simple

PI = punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PT = punto en donde termina la curva circular simple

O = centro de la curva circular

Δ = ángulo de deflexión de la tangente

Ac = ángulo central de la curva circular

G = grado de curvatura

R = radio

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

El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos. En el inciso 2.2.6.2 se desarrollará un ejemplo de cálculo de curva horizontal.

- Cálculo de deflexiones

Entre dos líneas o azimut existe una diferencia angular, la forma de establecerlo es mediante la diferencia entre el azimut 2 y del azimut 1. Esta deflexión, también denominada delta, sirve para definir el tipo de curva que se utilizara, mientras mayor sea, se utilizará una curvatura mayor.

- Grado máximo de curvatura

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

$$G_{\text{máx}} = \frac{1\,145,9156}{R}$$

- Radio de 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 XVIII.

Tabla XVIII. **Estándares de diseño de carretera**

TPDA De	Carretera	Velocidad de diseño (km.)	Radio Mínimo (m.)	Pendiente Máxima (%)	Ancho de calzada
	Tipo "A"				2 x 7,20
3 000,00	Llanas	100,00	375,00	3,00	
A	Onduladas	80,00	225,00	4,00	
5 000,00	Montañosas	60,00	110,00	5,00	
	Tipo "B"				7,20
1 500,00	Llanas	80,00	225,00	6,00	
A	Onduladas	60,00	110,00	7,00	
3 000,00	Montañosas	40,00	47,00	8,00	
	Tipo "C"				6,50
900,00	Llanas	80,00	225,00	6,00	
A	Onduladas	60,00	110,00	7,00	
1 500,00	Montañosas	40,00	47,00	8,00	
	Tipo "D"				6,00
500,00	Llanas	80,00	225,00	6,00	
A	Onduladas	60,00	110,00	7,00	
900,00	Montañosas	40,00	47,00	8,00	
	Tipo "E"				5,50
100,00	Llanas	50,00	75,00	8,00	
A	Onduladas	40,00	47,00	9,00	
500,00	Montañosas	30,00	30,00	10,00	
	Tipo "F"				5,50
10,00	Llanas	40,00	47,00	10,00	
A	Onduladas	30,00	30,00	12,00	
100,00	Montañosas	20,00	18,00	14,00	

Fuente: Dirección General de Caminos.

- Longitud de curva

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT) según la figura10, se define como:

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

- Tangente

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.

- Subtangente

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

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

- Cuerda máxima

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

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

- External

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

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

- Ordenada media

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

$$O_m = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

2.2.6.2. Ejemplo de curvas horizontales

A continuación se presenta el ejemplo para el cálculo de las curvas horizontales del proyecto de carretera, siguiendo como base los siguientes datos pertenecientes a la curva número 1:

Datos curva 1

Delta: 43°18'0"

Radio: 25 m

Pc: 0+008,93 m

Pt: 0+027,83 m

Grado máximo de curvatura

$$G_{\text{máx}} = \frac{1\,145,9156}{R} = \frac{1\,145,9156}{25} = 45,84$$

Longitud de curva

$$L_c = 20 * \frac{\Delta}{G} = 20 * \frac{43^{\circ}18'0''}{45,836} = 18,89 \text{ m}$$

Subtangente

$$ST = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 25 * \tan\left(\frac{43^{\circ}18'0''}{2}\right) = 9,92 \text{ m}$$

Cuerda máxima

$$C_{\text{máx}} = 2R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2(25) * \text{sen}\left(\frac{43^{\circ}18'0''}{2}\right) = 18,45 \text{ m}$$

External

$$E = \frac{R}{\cos(\Delta/2)} - R = \frac{25}{\cos(43^{\circ}18'0''/2)} - 25 = 1,90 \text{ m}$$

Ordenada media

$$O_m = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = 25 * \left[1 - \cos\left(\frac{43^{\circ}18'0''}{2}\right)\right] = 1,76 \text{ m}$$

2.2.6.3. Curva de transición

Tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

En un trazado donde solo se emplean rectas y círculos, el grado de curvatura pasa bruscamente desde cero en la tangente hasta el valor finito y constante en la curva. Esta discontinuidad de curvatura, en el punto de unión de los alineamientos rectos con las curvas circulares, no puede aceptarse en un trazado racional, pues además de ser incómoda para el conductor puede ser causa de accidentes debido a la fuerza centrífuga. Por otra parte, para alcanzar en la curva circular la inclinación transversal de la vía en las curvas, llamada peralte, requerido a todo lo largo de ella, debe pasarse de la inclinación transversal hacia ambos lados del eje de la vía en la parte recta llamada bombeo del alineamiento recto de dicho peralte.

De estas consideraciones surge la necesidad de emplear un alineamiento de transición entre los alineamientos rectos y curvos de una carretera, a través del cual la curvatura pase gradualmente desde cero hasta el valor finito de la curvatura circular, a la vez que la inclinación transversal de la calzada pase también paulatinamente desde el bombeo al peralte.

Diversos procedimientos se han utilizado para efectuar la transición de la curvatura entre los alineamientos rectos y circulares. Es así que, el enlace de dos alineamientos rectos se puede realizar mediante el uso del arco de círculo de radio R precedido y seguido por una curva de transición de radio variable, o utilizando las curvas de transición sin arco de círculos intermedios. Cualquiera que sea el procedimiento que se seleccione para realizar la transición, esta

debe satisfacer los requerimientos exigidos por la dinámica del movimiento, la maniobrabilidad del vehículo, el confort del conductor y la geometría del trazado.

En este proyecto se aplicaron curvas de transición para el desarrollo del peralte y sobreancho, mas no del corrimiento de la línea central, debido al tipo de carretera.

2.2.6.4. Bombeo

Es la pendiente que se le da al camino para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de subbase y subrasante. El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas para que no corra longitudinalmente sobre la superficie. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde $\frac{1}{2}$ a 3 por ciento, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3 %.

2.2.6.5. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga, que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto. Esta inclinación, generalmente gira alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende mejor transición.

De acuerdo con la experimentación, se ha demostrado que una tasa de sobreelevación de 0,12 no debe ser excedida. Donde se limite la velocidad permisible por la congestión del tránsito o el extenso desarrollo marginal a lo largo de la carretera, la tasa de sobreelevación no debe exceder entre 4 y 6

por ciento. Dado que las condiciones meteorológicas y topográficas imponen condiciones particulares en los diseños, se recomienda para diseño los siguientes factores de sobreelevación para diferentes tipos de áreas donde se localicen las carreteras.

Tabla XIX. **Tasa de sobreelevación por tipo de terreno**

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: SIECA. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. p. 4-36.

Para el diseño se determinó un peralte de 10 % con base en la tabla XIX.

2.2.6.6. Sobreelevación

Cuando un vehículo circula en curvas del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una recta, y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario proporcionar un ancho adicional a la corona respecto al ancho en recta.

Para establecer el sobreelevación en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En curvas circulares sin transición, el sobreebancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- Cuando existen curvas de transición, el sobreebancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- Los sobreebanchos deben llevar controles minuciosos durante el proceso de construcción de la carretera, o alternativamente, dejar los detalles finales al ingeniero residente de campo.
- Para caminos con un ancho de 5,50 metros, donde se espera bajo volumen de tránsito, puede considerarse que el sobreebancho sea 1,60 m.

Tomando en cuenta las consideraciones de sobreebancho en las carreteras y el bajo volumen de tránsito, se determinó la colocación de sobreebancho en el diseño de 1,6 m.

Tabla XX. Resumen diseño geométrico horizontal

Curva	No.	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexión Δ	Longitud de Curva	External	Ordenada máxima	Cuerda Maxima	e %	Ls	Sobrancho máx
	1	25	45,84	43,30	18,89	1,90	1,76	18,45	10,00	34	1,6
	2	25	45,84	48,90	21,34	2,46	2,24	20,69	10,00	34	1,6
	3	25	45,84	104,61	45,64	15,89	9,71	39,56	10,00	34	1,6
	4	20	57,30	104,10	36,34	12,52	7,70	31,54	10,00	34	1,6
	5	20	57,30	51,61	18,02	2,22	1,99	17,41	10,00	34	1,6
	6	20	57,30	49,50	17,28	2,02	1,84	16,75	10,00	34	1,6
	7	25	45,84	35,56	15,52	1,25	1,19	15,27	10,00	34	1,6
	8	30	38,20	26,24	13,74	0,80	0,78	13,62	10,00	34	1,6
	9	22	52,09	24,77	9,51	0,52	0,51	9,44	10,00	34	1,6
	10	22	52,09	32,61	12,52	0,92	0,88	12,35	10,00	34	1,6
	11	26	44,07	56,82	25,78	3,56	3,13	24,74	10,00	34	1,6
	12	18	63,66	38,47	12,09	1,06	1,00	11,86	10,00	34	1,6
	13	22	52,09	48,75	18,72	2,15	1,96	18,16	10,00	34	1,6
	14	20	57,30	85,34	29,79	7,20	5,29	27,11	10,00	34	1,6
	15	18	63,66	58,57	18,40	2,64	2,30	17,61	10,00	34	1,6
	16	22	52,09	29,91	11,48	0,77	0,75	11,35	10,00	34	1,6
	17	22	52,09	71,90	27,61	5,18	4,19	25,83	10,00	34	1,6
	18	22	52,09	52,30	20,08	2,51	2,25	19,39	10,00	34	1,6
	19	25	45,84	28,53	12,45	0,80	0,77	12,32	10,00	34	1,6
	20	20	57,30	59,99	20,94	3,09	2,68	20,00	10,00	34	1,6
	21	20	57,30	56,89	19,86	2,75	2,41	19,05	10,00	34	1,6
	22	18	63,66	71,33	22,41	4,16	3,38	20,99	10,00	34	1,6
	23	22	52,09	31,28	12,01	0,85	0,81	11,86	10,00	34	1,6
	24	30	38,20	49,48	25,91	3,03	2,75	25,11	10,00	34	1,6
	25	20	57,30	48,57	16,95	1,94	1,77	16,45	10,00	34	1,6
	26	22	52,09	33,56	12,89	0,98	0,94	12,70	10,00	34	1,6
	27	20	57,30	20,06	7,00	0,31	0,31	6,97	10,00	34	1,6

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Elemento vertical

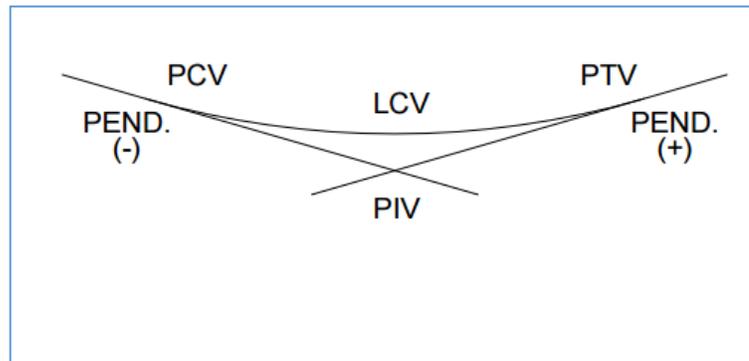
Las carreteras no solo están conformadas por curvas horizontales, también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en 3 dimensiones, para su diseño y simplificación de trabajo, las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

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

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

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de estas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

Figura 10. **Sección de una curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Donde

PCV = principio de curva vertical

PEND = pendiente

PTV = principio de tangente vertical

PIV = punto de intersección vertical

LCV = longitud de curva vertical

2.2.7.1. Velocidad de diseño

Las velocidades de diseño van de acuerdo a la velocidad de diseño de la planta y de allí que la DGC, ha tabulado valores constantes de k , para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usar, según la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa (ver tabla XVIII).

2.2.7.2. Pendiente mínima y máxima

La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía

del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica (ver tabla XVIII).

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula (0 %), dado que en ese caso actúa el drenaje transversal, en los cortes se recomienda el 2 por ciento mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.

2.2.7.3. Curvas verticales

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, la finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque las más usadas en nuestro país, por la Dirección General de Caminos, es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno.

Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos, están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

- Longitud de curvas verticales

En el momento de diseñar las curvas verticales, deben tenerse presentes las longitudes de estas, para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

En diseños de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores, usar como longitud mínima de curva vertical, la que sea igual a la velocidad de diseño.

- Valores de k para visibilidad de parada

Para calcular la longitud mínima de las curvas verticales, se utiliza la siguiente expresión recomendada por la Dirección General de Caminos, empleada en el diseño geométrico de carreteras.

$$L = k * A$$

Donde

L = longitud mínima de la curva vertical en metros

A = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, porcentaje.

K = parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Valores de k según velocidad de diseño**

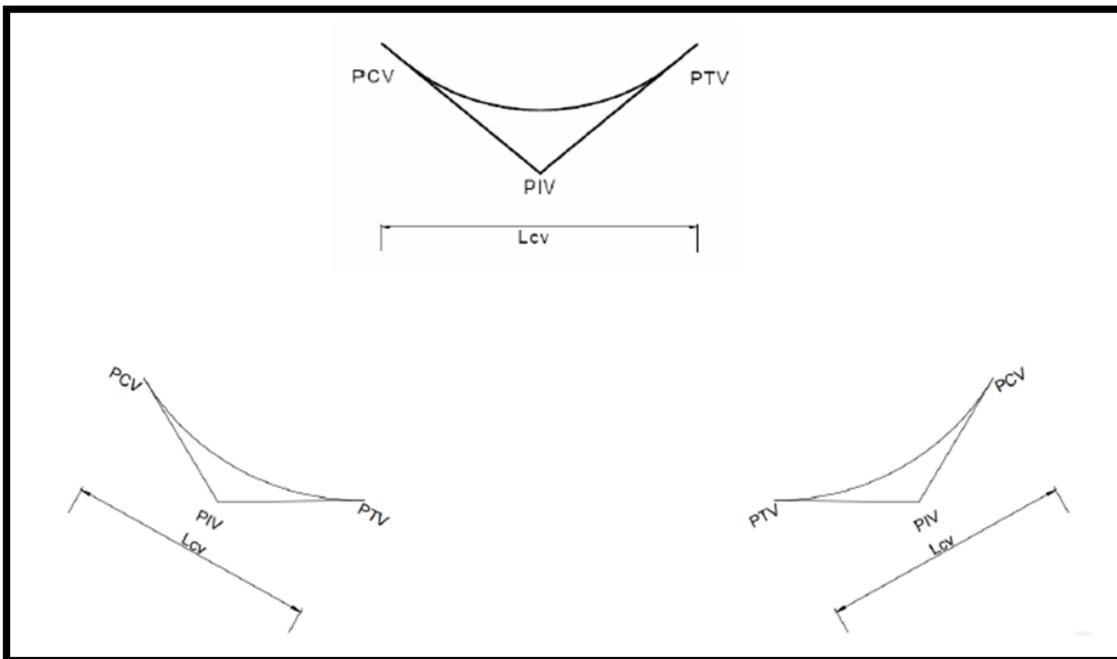
Velocidad de diseño en K.P.H.	Valores de K, según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 62.

- Curva cóncava y convexa

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas. Existen curvas en descenso con ambas pendientes negativas, denominadas cóncavas también conocidas como curvas en columpio.

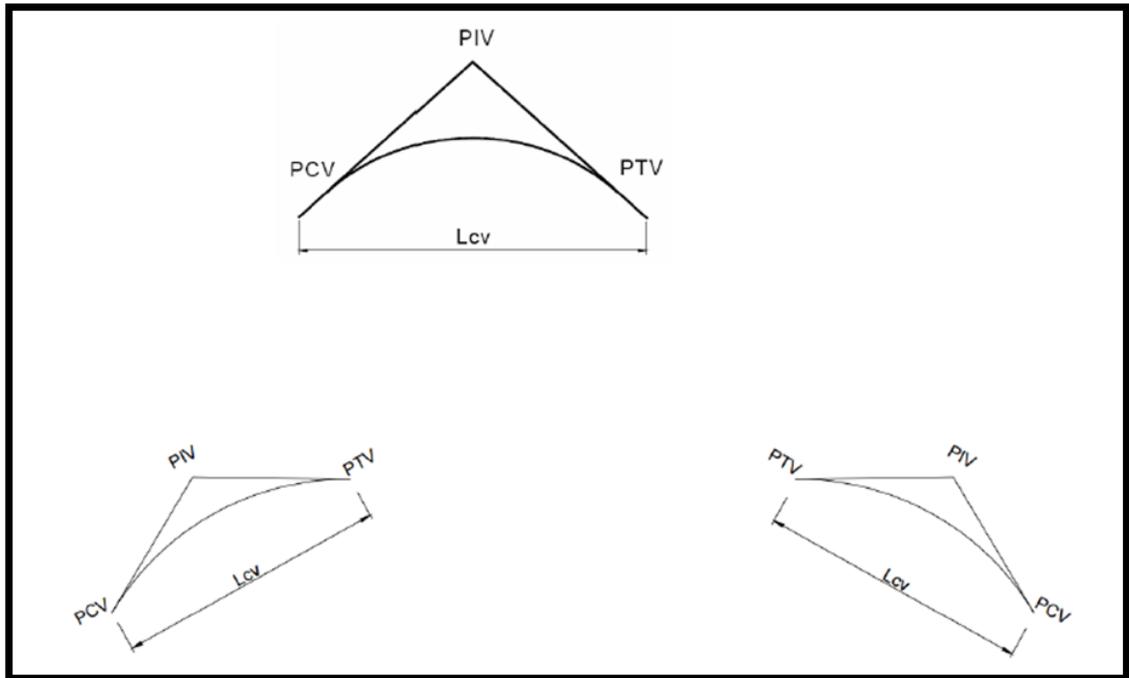
Figura 11. **Curva vertical cóncava**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

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

Figura 12. Curva vertical convexa



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Ejemplo de curva vertical

A continuación se muestra el cálculo de la curva vertical 2, tomando en consideración que se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D 2014. Los datos de la curva son los siguientes:

$$P_e = 14,00 \%$$

$$P_s = -6,25 \%$$

$$PCV = 0+155,00$$

$$PTV = 0+185,00$$

$$PIV = 0+170,00$$

LCV = 30 m

- Diferencia algebraica de pendientes

$$A = |P_s - P_e| = |-6,25 - 14,00| = 20,3$$

La longitud mínima de la curva vertical es igual a la velocidad de diseño, entonces la longitud mínima de curvas verticales en este proyecto es de 20 metros.

- Criterio de seguridad

$$LCV = k * A = 1 * 20,3 = 20,3 \text{ m}$$

Con base en este valor se propone un valor de LCV = 30 m.

- Criterio de apariencia

$$\frac{LCV}{A} \geq 30 \rightarrow \frac{30}{20,3} \geq 30 \rightarrow 1,48 < 30$$

El criterio de apariencia no es necesario cumplirlo en carreteras rurales con velocidad de diseño baja, ya que encarece el proyecto, y depende del tipo de topografía, en este caso montañosa.

- Criterio de comodidad

$$\frac{LCV}{A} \geq \frac{v^2}{395} \rightarrow 1,48 \geq \frac{20^2}{395} \rightarrow 1,48 \geq 1,01$$

Sí cumple el criterio de comodidad, lo que indica que las personas que transiten tendrán un manejo adecuado.

- Criterio de drenaje

$$\frac{LCV}{A} \leq 43 \rightarrow 1,48 \leq 43$$

Sí cumple el criterio de drenaje, esto indica que la carretera podrá evacuar el agua de lluvia sin ningún problema.

Tabla XXII. **Resumen diseño geométrico vertical**

No. De Curva	EST PIV	EST elevacion	Pendiente	Diferencia Δ	Tipo de curva	K de Visibilidad		LCV mínima = Velocidad de diseño	LCV de curva por Seguridad k*Δ	LCV de diseño (apropiada)
						conc	conv			
-	0,00	300,00	-2,86	-	-	-	-	-	-	-
1	70,00	298,00	14,00	16,86	conc	2	1	20	34	30
2	170,00	312,00	-6,25	20,25	conv	2	1	20	21	30
3	250,00	307,00	5,03	11,28	conc	2	1	20	23	22,55
4	329,79	311,01	-7,68	12,71	conv	2	1	20	26	20
5	395,00	306,00	13,94	6,26	conv	2	1	20	7	20
6	560,00	283,00	0,95	14,89	conc	2	1	20	30	49,53
7	665,00	284,00	13,70	14,65	conv	2	1	20	15	32,23
8	1030,00	234,00	6,67	20,37	conc	2	1	20	41	37,5
9	1150,00	242,00	13,91	20,58	conv	2	1	20	21	53,29
10	1725,00	162,00	-2,22	11,69	conc	2	1	20	24	46,16
11	1815,00	160,00	16,96	14,74	conv	2	1	20	15	27,58
12	2099,86	111,69	14,35	31,31	conc	2	1	20	63	66,89
13	2325,00	144,00	6,67	7,68	conv	2	1	20	16	28,48
14	2415,00	150,00	-1,27	7,94	conv	2	1	20	8	26,89
-	2620,00	147,40	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuación de la tabla XXII.

No. De Curva	Criterio de apariencia (curvas conc.)		Criterio de comodidad (curvas conc.)		Criterio de drenaje		EST PCV	EST PTV	ORDENADA MÁXIMA OM
	(LCV/Δ)>=30		(LCV/Δ)>=(V^2/395)		(LCV/Δ)<=43				
			(V^2/395)=1.012658						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1,78	No cumple	1,78	Ok	1,78	Ok	55	85	0,6323
2	1,48	No cumple	1,48	Ok	1,48	Ok	155	185	0,7594
3	2,00	No cumple	2,00	Ok	2,00	Ok	238,725	261,275	0,318
4	1,57	No cumple	1,57	Ok	1,57	Ok	319,79	339,79	0,3178
5	3,19	No cumple	3,19	Ok	3,19	Ok	385,00	405,00	0,1565
6	3,33	No cumple	3,33	Ok	3,33	Ok	535,24	584,77	0,9219
7	2,20	No cumple	2,20	Ok	2,20	Ok	648,89	681,12	0,5902
8	1,84	No cumple	1,84	Ok	1,84	Ok	1011,25	1048,75	0,9548
9	2,59	No cumple	2,59	Ok	2,59	Ok	1123,36	1176,65	1,3709
10	3,95	No cumple	3,95	Ok	3,95	Ok	1701,92	1748,08	0,6745
11	1,87	No cumple	1,87	Ok	1,87	Ok	1801,21	1828,79	0,5082
12	2,14	No cumple	2,14	Ok	2,14	Ok	2066,42	2133,31	2,6179
13	3,71	No cumple	3,71	Ok	3,71	Ok	2310,76	2339,24	0,2734
14	3,39	No cumple	3,39	Ok	3,39	Ok	2401,56	2428,45	0,2669
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.4. Diseño de subrasante

La subrasante tiene un papel importante en la fase final de una carretera, para efectuar el diseño de esta en un tramo, se debe contar con la siguiente información:

- Haber definido el ancho de la carretera (la sección típica).
- Conocer el alineamiento horizontal del tramo.

- Tener el perfil longitudinal del tramo.
- Conocer las secciones transversales, las especificaciones necesarias y los datos de la clase del terreno.
- Haber determinado puntos obligados.

De preferencia el diseñador, deberá haber realizado una inspección en el lugar del tramo que va a diseñar, para tener un mayor número de controles. La subrasante se proyectará sobre el perfil longitudinal del terreno, el proceso de selección de rasante es por medio de tanteos, reduciendo el número de estos únicamente con la experiencia del diseñador. Para tener una visualización rápida del desarrollo de alineamiento horizontal, debe chequearse que en la parte inferior del perfil sean anotados los PC, PT y los grados de curva. Esto facilita el diseño de la subrasante.

Para este proyecto se realizó la inspección en el lugar, y así determinar la subrasante de la carretera, considerando los criterios de diseño de la Dirección General de Caminos como: pendiente máxima, radio mínimo y ancho de calzada, para evitar demasiado movimiento de tierra.

Además, se siguen los criterios de seguridad, apariencia y comodidad, y en los casos de no cumplir se justifica debido a la topografía montañosa del lugar y la velocidad de diseño del proyecto.

Para facilitar el diseño de la subrasante se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D 2012, y se cumplieron los criterios de diseño de la Dirección General de Caminos, primero se obtuvo la topografía y se generó una superficie con curvas de nivel, esto para tener una idea del lugar donde se ubica la carretera y el tipo de terreno.

Luego se generó un alineamiento horizontal, cumpliendo los criterios de diseño geométrico horizontal, es decir, diseño en planta, considerando el tránsito promedio anual para determinar el tipo de carretera, en este caso tipo F, con base en la tabla I.

Una vez definido el diseño horizontal, se realizó el diseño vertical, el cual consiste en la elaboración de perfiles del terreno, y con base en ello determinar la sección típica, donde se incluye, el ancho de la carretera, el tipo de carpeta de rodadura, cunetas y bombeo. Se toma en consideración balancear el movimiento de tierras (cortes y rellenos), con el fin de reducir costos durante la construcción.

2.2.8. Movimiento de tierras

Es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes, en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes, conformación de terracería entre otros. Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra directamente enlazado con el diseño de la subrasante, por lo tanto deberá ser factible desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije.

2.2.8.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas se deben tener dibujadas las secciones transversales de la línea de localización, en estaciones a cada 20 metros y sobreponerle la sección típica que fue seleccionada con sus taludes que delimitan las áreas de corte y relleno.

El procedimiento más común es el gráfico, permitiendo medir las áreas, por medio de un planímetro graduado, para la medición de las secciones, estas deben estar dibujadas en papel milimetrado.

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

El cálculo de las secciones transversales se realizó por medio del software AutoCAD Civil 3D 2014, los resultados de las áreas de secciones transversales se presentan en los planos de detalles de la carretera.

Otro factor a tomar en cuenta para el cálculo de secciones transversales es la inclinación del talud de la carretera, que está en función de las propiedades de los materiales. Sin embargo, cuando no se tienen mayores datos y para fines de cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, es recomendable usar la XXIII.

Tabla XXIII. **Relaciones para el dibujo de taludes**

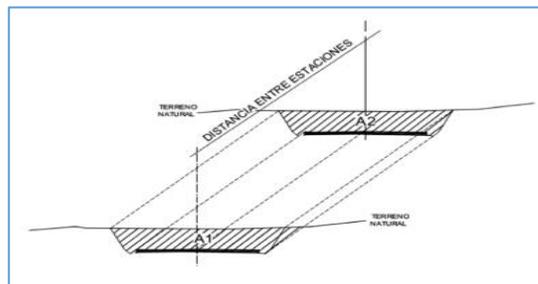
Corte		Relleno	
Altura (m)	H-V	Altura	H-V
0 – 3	1 – 2	0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2	> 3	3 – 2
> 7	1 – 3		

Fuente: PÉREZ MÉNDEZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carretera*. p. 65

2.2.8.2. Cálculo de volúmenes, balance y diagrama de masa

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

Figura 13. Representación geométrica de cálculo de volúmenes



Fuente: PÉREZ MÉNDEZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 65.

El volumen de un prismoide está dado por la ecuación:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

Donde

V = volumen (corte o relleno)

A₁ = área estación 1

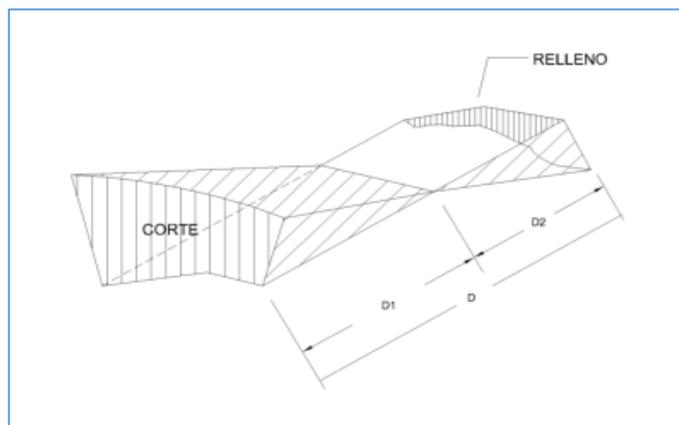
A₂ = área estación 2

d = distancia entre estaciones (20 m)

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

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

Figura 14. **Volumen de corte y relleno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\frac{C + R}{D} = \frac{R}{D_1}$$

Donde

C = área de corte

R = área de relleno

D = distancia entre estaciones

D₁ = distancia de paso

Despejando D_1 queda:

$$D_1 = \frac{R}{C + R} * D$$

El cálculo de volumen de corte y relleno se realizó por medio del software AutoCAD Civil 3D 2014, los resultados de volúmenes de corte y relleno se presentan en los planos de detalles de la carretera.

2.2.9. Drenajes

La vida útil de la carretera dependerá mucho de los drenajes; estos evitan derrumbes o deslizamientos y para que funcionen eficientemente, debe tener mantenimiento constante. Entre los objetivos que tienen los drenajes en una carretera están:

- Conducir el agua fuera de la superficie de la carretera, sin hacer daño a la misma y a su estructura.
- Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Conducir el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.
- Prevenir impactos negativos al ambiente a ambos lados de la carretera.
En las carreteras existen los drenajes transversales (tuberías, bóvedas, puentes, badenes) y longitudinales (cunetas y contra cunetas).
- Drenaje pluvial

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

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

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

- Transversal
- Longitudinal
- Subdrenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionado por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas.

Esta profundidad se mide a partir de la superficie de la subrasante, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera:

Tránsito normal = 1,00 metros

Tránsito pesado = 1,20 metros

2.2.9.1. Drenaje transversal

Son las tuberías que se colocan para aliviar el agua proveniente de las cunetas o de arroyos, se encuentran a lo largo de la carretera; son necesarias en un tramo en corte, sirven para conducir agua al otro lado de la carretera.

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 1,00 o 1,20 metros, dependiendo si es tráfico normal o pesado, para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

Se diseñarán nueve drenajes transversales con la finalidad de evacuar el agua de las cunetas a lo largo de todo el tramo, conduciéndolas a áreas determinadas.

- Cálculo de diámetro de la tubería

La fase más importante de los drenajes transversales es determinar el diámetro correcto de la tubería para evacuar toda el agua sin dañar la capa de rodadura de la carretera.

La tubería puede ser de varios materiales existen tuberías de concreto, PVC, hierro galvanizado, entre otras. A continuación se presenta el cálculo del diámetro de la tubería en la sección crítica de la carretera.

Figura 15. **Mapa de la cuenca**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

Área = 5,43 Ha.

C = 0,20 (zonas suburbanas y carreteras rurales, 0,10 – 0,30)

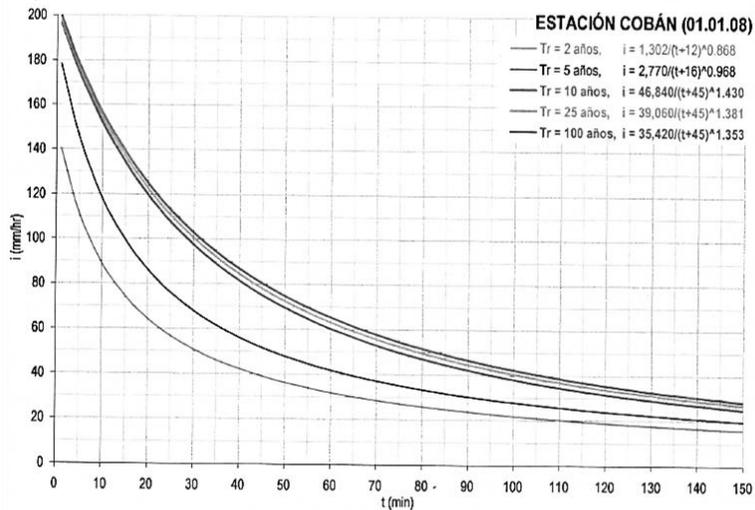
I = 122,5 mm/h

Tabla XXIV. **Coefficiente de escorrentía C**

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: APARICIO MIJARES, Francisco J. *Fundamentos de hidrología de superficie*. p.120.

Figura 16. **Curva de duración, intensidad y frecuencia (IDF)**



Fuente: INSIVUMEH. *Estudio de intensidades de precipitación en la República de Guatemala*. p. 37.

Para un aguacero de 20 minutos de duración y un período de retorno de 25 años.

$$i = \frac{39\,060}{(t + 45)^{1,381}} = \frac{39\,060}{(20 + 45)^{1,381}} = 122,50 \text{ mm/h}$$

Para estimar caudales por el método racional se emplea la expresión:

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

Donde

Q = caudal

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia

A = área en hectáreas

$$Q = \frac{0,2 * 122,5 * 5,43}{360}$$

$$Q = 0,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

Condiciones de diseño

S = 3 %

Lleno al 90 %

d = 30 plg (diámetro mínimo de diseño)

Velocidad y caudal a sección llena (utilizando la ecuación de Manning):

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 30^{2/3} * 0,03^{1/2}}{0,014} = 4,10 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = \left(\frac{\pi}{4} * (30 \text{ plg})^2 * \frac{(2,54 \text{ cm})^2}{1 \text{ plg}^2} * \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2} \right) (4,10 \text{ m/s}) = 1,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sec.llena}}} = \frac{0,37 \text{ m}^3/\text{s}}{1,87 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,1979$$

$$\frac{v}{V} = 0,778967 \rightarrow 0,778967V = 0,778967(4,10) = 3,19 \text{ m/s} < 5,00 \text{ m/s ok}$$

$$\frac{d}{D} = 0,302 < 0,90 \text{ ok}$$

El diámetro de la tubería es capaz de conducir el caudal de diseño, ya que este es menor al caudal de sección llena de la tubería.

2.2.9.2. Cunetas

Es una zanja de sección triangular o trapezoidal, destinada a recoger y encauzar hacia afuera del corte, el agua que escurre de la superficie del camino por bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes; estas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona.

Las cunetas para este proyecto serán naturales y revestidas. Las cunetas revestidas se construyen preferentemente en pendientes entre 10 y 14 por ciento y las naturales en pendientes menores al 10 por ciento.

Se consideró utilizar una cuneta con un ancho de 0,50 metros, talud del lado de la corona de 0,35 metros y talud extremo de 0,35 metros. Se optó por

una sección triangular, porque es más fácil de construir con equipo mecánico y también es más sencillo su mantenimiento.

Se verificará en el siguiente inciso, si la cuneta considerada es la adecuada para transportar el caudal de diseño.

- Cálculo de cunetas

Para evitar que la carretera se deteriore como consecuencia de la escorrentía provocada por las fuertes precipitaciones, es importante el cálculo de las cunetas, este se presenta a continuación:

Figura 17. **Mapa de la cuenca II**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps

Área = 0,26 Ha.

$C = 0,2$ (0,10 – 0,30 ver tabla VI)

$I = 122,5$ mm/h (ver figura 9)

Para un aguacero de 20 minutos de duración, y una frecuencia en acontecimiento de 25 años.

Para estimar caudales por el método racional se emplea la expresión:

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

Donde

Q = caudal

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia

A = área en hectáreas

$$Q = \frac{0,2 * 122,5 * 0,26}{360}$$

$$Q = 0,0177 \text{ m}^3/\text{s}$$

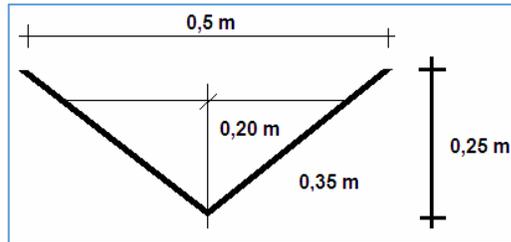
Condiciones de diseño

S = 0,17 %

Lleno al 70 %

Q = caudales

Figura 18. **Radio hidráulico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,040 \text{ m}^2}{0,566 \text{ m}} = 0,07067 \text{ m}$$

Usando la ecuación de Manning

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

Donde $n = 0,015$

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,040 * (0,07067)^{2/3} * (0,0017)^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,040 * 0,171 * 0,041$$

$$Q = 0,019 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,0177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{70\% \text{ Sección}} = 0,019 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,0177 \text{ m}^3/\text{s} < 0,019 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ok}$$

El área de la cuneta propuesta es suficiente para transportar el caudal de diseño.

- Contracunetas

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

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

Se acostumbra a construir las contracunetas cuando el agua que llega al talud es mucha, y para taludes que sobrepasan los 4 metros de alto. Para este proyecto si se consideraron contracunetas.

- Berma

La colocación de bermas en el talud es recomendado cuando la roca presenta fracturas y exfoliaciones, pero no se prevé acción importante por estar a la intemperie. Los escombros caen sobre las bermas evitando así que lleguen a la plataforma del camino. Requieren un mayor costo de construcción, pero dan mayor seguridad y requieren menor mantenimiento. Se diseñaron bermas de 6 a 10 metros, con pendiente de 1:2, contemplando una contracuneta a la mitad de la altura de 1 metro de ancho.

Ver plano 10/10, detalles de diseño de carretera hacia Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz.

2.2.10. Diseño carpeta de rodadura

Para la carpeta de rodadura se utilizará material balasto extraído de un banco localizado a 6 kms de la ubicación del proyecto, que es utilizado por las comunidades cercanas.

- Balasto

Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura. Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. Conforme se vaya terminando de construir la subrasante, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la subrasante en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto será de 20 centímetros.

Se considera la construcción de carrileras de concreto en lugares con pendientes fuertes (mayores al 14 por ciento), para evitar la erosión de la rodadura y proporcionar a los vehículos una fricción y agarre suficiente para el ascenso y descenso.

2.2.11. Elaboración de planos

Son una herramienta fundamental e indispensable para realizar cualquier tipo de construcciones u obras. Representan de forma gráfica, detallada y a escala un objeto real.

En la ejecución de un proyecto ayudan a estandarizar medidas, al cálculo de materiales y superficies, especificaciones técnicas y detalles constructivos y de diseño entre otros. Los planos elaborados son los siguientes:

- Planta general
- Planta – perfil
- Secciones transversales
- Tabla de movimiento de tierras
- Detalles de drenajes y secciones típicas

2.2.12. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, tomando los costos indirectos con un valor de 35 por ciento del total del costo directo. El precio de los materiales y maquinaria, está con base en el lugar donde se construirá la obra de infraestructura.

Tabla XXV. Presupuesto general de la carretera Nuevo Pactiul

PRESUPUESTO DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA						
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN CAMINO RURAL						
UBICACIÓN: ALDEA NUEVO PACTIUL						
MUNICIPIO: COBÁN, ALTA VERAPAZ						
LONGITUD:			2+618 Km			
ANCHO DE BRECHA:			6.50 m			
ANCHO DE RODADURA:			5.50 m			
ESPESOR CAPA DE BALASTO:			0.20 m			
DISTANCIA DEL PROYECTO AL BANCO DE MATERIAL:			< 10 Km			
No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	MONTO PARCIAL	MONTO TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	Limpia, chapeo y destronque	1,7	Ha	Q 10 800,00	Q 18 360,00	Q 22 764,38
1,2	Replanteo topográfico	2,61	Km	Q 1 687,50	Q 4 404,38	
2	MOVIMIENTO DE TIERRA					
2,1	Excavación no clasificada	10980,00	m3	Q 26,94	Q 295 785,00	Q 926 977,50
2,2	Excavación no clasificada de desperdicio	42291,00	m3	Q 14,92	Q 631 192,50	
3	REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE					
3,1	Escarificación, conformación y compactación de subrasante	14399,00	m2	Q 11,87	Q 170 964,00	Q 170 964,00
4	DRENAJES TRANSVERSALES					
4,1	Excavación estructural de alcantarilla	187	m3	Q 142,07	Q 26 568,00	Q 152 894,25
4,2	Relleno estructural de alcantarilla	154,00	m3	Q 192,68	Q 29 673,00	
4,3	Transversales Ø 30"	50,00	ml	Q 550,80	Q 27 540,00	
4,4	Cajas y cabezas de concreto para alcantarillas	40,00	m3	Q 1 727,83	Q 69 113,25	
5	CUNETAS REVESTIDAS					
5,1	Cunetas revestidas	41,00	m3	Q 1 698,68	Q 69 645,83	Q 69 645,83
6	CARPETA DE RODADURA					
6,1	Corte, carga, tendido y compactación de balasto	2880,00	m3	Q 129,53	373 039	534 687,75
6,2	Acarreo de balasto	2880,00	m3-km	Q 56,13	161 649	
7	CARRILERAS					
7,1	Carrileras en pendientes mayores a 14%	45,60	m3	Q 2 126,99	96 991	96 990,75
8	TRASLADO DE MAQUINARIA					
8,1	Traslado de maquinaria	1,00	Global	Q 25 650,00	25 650	25 650,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						Q 2000 574,45000

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Cronograma de ejecución física y financiera

Es una herramienta que sirve para ayudar a cumplir con los plazos de inicio, desarrollo y fin de un proyecto. Es muy útil, por ejemplo, al realizar cualquier tipo de construcciones u obras. Por lo general consta de dos ejes:

- Eje horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al proyecto a ejecutar: hora, día, semana, mes, y otros.
- Eje vertical: las tareas que constituyen el proyecto a ejecutar. A cada tarea se representa por una línea horizontal cuya longitud es proporcional a la duración en la escala de tiempo (eje horizontal).

Tabla XXVI. Cronograma de ejecución físicofinanciero de la carretera

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA-FINANCIERA																					
PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN CAMINO RURAL																			
UBICACIÓN:		ALDEA NUEVO PACTIUL																			
MUNICIPIO:		COBÁN, ALTA VERAPAZ																			
LONGITUD:		2+618 Km																			
ANCHO DE BRECHA:		6.50 m																			
ANCHO DE RODADURA:		5.50 m																			
ESPESOR CAPA DE BALASTO:		0.20 m																			
DISTANCIA DEL PROYECTO AL BANCO DE MATERIAL:		< 10 Km																			
		Tiempo de ejecución																			
		Mes/semanas																			
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
No.	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Preliminares y topografía	22 764																			
2	Movimiento de tierra					926 977,50															
3	Conformación de sub-rasante									170 964,00											
4	Drenajes													152 894,25							
5	Cunetas revestidas													69 645,83							
6	Carpeta de rodadura																	534 687,75			
7	Carrileras																				
8	Traslado de maquinaria	25 650,00																			
Q		308 712,21				558 677,73				304 299,10				426 358,80				402 526,61			
		Total																			
Q		2000 574,45																			

Fuente: elaboración propia.

2.2.14. Evaluación de impacto ambiental

Es un procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) proporciona un listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, clasificando cada proyecto en categorías. En la siguiente tabla se muestra únicamente la parte del listado taxativo que es de interés en este proyecto.

Tabla XXVII. Listado taxativo

Tabulación	División	Descripción	Categorías			
			Alto impacto	De moderado a alto impacto	De moderado a bajo impacto	Bajo impacto
Construcción	4 520	Diseño y construcción de obras viales y ferroviarias de red nacional			Hasta 5,000 m	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN.

Según el listado taxativo proporcionado por el MARN, este proyecto de carretera se clasifica como de moderado a bajo impacto, por lo que se considera ambientalmente viable y solo es necesario hacer un diagnóstico de bajo impacto. También, se prevé que habrá impactos sociales de carácter positivo, ya que se mejorará el acceso a la comunidad al contar con una carretera segura y que cumple con normas de diseño y que además será una

fuente de trabajo al momento de su construcción. A continuación se presenta un análisis sobre el proyecto.

- Localización del proyecto: aldea Nuevo Pactiul, se localiza a una distancia de 60 kilómetros del municipio de Cobán, Alta Verapaz.
- Descripción del proyecto: el proyecto consiste en la construcción de un tramo carretero rural, para comunicar a la aldea Nuevo Pactiul con la carretera que conduce a la aldea Canguinic, Cobán, Alta Verapaz.
- Características generales del proyecto:

Longitud del proyecto: 2+618 kilómetros

Tipo de carretera: rural basada en la típica F de la DGC

Tipo de región: montañosa

Velocidad de diseño: 20 kilómetros por hora

Tránsito promedio diario: no mayor de 100 vehículos/día

Ancho de terracería: 5,5 metros

Espesor de balasto: 0,20 metros

Pendiente máxima: 14 %

Los trabajos necesarios para la preparación del terreno son: la limpieza y desmonte del área del tramo, la explotación de bancos de material, el manejo y disposición final de los desechos sólidos provenientes de la limpieza, desmonte y cortes, la excavación y nivelación del terreno, cortes y rellenos de material, compactación o consolidación, derrame de lubricantes, combustibles u otro material provocado por la maquinaria.

- Sustancias o materiales que serán utilizados: diésel y aceites lubricantes para la maquinaria y equipo a utilizar, cemento, piedra, piedrín, arena, tubería de metal corrugado.

Impacto ambiental que será producido:

- Residuos o contaminantes que serán generados: entre los residuos generados se tendrán las emisiones de partículas a la atmósfera, descarga de aguas residuales y descarga de lubricantes, entre otros.
- Emisiones a la atmósfera: el componente atmosférico se verá impactado por las actividades: operación de maquinaria y equipo, debido a la emanación de gases producto de la combustión de derivados del petróleo; explotación de bancos de material; acarreo de material; durante la realización de estas dos actividades se generan partículas de polvo, las cuales quedan en suspensión. Este impacto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.
- Descarga de aguas residuales: el manejo inadecuado de excretas, provenientes de los campamentos y de otras áreas de trabajo puede generar la contaminación del suelo y los cuerpos de agua.
- Desechos sólidos: entre los contaminantes que se producirán en la fase de construcción y operación del proyecto se tienen los residuos del material de excavación. Además, se tendrán desechos producto de la maquinaria como filtros, repuestos usados, neumáticos, depósitos de aceite, basura producto de los trabajadores, cemento, arena, piedra, piedrín producto del desperdicio de las construcciones.

- Ruidos o vibraciones: se dan por la utilización de maquinaria y equipo durante la fase de preparación del sitio, explotación de bancos de material y durante la fase de construcción de la carretera. El ruido puede resultar perjudicial para los trabajadores de la empresa contratista y a los pobladores de las comunidades aledañas al proyecto.
- Los impactos analizados son producidos durante la etapa de construcción de la carretera, es decir, son transitorios y temporales.
- Medidas de mitigación
 - Limpieza y desmonte
 - Impacto: en la limpieza y eliminación de la vegetación y otro tipo de material dentro del derecho de vía de la carretera, área de campamentos y posibles bancos de material, el impacto podrá darse debido al escurrimiento del agua superficial arrastrando el material eliminado.
 - Medida de mitigación: el material vegetal se ubicará en áreas planas, donde no exista posibilidad de arrastre debido al escurrimiento del agua superficial; dicho material está constituida por materia orgánica, la cual, al sufrir descomposición, favorece al suelo. Otro tipo de material además de la vegetación, debe ubicarse en áreas seleccionadas denominadas botaderos.

- Manejo y disposición final de desechos sólidos
 - Impacto: los desechos sólidos no deberán arrojarse en áreas con pendientes debido que pueden llegar a los cuerpos de agua superficial y evitar la erosión del suelo y sedimentación en los cuerpos de agua.
 - Medida de mitigación: la vegetación y materia orgánica, como otros desechos sólidos deben transportarse hacia los sitios de botaderos propuestos como las áreas de explotación de los bancos. Las áreas deben recomfortarse con suelo fértil mezclado con materia orgánica y luego reforestarse con especies como Gravileas y otras plantas propias de la zona, que sean de rápido crecimiento. Para los desechos sólidos que se generen de los campamentos y talleres como llantas, baterías, filtros chatarra y cualquier otro desperdicio sólido, debe enterrarse en algún sitio del taller.

- Manejo y disposición final de desechos líquidos
 - Impacto: los desechos líquidos, aceites, grasas, hidrocarburos, etcétera, pueden contaminar la fuente de agua y el suelo si se llevan a cabo las acciones que se proponen.
 - Medida de mitigación: los aceites deberán recolectarse en toneles y utilizarse en el curado de madera y en formaleta; el sobrante puede trasportase para su reciclaje. El líquido electrolítico de las baterías debe depositarse en recipientes plásticos para que sea reutilizable en otras baterías.

- Mantenimiento correctivo y preventivo
- Impacto: consiste en la limpieza del derecho de vía, recuperación del balasto que se ha perdido y limpieza de alcantarillas el cual puede generar impactos al agua del drenaje superficial, si los desechos sólidos y líquidos no son manejados adecuadamente.
 - Medida de mitigación: los desechos sólidos deben depositarse fuera del derecho de vía de la ruta en las áreas recomendadas como botaderos.
- Ambiente sonoro
 - Impacto: depende de la ubicación del campamento puede afectar el sistema auditivo de la población, se recomienda que las áreas propuestas se ubiquen alejadas de comunidades cercanas, si pasa de 90 decibeles se debe utilizar bloqueador físico del ruido para el oído.
 - Medida de mitigación: toda la maquinaria debe estar en buen estado además de contar con silenciadores que aminoren el ruido y no sobrepasar las normas establecidas, 69 como superar los 65 decibeles de sonoridad; además, el personal que labora debe usar orejeras de cono completo o tapones para los oídos.

- Acarreo de material
 - Impacto: el acarreo de material de los bancos, así como de cortes y rellenos, afecta directamente a las poblaciones adyacentes a la ruta.
 - Medida de mitigación: que la circulación del tránsito que acarreará el o los materiales se haga en horario durante el día, de preferencia de las 8 de la mañana a las 5 de la tarde y la flota vehicular debe estar en buen estado y con el mantenimiento adecuado.

CONCLUSIONES

1. Al determinar las necesidades básicas y de infraestructura de las aldeas Nuevo Pactiul y Salacuim, se establece mejorar la vía de acceso y el diseño de un sistema de agua potable respectivamente lo que beneficiará a la totalidad de ambas poblaciones.
2. La carretera que comunica a la aldea Nuevo Pactiul contribuirá a que los habitantes obtengan una mejor vía de acceso, mayor fluidez para los vehículos que transitan, facilitando el traslado de mercancías, granos básicos y animales domésticos, con esto se logra el desarrollo económico y social de la aldea.
3. La construcción del sistema de agua potable beneficiará a los habitantes de la aldea Salacuim, ya que contarán con agua apta para el consumo humano, tendrán mejor salud alimentaria, disminuirá el índice de enfermedades estomacales y se evitará el acarreo del sustento líquido.
4. El costo total del proyecto de agua potable para la aldea Salacuim es de Q.1 901 396,00 lo cual no es significativo comparado con la calidad de vida que se les brindará a los habitantes de esta comunidad, beneficiando aproximadamente a 4 591 personas a futuro.
5. El costo total del proyecto del camino rural es de Q 2 667 121,56 equivalente a Q 1 018,76 por metro lineal, con lo cual se beneficiará a todos los habitantes de la aldea Nuevo Pactiul, así como a comunidades aledañas.

6. Con la capacitación adecuada, los habitantes de las aldeas podrán darle mantenimiento a la carretera y al sistema de abastecimiento de agua potable, garantizando el funcionamiento adecuado, reduciendo el tiempo de viaje y promoviendo la visita a centros de salud cercanos.

7. Durante la ejecución de los proyectos, según la evaluación de impacto ambiental, estos no tendrán incidencia significativa, contemplando también las medidas de mitigación que se deben realizar para no incomodar ambientalmente a los pobladores del área.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Cobán, Alta Verapaz:

1. Al ejecutar los proyectos debe incluirse la supervisión técnica de un profesional de ingeniería civil, con el propósito de asegurar el cumplimiento de las especificaciones contenidas en planos, siguiendo el proceso constructivo adecuado.
2. Al finalizar la construcción de los proyectos, los beneficiarios, como la Municipalidad, deben darle mantenimiento, garantizando que las obras cumplan su cometido durante el periodo de diseño, logrando permanecer en buen estado.
3. Buscar fuentes externas a la Municipalidad para obtener apoyo económico, por medio de gestiones que permitan facilitar la ejecución de ambos proyectos y así darles una mayor viabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials. *Bridges*. 16a. ed. EUA: AASHTO, 1996. 760 p.
2. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*, Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a. ed. México: Limusa, 2004. 740 p.
4. ————. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 1999. 640 p.
5. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a. ed. México: Cengage Learning, 2008. 743 p.
6. Instituto de Fomento Municipal. Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales Unepar. *Guía para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales*. Guatemala: Infom-Unepar, 2011. 63 p.
7. MARTÍNEZ JORDÁN, Oscar. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el Centro y sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio la Tejera, municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula, Guatemala*. Trabajo de graduación de

Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 117 p.

8. Oficina Sanitaria Panamericana. *Normas de diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales de Guatemala*. Guatemala: OPS, 1997. 107 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño hidráulico, proyecto Salacum

Circuito	Tramo	L	Diametro	Q	Hf	Vsp/ABS		Q+Δ	Hf	HFC	J	Q+Δ	Hf
						HFC	J						
I	DA	180.00	2.60	2.24	1.13	0.50	-0.16	2.08	0.58	0.47	-0.02	2.06	0.97
	AB	350.00	2.60	1.83	1.51	0.83	-0.16	1.66	1.27	0.76	-0.02	1.66	1.25
	BE	180.00	1.75	0.83	0.58	1.11	-0.13	0.39	0.34	0.87	0.01	0.41	0.36
	DE	350.00	2.60	2.24	-2.20	0.58	-0.16	-2.40	-2.49	1.04	-0.01	-2.41	-2.52
						1.03	3.42		0.10	3.15			0.05
II	LA	150.00	1.75	0.63	0.56	1.11	-0.03	0.54	0.81	0.81		0.54	0.81
	BE	180.00	1.20	0.23	0.68	3.60	-0.03	0.21	0.66	0.66		0.21	0.66
	BC	350.00	1.75	0.84	1.65	2.66	-0.03	0.61	1.51	1.51		0.61	1.51
	EF	350.00	1.75	0.63	-1.36	2.35	-0.13	-0.71	-2.00	2.00		-0.71	-2.00
						0.54	9.62		-0.46	9.62			-0.46
III	LA	350.00	2.60	2.24	2.20	0.98	0.18	0.34	2.57	2.57	-0.002	2.59	2.88
	DE	450.00	1.75	0.87	3.70	4.25	0.07	0.94	4.25	4.25	0.01	4.55	4.84
	DG	450.00	3.23	4.47	-3.92	0.88	0.18	-4.30	-3.84	0.85	-0.11	-4.30	-3.84
	GH	350.00	2.19	2.04	4.71	2.31	0.31	-1.73	-3.46	2.00	-0.06	-1.79	-3.07
						-4.73	8.42		0.34	8.21			-1.00
IV	LA	350.00	1.20	0.38	-3.96	10.55	0.10	-3.30	-2.53	2.00		-3.30	-2.53
	HI	450.00	1.20	0.20	1.54	7.81	0.10	0.30	3.36	3.36		0.30	3.44
	EH	450.00	1.75	0.87	-3.70	4.26	0.11	-0.76	-2.91	2.00		-0.76	-2.91
	EF	350.00	1.75	0.68	1.38	2.35	0.13	0.71	2.00	2.00		0.71	2.00
						-4.78	24.96		-0.09	24.96			-0.09
V	JK	350.00	2.19	0.75	0.73	0.88	-0.14	-0.39	-1.01	1.13	0.05	-0.39	-1.01
	KL	350.00	1.75	0.67	1.13	1.13	-0.14	0.40	0.74	0.74	0.05	0.40	0.74
	GI	350.00	2.19	1.67	-3.34	2.00	-0.14	-1.83	-3.35	2.14	0.05	-1.83	-3.35
	GH	350.00	2.19	2.04	4.71	2.31	-0.31	1.73	3.46	2.00	0.06	1.73	3.46
						1.97	7.85		-0.71	7.05			-0.06
VI	HI	350.00	1.20	0.38	3.98	10.55	0.02	-0.08	0.30	2.53		-0.08	0.30
	LI	350.00	1.20	0.23	-1.88	7.85	0.02	-0.22	-1.57	2.00		-0.22	-1.57
	KL	350.00	1.75	0.68	-1.71	2.61	0.02	-0.64	-1.61	0.02		-0.64	-1.61
	HK	350.00	1.75	0.57	-4.84	2.20	-0.03	-0.60	-1.46	2.00		-0.60	-1.46
						-4.84	23.97		-5.12	23.97			-5.12

Apéndice 2. **Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua.
Salacuim**

PRESUPUESTO DETALLADO POR RENGLONES

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

UBICACIÓN: ALDEA CUYQUEL, TACTIC.

DEPARTAMENTO: ALTA VERAPAZ

1,0	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	10023,50	ml		
	Descripción de materiales				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Madera	100,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 650,00
	Clavos	15,00	libras	Q 7,50	Q 112,50
	Cal	20,00	sacos	Q 25,00	Q 500,00
	Sub-Total de Materiales				Q 1.262,50
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 126,25
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 1.388,75
	Descripción de mano de obra				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Alquiler de equipo	21,00	días	Q 450,00	Q 9.450,00
	Encargado	10,00	días	Q 100,00	Q 1.000,00
	Topógrafo	21,00	días	Q 200,00	Q 4.200,00
	cadeneros	21,00	días	Q 60,00	Q 1.260,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 15.910,00
	Mano de obra no calificada (40%)				Q 6.364,00
	Prestaciones Laborales (66% de M.O.C. Y M.O.N.C)				Q 1.113,70
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 23.387,70
	total de materiales + mano de obra				Q 24.776,45
	Costos indirectos				
	Administración (3%)				Q 743,29
	Imprevistos (2%)				Q 495,53
	Impuesto, IVA (12%)				Q 2.973,17
	Utilidades (10%)				Q 2.477,65
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 31.466,09
	Precio Unitario				Q 3,14

Continuación del apéndice 2.

2,0	CAPTACIÓN				
2,1	CASETA DE BOMBEO	1,00	global		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4000 psi	110,00	sacos	Q 77,00	Q 8.470,00
	Arena de río	10,00	libras	Q 240,00	Q 2.400,00
	Piedrín	10,00	m3	Q 240,00	Q 2.400,00
	Piedra	5,00	m3	Q 110,00	Q 550,00
	Hierro corrugado 3/8" legítimo	120,00	varillas	Q 29,00	Q 3.480,00
	Hierro liso de 1/4" legítimo	90,00	varillas	Q 14,00	Q 1.260,00
	Alambre de amarre	15,00	libras	Q 9,00	Q 135,00
	Madera	320,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 2.080,00
	Clavos	20,00	libras	Q 9,00	Q 180,00
	Sub-Total de Materiales				Q 20.955,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 2.095,50
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 23.050,50
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Supervisión de la elaboración	10,00	días	Q 100,00	Q 1.000,00
	Armado, encofrado, fundición y desencofrado	12,00	días	Q 150,00	Q 1.800,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 2.800,00
	Mano de obra no calificada (40%)				Q 1.120,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 3.920,00
	total de materiales + mano de obra				Q 26.970,50
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 809,12
	Imprevistos (2%)				Q 539,41
	Impuesto, IVA (12%)				Q 3.236,46
	Utilidades (10%)				Q 2.697,69
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 34.253,18
	Precio Unitario				Q 34.253,18

2,2	Equipo de bombeo, bomba centrifuga 30HP	1,00	global		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Bomba Centrifuga Franklin Electric 45VR de 30 HP	1,00	unidad	Q 49.950,00	Q 49.950,00
	Tubo PVC de 4 "	4,00	unidad	Q 567,00	Q 2.268,00
	Pichacha	1,00	unidad	Q 350,00	Q 350,00
	Abrazaderas	10,00	unidad	Q 80,00	Q 800,00
	Sub-Total de Materiales				Q 53.368,00
	Total de Materiales				Q 53.368,00
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Supervisión de la elaboración	2,00	días	Q 100,00	Q 200,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 200,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 200,00
	total de materiales + mano de obra				Q 53.568,00
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.607,04
	Imprevistos (2%)				Q 1.071,36
	Impuesto, IVA (12%)				Q 6.428,16
	Utilidades (10%)				Q 5.356,80
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 68.031,36
	Precio Unitario				Q 68.031,36

Continuación del apéndice 2.

3,0		TANQUE DE DISTRIBUCION			
3,1	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 90m3	1,00	global		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4000 psi	720,00	sacos	Q 77,00	Q 55.440,00
	Arena de río	80,00	m3	Q 240,00	Q 19.200,00
	Piedrin	40,00	m3	Q 240,00	Q 9.600,00
	Piedra	40,00	m3	Q 110,00	Q 4.400,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	195,00	varillas	Q 29,00	Q 5.655,00
	Alambre de amarre	90,00	libras	Q 9,00	Q 810,00
	Madera	600,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 3.900,00
	Clavos	60,00	libras	Q 9,00	Q 540,00
	Candado de 2"	2,00	unidad	Q 65,00	Q 130,00
	Adaptador macho PVC de 1 1/2"	1,00	unidad	Q 14,00	Q 14,00
	Adaptador macho PVC 1"	6,00	unidad	Q 9,00	Q 54,00
	Adaptador macho PVC 2"	2,00	unidad	Q 16,00	Q 32,00
	Valvula de compuerta de 2"	4,00	unidad	Q 805,00	Q 3.220,00
	Valvula de compuerta de 1"	2,00	unidad	Q 390,00	Q 780,00
	Valvula de compuerta de 1 1/2"	2,00	unidad	Q 680,00	Q 1.360,00
	Valvula de compuerta de 1"	2,00	unidad	Q 545,00	Q 1.090,00
	sub-total de materiales				Q 106.225,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 10.622,50
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 116.847,50
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Supervisión de la elaboración del tanque	15,00	días	Q 100,00	Q 1.500,00
	Armado, encofrado, fundición y desencofrado	40,00	m2	Q 100,00	Q 4.000,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 5.500,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 3.300,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 8.800,00
	total de materiales + mano de obra				Q 125.647,50
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 3.769,43
	Imprevistos (2%)				Q 2.512,95
	Impuesto, IVA (12%)				Q 15.077,70
	Utilidades (10%)				Q 12.564,75
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 159.572,33
	Precio Unitario			Q 159.572,33	

Continuación del apéndice 2.

3,2	Hiplocorador con caja	1,00	global		
Descripción de materiales					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Cemento 4000 psi	12,00	sacos	Q 77,00	Q	924,00
Arena de río	1,00	m3	Q 240,00	Q	240,00
Piedrin	0,75	m3	Q 240,00	Q	180,00
Hierro corrugado de 3/8" legitimo	9,00	varillas	Q 29,00	Q	261,00
Hierro liso de 1/4" legitimo	4,00	varillas	Q 14,00	Q	56,00
Alambre de amarre	5,00	libras	Q 9,00	Q	45,00
Madera	25,00	pie/tablar	Q 6,50	Q	162,50
Clavos	2,00	libras	Q 9,00	Q	18,00
Candado de 2"	2,00	unidad	Q 65,00	Q	130,00
Tubo pvc de 1/2" 315 psi	1,00	unidad	Q 30,00	Q	30,00
Tubo pvc de 2" 160 psi	1,00	unidad	Q 64,00	Q	64,00
Codo pvc de 90° de 1/2" liso	3,00	unidad	Q 4,00	Q	12,00
Tee pvc de 1 1/2" reducida d 1/2"	1,00	unidad	Q 25,00	Q	25,00
Valvula de compuerta de 1/2"	1,00	unidad	Q 65,00	Q	65,00
Comparimetro	1,00	unidad	Q 200,00	Q	200,00
Dosificador	1,00	unidad	Q 200,00	Q	200,00
Tapon hemra de 1/2"	1,00	unidad	Q 2,00	Q	2,00
Tee pvc de 3" reducida a 1/2"	1,00	unidad	Q 100,00	Q	100,00
Unión pvc de 1/2"	1,00	unidad	Q 2,00	Q	2,00
Alimentador automatico de tricloro	1,00	global	Q 5.000,00	Q	5.000,00
Valvula de chorro plastico de 1/2"	1,00	unidad	Q 30,00	Q	30,00
sut-total de materiales				Q	7.746,50
Desperdicio (10% Mat.)				Q	774,65
Total de Materiales + Desperdicio				Q	8.521,15
Descripción de mano de obra					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
armado, encofrado, fundición y desencofrado	1,50	m3	Q 1.200,00	Q	1.800,00
Sub-total de mano de obra calificada				Q	1.800,00
Mano de obra no calificada (40%)				Q	720,00
Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q	2.520,00
total de materiales + mano de obra				Q	11.041,15
Costos indirectos					
Administración (3%)				Q	331,23
Imprevistos (2%)				Q	220,82
Impuesto, IVA (12%)				Q	1.324,94
Utilidades (10%)				Q	1.104,12
COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q	14.022,26
				Precio Unitario	Q 14.022,26

Continuación del apéndice 2.

5,0	RED DE DISTRIBUCIÓN				
5,1	Tubería PVC Ø 3", 160 psi	450,00	ml		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Valvula de compuerta de 3"	5,00	unidad	Q 530,00	Q 2.650,00
	Tee pvc 3" lisa	15,00	unidad	Q 60,00	Q 900,00
	tubos pvc de 3" 160 psi	83,00	unidad	Q 254,00	Q 21.082,00
	Pegamento Tangit	3,00	galon	Q 650,00	Q 1.950,00
	Accesorios	1,00	global	Q 1.000,00	Q 1.000,00
	sut-total de materiales				Q 27.582,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 2.758,20
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 30.340,20
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	colocación tubería pvc	83,00	unidad	Q 35,00	Q 2.905,00
	supervisión	3,00	días	Q 300,00	Q 900,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 3.805,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 2.283,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 6.088,00
	total de materiales + mano de obra				Q 36.428,20
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.092,85
	Imprevistos (2%)				Q 728,56
	Impuesto, IVA (12%)				Q 4.371,38
	Utilidades (10%)				Q 3.642,82
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 46.263,81
	Precio Unitario				Q 102,81

5,2	Tubería PVC Ø 2 1/2", 160 psi				
		880,00	ml		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Valvula de compuerta de 2 1/2"	4,00	unidad	Q 450,00	Q 1.800,00
	Tee pvc 2 1/2" lisa	10,00	unidad	Q 52,00	Q 520,00
	tubos pvc de 2 1/2" 160 psi	161,00	unidad	Q 171,00	Q 27.531,00
	Pegamento Tangit	5,00	galon	Q 650,00	Q 3.250,00
	Accesorios	1,00	global	Q 1.500,00	Q 1.500,00
	sut-total de materiales				Q 34.601,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 3.460,10
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 38.061,10
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	colocación tubería pvc	161,00	unidad	Q 35,00	Q 5.635,00
	supervisión	6,00	días	Q 300,00	Q 1.800,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 7.435,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 4.461,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 11.896,00
	total de materiales + mano de obra				Q 49.957,10
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.498,71
	Imprevistos (2%)				Q 999,14
	Impuesto, IVA (12%)				Q 5.994,85
	Utilidades (10%)				Q 4.995,71
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 63.445,52
	Precio Unitario				Q 72,10

Continuación del apéndice 2.

5,3	Tubería PVC Ø 2", 160 psi	1860,00	ml		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Valvula de compuerta de 2"	8,00	unidad	Q 395,00	Q 3.160,00
	Tee pvc 2" lisa	15,00	unidad	Q 44,00	Q 660,00
	tubos pvc de 2" 160 psi	341,00	unidad	Q 116,00	Q 39.556,00
	Pegamento Tangit	9,00	galon	Q 650,00	Q 5.850,00
	Accesorios	1,00	global	Q 2.000,00	Q 2.000,00
	sut-total de materiales				Q 51.226,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 5.122,60
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 56.348,60
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	colocación tubería pvc	341,00	unidad	Q 35,00	Q 11.935,00
	supervisión	12,00	días	Q 300,00	Q 3.600,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 15.535,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 9.321,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 24.856,00
	total de materiales + mano de obra				Q 81.204,60
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 2.436,14
	Imprevistos (2%)				Q 1.624,09
	Impuesto, IVA (12%)				Q 9.744,55
	Utilidades (10%)				Q 8.120,46
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 103.129,84
				Precio Unitario	Q 55,45

5,4	Tubería PVC Ø 1 1/2", 160 psi	1590,00	ml		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Valvula de compuerta de 1 1/2"	12,00	unidad	Q 235,00	Q 2.820,00
	Tee pvc 1 1/2" lisa	18,00	unidad	Q 32,00	Q 576,00
	tubos pvc de 1 1/2" 160 psi	292,00	unidad	Q 85,00	Q 24.820,00
	Pegamento Tangit	9,00	galon	Q 650,00	Q 5.850,00
	Accesorios	1,00	global	Q 2.000,00	Q 2.000,00
	sut-total de materiales				Q 36.066,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 3.606,60
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 39.672,60
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	colocación tubería pvc	292,00	unidad	Q 35,00	Q 10.220,00
	supervisión	12,00	días	Q 300,00	Q 3.600,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 13.820,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 8.292,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 22.112,00
	total de materiales + mano de obra				Q 61.784,60
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.853,54
	Imprevistos (2%)				Q 1.235,69
	Impuesto, IVA (12%)				Q 7.414,15
	Utilidades (10%)				Q 6.178,46
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 78.466,44
				Precio Unitario	Q 49,35

Continuación del apéndice 2.

5,5	Tubería PVC Ø 1", 160 psi	1340,00	ml		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Valvula de compuerta de 1"	10,00	unidad	Q 235,00	Q 2.350,00
	Tee pvc 1" lisa	15,00	unidad	Q 32,00	Q 480,00
	tubos pvc de 1" 160 psi	246,00	unidad	Q 47,00	Q 11.562,00
	Pegamento Tangit	8,00	galon	Q 650,00	Q 5.200,00
	Accesorios	1,00	global	Q 1.500,00	Q 1.500,00
	sut-total de materiales				Q 21.092,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 2.109,20
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 23.201,20
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	colocación tubería pvc	246,00	unidad	Q 35,00	Q 8.610,00
	supervisión	12,00	dias	Q 300,00	Q 3.600,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 12.210,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 7.326,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 19.536,00
	total de materiales + mano de obra				Q 42.737,20
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.282,12
	Imprevistos (2%)				Q 854,74
	Impuesto, IVA (12%)				Q 5.128,46
	Utilidades (10%)				Q 4.273,72
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 54.276,24
				Precio Unitario	Q 40,50

6,0	CONEXIONES DOMICILIARES				
6,0	CONEXIONES DOMICILIARES	466,00	unidad		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4000 psi	150,00	sacos	Q 77,00	Q 11.550,00
	Arena de río	25,00	m3	Q 240,00	Q 6.000,00
	Piedrin	25,00	m3	Q 240,00	Q 6.000,00
	Madera	40,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 260,00
	Clavos	5,00	libras	Q 9,00	Q 45,00
	Tubo pvc de 1/2" 315 psi	466,00	unidad	Q 28,00	Q 13.048,00
	Adaptador macho pvc de 1/2"	466,00	unidad	Q 2,00	Q 932,00
	Codo H.G.T.L. de 90° de 1/2" con rosca	466,00	libras	Q 8,00	Q 3.728,00
	Codo pvc de 90° de 1/2" con rosca	466,00	unidad	Q 4,00	Q 1.864,00
	Copla H.G.T.L. de 90° de 1/2" con rosca	466,00	unidad	Q 6,50	Q 3.029,00
	Llave de chorro de 1/2"	466,00	unidad	Q 92,00	Q 42.872,00
	Llave de paso de 1/2"	466,00	unidad	Q 65,00	Q 30.290,00
	Niple H.G.T.L. de 0.30m de 1/2"	466,00	unidad	Q 28,00	Q 13.048,00
	Niple H.G.T.L. de 1.50m de 1/2"	466,00	unidad	Q 67,00	Q 31.222,00
	Permatex negro	10,00	tubo	Q 44,00	Q 440,00
	Teflon 3/4"	50,00	unidad	Q 8,00	Q 400,00
	sut-total de materiales				Q 164.728,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 16.472,80
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 181.200,80
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	supervisión	40,00	dias	Q 300,00	Q 12.000,00
	Albañil	180,00	dias	Q 100,00	Q 18.000,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 30.000,00
	Mano de obra no calificada (60%)				Q 18.000,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 48.000,00
	total de materiales + mano de obra				Q 229.200,80
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 6.876,02
	Imprevistos (2%)				Q 4.584,02
	Impuesto, IVA (12%)				Q 27.504,10
	Utilidades (10%)				Q 22.920,08
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 291.085,02
				Precio Unitario	Q 624,65

Continuación del apéndice 2.

7,0	OBRAS DE ARTE				
7,1	CAJA DE VALVULA DE AIRE	15,00	global		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4000 psi	180,00	sacos	Q 77,00	Q 13.860,00
	Arena de río	15,00	m3	Q 240,00	Q 3.600,00
	Piedrin	15,00	m3	Q 240,00	Q 3.600,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	110,00	varillas	Q 29,00	Q 3.190,00
	Hierro liso de 1/4" legitimo	100,00	varillas	Q 14,00	Q 1.400,00
	Alambre de amarre	40,00	libras	Q 9,00	Q 360,00
	Madera	20,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 130,00
	Clavos	15,00	libras	Q 9,00	Q 135,00
	Candado de 2"	15,00	unidad	Q 65,00	Q 975,00
	Adaptador hembra de pvc de 1" c/rosca	15,00	unidad	Q 8,00	Q 120,00
	Reductor bushing de pvc de 3" a 1" liso	15,00	unidad	Q 50,00	Q 750,00
	Reductor bushing pvc de 1 1/2" a 1" liso	15,00	unidad	Q 7,00	Q 105,00
	Tee pvc de 3" liso	15,00	unidad	Q 83,00	Q 1.245,00
	Tee pvc de 1 1/2" liso	15,00	unidad	Q 14,00	Q 210,00
	sut-total de materiales				Q 29.680,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 2.968,00
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 32.648,00
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Armdado, encofrado, fundición y desencofrado	1,00	unidad	Q 5.000,00	Q 5.000,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 5.000,00
	Mano de obra no calificada (40%)				Q 2.000,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 7.000,00
	total de materiales + mano de obra				Q 39.648,00
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.189,44
	Imprevistos (2%)				Q 792,96
	Impuesto, IVA (12%)				Q 4.757,76
	Utilidades (10%)				Q 3.964,80
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 50.352,96
			Precio Unitario		Q 3.356,86

7,2	CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA	19,00	global		
Descripción de materiales					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	Cemento 4000 psi	145,00	sacos	Q 77,00	Q 11.165,00
	Arena de río	20,00	m3	Q 240,00	Q 4.800,00
	Piedrin	20,00	m3	Q 240,00	Q 4.800,00
	Hierro corrugado de 3/8" legitimo	240,00	varillas	Q 29,00	Q 6.960,00
	Hierro liso de 1/4" legitimo	140,00	varillas	Q 14,00	Q 1.960,00
	Alambre de amarre	50,00	libras	Q 9,00	Q 450,00
	Madera	40,00	pie/tablar	Q 6,50	Q 260,00
	Clavos	15,00	libras	Q 9,00	Q 135,00
	Candado de 2"	19,00	unidad	Q 65,00	Q 1.235,00
	Adaptador hembra pvc de 4"	19,00	unidad	Q 10,00	Q 190,00
	Adaptador hembra pvc de 1 1/2"	19,00	unidad	Q 55,00	Q 1.045,00
	Tee pvc de 4" lisa	19,00	unidad	Q 85,00	Q 1.615,00
	Tee pvc de 1 1/2" liso	19,00	unidad	Q 14,00	Q 266,00
	sut-total de materiales				Q 34.881,00
	Desperdicio (10% Mat.)				Q 3.488,10
	Total de Materiales + Desperdicio				Q 38.369,10
Descripción de mano de obra					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
	armado, encofrado, fundición y desencofrado	1,00	unidad	Q 5.000,00	Q 5.000,00
	Sub-total de mano de obra calificada				Q 5.000,00
	Mano de obra no calificada (40%)				Q 2.000,00
	Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q 7.000,00
	total de materiales + mano de obra				Q 45.369,10
Costos indirectos					
	Administración (3%)				Q 1.361,07
	Imprevistos (2%)				Q 907,38
	Impuesto, IVA (12%)				Q 5.444,29
	Utilidades (10%)				Q 4.536,91
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 57.618,76
			Precio Unitario		Q 3.032,57

Continuación del apéndice 2.

7,3	CAJA DE VALVULA DE COMPUERTA	39,00	global		
Descripción de materiales					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Cemento 4000 psi	500,00	sacos	Q 77,00	Q	38.500,00
Arena de río	35,00	m3	Q 240,00	Q	8.400,00
Piedrin	35,00	m3	Q 240,00	Q	8.400,00
Piedra	10,00	m3	Q 110,00	Q	1.100,00
Hierro corrugado de 3/8" legitimo	75,00	varillas	Q 29,00	Q	2.175,00
Hierro liso de 1/4" legitimo	75,00	varillas	Q 14,00	Q	1.050,00
Alambre de amarre	30,00	libras	Q 9,00	Q	270,00
Madera	25,00	pie/tablar	Q 6,50	Q	162,50
Clavos	15,00	libras	Q 9,00	Q	135,00
Candado de 2"	39,00	unidad	Q 65,00	Q	2.535,00
Adaptador macho de 1 1/2"	39,00	unidad	Q 14,00	Q	546,00
Codo PVC de 90° de 1 1/2" liso	39,00	unidad	Q 14,00	Q	546,00
sut-total de materiales				Q	63.819,50
Desperdicio (10% Mat.)				Q	6.381,95
Total de Materiales + Desperdicio				Q	70.201,45
Descripción de mano de obra					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Armando, encofrado fundición y desencofrado	1,00	global	Q 5.500,00	Q	5.500,00
Sub-total de mano de obra calificada				Q	5.500,00
Mano de obra no calificada (40%)				Q	2.200,00
Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q	7.700,00
total de materiales + mano de obra				Q	77.901,45
Costos indirectos					
Administración (3%)				Q	2.337,04
Imprevistos (2%)				Q	1.558,03
Impuesto, IVA (12%)				Q	9.348,17
Utilidades (10%)				Q	7.790,15
COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q	98.934,84
				Precio Unitario	Q 2.536,79

7,4	CAJA DE VALVULA DE CHEQUE	2,00	global		
Descripción de materiales					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Cemento 4000 psi	20,00	sacos	Q 77,00	Q	1.540,00
Arena de río	2,00	m3	Q 240,00	Q	480,00
Piedrin	2,00	m3	Q 240,00	Q	480,00
Piedra	1,00	m3	Q 110,00	Q	110,00
Hierro corrugado de 3/8" legitimo	5,00	varillas	Q 29,00	Q	145,00
Hierro liso de 1/4" legitimo	5,00	varillas	Q 14,00	Q	70,00
Alambre de amarre	5,00	libras	Q 9,00	Q	45,00
Madera	2,00	pie/tablar	Q 6,50	Q	13,00
Clavos	2,00	libras	Q 9,00	Q	18,00
Candado de 2"	2,00	unidad	Q 65,00	Q	130,00
Adaptador macho de 1 1/2"	2,00	unidad	Q 14,00	Q	28,00
Codo PVC de 90° de 1 1/2" liso	2,00	unidad	Q 14,00	Q	28,00
sut-total de materiales				Q	3.087,00
Desperdicio (10% Mat.)				Q	308,70
Total de Materiales + Desperdicio				Q	3.395,70
Descripción de mano de obra					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL	
Armando, encofrado fundición y desencofrado	1,00	global	Q 500,00	Q	500,00
Sub-total de mano de obra calificada				Q	500,00
Mano de obra no calificada (40%)				Q	200,00
Total de M.O.C.+M.O.N.C				Q	700,00
total de materiales + mano de obra				Q	4.095,70
Costos indirectos					
Administración (3%)				Q	122,87
Imprevistos (2%)				Q	81,91
Impuesto, IVA (12%)				Q	491,48
Utilidades (10%)				Q	409,57
COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q	5.201,54
				Precio Unitario	Q 2.600,77

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Presupuesto de la carretera, proyecto Nuevo Pactiul

PRESUPUESTO DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA						
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN CAMINO RURAL						
UBICACIÓN: ALDEA NUEVO PACTIUL						
MUNICIPIO: COBÁN, ALTA VERAPAZ						
LONGITUD:			2+618 Km			
ANCHO DE BRECHA:			6.50 m			
ANCHO DE RODADURA:			5.50 m			
ESPESOR CAPA DE BALASTO:			0.20 m			
DISTANCIA DEL PROYECTO AL BANCO DE MATERIAL:			< 10 Km			
REGLÓN No. 01						
TRABAJOS PRELIMINARES						
1,1 LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE						
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Limpia, chapeo y destronque	1.7	Ha	Q 8,000.00	Q	13,600.00
TOTAL					Q	13,600.00
COSTO DIRECTO					Q	13,600.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	4,760.00
TOTAL DEL REGLON					Q	18,360.00
COSTO UNITARIO		1.7	Ha	Q 10,800.00	Q	18,360.00
1,2 REPLANTEO TOPOGRÁFICO						
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Replanteo topográfico	2.61	Km	Q 1,250.00	Q	3,262.50
TOTAL					Q	3,262.50
COSTO DIRECTO					Q	3,262.50
COSTO INDIRECTO 35%					Q	1,141.88
TOTAL DEL REGLON					Q	4,404.38
COSTO UNITARIO		2.61	Km	Q 1,687.50	Q	4,404.38
REGLÓN No. 02						
MOVIMIENTO DE TIERRAS						
2,1 EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		10,980		m3		
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Arrendamiento (Tractor D-6)	137	hora	Q 500.00	Q	68,500.00
2	Combustible Diesel (Tractor D-6)	480	galón	Q 30.00	Q	14,400.00
3	Arrendamiento (Retroexcavadora)	220	hora	Q 450.00	Q	99,000.00
4	Combustible diesel (Retroexcavadora)	1100	galón	Q 30.00	Q	33,000.00
TOTAL					Q	214,900.00
MANO DE OBRA						
Supervisor		35	dia	Q 120.00	Q	4,200.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	4,200.00
COSTO DIRECTO					Q	219,100.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	76,685.00
TOTAL DEL REGLON					Q	295,785.00
COSTO UNITARIO		10980.00	m3	Q 26.94	Q	295,785.00
2,2 EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO		42,291		m3		
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Arrendamiento (Retroexcavadora)	585	hora	Q 450.00	Q	263,250.00
2	Combustible Diesel (Retroexcavadora)	2790	galón	Q 30.00	Q	83,700.00
3	Arrendamiento Camión Doble Eje 10 m3	70	dia	Q 1,500.00	Q	105,000.00
4	Combustible Diesel (Camión)	300	galón	Q 30.00	Q	9,000.00
TOTAL					Q	460,950.00
MANO DE OBRA						
Supervisor maquinaria		55	dia	Q 120.00	Q	6,600.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	6,600.00
COSTO DIRECTO					Q	467,550.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	163,642.50
TOTAL DEL REGLON					Q	631,192.50
COSTO UNITARIO		42291.00	m3	Q 14.92	Q	631,192.50

Continuación apéndice 3.

REGLÓN No. 03						
REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE						
3.1	ESCARIFICACIÓN, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	14399	m2			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Arrendamiento (Motoniveladora)	88	hora	Q 625.00	Q	55,000.00
2	Combustible Diesel (Motoniveladora)	440	galón	Q 30.00	Q	13,200.00
3	Arrendamiento (Vibrocompactadora)	55	hora	Q 450.00	Q	24,750.00
4	Combustible Diesel (Vibrocompactadora)	275	galón	Q 30.00	Q	8,250.00
5	Arrendamiento (Cisterna)	12	día	Q 2,000.00	Q	24,000.00
TOTAL					Q	125,200.00
MANO DE OBRA						
	Supervisor maquinaria	12	día	Q 120.00	Q	1,440.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	1,440.00
COSTO DIRECTO					Q	126,640.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	44,324.00
TOTAL DEL RENGLO					Q	170,964.00
COSTO UNITARIO		14399.00	m2	Q 11.87	Q	170,964.00
REGLÓN No. 04						
DRENAJES TRANSVERSALES						
4.1	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA	187	m3			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Arrendamiento (Excavadora)	36	hora	Q 450.00	Q	16,200.00
2	Combustible Diesel (Excavadora)	144	galón	Q 20.00	Q	2,880.00
TOTAL					Q	19,080.00
MANO DE OBRA						
	Supervisor maquinaria	5	día	Q 120.00	Q	600.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	600.00
COSTO DIRECTO					Q	19,680.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	6,888.00
TOTAL DEL RENGLO					Q	26,568.00
COSTO UNITARIO		187.00	m3	Q 142.07	Q	26,568.00
4.2	RELLENO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA	154	m3			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Arrendamiento (Excavadora)	36	hora	Q 450.00	Q	16,200.00
2	Combustible Diesel (Excavadora)	144	galón	Q 20.00	Q	2,880.00
3	Arrendamiento (Bailarina)	9	día	Q 200.00	Q	1,800.00
4	Combustible Gasolina (Bailarina)	25	galón	Q 20.00	Q	500.00
TOTAL					Q	21,380.00
MANO DE OBRA						
	Supervisor maquinaria	5	Global	Q 120.00	Q	600.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	600.00
COSTO DIRECTO					Q	21,980.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	7,693.00
TOTAL DEL RENGLO					Q	29,673.00
COSTO UNITARIO		154.00	m3	Q 192.68	Q	29,673.00
4.3	TRANSVERSALES Ø 30"	50	ml			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL	
1	Tubería Ø 36" metálica corrugada	50	ml	Q 300.00	Q	15,000.00
2	Flete (Traslado tubería)	1	Global	Q 3,500.00	Q	3,500.00
TOTAL					Q	18,500.00
MANO DE OBRA						
	Mano de obra armar y colocación tubería	50	ml	Q 25.00	Q	1,250.00
	Ayudante	10	días	Q 65.00	Q	650.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q	1,900.00
COSTO DIRECTO					Q	20,400.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q	7,140.00
TOTAL DEL RENGLO					Q	27,540.00
COSTO UNITARIO		50.00	ml	Q 550.80	Q	27,540.00

Continuación apéndice 3.

4.4 CAJAS Y CABEZALES DE CONCRETO PARA ALCANTARILLAS		40		m3	
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Cemento	360	saco	Q 75.50	Q 27,180.00
2	Arena de río	22	m3	Q 200.00	Q 4,400.00
3	Piedrín	22	m3	Q 190.00	Q 4,180.00
4	Piedra bola o cantera	9	m3	Q 175.00	Q 1,575.00
5	Cernido	5	m3	Q 160.00	Q 800.00
6	Flete (traslado de material)	1	Flete	Q 3,500.00	Q 3,500.00
TOTAL					Q 41,635.00
MANO DE OBRA					
	Mano de obra cabezal y caja de salida	40	m3	Q 200.00	Q 8,000.00
	Ayudante de albañil	24	días	Q 65.00	Q 1,560.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 9,560.00
COSTO DIRECTO					Q 51,195.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q 17,918.25
TOTAL DEL RENGLON					Q 69,113.25
COSTO UNITARIO		40.00	m3	Q 1,727.83	Q 69,113.25
RENLÓN No. 05					
CUNETAS REVESTIDAS					
5.1 Cunetas revestidas		41		m3	
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Cemento	369	saco	Q 75.50	Q 27,859.50
2	Arena de río	23	m3	Q 200.00	Q 4,600.00
3	Piedrín	23	m3	Q 190.00	Q 4,370.00
6	Flete (traslado de material)	1	Flete	Q 5,000.00	Q 5,000.00
TOTAL					Q 41,829.50
MANO DE OBRA					
	Mano de obra cuneta revestida	41	m3	Q 200.00	Q 8,200.00
	Ayudante de albañil	24	días	Q 65.00	Q 1,560.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 9,760.00
COSTO DIRECTO					Q 51,589.50
COSTO INDIRECTO 35%					Q 18,056.33
TOTAL DEL RENGLON					Q 69,645.83
COSTO UNITARIO		41.00	m3	Q 1,698.68	Q 69,645.83
RENLÓN No. 06					
CARPETA DE RODADURA					
6.1 CORTE, CARGA, ACARREO Y COMPACTACIÓN DE BALASTO		2880		m3	
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Balasto	2880	m3	Q 20.00	Q 57,600.00
2	Arrendamiento (Martillo Hidraulico)	60	hora	Q 400.00	Q 24,000.00
3	Combustible Diesel (Martillo Hidraulico)	300	galón	Q 30.00	Q 9,000.00
4	Arrendamiento (Cargador Frontal)	45	hora	Q 400.00	Q 18,000.00
5	Combustible Diesel (Cargador Frontal)	225	galón	Q 30.00	Q 6,750.00
6	Camión 10 m3 (arrendamiento)	25	día	Q 1,500.00	Q 37,500.00
7	Arrendamiento (Motoniveladora)	85	hora	Q 625.00	Q 53,125.00
8	Combustible Diesel (Motoniveladora)	425	galón	Q 30.00	Q 12,750.00
9	Arrendamiento (Vibrocompactadora)	50	hora	Q 450.00	Q 22,500.00
10	Combustible Diesel (Vibrocompactadora)	250	galón	Q 30.00	Q 7,500.00
11	Arrendamiento (Camión Cisterna)	12	día	Q 2,000.00	Q 24,000.00
TOTAL					Q 272,725.00
MANO DE OBRA					
	Supervisor maquinaria	30	días	Q 120.00	Q 3,600.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 3,600.00
COSTO DIRECTO					Q 276,325.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q 96,713.75
TOTAL DEL RENGLON					Q 373,038.75
COSTO UNITARIO		2880.00	m3	Q 129.53	Q 373,038.75

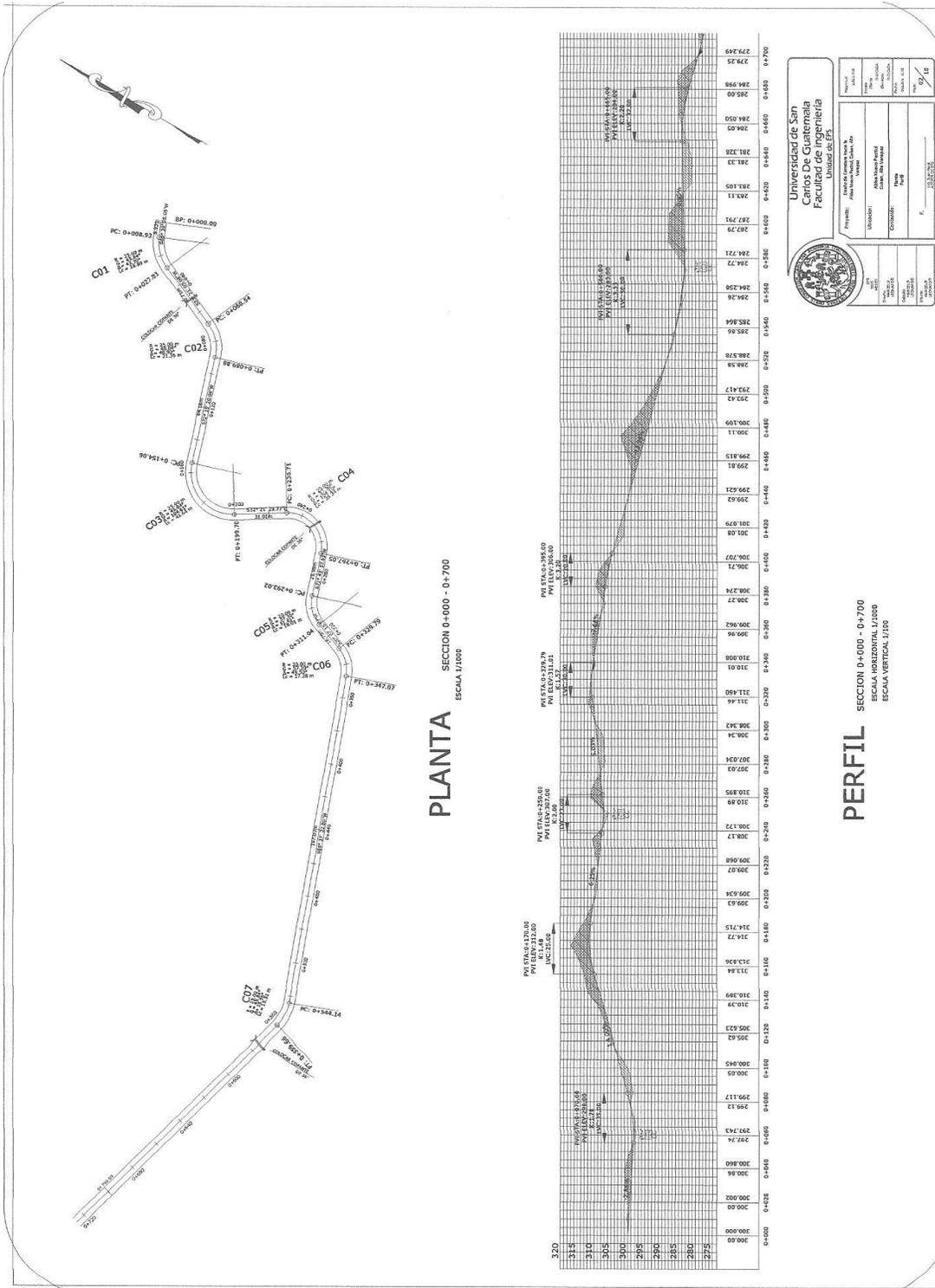
Continuación apéndice 3.

6.2 Acarreo de balasto		2880 m3-km			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Arrendamiento (Camion 10m3)	374	hora	Q 200.00	Q 74,800.00
2	Combustible Diesel (Camion 10m3)	1122	galón	Q 20.00	Q 22,440.00
TOTAL					Q 97,240.00
MANO DE OBRA					
	Supervisor maquinaria	15	días	Q 1,500.00	Q 22,500.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 22,500.00
COSTO DIRECTO					Q 119,740.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q 41,909.00
TOTAL DEL RENGLON					Q 161,649.00
COSTO UNITARIO		2880.00	m3	Q 56.13	Q 161,649.00

REGLÓN No. 07					
CARRILERAS					
7.1 Carrileras en pendientes mayores a 14%		45.6 m3			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Cemento	400	saco	Q 125.00	Q 50,000.00
2	Arena de río	27	m3	Q 125.00	Q 3,375.00
3	Piedrín	27	m3	Q 125.00	Q 3,375.00
6	Flete (traslado de material)	1	Flete	Q 5,000.00	Q 5,000.00
TOTAL					Q 61,750.00
MANO DE OBRA					
	Mano de obra cuneta revestida	45.6	m3	Q 200.00	Q 9,120.00
	Ayudante de albañil	15	días	Q 65.00	Q 975.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 10,095.00
COSTO DIRECTO					Q 71,845.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q 25,145.75
TOTAL DEL RENGLON					Q 96,990.75
COSTO UNITARIO		45.60	m3	Q 2,126.99	Q 96,990.75

REGLÓN No. 08					
TRASLADO DE MAQUINARIA					
8.1 TRASLADO DE MAQUINARIA		1 Global			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
1	Tractor D-6	1	unidad	Q 3,000.00	Q 3,000.00
2	Motoniveladora	1	unidad	Q 2,000.00	Q 2,000.00
3	Vibrocompactadora	1	unidad	Q 2,000.00	Q 2,000.00
4	Excavadora	1	unidad	Q 3,000.00	Q 3,000.00
5	Martillo hidráulico	1	unidad	Q 3,000.00	Q 3,000.00
6	Cargador frontal	1	unidad	Q 2,000.00	Q 2,000.00
7	Retroexcavadora	1	unidad	Q 2,000.00	Q 2,000.00
8	Camiones	2	unidad	Q 1,000.00	Q 2,000.00
TOTAL					Q 19,000.00
COSTO DIRECTO					Q 19,000.00
COSTO INDIRECTO 35%					Q 6,650.00
TOTAL DEL RENGLON					Q 25,650.00
COSTO UNITARIO		1.00	Global	Q 25,650.00	Q 25,650.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 2,000,574.45

Fuente: elaboración propia.



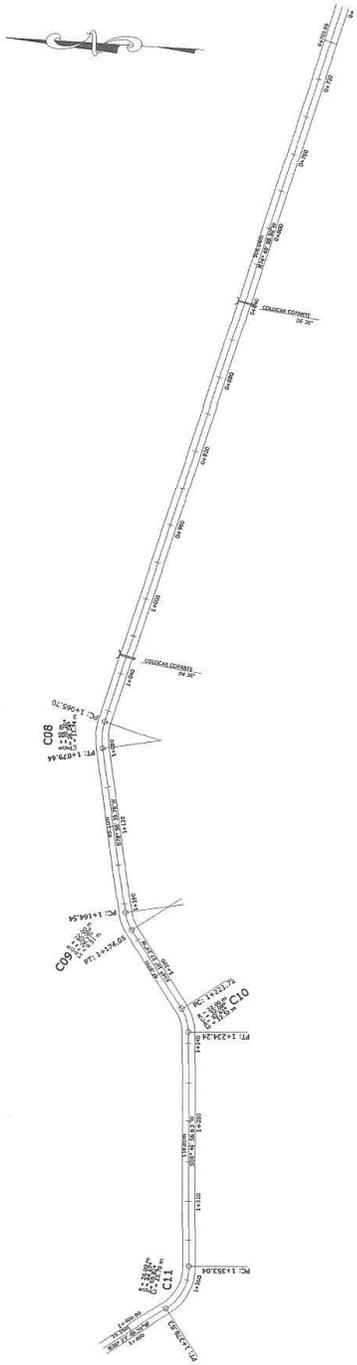
PLANTA
SECCION 0+000 - 0+700
ESCALA 1/2000

PERFIL
SECCION 0+000 - 0+700
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/25

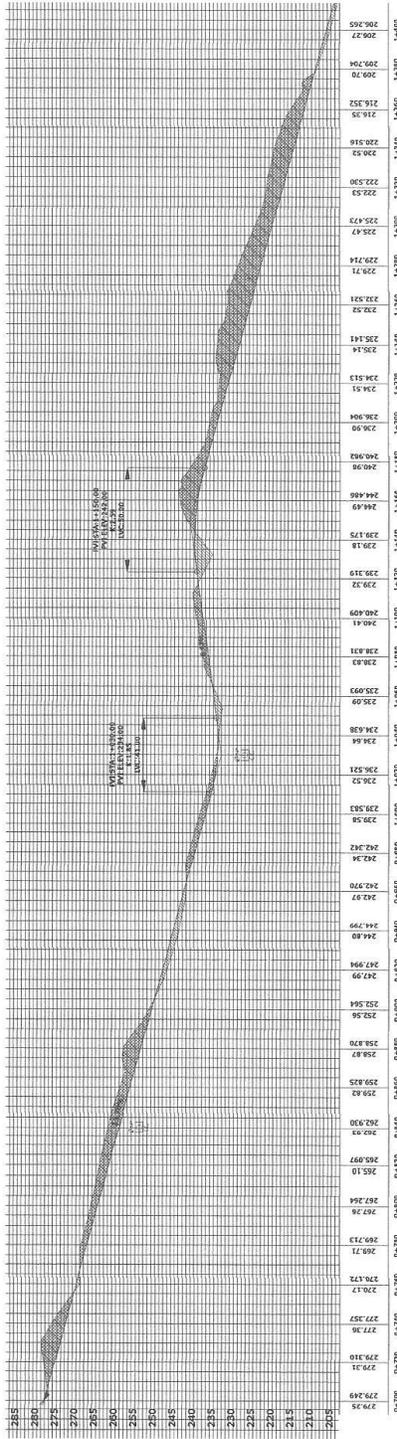

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:	RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA DE SAN CARLOS A SAN JUAN DEL RIO
ESTADIO:	ESTUDIO PRELIMINAR
CONTRATO:	CONTRATO N.º 100/2015
FECHA:	15/05/2015
PROYECTISTA:	ALVARO RAMIREZ GONZALEZ, ING. CIVIL
REVISOR:	ING. CIVIL
APROBADO:	ING. CIVIL

ESTACION	ELEVACION	TIPO DE TERRENO
0+000	300.00	TIPO 1
0+020	300.00	TIPO 1
0+040	300.00	TIPO 1
0+060	300.00	TIPO 1
0+080	300.00	TIPO 1
0+100	300.00	TIPO 1
0+120	300.00	TIPO 1
0+140	300.00	TIPO 1
0+160	300.00	TIPO 1
0+180	300.00	TIPO 1
0+200	300.00	TIPO 1
0+220	300.00	TIPO 1
0+240	300.00	TIPO 1
0+260	300.00	TIPO 1
0+280	300.00	TIPO 1
0+300	300.00	TIPO 1
0+320	300.00	TIPO 1
0+340	300.00	TIPO 1
0+360	300.00	TIPO 1
0+380	300.00	TIPO 1
0+400	300.00	TIPO 1
0+420	300.00	TIPO 1
0+440	300.00	TIPO 1
0+460	300.00	TIPO 1
0+480	300.00	TIPO 1
0+500	300.00	TIPO 1
0+520	300.00	TIPO 1
0+540	300.00	TIPO 1
0+560	300.00	TIPO 1
0+580	300.00	TIPO 1
0+600	300.00	TIPO 1
0+620	300.00	TIPO 1
0+640	300.00	TIPO 1
0+660	300.00	TIPO 1
0+680	300.00	TIPO 1
0+700	300.00	TIPO 1



PLANTA SECCION 0+700 - 1+400
ESCALA 1/1000

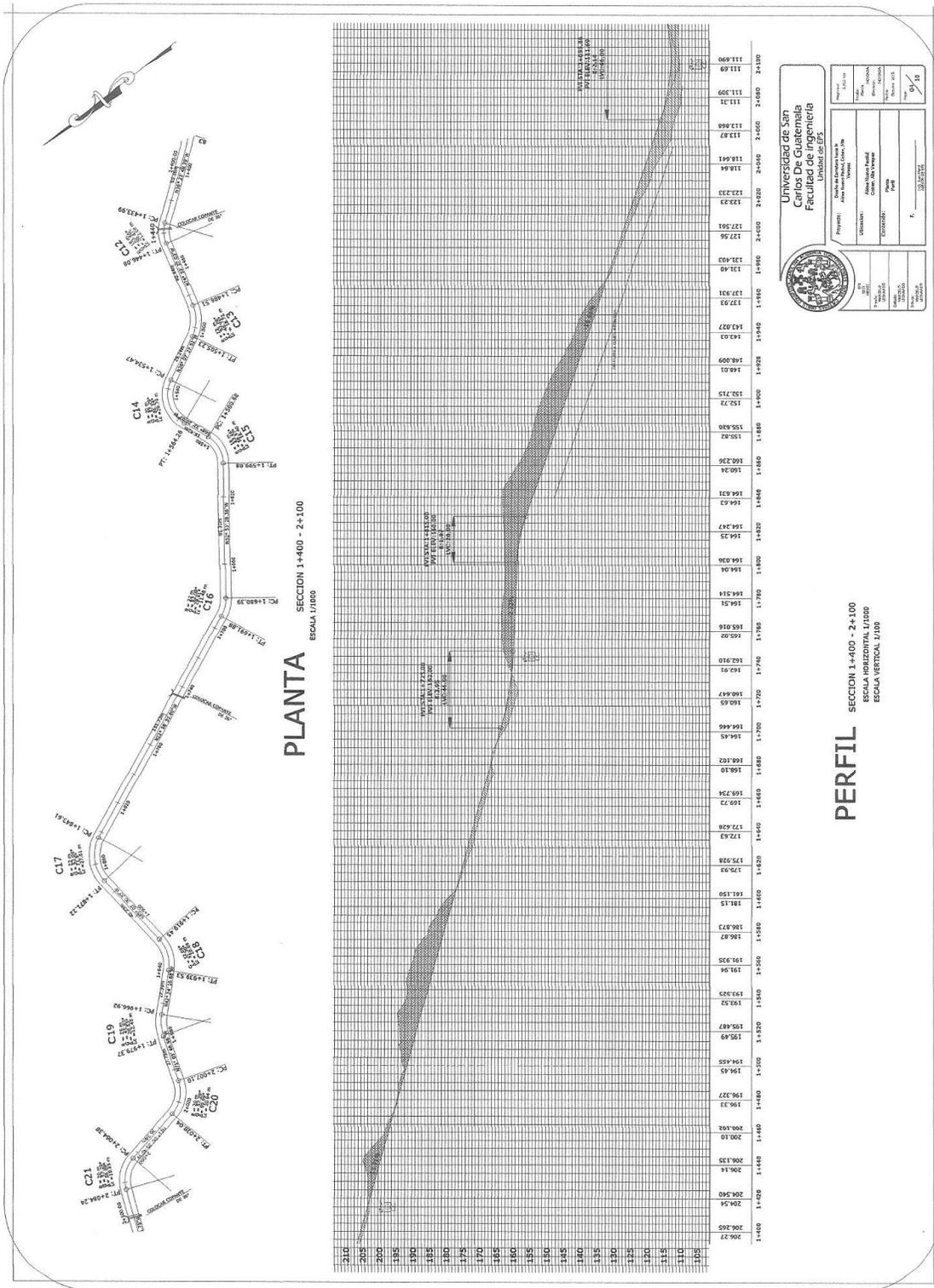


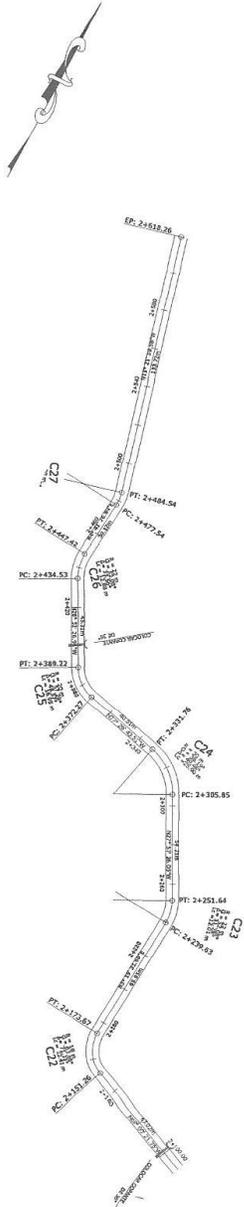
PERFIL SECCION 0+700 - 1+400
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/50


 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de EPT

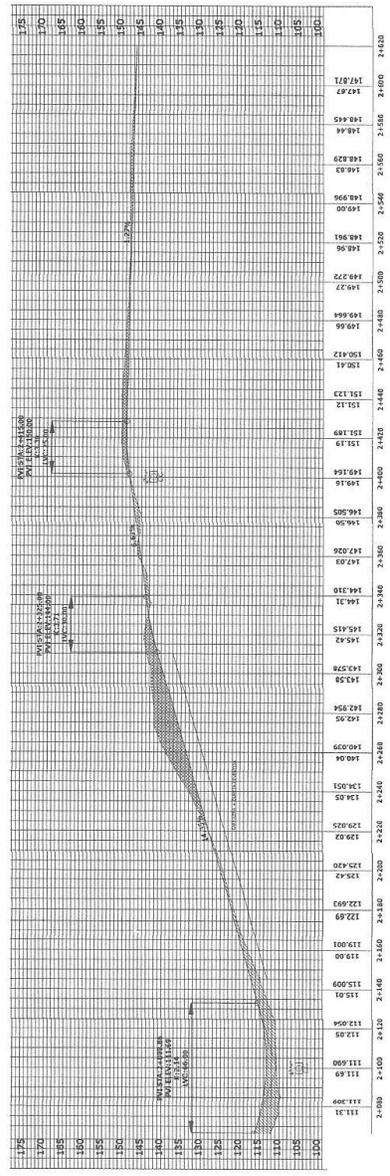
INGENIERO: / 16
 TITULO: / 16
 FECHA: / 16

UNIVERSIDAD: / 16
 CARRERA: / 16
 MATERIA: / 16
 TÍTULO: / 16
 FECHA: / 16





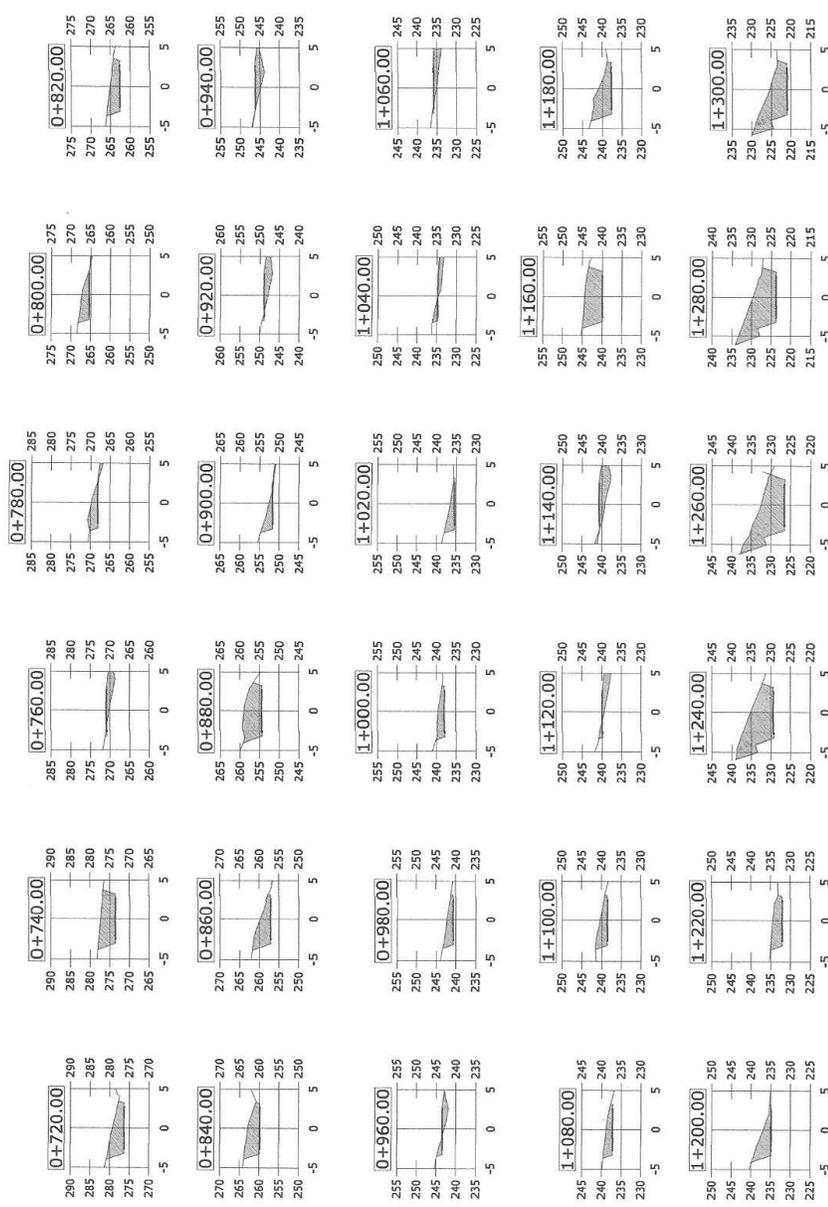
PLANTA SECCION 2+100 - 2+620
ESCALA 1/1000



PERFIL SECCION 2+100 - 2+620
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/400

Universidad de San
Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

PROYECTO: Mano Abierta	FECHA: 2017
ESTUDIO: Estudio de Ingeniería	PROYECTO: Mano Abierta
CLIENTE: Comunidad	FECHA: 2017
PROYECTO: Mano Abierta	FECHA: 2017
PROYECTO: Mano Abierta	FECHA: 2017



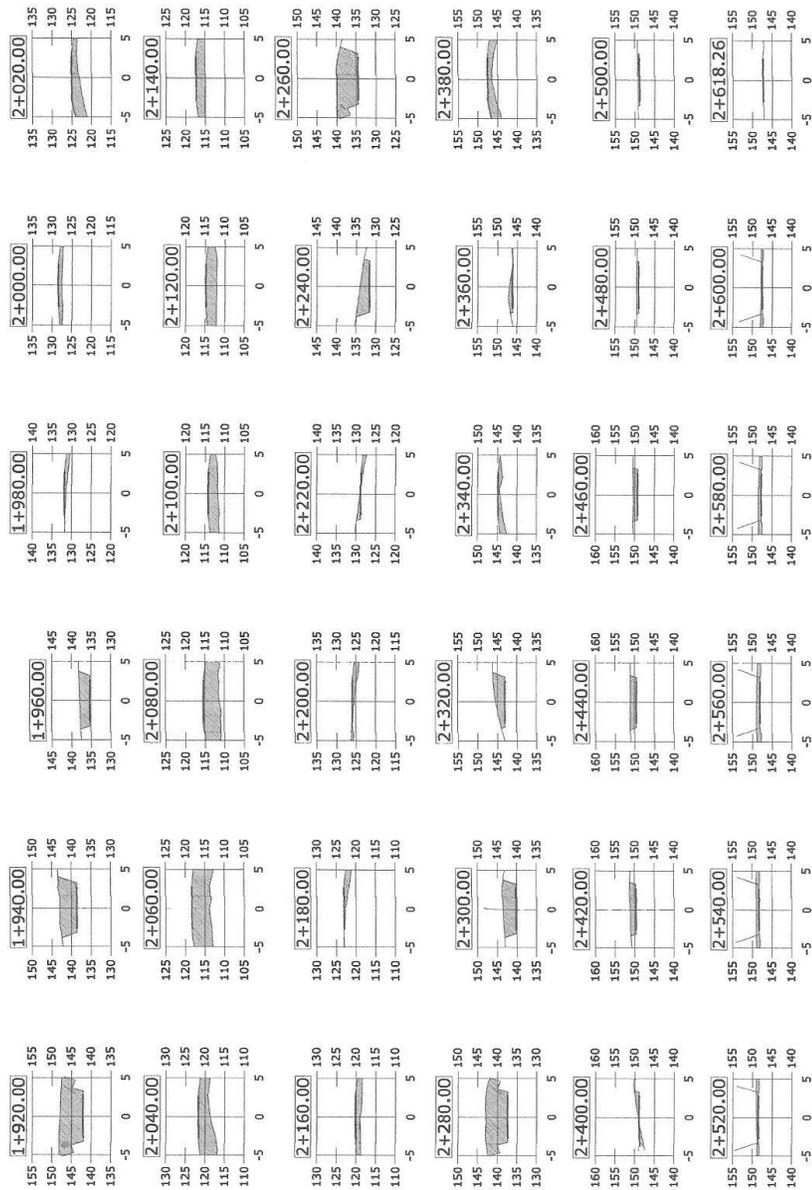
SECCIONES

ESCALA H: 1:200
ESCALA V: 1:25



Universidad de San
Carlos De Guatemala
Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD ES ES

Proyecto:	Asfalto Pavimentación	Escala:	1/25
Elaborado por:	Alfonso Pineda	Revisado por:	
Corregido por:		Fecha:	09/16
Fecha:		Hoja:	1 de 1



SECCIONES

ESCALA 1:1000
Escala 1:1250

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Unidad de Ingeniería

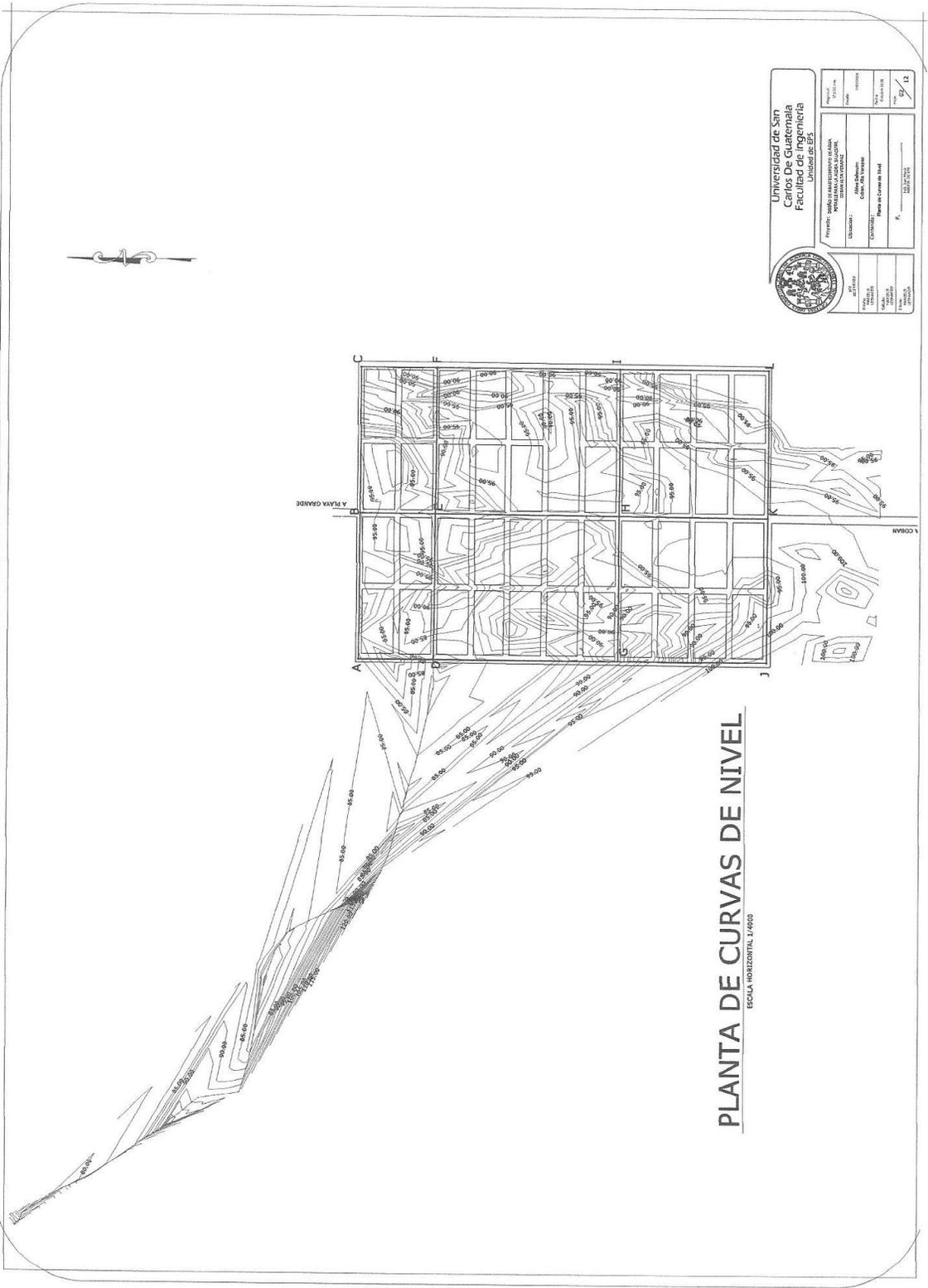
Proyecto: **Rediseño de la Carretera de San Carlos de Guatemala**

Ubicación: **Carretera de San Carlos de Guatemala**

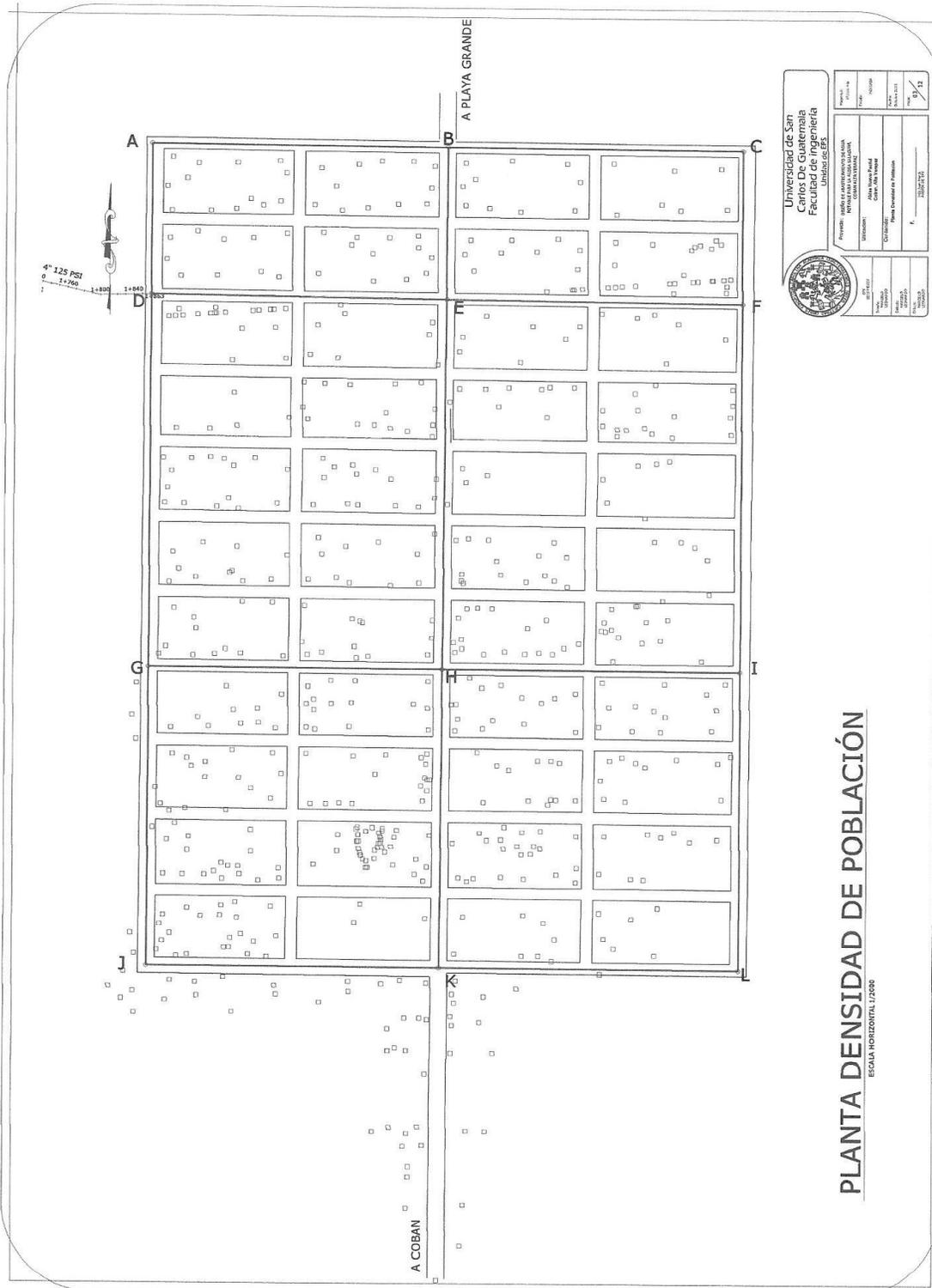
Categoría: **Carretera**

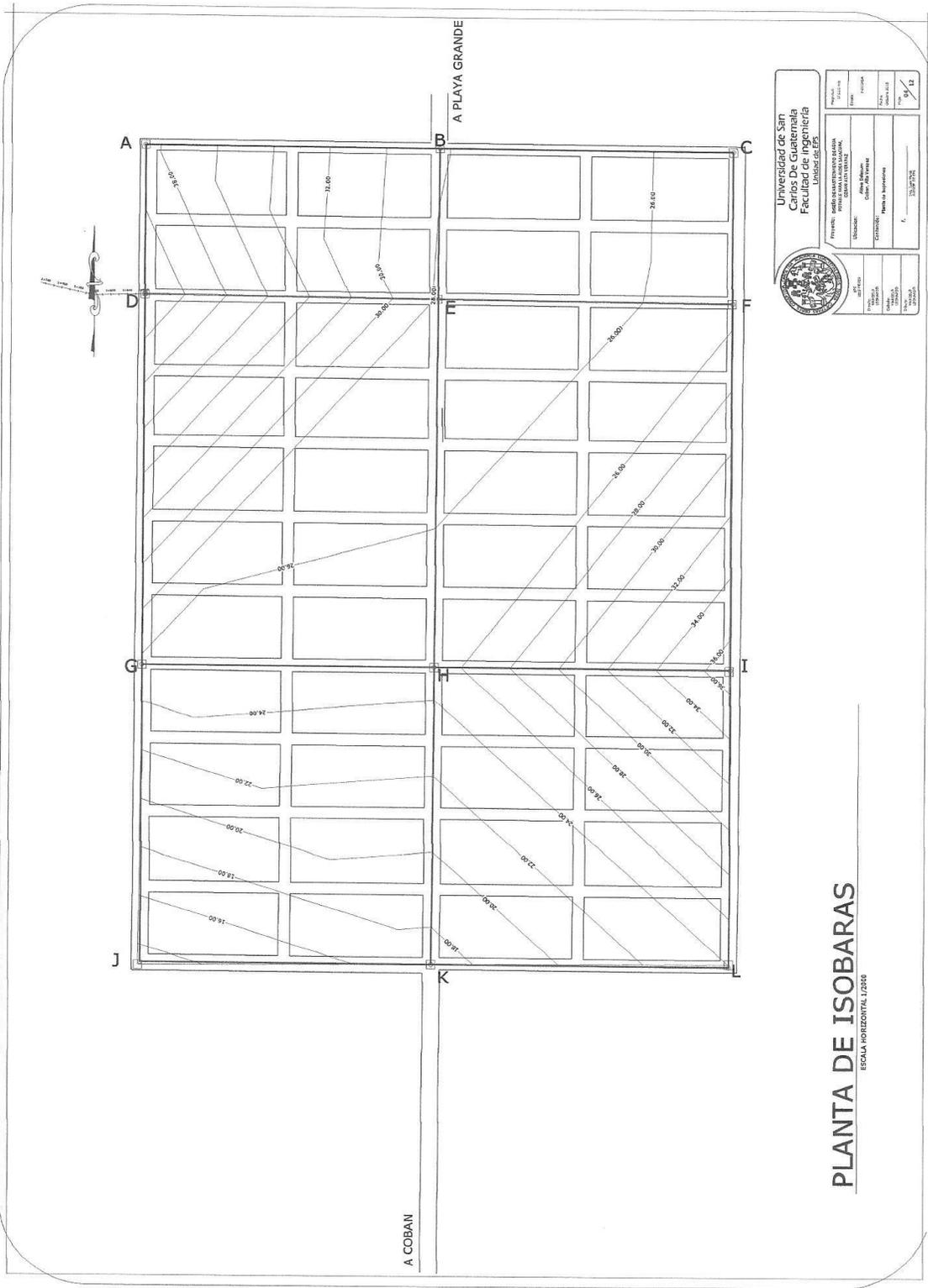
Escala: **1:1000**

No. de Hoja	1	Total de Hojas	1
Fecha de Emisión	15/05/2018	Fecha de Revisión	
Elaborado por	Diego M. Torres	Revisado por	
Corregido por		Revisado por	
Revisado por		Revisado por	
Revisado por		Revisado por	



Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería Unidad de EPS	
Proyecto: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL PERIODO DE ESTUDIO: 2018	Profesor: ALVARO Asesor: ALVARO
Ubicación: ALVARO Cursante: ALVARO	Fecha: 2018 Hoja: 12
Tema: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL Fecha: 2018 Hoja: 12	Escala: 1:400 Autor: ALVARO





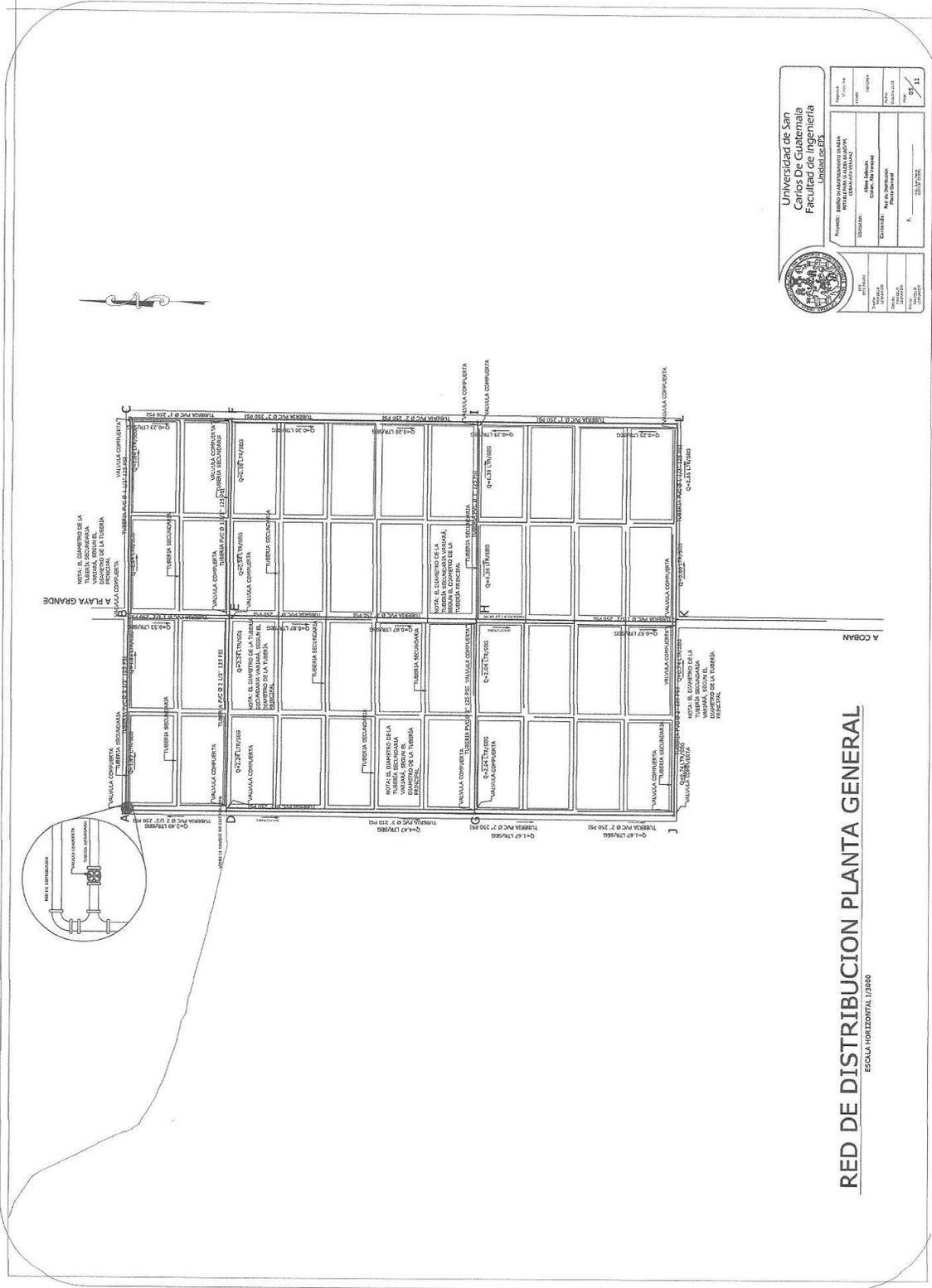
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de EPS

Proyecto: Construcción de la escuela primaria la Playa Grande, Cobán, Guatemala.
 Ubicación: Cobán, Alta Verapaz.
 Escala: Planta de Inspección.
 Fecha: 12/07/2022.

Profesor: [Blank]
 Asesor: [Blank]
 Diseñador: [Blank]
 Autor: [Blank]

No. de Hoja: 01 / 02

PLANTA DE ISOBARAS
 ESCALA HORIZONTAL 1/2000

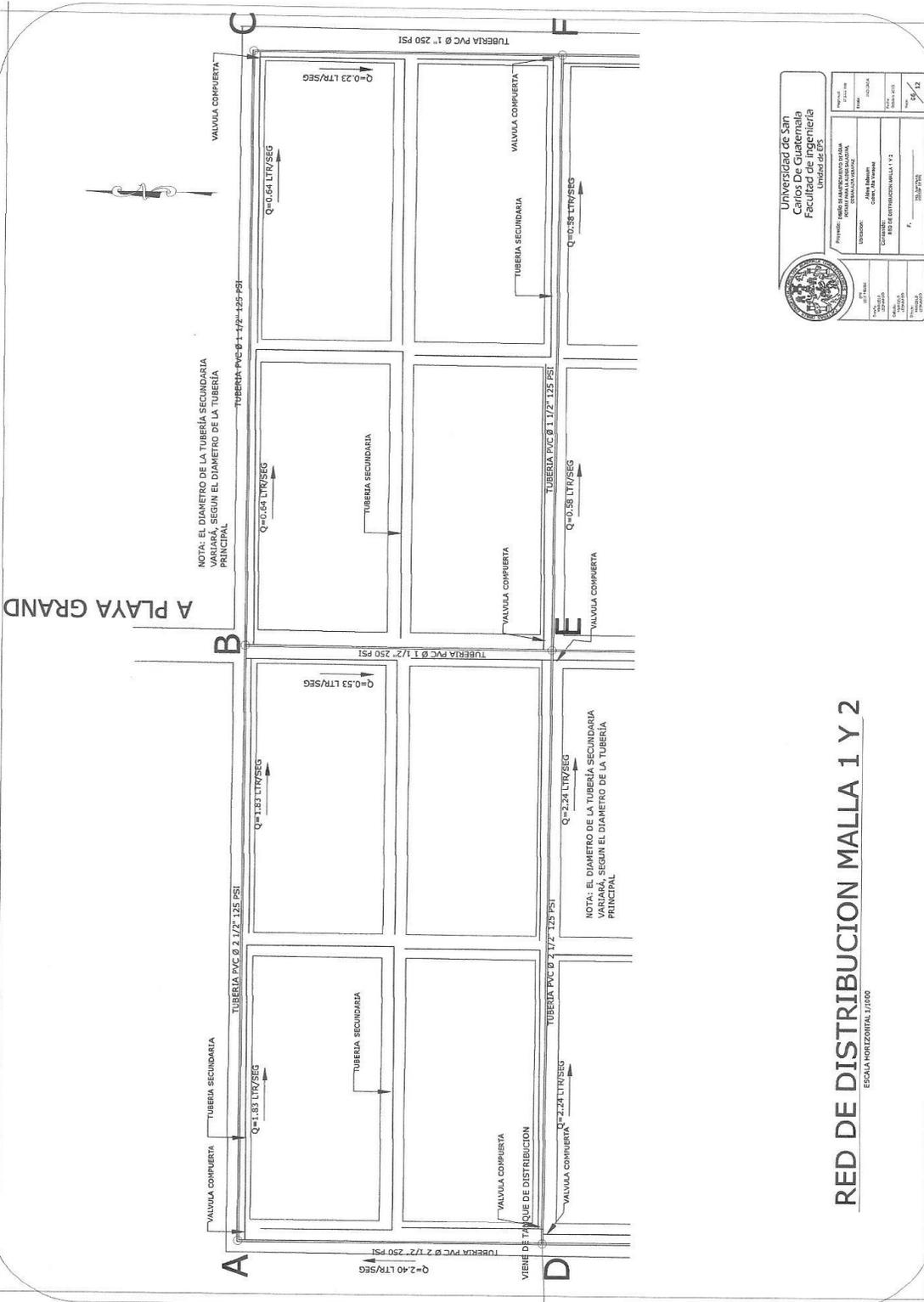




Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Unidad de ETS

PROYECTO: RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA EL COMPLEJO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PROYECTISTA: ALBERTO GONZALEZ	FECHA: 15/05/2014	ESCALA: 1:2000
EDIFICIO: COMPLEJO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	CLIENTE: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	HOJA: 11	TOTAL: 11

RED DE DISTRIBUCION PLANTA GENERAL
ESCALA HORIZONTAL 1:2000



A PLAYA GRAND

NOTA: EL DIAMETRO DE LA TUBERIA SECUNDARIA VARIARA, SEGUN EL DIAMETRO DE LA TUBERIA PRINCIPAL

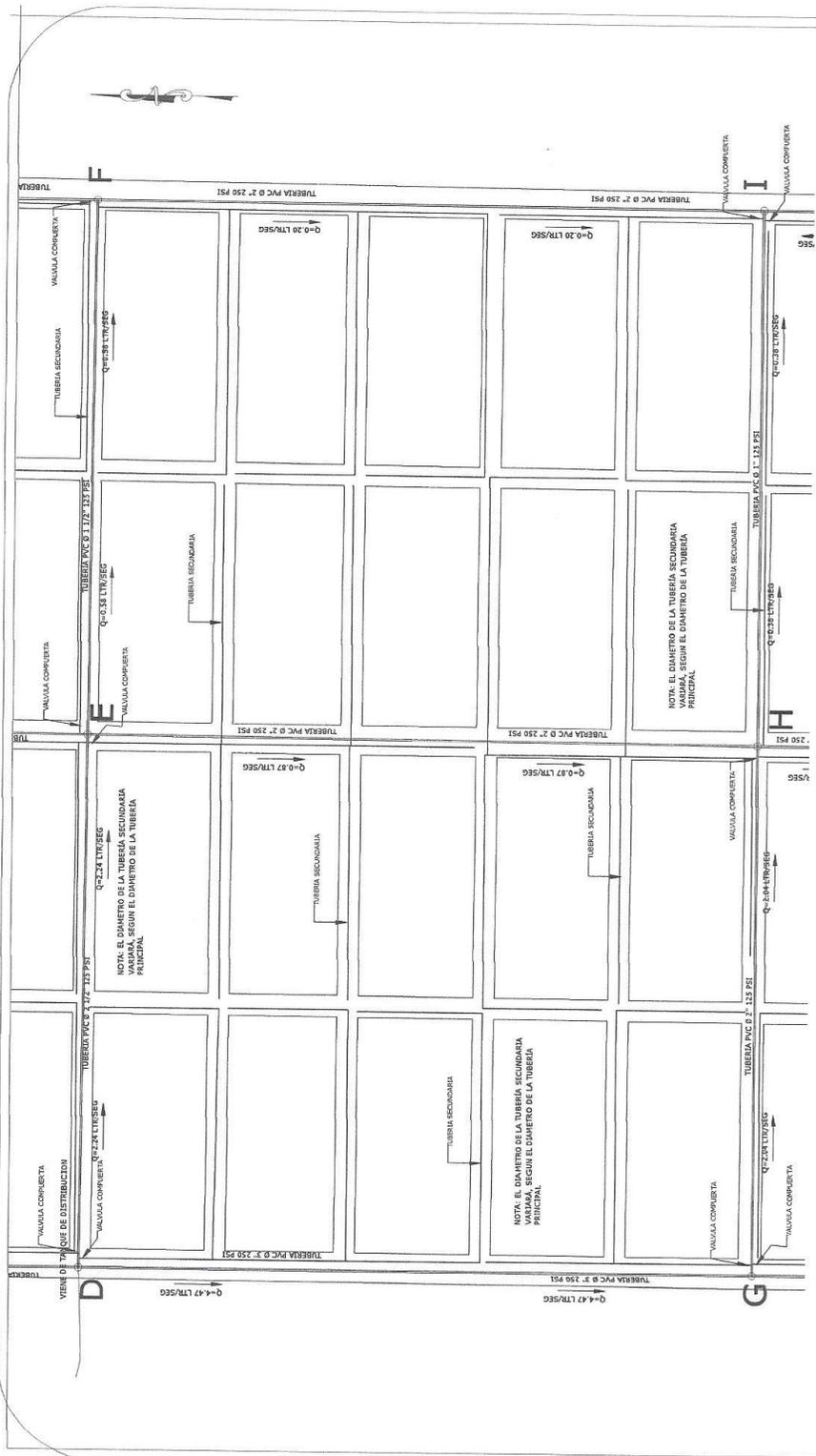
NOTA: EL DIAMETRO DE LA TUBERIA SECUNDARIA VARIARA, SEGUN EL DIAMETRO DE LA TUBERIA PRINCIPAL


 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de EPS

PROYECTO: RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA DE PLAYA GRAND	FECHA: 15/05/2018
ESTUDIOS: AREA DISEÑO	PROYECTISTA: J. J. J. J.
CLIENTE: COM. DE PLAYA GRAND	FECHA: 15/05/2018
UBICACION: RED DE DISTRIBUCION MALLA 1 Y 2	ESCALA: 1:100
FECHA: 15/05/2018	HOJA: 04 DE 12

RED DE DISTRIBUCION MALLA 1 Y 2

ESCALA HORIZONTAL 1:100

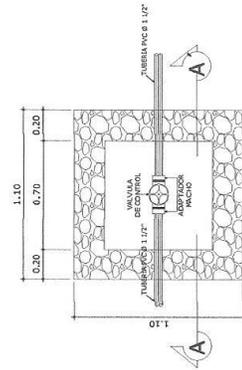



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de EIS

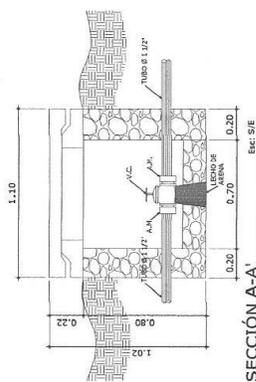
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA RED DE DISTRIBUCION MALLA 3 Y 4	FECHA: 15/03/2023
ESTUDIANTE: ANA RAQUEL GONZALEZ	GRUPO: 04
PROFESOR: CAROLINA YANINA	FECHA DE ENTREGA: 15/03/2023
INSTITUTO: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	FECHA DE ENTREGA: 15/03/2023
FECHA DE ENTREGA: 15/03/2023	FECHA DE ENTREGA: 15/03/2023

RED DE DISTRIBUCION MALLA 3 Y 4

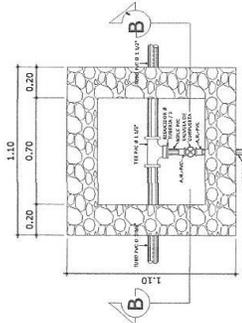
ESCALA HORIZONTAL 1/120



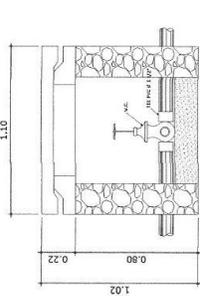
PLANTA VALVULA DE COMPUERTA
Esc. 5/E



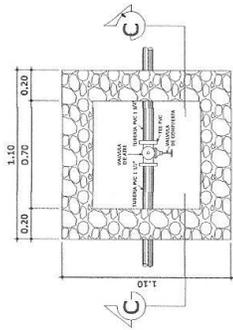
SECCION A-A'
VALVULA DE COMPUERTA
Esc. 5/E



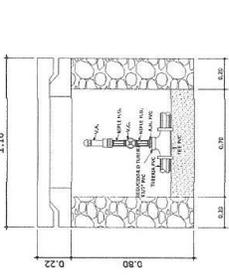
PLANTA VALVULA DE LIMPIEZA
Esc. 5/E



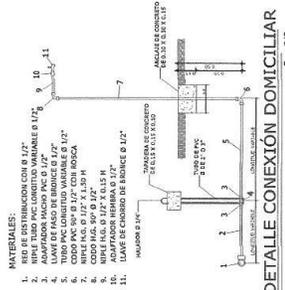
SECCION B-B'
VALVULA DE LIMPIEZA
Esc. 5/E



PLANTA VALVULA DE AIRE
Esc. 5/E

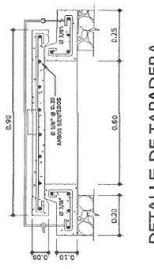


SECCION C-C'
VALVULA DE AIRE
Esc. 5/E



DETALLE CONEXION DOMICILIAR
Esc. 5/E

- MATERIALES:
1. NIPLE TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1 1/2"
 2. NIPLE TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1 1/2"
 3. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1 1/2"
 4. LLAVE DE PAGO DE BRONCE Ø 1/2"
 5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1 1/2"
 6. NIPLE PVC Ø 1 1/2" X 1.25" M. BRONCA
 7. NIPLE PVC Ø 1 1/2" X 1.25" M.
 8. CORPO HUS. Ø 1 1/2"
 9. ADAPTADOR REPIBA Ø 1 1/2"
 10. ADAPTADOR REPIBA Ø 1 1/2"
 11. LLAVE SECCION DE BRONCE Ø 1/2"



DETALLE DE TAPADERA
Esc. 5/E


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de EPS

PROYECTO:	REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
INTEGRANTES:	ALVARO GONZALEZ CARLOS ALVARO VARELA
COORDINADOR:	DETALLER
FECHA:	20/02/2023
HOJA:	15
TOTAL:	12

ANEXOS

Anexo 1. Análisis bacteriológico del agua- Salacuim



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
DIRECCION AREA DE SALUD, ALTA VERAPAZ
CENTRO DE SALUD TIPO "B" DE COBAN ALTA VERAPAZ
Unidad de Saneamiento Ambiental

República de Guatemala

Información de la(s) Muestra(s) ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA

Procedencia: Aldea Salacuim
Municipio: Cobán Departamento: Alta Verapaz
Responsable Toma: Marcelo Andres Leonardo Chacón Cargo: EPS Municipalidad Cobán
Fecha Ingreso: 02/02/2015 Nombre del Sistema: Sin Nombre (Nacimiento Finca Privada).
Fecha Egreso: 04/02/2015

Resultado del Análisis

No.	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	HORA	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	COLOR mg/L	TURBIDEZ UNT	pH
1	Nacimiento Finca Privada (Aldea Slacuim).	06:30	Mas de 100/100mL	Mas de 100	0	0	0
2	U. L.						
3							

RESULTADO DEL ANALISIS:

-- NO APTA PARA CONSUMO HUMANO --

Método:

Membrana de filtración. La Norma Coguánor NGO 29 001 Agua Potable: Establece "...El volumen de agua a utilizar con la membrana de filtración es de 100 mL. Se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de Escherichia Coli en 100 mL de agua. La ausencia de coliformes se interpreta que la muestra aislada satisface la norma de calidad para consumo humano..."

UNT Unidad Nefelométrica de turbiedad.

mL mililitros

No muestreado

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:

MUESTRA(S) NO ACEPTABLE(S)

SEGÚN NORMA COGUÁNOR NGO 29001 "ESPECIFICACIONES PARA AGUA POTABLE".


B. C. Elmer A. Rodríguez García
Inspector Centro de Salud de Cobán A. V.



----- ÚLTIMA LÍNEA -----

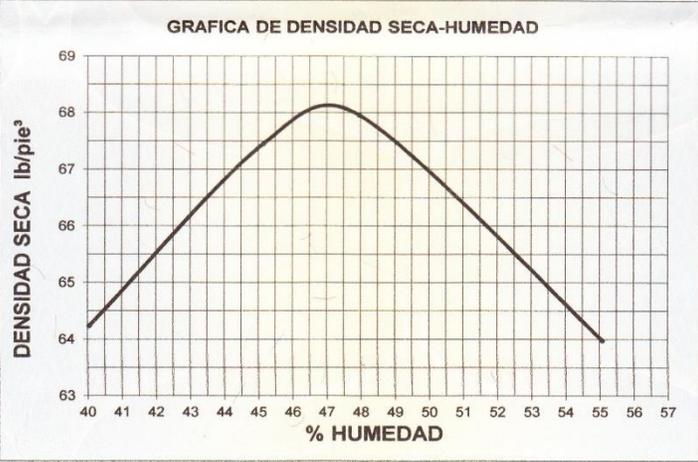
7 Calle 6-24 Zona 11, Cobán, A.V. / Tels. 7951-4155

Fuente: centro de salud tipo b de Cobán, Alta Verapaz.

Anexo 2. Ensayo de Compactación

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
INFORME No. 201 S.S.		O.T.: 34,311 No. 5115
Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón	Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99	
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180	
Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"		
Ubicación: Cobán, Alta Verapaz		
Fecha: lunes, 06 de abril de 2015		

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD

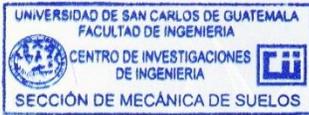


% Humedad	Densidad Seca (lb/pe³)
40	64.2
41	65.2
42	66.2
43	67.0
44	67.8
45	68.4
46	68.8
47	68.15
48	67.5
49	66.8
50	66.0
51	65.2
52	64.5
53	63.8
54	63.2
55	62.5

Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café		
Densidad seca máxima γ_d :	1,091.76 Kg/m ³	68.15 lb/pe ³
Humedad óptima Hop.:	47.00 %	
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.		
	Atentamente,	

Vo. Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Usac.

Anexo 3. Ensayo de Razón Soporte California (CBR)



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



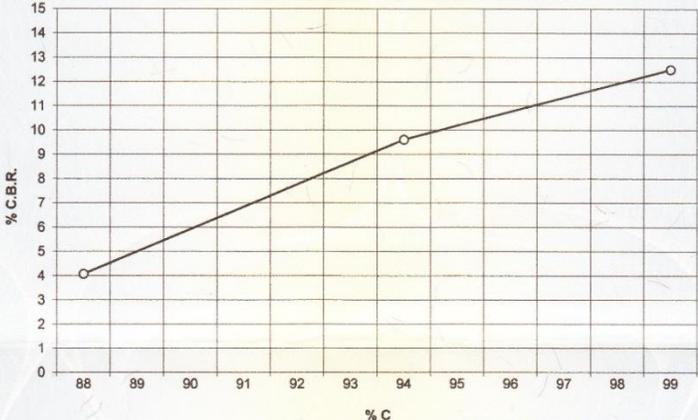
INFORME No. 202 S.S.

O.T. No. 34, ~~340~~ **5116**

Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"
 Ubicación: Cobán, Alta Verapaz
 Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café
 Fecha: lunes, 06 de abril de 2015

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_s (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	47.00	60.45	88.7	0.68	4.08
2	30	47.00	64.17	94.2	1.07	9.62
3	65	47.00	67.69	99.3	0.65	12.51

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



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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

FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Pláneta: 2418-2000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 3.



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



INFORME No. 206 S.S.

O.T. No. 34,340. **5120**

Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"
 Ubicación: Cobán, Alta Verapaz
 Descripción del suelo: Grava con Arena Arcillosa Color Café Anaranjado
 Fecha: lunes, 06 de abril de 2015

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	9.00	119.01	89.4	0.13	21.85
2	30	9.00	128.88	96.8	0.00	41.66
3	65	9.00	134.37	101.0	0.13	53.23

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



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 3.



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



Informe No.: 204 S.S.

O.T.: 34,312

No. 5118

Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

Norma: ASTM D6913-04

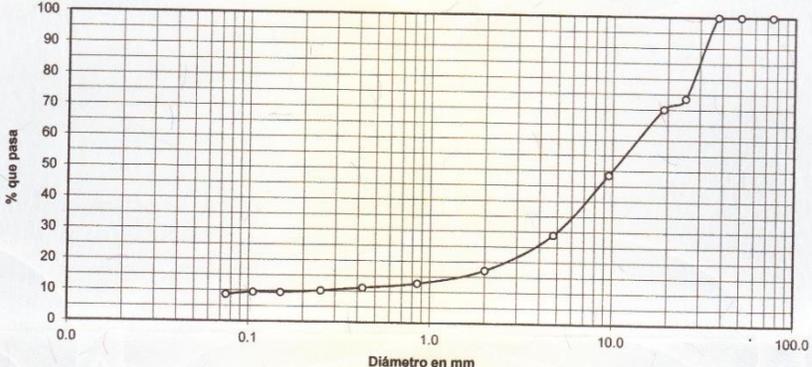
Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"

Ubicación: Cobán, Alta Verapaz

Fecha: lunes, 06 de abril de 2015

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	17.23
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	12.85
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	11.25
1"	25 mm	73.62	60	250 µm	10.19
3/4"	19.0 mm	70.13	100	150 µm	9.52
3/8"	9.5 mm	48.57	140	106 µm	9.52
4	4.75 mm	28.98	200	75 µm	8.72



Descripción del suelo: Grava con Arena Arcillosa Color Café Anaranjado

Clasificación: S.C.U.: GP-GC % de Grava: 71.02 D10: 0.25 mm
 P.R.A.: A-2-7 % de Arena: 20.25 D30: 5.00 mm
 % de finos: 8.72 D60: 14.0 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio 7-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://ci/usc.edu.gt>

Continuación del anexo 3.



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



INFORME No. 205 S.S.

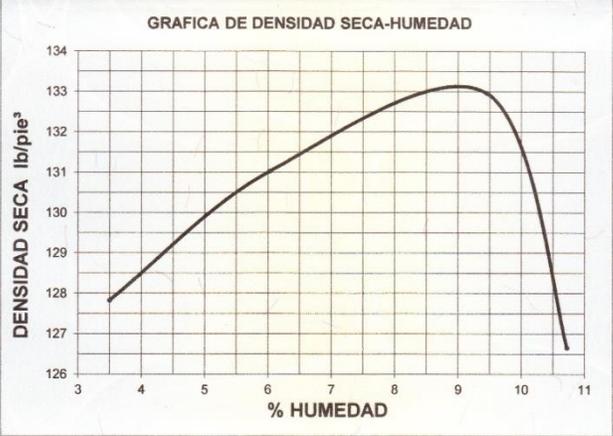
O.T.: 34,312

No. **5119**

Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"
Ubicación: Cobán, Alta Verapaz
Fecha: lunes, 06 de abril de 2015

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



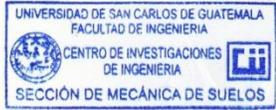
% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
3.5	127.8
4.0	128.5
5.0	129.5
6.0	130.5
7.0	131.5
8.0	132.5
9.0	133.1
10.0	132.0
10.5	127.0

Descripción del suelo: Grava con Arena Arcillosa Color Café Anaranjado
Densidad seca máxima γ_d : 2,132.26 Kg/m³ 133.10 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 9.00 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
Atentamente,

Vo. Bo.



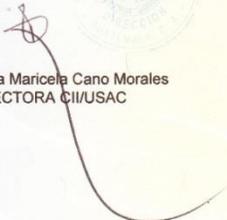
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Médrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 3.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA																
INFORME No. 199 S.S.	O.T.: 34,311	No. 5113															
Interesado: Marcelo Andrés Leonardo Chacón																	
Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera hacia la Aldea Nuevo Pactiul, Cobán, Alta Verapaz"																	
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG																	
Norma: AASHTO T-89 Y T-90																	
Ubicación: Cobán, Alta Verapaz																	
FECHA: lunes, 06 de abril de 2015																	
RESULTADOS:																	
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th>ENSAYO No.</th><th>MUESTRA No.</th><th>L.L. (%)</th><th>I.P. (%)</th><th>CLASIFICACION *</th><th>DESCRIPCION DEL SUELO</th></tr></thead><tbody><tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">N.P.</td><td style="text-align: center;">N.P.</td><td style="text-align: center;">ML</td><td style="text-align: center;">Arena Limosa Color Café</td></tr></tbody></table>	ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO	1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa Color Café					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO												
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa Color Café												
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD																	
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.																	
Atentamente,																	
Vo.Bo.	 Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos														
<small>FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC– Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt</small>																	

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC..

