



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA
CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**

Carlos Misael Trinidad Reyes

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA
CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS MISAEL TRINIDAD REYES
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
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 ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 10 de mayo de 2018.



Carlos Misael Trinidad Reyes

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de noviembre de 2018
REF.EPS.DOC.933.11.2018

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

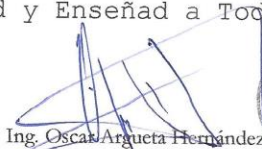
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Misael Trinidad Reyes, Registro Académico 201314524 y CUI 1739 30859 0108**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ.**

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. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra

Guatemala, 28 de noviembre de 2018

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 ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Misael Trinidad Reyes con registro académico 201314524 y CUI 1739 30859 0108, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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 INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA CIVIL
USAC



Guatemala,
23 de enero de 2019

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLANO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Misael Trinidad Reyes con CUI 1739308590108 Registro Académico No. 201314524, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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

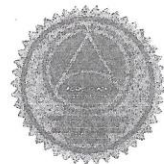


Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe Del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrm.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de enero de 2019
Ref.EPS.D.24.01.19

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 ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Misael Trinidad Reyes, Registro Académico 1739 30859 0108 y CUI 201314524**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación como Asesor-Supervisor, y Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinadora de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Misael Trinidad Reyes titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, marzo 2019

/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 142.2019

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 ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL EN LA ALDEA RANCHO ALEGRE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Misael Trinidad Reyes**, 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, marzo de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por regalarme la vida, guiarme en mi camino, ayudarme y cuidarme durante cada etapa de mi vida.
Mi padre	Carlos Alberto Trinidad, por ser el pilar fundamental de todos mis éxitos y mi ejemplo a seguir.
Mi madre	Estela Reyes, por cuidar de mis pasos a lo largo de mi vida y por ser mi mayor bendición.
Mis abuelos	Aida Reveca Trinidad Alonso y Ambrosia Reyes, por ser los cimientos en los que se apoyó mi familia.
Mi hermano	Elder Isai Trinidad Reyes, por su apoyo incondicional en todo momento.
Mis hermanas	Miriam Yusely y Carla Estela Trinidad Reyes por su apoyo a lo largo de mi carrera.
Mi sobrino	Carlos Raúl Martínez Trinidad por ser un ángel en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y formarme como un buen profesional.
Facultad de Ingeniería	En especial a todos los catedráticos, por transmitirme todos sus conocimientos que fueron necesarios para lograr esta importante meta en mi vida.
Ing. Oscar Argueta Hernández	Por ser mi guía y mentor en mi etapa de mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
Municipalidad de Sumpango, Sacatepéquez	En especial a la Dirección de Planificación por permitirme realizar mi EPS.
Mis amigos	Brandon Chigüichon, Mauricio Us, Héctor Cruz, Ervin Villavicencio, Daniel Santos, Noe Quan, Julio Ruiz, Wellington Flores, Byron Geovanni Chicoj Pérez, Alex Reyes, Alfredo Ramos y Raúl Martínez, por acompañarme en mi carrera y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

**Ing. Walter René Ichaj
Yoc.**

Por su apoyo y compartir todos sus conocimientos.

Arq. Rudy Sulá

Por todo el apoyo brindado durante la realización de mi EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea San José el Yalú	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Antecedentes históricos.....	1
1.1.3. Localización	2
1.1.4. Límites y extensión	3
1.1.5. Situación demográfica	3
1.1.6. Clima	3
1.1.7. Vías de acceso	7
1.2. Servicios públicos.....	7
1.2.1. Educación.....	7
1.2.2. Salud	7
1.2.3. Agua potable.....	7
1.2.4. Drenajes	8
1.2.5. Transporte	8
1.2.6. Energía eléctrica.....	8
1.3. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar.....	8

1.4.	Descripción de las necesidades	9
1.5.	Priorización de necesidades	9
1.6.	Monografía de la aldea Rancho Alegre	10
1.6.1.	Aspectos generales	10
1.6.2.	Antecedentes históricos	10
1.6.3.	Localización.....	10
1.6.4.	Límites y extensión.....	11
1.6.5.	Situación demográfica	11
1.6.6.	Clima	11
1.6.7.	Vías de acceso.....	15
1.7.	Servicios públicos.....	15
1.7.1.	Educación.....	15
1.7.2.	Salud	15
1.7.3.	Agua potable	15
1.7.4.	Drenajes	16
1.7.5.	Transporte	16
1.7.6.	Energía eléctrica	16
1.8.	Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar.....	16
1.9.	Descripción de las necesidades.....	17
1.10.	Priorización de necesidades	17
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	19
2.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ	19
2.1.1.	Descripción del proyecto	19
2.1.2.	Levantamiento topográfico	19
2.1.3.	Periodo de diseño	20

2.1.4.	Calculo de población futura	21
2.1.5.	Generalidades de un sistema de alcantarillado	21
2.1.6.	Consideraciones de diseño	22
2.1.7.	Cálculo de caudales	22
2.1.7.1.	Dotación	22
2.1.7.2.	Caudal domiciliario	22
2.1.7.2.1.	Factor de retorno	23
2.1.7.3.	Caudal de conexiones ilícitas	23
2.1.7.4.	Caudal de infiltración	24
2.1.7.5.	Caudal comercial	25
2.1.7.6.	Caudal industrial	25
2.1.8.	Factor de caudal medio (fqm)	25
2.1.9.	Factor de Harmon	26
2.1.10.	Caudal de diseño	26
2.1.11.	Determinación de la ruta	27
2.1.12.	Pendiente de tuberías	27
2.1.13.	Velocidad de diseño	27
2.1.14.	Fórmula de Manning	28
2.1.15.	Cálculo de cotas invert	29
2.1.16.	Diámetro de tubería	30
2.1.17.	Pozos de visita	30
2.1.17.1.	Especificaciones para pozos de visita	31
2.1.18.	Conexiones domiciliarias	31
2.1.18.1.	Caja o candela	31
2.1.18.2.	Tubería secundaria	31
2.1.19.	Profundidad de la tubería	32
2.1.20.	Ejemplo de cálculo hidráulico	33
2.1.21.	Tratamiento de aguas servidas	46

2.1.22.	Programa de operación y mantenimiento.....	46
2.1.23.	Propuesta de tarifa	47
2.1.24.	Planos y detalles	47
2.1.25.	Presupuesto	48
2.1.26.	Cronograma de ejecución	50
2.1.27.	Evaluación de impacto ambiental.....	52
2.1.28.	Evaluación socio-económica.....	58
2.1.28.1.	Valor presente neto	58
2.1.28.2.	Tasa interna de retorno	60
2.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA RANCHO ALEGRE, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ	60
2.2.1.	Descripción del proyecto	60
2.2.2.	Levantamiento topográfico	61
2.2.3.	Periodo de diseño	61
2.2.4.	Cálculo de población futura	62
2.2.5.	Generalidades de un sistema de alcantarillado.....	62
2.2.6.	Consideraciones de diseño	63
2.2.7.	Cálculo de caudales	63
2.2.7.1.	Dotación	63
2.2.7.2.	Caudal domiciliar.....	63
2.2.7.2.1.	Factor de retorno.....	64
2.2.7.3.	Caudal de conexiones ilícitas	64
2.2.7.4.	Caudal de infiltración.....	64
2.2.7.5.	Caudal comercial.....	65
2.2.7.6.	Caudal industrial.....	65
2.2.8.	Factor de caudal medio (fqm).....	65
2.2.9.	Factor de Harmon	66

2.2.10.	Caudal de diseño	66
2.2.11.	Determinación de la ruta.....	66
2.2.12.	Pendiente de tuberías.....	67
2.2.13.	Velocidad de diseño	67
2.2.14.	Fórmula de Manning.....	67
2.2.15.	Cálculo de cotas invert	68
2.2.16.	Diámetro de tubería	69
2.2.17.	Pozos de visita.....	69
	2.2.17.1. Especificaciones de pozos de visita	69
2.2.18.	Conexiones domiciliarias	70
	2.2.18.1. Caja o candela.....	70
	2.2.18.2. Tubería secundaria.....	70
2.2.19.	Profundidad de la tubería	71
2.2.20.	Ejemplo de cálculo hidráulico	71
2.2.21.	Tratamiento de aguas servidas.....	84
2.2.22.	Programa de operación y mantenimiento	84
2.2.23.	Propuesta de tarifa	85
2.2.24.	Planos y detalles.....	85
2.2.25.	Presupuesto.....	85
2.2.26.	Cronograma de ejecución.....	89
2.2.27.	Evaluación de impacto ambiental	90
2.2.28.	Evaluación socioeconómica.....	94
	2.2.28.1. Valor presente neto	95
	2.2.28.2. Tasa interna de retorno	96
2.3.	DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA RANCHO ALEGRE, SUMPANGO SACATEPÉQUEZ.....	96
2.3.1.	Descripción de proyecto	96

2.3.2.	Selección de la ruta.....	97
2.3.3.	Levantamiento topográfico	97
2.3.3.1.	Altimetría	97
2.3.3.2.	Planimetría	97
2.3.3.3.	Secciones transversales.....	98
2.3.4.	Mecánica de suelos.....	98
2.3.4.1.	Ensayos de laboratorio.....	98
2.3.5.	Diseño geométrico	103
2.3.5.1.	Alineamiento horizontal	103
2.3.5.1.1.	Diseño de localización	103
2.3.5.1.2.	Elementos de curvas horizontales.....	104
2.3.5.1.3.	Curvas de transición ...	107
2.3.5.1.4.	Peralte.....	108
2.3.5.1.5.	Sobreechancho.....	109
2.3.5.2.	Alineamiento vertical	110
2.3.5.2.1.	Subrasante y pendientes.....	110
2.3.5.2.2.	Curvas verticales y correcciones.....	111
2.3.6.	Movimiento de tierras	114
2.3.6.1.	Cálculo de áreas y secciones transversales	115
2.3.6.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	116
2.3.6.3.	Balance y diagrama de masas	119
2.3.7.	Consideraciones de diseño en pavimentos	121
2.3.7.1.	Tipos de pavimentos	122
2.3.7.2.	Subrasante	122

	2.3.7.3.	Subbase	123
	2.3.7.4.	Carpeta de rodadura.....	124
2.3.8.		Diseño de la carpeta de rodadura.....	125
	2.3.8.1.	Método PCA (Portland Cement Association)	125
	2.3.8.2.	Diseño de juntas	130
	2.3.8.3.	Diseño de mezcla	133
2.3.9.		Drenajes	138
	2.3.9.1.	Estudio hidrológico, método racional, para la determinación de caudales de diseño	139
	2.3.9.2.	Diseño de cunetas y canales de desfogue.....	139
	2.3.9.3.	Diseño de drenajes transversales.....	143
	2.3.9.4.	Contra cunetas	147
2.3.10.		Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento	148
2.3.11.		Planos finales	150
2.3.12.		Presupuesto del proyecto	151
	2.3.12.1.	Integración de precios unitarios	151
	2.3.12.2.	Resumen de presupuesto.....	152
2.3.13.		Cronograma de ejecución física y financiera	154
2.3.14.		Evaluación de impacto ambiental	155
CONCLUSIONES			161
RECOMENDACIONES.....			163
BIBLIOGRAFÍA.....			165
APÉNDICES			167
ANEXOS			201

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Sumpango Sacatepéquez	2
2.	Localización de las aldeas San José el Yalú y Rancho Alegre	2
3.	Elementos de curva horizontal simple.....	104
4.	Tipos de curvas verticales.....	111
5.	Tipos de secciones transversales	116
6.	Volumen entre secciones del mismo tipo.....	117
7.	Volumen de corte y relleno entre secciones transversales de terreno de diferente tipo	118
8.	Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+541,79.....	120
9.	Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+278,94.....	121
10.	Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+176,66.....	121
11.	Determinación de la reacción K por medio del C.B.R	127
12.	Área de influencia de la cuenca	139

TABLAS

I.	Temperatura medio (°C).....	3
II.	Precipitación (mm/año)	4
III.	Humedad relativa promedio (%).....	5
IV.	Nubosidad (octas)	6
V.	Velocidad del viento (km/h)	6
VI.	Temperatura medio (°C).....	11
VII.	Precipitación (mm/año)	12

VIII.	Humedad relativa promedio (%)	13
IX.	Nubosidad (octas).....	14
X.	Velocidad del viento (km/h).....	14
XI.	Tabla I. Factor de infiltración.....	24
XII.	Profundidad mínima del colector para tuberías de PVC	32
XIII.	Profundidad mínima del colector para tuberías de concreto.....	33
XIV.	Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario	38
XV.	Ejemplo de integración de precios unitario	48
XVI.	Resumen general del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	50
XVII.	Cronograma de ejecución física y financiera.	51
XVIII.	Evaluación de impacto ambiental inicial (EAI)	53
XIX.	Factor de infiltración.....	64
XX.	Cálculo hidráulico sistema alcantarillado sanitario Rancho Alegre	76
XXI.	Ejemplo de integración de precios unitario	86
XXII.	Resumen general del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario.	87
XXIII.	Cronograma de ejecución física y financiera	89
XXIV.	Evaluación de impacto ambiental	90
XXV.	Resumen de resultados de laboratorio.	102
XXVI.	Clasificación de subrasante	103
XXVII.	Valores K para curvas verticales.....	112
XXVIII.	Curvas verticales del tramo de carretera	114
XXIX.	Relación de taludes para corte y relleno.....	115
XXX.	Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado	123
XXXI.	Categoría de carga por eje	126
XXXII.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	128
XXXIII.	Valores de K para diseño sobre base granular (PCA)	129

XXXIV.	Pavimento con juntas y agregados de trabe para carreteras de categoría 1.....	130
XXXV.	Pendiente transversal recomendada según tipo de superficie	133
XXXVI.	Asentamientos recomendados.....	134
XXXVII.	Relación agua - asentamiento.....	135
XXXVIII.	Contenidos de agua recomendados	135
XXXIX.	Porcentaje de agregado fino	137
XL.	Coeficiente del modelo estándar para la estación climática Suiza Contenta.....	141
XLI.	Valores indicativos de coeficientes de escorrentía.....	142
XLII.	Integración de precio unitario	151
XLIII.	Resumen general del presupuesto de la pavimentación.....	153
XLIV.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	154
XLV.	Evaluación de impacto ambiental.....	155

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q dis	Caudal de diseño
Q dom	Caudal domiciliar
Q Ind	Caudal industrial
Q med	Caudal medio
cm	Centímetro
C	Coefficiente de escorrentía
CT	Cota de terreno
C.I.E	Cota invert de entrada
C.I.S	Cota invert de salida
CM	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
D	Diámetro de tubería
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
E	External
Fqm	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de Harmon
G	Grado de curvatura
=	Igual a
I	Intensidad de lluvia
Lts./hab./día	Litros por habitante por día

LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
L	Longitud de tubería
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
k	Módulo de reacción
Núm. Hab	Número de habitantes
OM	Ordenada media
S	Pendiente
e	Peralte
PV	Pozo de visita
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
M	Punto medio u ordenada media
R	Radio
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
S	Sobreechancho

St	Subtangente
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro del drenaje
STERRENO%	Pendiente del terreno

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials. (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
Acometida domiciliar	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Agua pluvial	Agua proveniente de la lluvia.
Agua residual	Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
AutoCAD	Software en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2d y 3d.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas residuales desde el interior de la vivienda hasta el frente de esta, donde se encuentra la candela.

Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Desfogue	Lugar donde se liberan las aguas residuales provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.
Escorrentía	Flujo de agua pluvial que corre libremente sobre la superficie.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de Harmon	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de ser utilizada va al sistema de drenaje.
Factor de rugosidad	Factor que expresa que tan lisa es una superficie.
Infiltración	Introducción de un líquido entre los poros de un sólido.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal

INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Intensidad de lluvia	Relación entre la precipitación pluvial y su duración.
Pavimento	Capa lisa, dura y resistente de asfalto, concreto, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano.
PCA	Portland Cement Association. (Asociación del Cemento Portland).
Período de diseño	Período de tiempo el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
Tabulador	Tecla que se presiona para separar concepto de significado.
Talud	Inclinación de un terreno o un muro.
Tirante	Profundidad de flujo (agua).
TPD	Tránsito promedio diario
TPDA	Tráfico promedio diario anual
TPPD	Tráfico pesado promedio diario

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene una propuesta para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación de la calle principal en la aldea Rancho Alegre y sistema de alcantarillado sanitario en la aldea San José el Yalú, Sumpango, Sacatepéquez, con el objetivo de mejorar las condiciones sanitarias de la comunidad.

El contenido se divide en dos capítulos: iniciando con el capítulo I en el cual se encuentra la fase de investigación donde se describen aspectos monográficos, de carácter socioeconómico y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de los lugares en estudio. En el capítulo II se describe la situación actual del municipio, comprende el servicio técnico profesional, presenta el diseño de los dos sistemas de alcantarillado sanitario, los cuales fueron seleccionados según al diagnóstico realizado.

Continúa con el diseño, planificación y todos los estudios necesarios para la pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre, el tramo a pavimentar cuenta con un largo de 997,39 metros, fue diseñado con pavimento rígido con 20 cm de espesor y una sección típica de 3,00 metros por cada carril, teniendo en cuenta que son 2 carriles, el diseño y planificación de los sistemas de drenaje cuentan con un largo de 2 206 metros para la aldea San José el Yalú y de 2051 metros para la aldea Rancho Alegre.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación de la calle principal en la aldea Rancho Alegre y sistema de alcantarillado sanitario en la aldea San José el Yalú, Sumpango, Sacatepéquez.

Específicos

1. Elaborar la monografía de las aldeas donde se realizará el diseño.
2. Diseñar y elaborar la planificación para la pavimentación por el método simplificado del PCA (Portland Cement Association) basado en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de Caminos.
3. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para cada una de las aldeas, aplicando principios hidráulicos y las normas técnicas del INFOM, UNEPAR.
4. Elaborar planos, presupuesto, cronograma y evaluación de impacto ambiental para cada proyecto.

INTRODUCCIÓN

El proceso de diseño del sistema de alcantarillado sanitario y la pavimentación de la calle principal en la aldea Rancho Alegre y sistema de alcantarillado sanitario en la aldea San José el Yalú, inició con una investigación histórica de las comunidades, sus costumbres y aspectos sociales y económicos. Hubo acercamiento con autoridades municipales y líderes comunitarios, lo permitió conocer las necesidades y definir los proyectos para estas aldeas.

Con la ayuda de entrevistas a líderes locales y vecinos de las aldeas, se recolectó la información necesaria, la cual permitió conocer los parámetros sociales y económicos. Para el diseño de los alcantarillados sanitarios fue necesaria información sobre la población, distribución, empleo y disposición final del recurso agua potable; esta información fue obtenida en reuniones realizadas con líderes locales. Se realizó un levantamiento topográfico general para cada aldea, a través del cual se obtuvo la información de planimetría y altimetría, la cual es la base para el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario.

Paralelo al cálculo topográfico y diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y la pavimentación, se realizó una investigación institucional sobre la población, las condiciones climáticas prevalecientes en el área, vías de acceso y condiciones sanitarias del lugar, información que provee los parámetros necesarios utilizados en las ecuaciones y algoritmos, que definirán las características de los elementos que integrarán cada uno de los proyecto.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea San José el Yalú

A continuación se describen las especificaciones de la ubicación exacta de la aldea San José el Yalú, Sumpango, Sacatepéquez.

1.1.1. Aspectos generales

Sumpango se ubica al norte del departamento de Sacatepéquez. Está compuesto por las aldeas: Las Flores, San Rafael el Arado, El Rejón, El Tunino, Santa Marta, El Chipotón, Rancho Alegre y San José el Yalú. A continuación se describe la monografía para las dos últimas aldeas.

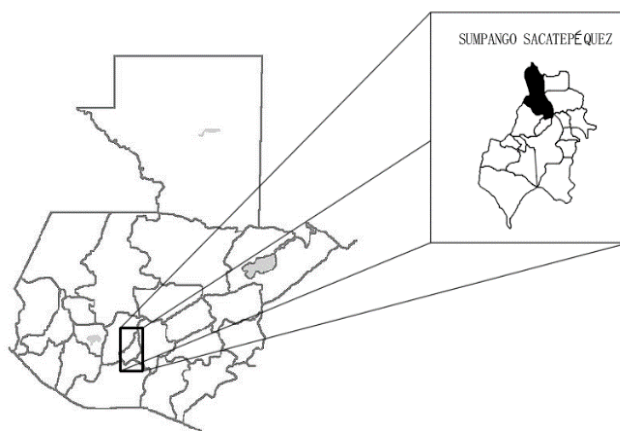
1.1.2. Antecedentes históricos

La aldea San José el Yalú existe hace aproximadamente 60 años, su origen se debe a que sus suelos fértiles eran utilizados para la agricultura y floricultura contribuyendo con ello al desarrollo de la comunidad. Además, por parte de acción cívica del Ejército Nacional, se construyó la carretera de aproximadamente 8,6 km que comunica las aldeas: San José el Yalú, San Rafael el Arado y Santa Marta para finalmente entroncar en la Ruta Interamericana CA-1, en el kilómetro 42,3.

1.1.3. Localización

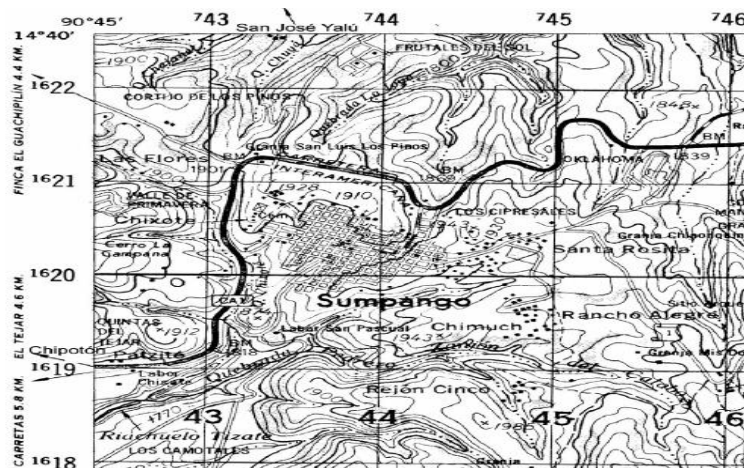
La aldea San José el Yalú se encuentra al noroeste del municipio de Sumpango Sacatepéquez.

Figura 1. Ubicación del municipio de Sumpango, Sacatepéquez



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 2. Localización de las aldeas San José el Yalú y Rancho Alegre



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.4. Límites y extensión

La aldea San José El Yalú limita al norte con San Juan Sacatepéquez; al sur con aldea San Rafael el Arado; al este con San Juan Sacatepéquez y al oeste con aldea Guachipilín. Posee una extensión geográfica de 4,6 km².

1.1.5. Situación demográfica

La aldea San José Yalú cuenta con 1 738 habitantes, 881 del género masculino y 863 del femenino, de acuerdo al censo realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado. El índice de alfabetismo es del 75 %.

1.1.6. Clima

La estación meteorológica más cercana al municipio es llamada "Suiza Contenta" ubicada en la latitud 14° 37' 08", longitud 90° 39' 40", municipio de San Lucas Sacatepéquez. El clima predominante es frío.

Tabla I. **Temperatura medio (°C)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1997	****	*****	*****	22.0	19.6	20.0	20.4	19.6	****	*****	*****	20.0	20.3
1998	21.0	21.2	21.0	23.0	20.0	18.1	18.7	18.0	16.1	14.5	15.0	14.3	18.4
1999	12.0	20.1	20.5	21.6	20.9	18.6	18.2	19.3	18.5	17.2	16.5	20.2	18.6
2000	19.1	19.7	21.2	21.5	21.1	20.5	20.0	21.7	20.0	****	17.8	17.2	20.0
2001	18.5	****	20.1	20.7	19.8	19.6	19.2	18.3	18.1	18.0	18.3	19.1	18.5
2002	18.9	18.4	19.3	20.2	18.3	18.4	18.7	18.8	18.6	19.6	17.3	17.1	18.7
2003	17.5	18.0	20.5	21.1	19.2	18.8	19.0	19.6	19.8	18.6	18.1	14.7	18.7
2004	14.9	17.6	17.3	18.0	*****	*****	*****	*****	*****	16.9	14.2	12.8	16.0
2005	12.0	14.2	15.9	17.8	18.6	17.6	17.0	17.0	17.0	16.0	14.5	15.0	16.1
2006	14.0	14.0	15.0	16.0	18.0	17.1	18.0	17.6	17.0	16.2	15.4	15.4	16.1
2007	16.0	17.0	16.0	17.0	18.0	17.0	17.5	17.6	17.5	15.0	15.7	16.0	16.7
2008	14.6	15.4	16.2	17.2	18.0	17.0	17.0	17.0	18.0	16.0	15.3	16.0	16.5

Continuación de la tabla I.

2009	15.0	14.8	14.3	17.0	17.4	17.4	17.6	17.7	18.9	17.5	16.5	15.5	16.6
2010	15.2	16.0	17.1	18.0	18.2	17.8	17.8	17.5	17.2	16.4	15.5	14.0	16.7
2011	15.0	15.0	15.1	17.0	17.8	17.0	17.2	17.6	17.2	15.9	15.5	15.0	16.3
2012	14.2	15	15.2	16.2	17.3	17.2	17.2	17.2	17	16.4	15.3	15.6	16.2
2013	15.7	16.0	16.6	18.1	17.2	17.6	17.4	17.0	17.0	ND	ND	ND	17.0
2014	14.9	15.4	16.7	17.6	18.0	17.4	18.0	17.0	17.0	16.0	16.0	15.0	16.6
2015	15.0	15.0	16.0	18.0	17.7	17.5	17.0	17.8	17.5	17.0	16.7	16.0	16.8
2016	15.7	14.8	17.1	18.1	19.0	17.5	17.5	17.5	17.1	16.9	N/D	15.9	17.0
2017	15.3	16.0	16.0	16.0	18.2	17.5	17.8	17.3	17.7	17.0	16	16.0	16.7
2018	14.6	15.6	16.5	17.0	17.6	17.0	17.3	17.0	17.5				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla II. **Precipitación (mm/año)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	0.0	8.0	0.0	0.0	100.4	448.3	264.4	245.7	146.9	63.8	25.7	0.0	1303.2
1991	0.0	0.0	0.0	10.6	180.3	344.0	18.4	101.6	47.8	47.3	*****	0.0	750.0
1992	0.0	0.0	59.8	22.2	36.3	344.4	99.8	116.5	269.5	120.1	19.0	0.0	1087.6
1993	0.0	0.0	22.8	16.2	148.4	299.1	207.8	395.7	102.9	171.0	0.0	0.0	1363.9
1994	9.3	9.9	52.0	3.7	193.0	136.4	126.6	294.3	114.2	118.4	15.0	8.0	1080.8
1995	0.0	*****	5.3	43.8	99.5	237.8	233.6	276.2	374.3	94.6	30.6	15.9	1411.6
1996	24.4	6.6	1.5	93.2	181.4	254.7	264.5	222.2	272.4	32.3	42.2	4.9	1400.3
1997	11.8	9.1	1.7	24.8	64.9	273.2	55.2	101.3	399.7	67.2	*****	0.0	1008.9
1998	0.0	0.0	4.3	0.0	71.0	272.8	291.2	271.4	186.5	365.1	298.7	0.0	1761.0
1999	0.0	0.0	8.0	17.0	70.4	362.0	398.4	274.4	221.5	92.3	3.1	7.4	1454.5
2000	0.0	0.0	23.5	20.0	188.0	232.0	97.8	177.9	180.8	24.2	2.5	4.4	951.1
2001	0.0	*****	2.3	0.0	94.3	89.2	239.5	161.5	41.8	56.7	11.2	11.3	707.8
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	119.9	55.1	85.0	102.7	44.6	5.0	0.0	472.3
2003	0.0	13.0	2.3	27.5	229.7	231.7	241.0	103.5	271.5	145.3	*****	*****	1265.5
2004	4.4	6.9	6.9	35.3	*****	*****	*****	*****	*****	197.1	10.0	1.2	261.8
2005	1.5	0.0	4.0	23.0	151.6	186.9	344.1	174.2	157.6	99.9	9.6	11.7	1164.1
2006	9.3	2.1	2.2	53.7	204.5	361.5	169.5	150.7	208.3	221.2	34.4	18.9	1436.3
2007	7.7	0.0	0.0	9.3	32.5	217.5	241.6	197.0	245.3	88.7	14.5	4.6	1058.7
2008	1.3	5.4	4.0	9.5	108.0	432.8	367.9	171.7	282.7	124.5	0.0	0.0	1507.8

Continuación de la tabla II.

2009	0.0	6.2	1.9	4.7	137.9	187.7	99.8	151.6	121.6	69.5	123.5	38.9	943.3
2010	0.6	0.0	0.3	40.5	307.5	227.6	222.7	353.9	253.4	62.5	19.1	9.0	1497.1
2011	0.9	5.6	6.9	19.3	17.8	270.7	314.2	282.8	98.0	279.2	20.4	2.1	1317.9
2012	6.2	15.0	3.7	75.1	193.6	126.3	105.7	264.2	161.5	99.0	3.6	3.6	1057.5
2013	3.2	3.3	3.9	20.9	157.2	152.0	289.0	265.5	190.8	241.2	0.7	3.2	1330.9
2014	0.0	0.0	0.0	26.2	72.9	342.0	24.7	130.2	272.0	192.2	7.8	2.2	1070.2
2015	0.7	2.5	10.9	47.2	164.3	198.6	152.9	67.5	382.3	182.3	103.6	0.7	1313.5
2016	1.1	2.5	4.5	25.1	6.9	328.6	115.9	176.3	257.4	17.2	N/D	9.3	944.8
2017	0.4	2.9	25.5	48.8	127.3	233.4	173.0	153.3	249.5	102.6	3.1	1.0	1120.8
2018	5.8	5.9	0.0	19.0	257.7	193.7	34.2	130.2	203.9				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla III. **Humedad relativa promedio (%)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	***	***	***	70	75	77	76	81	89	89	89	90	82
2007	86	82	79	78	78	84	82	86	86	88	85	80	83
2008	83	81	79	77	84	88	87	84	86	87	81	78	83
2009	72	71	72	73	80	80	79	76	79	74	76	76	76
2010	73	76	67	75	80	79	82	83	82	83	81	78	78
2011	60	76	76	74	80	85	85	83	85	85	80	82	79
2012	81	79	77	76	83	85	81	83	84	85	83	78	81
2013	78	76	70	74	77	83	80	82	84	84	79	78	79
2014	73	72	71	71	78	81	74	74	80	80	78	75	76
2015	75	71	70	70	ND	ND	73	71	78	78	80	75	74
2016	75	75	74	71	73	77	75	78	79	76	N/D	74	75
2017	71	71	70	70	78	83	76	76	80	80	74	74	75
2018	74	68	65	71	77	77	72	76	78				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla IV. **Nubosidad (octas)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	**	***	***	4	6	7	6	5	6	5	6	6	6
2007	5	5	5	5	6	5	6	7	7	7	6	4	6
2008	6	6	5	5	6	6	7	6	7	7	6	4	6
2009	5	6	4	5	6	6	6	7	5	6	5	3	5
2010	5	5	4	6	6	6	7	8	7	6	6	4	6
2011	3	5	5	5	6	7	7	7	7	7	6	5	6
2012	6	6	5	6	7	7	6	7	6	7	6	5	6
2013	6	5	5	6	6	7	6	6	7	7	6	6	6
2014	6	6	5	6	7	7	5	6	7	6	6	6	6
2015	6	6	7	6	6	7	7	6	8	6	7	5	6
2016	6	6	6	6	6	7	7	7	7	6	N/D	6	6
2017	5	6	6	6	7	7	7	6	7	7	6	6	6
2018	6	5	5	6	7	7	5	6	7				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla V. **Velocidad del viento (km/h)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	8.0	5.0	6.0	8.0	6.0	3.8	2.0	5.3	6.6	4.3	8.0	9.1	6.0
2007	8.5	6.9	6.3	6.5	7.7	6.0	8.6	7.7	7.6	6.8	7.5	6.3	7.2
2008	7.5	4.1	3.5	4.0	3.2	4.3	3.5	4.0	4.1	4.9	5.2	3.9	4.4
2009	3.9	3.6	2.7	2.6	2.5	3.1	3.2	3.0	3.1	3.0	3.4	2.5	3.1
2010	2.6	2.3	2.2	1.8	1.9	2.1	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.9
2011	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.4	1.9	1.2	1.3
2012	1.5	1.2	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3
2013	1.5	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	1.2
2014	1.2	1.1	1.1	1.4	1.2	1.3	1.1	1.2	1.5	1.6	2.6	1.6	1.4
2015	2.2	1.6	1.5	1.1	1.1	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	1.4	1.7	1.4
2016	1.6	2.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.6	1.5	1.4	1.6	N/D	2.6	1.6
2017	1.8	1.6	1.6	1.5	1.2	1.2	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.4
2018	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1	1.1				

Fuente: INSIVUMEH.

1.1.7. Vías de acceso

La carretera que conecta la Ruta Interamericana con la aldea San José Yalú está pavimentada y se encuentra en buen estado. Cuando inicia la época de invierno se vuelve un poco dificultoso, ya que en el sector de la aldea San Rafael el Arado no cuenta con pavimento, el mismo problema se da en la aldea San José el Yalú, ya que el pavimento llega hasta el ingreso de la aldea.

1.2. Servicios públicos

A continuación se hace una breve descripción de los servicios públicos con los que cuenta la aldea San José Yalú, de Sumpango, Sacatepéquez.

1.2.1. Educación

La aldea de San José el Yalú cuenta con escuela pública de dos niveles, está destinada para educación primaria en jornada matutina.

1.2.2. Salud

En la aldea de San José el Yalú se cuenta con centro de salud del ministerio de salud pública y asistencia social, se ubica junto a la escuela de educación primaria, el cual funciona cinco días a la semana.

1.2.3. Agua potable

En la actualidad no existe red de tuberías de agua potable en la aldea San José el Yalú, por esta razón los comunitarios han improvisado tuberías con

material poliducto para conducir el agua desde el tanque de distribución hasta sus hogares.

1.2.4. Drenajes

En la actualidad en la aldea San José el Yalú no existe una red de alcantarillado sanitario.

1.2.5. Transporte

El servicio de transporte comunitario de la aldea San José el Yalú hacia la cabecera municipal, se realiza a través de buses y microbuses que tienen el servicio constante durante todo el día.

1.2.6. Energía eléctrica

En la aldea San José el Yalú se cuenta con una red de distribución de energía eléctrica eficiente. Dicho servicio está a cargo de empresas como: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., Comercializadora Eléctrica de Guatemala.

1.3. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

Debido al desarrollo que ha experimentado la aldea San José el Yalú en los últimos años, se ha incrementado el número de habitantes, lo cual ha agudizado los problemas en esta comunidad.

La inexistencia del sistema de alcantarillado sanitario perjudica a los habitantes de esta comunidad y no permite realizar una adecuada recolección y conducción de las aguas servidas de las viviendas. Por esta razón la aldea enfrenta problemas de salud y contaminación al ambiente.

Es por esto que junto a las autoridades de la municipalidad se tomó la decisión de realizar el diseño de las redes de drenaje.

1.4. Descripción de las necesidades

Debido a las necesidades de los habitantes del sector y al crecimiento demográfico se provoca un aumento en la cantidad de habitantes en las aldeas, así como la demanda de servicios, entre los cuales se pueden mencionar:

- Mejoramiento del sistema vial: se requiere de un adecuado diseño y pavimentación de las calles existentes.
- Diseño e instalación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial: la carencia de un sistema apropiado para disposición de aguas servidas crea alteraciones y problemas de distinta índole.
- Construcción de viviendas populares: en busca de proporcionar sitios habitacionales de condiciones y seguridad apropiada para la población.
- Ampliación de la red de energía eléctrica: para dar cobertura total a la población.

1.5. Priorización de necesidades

Considerando los criterios tanto de la municipalidad como de los COCODE, se enumeran a continuación según el orden de prioridad asignado.

- Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Ampliación de la red de energía eléctrica.
- Construcción de viviendas populares.
- Mejoramiento del sistema vial.

1.6. Monografía de la aldea Rancho Alegre

A continuación se describen las especificaciones de la ubicación exacta de la aldea Rancho Alegre, Sumpango, Sacatepéquez.

1.6.1. Aspectos generales

Sumpango se ubica al norte del departamento de Sacatepéquez. Está compuesto por las aldeas: Las Flores, San Rafael el Arado, El Rejón, El Tunino, Santa Marta, El Chipotón, Rancho Alegre y San José el Yalú. A continuación se describe la monografía para las dos últimas aldeas.

1.6.2. Antecedentes históricos

La aldea Rancho Alegre se ubica a tan solamente 2 kilómetros al este del municipio de Sumpango, siendo así la aldea más cercana de las 8 pertenecientes al mismo, por esta razón el crecimiento demográfico es acelerado en esta aldea.

1.6.3. Localización

La aldea Rancho Alegre se encuentra al este del municipio de Sumpango, Sacatepéquez.

1.6.4. Límites y extensión

La aldea Rancho Alegre limita al norte con cabecera municipal de Sumpango; al sur con aldea El Rejón; al este con cabecera municipal de Sumpango y al oeste con cabecera municipal de Sumpango. Posee una extensión geográfica de 1,9 km².

1.6.5. Situación demográfica

La aldea Rancho Alegre cuenta con 1 146 habitantes, de acuerdo al censo realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

1.6.6. Clima

La estación meteorológica más cercana al municipio es llamada Suiza Contenta ubicada en la latitud 14° 37' 08", longitud 90°39'40", municipio de San Lucas Sacatepéquez. El clima predominante es frío.

Tabla VI. **Temperatura media (°C)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1997	****	*****	*****	22.0	19.6	20.0	20.4	19.6	****	*****	*****	20.0	20.3
1998	21.0	21.2	21.0	23.0	20.0	18.1	18.7	18.0	16.1	14.5	15.0	14.3	18.4
1999	12.0	20.1	20.5	21.6	20.9	18.6	18.2	19.3	18.5	17.2	16.5	20.2	18.6
2000	19.1	19.7	21.2	21.5	21.1	20.5	20.0	21.7	20.0	****	17.8	17.2	20.0
2001	18.5	****	20.1	20.7	19.8	19.6	19.2	18.3	18.1	18.0	18.3	19.1	18.5
2002	18.9	18.4	19.3	20.2	18.3	18.4	18.7	18.8	18.6	19.6	17.3	17.1	18.7
2003	17.5	18.0	20.5	21.1	19.2	18.8	19.0	19.6	19.8	18.6	18.1	14.7	18.7
2004	14.9	17.6	17.3	18.0	*****	*****	*****	*****	*****	16.9	14.2	12.8	16.0
2005	12.0	14.2	15.9	17.8	18.6	17.6	17.0	17.0	17.0	16.0	14.5	15.0	16.1
2006	14.0	14.0	15.0	16.0	18.0	17.1	18.0	17.6	17.0	16.2	15.4	15.4	16.1

Continuación de la tabla VI.

2007	16.0	17.0	16.0	17.0	18.0	17.0	17.5	17.6	17.5	15.0	15.7	16.0	16.7
2008	14.6	15.4	16.2	17.2	18.0	17.0	17.0	17.0	18.0	16.0	15.3	16.0	16.5
2009	15.0	14.8	14.3	17.0	17.4	17.4	17.6	17.7	18.9	17.5	16.5	15.5	16.6
2010	15.2	16.0	17.1	18.0	18.2	17.8	17.8	17.5	17.2	16.4	15.5	14.0	16.7
2011	15.0	15.0	15.1	17.0	17.8	17.0	17.2	17.6	17.2	15.9	15.5	15.0	16.3
2012	14.2	15	15.2	16.2	17.3	17.2	17.2	17.2	17	16.4	15.3	15.6	16.2
2013	15.7	16.0	16.6	18.1	17.2	17.6	17.4	17.0	17.0	ND	ND	ND	17.0
2014	14.9	15.4	16.7	17.6	18.0	17.4	18.0	17.0	17.0	16.0	16.0	15.0	16.6
2015	15.0	15.0	16.0	18.0	17.7	17.5	17.0	17.8	17.5	17.0	16.7	16.0	16.8
2016	15.7	14.8	17.1	18.1	19.0	17.5	17.5	17.5	17.1	16.9	N/D	15.9	17.0
2017	15.3	16.0	16.0	16.0	18.2	17.5	17.8	17.3	17.7	17.0	16	16.0	16.7
2018	14.6	15.6	16.5	17.0	17.6	17.0	17.3	17.0	17.5				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla VII. **Precipitación (mm/año)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	0.0	8.0	0.0	0.0	100.4	448.3	264.4	245.7	146.9	63.8	25.7	0.0	1303.2
1991	0.0	0.0	0.0	10.6	180.3	344.0	18.4	101.6	47.8	47.3	*****	0.0	750.0
1992	0.0	0.0	59.8	22.2	36.3	344.4	99.8	116.5	269.5	120.1	19.0	0.0	1087.6
1993	0.0	0.0	22.8	16.2	148.4	299.1	207.8	395.7	102.9	171.0	0.0	0.0	1363.9
1994	9.3	9.9	52.0	3.7	193.0	136.4	126.6	294.3	114.2	118.4	15.0	8.0	1080.8
1995	0.0	*****	5.3	43.8	99.5	237.8	233.6	276.2	374.3	94.6	30.6	15.9	1411.6
1996	24.4	6.6	1.5	93.2	181.4	254.7	264.5	222.2	272.4	32.3	42.2	4.9	1400.3
1997	11.8	9.1	1.7	24.8	64.9	273.2	55.2	101.3	399.7	67.2	*****	0.0	1008.9
1998	0.0	0.0	4.3	0.0	71.0	272.8	291.2	271.4	186.5	365.1	298.7	0.0	1761.0
1999	0.0	0.0	8.0	17.0	70.4	362.0	398.4	274.4	221.5	92.3	3.1	7.4	1454.5
2000	0.0	0.0	23.5	20.0	188.0	232.0	97.8	177.9	180.8	24.2	2.5	4.4	951.1
2001	0.0	*****	2.3	0.0	94.3	89.2	239.5	161.5	41.8	56.7	11.2	11.3	707.8
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	119.9	55.1	85.0	102.7	44.6	5.0	0.0	472.3
2003	0.0	13.0	2.3	27.5	229.7	231.7	241.0	103.5	271.5	145.3	*****	*****	1265.5
2004	4.4	6.9	6.9	35.3	*****	*****	*****	*****	*****	197.1	10.0	1.2	261.8

Continuación de la tabla VII.

2005	1.5	0.0	4.0	23.0	151.6	186.9	344.1	174.2	157.6	99.9	9.6	11.7	1164.1
2006	9.3	2.1	2.2	53.7	204.5	361.5	169.5	150.7	208.3	221.2	34.4	18.9	1436.3
2007	7.7	0.0	0.0	9.3	32.5	217.5	241.6	197.0	245.3	88.7	14.5	4.6	1058.7
2008	1.3	5.4	4.0	9.5	108.0	432.8	367.9	171.7	282.7	124.5	0.0	0.0	1507.8
2009	0.0	6.2	1.9	4.7	137.9	187.7	99.8	151.6	121.6	69.5	123.5	38.9	943.3
2010	0.6	0.0	0.3	40.5	307.5	227.6	222.7	353.9	253.4	62.5	19.1	9.0	1497.1
2011	0.9	5.6	6.9	19.3	17.8	270.7	314.2	282.8	98.0	279.2	20.4	2.1	1317.9
2012	6.2	15.0	3.7	75.1	193.6	126.3	105.7	264.2	161.5	99.0	3.6	3.6	1057.5
2013	3.2	3.3	3.9	20.9	157.2	152.0	289.0	265.5	190.8	241.2	0.7	3.2	1330.9
2014	0.0	0.0	0.0	26.2	72.9	342.0	24.7	130.2	272.0	192.2	7.8	2.2	1070.2
2015	0.7	2.5	10.9	47.2	164.3	198.6	152.9	67.5	382.3	182.3	103.6	0.7	1313.5
2016	1.1	2.5	4.5	25.1	6.9	328.6	115.9	176.3	257.4	17.2	N/D	9.3	944.8
2017	0.4	2.9	25.5	48.8	127.3	233.4	173.0	153.3	249.5	102.6	3.1	1.0	1120.8
2018	5.8	5.9	0.0	19.0	257.7	193.7	34.2	130.2	203.9				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla VIII. **Humedad relativa promedio (%)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	***	***	***	70	75	77	76	81	89	89	89	90	82
2007	86	82	79	78	78	84	82	86	86	88	85	80	83
2008	83	81	79	77	84	88	87	84	86	87	81	78	83
2009	72	71	72	73	80	80	79	76	79	74	76	76	76
2010	73	76	67	75	80	79	82	83	82	83	81	78	78
2011	60	76	76	74	80	85	85	83	85	85	80	82	79
2012	81	79	77	76	83	85	81	83	84	85	83	78	81
2013	78	76	70	74	77	83	80	82	84	84	79	78	79
2014	73	72	71	71	78	81	74	74	80	80	78	75	76
2015	75	71	70	70	ND	ND	73	71	78	78	80	75	74
2016	75	75	74	71	73	77	75	78	79	76	N/D	74	75
2017	71	71	70	70	78	83	76	76	80	80	74	74	75
2018	74	68	65	71	77	77	72	76	78				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla IX. **Nubosidad (octas)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	**	***	***	4	6	7	6	5	6	5	6	6	6
2007	5	5	5	5	6	5	6	7	7	7	6	4	6
2008	6	6	5	5	6	6	7	6	7	7	6	4	6
2009	5	6	4	5	6	6	6	7	5	6	5	3	5
2010	5	5	4	6	6	6	7	8	7	6	6	4	6
2011	3	5	5	5	6	7	7	7	7	7	6	5	6
2012	6	6	5	6	7	7	6	7	6	7	6	5	6
2013	6	5	5	6	6	7	6	6	7	7	6	6	6
2014	6	6	5	6	7	7	5	6	7	6	6	6	6
2015	6	6	7	6	6	7	7	6	8	6	7	5	6
2016	6	6	6	6	6	7	7	7	7	6	N/D	6	6
2017	5	6	6	6	7	7	7	6	7	7	6	6	6
2018	6	5	5	6	7	7	5	6	7				

Fuente: INSIVUMEH.

Tabla X. **Velocidad del viento (km/h)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ÁNUAL
2006	8.0	5.0	6.0	8.0	6.0	3.8	2.0	5.3	6.6	4.3	8.0	9.1	6.0
2007	8.5	6.9	6.3	6.5	7.7	6.0	8.6	7.7	7.6	6.8	7.5	6.3	7.2
2008	7.5	4.1	3.5	4.0	3.2	4.3	3.5	4.0	4.1	4.9	5.2	3.9	4.4
2009	3.9	3.6	2.7	2.6	2.5	3.1	3.2	3.0	3.1	3.0	3.4	2.5	3.1
2010	2.6	2.3	2.2	1.8	1.9	2.1	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.9
2011	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.4	1.9	1.2	1.3
2012	1.5	1.2	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3
2013	1.5	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	1.2
2014	1.2	1.1	1.1	1.4	1.2	1.3	1.1	1.2	1.5	1.6	2.6	1.6	1.4
2015	2.2	1.6	1.5	1.1	1.1	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	1.4	1.7	1.4
2016	1.6	2.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.6	1.5	1.4	1.6	N/D	2.6	1.6
2017	1.8	1.6	1.6	1.5	1.2	1.2	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.4
2018	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1	1.1				

Fuente: INSIVUMEH.

1.6.7. Vías de acceso

Para llegar a la aldea Rancho Alegre, la carretera de ingreso a la comunidad cuenta con pavimento, es importante mencionar que la calle principal de la aldea es de terracería y en época de lluvia se torna dificultoso tránsito para vehículos y personas por el tipo de suelo del lugar.

1.7. Servicios públicos

A continuación se hace una breve descripción de los servicios públicos con los que cuenta la aldea Rancho Alegre, Sumpango, Sacatepéquez.

1.7.1. Educación

La aldea Rancho Alegre cuenta con escuela de dos niveles para educación primaria en jornada matutina y nivel básico en horario vespertino.

1.7.2. Salud

La aldea Rancho Alegre no cuenta con centro de salud ya que se encuentra a pocos kilómetros del casco urbano y los vecinos acuden al centro de salud del ministerio de salud pública y asistencia social ubicado en la cabecera municipal.

1.7.3. Agua potable

Los vecinos de la aldea Rancho Alegre ya cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual cubre en un 90 % del total de la población en esta comunidad.

1.7.4. Drenajes

Para el 2018 la aldea Rancho Alegre aún no cuenta con una red de alcantarillado sanitario.

1.7.5. Transporte

El servicio de transporte comunitario de la aldea Rancho Alegre hacia la cabecera municipal, se realiza por medio de microbuses que funcionan como taxis.

1.7.6. Energía eléctrica

En la aldea Rancho Alegre se cuenta con una red de distribución de energía eléctrica eficiente. Dicho servicio está a cargo de empresas como: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., Comercializadora Eléctrica de Guatemala.

1.8. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

Por su cercanía al casco urbano del municipio, la aldea Rancho Alegre ha experimentado un crecimiento demográfico acelerado. Debido a esto, la demanda de los servicios básicos ha aumentado considerablemente.

La falta de un sistema de alcantarillado sanitario y del pavimento en la calle principal de la aldea afecta la salud y movilidad de sus habitantes. Es por esto que junto a las autoridades de la municipalidad se tomó la decisión de realizar el diseño de las redes de drenaje y del pavimento de la calle principal.

1.9. Descripción de las necesidades

Las necesidades identificadas en la aldea se describen a continuación:

- Sistema de alcantarillado sanitario: la carencia de un sistema apropiado para disposición de aguas servidas crea alteraciones y problemas de distinta índole.
- Mejoramiento del sistema de vial: se requiere la pavimentación de la calle principal.
- Ampliación de la red de energía eléctrica: para dar cobertura total a la población.
- Ampliación del centro de salud para brindar un mejor servicio

1.10. Priorización de necesidades

- Diseño del sistema de alcantarillado sanitario.
- Instalación de sistema de abastecimiento de agua potable.
- Ampliación de la red de energía eléctrica; para dar cobertura total a la población.
- Ampliación del centro de salud para brindar un mejor servicio.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de servicio de alcantarillado sanitario para la aldea San José el Yalú

Para la realización del Sistema de servicio de alcantarillado sanitario se deben llevar a cabo un levantamiento topográfico, definir un período de diseño, hacer un cálculo de la población del lugar entre otros, que se describen a continuación.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aplicando las Normas del INFOM, el sistema consistirá en un colector central de PVC, que conducirá las aguas servidas, hasta el área donde se le dará tratamiento antes de ser liberadas al cuerpo receptor.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Para el estudio de la topografía del lugar, se hizo uso de una estación total. Para este proyecto el levantamiento topográfico consistió en una poligonal abierta, el método que se utilizó fue el de conservación de azimut con vuelta de campana. En la primera estación se registró el azimut y a partir de esta orientación se midió el azimut de la segunda estación y así, sucesivamente hasta terminar el trabajo.

Para el trabajo de topografía se utilizó el siguiente equipo:

- Estación total marca Nikon 5.M.
 - Trípode.
 - Prismas.
 - Clavos de lámina.
 - Pintura para tráfico
-
- Planimetría

Es la parte de la topografía que permite conocer la longitud precisa de cada elemento en el área de trabajo. A través de esta, se consiguió la representación a escala de todos los detalles del terreno sobre una superficie plana, sin considerar la elevación.

- Altimetría

Con el equipo utilizado, se empleó el método de nivelación geométrico. Se determinó la diferencia de niveles entre cada estación y puntos intermedios de interés con respecto a un punto de referencia, a través de visuales horizontales hacia los prismas que se ubicaban verticalmente sobre los puntos radiados.

2.1.3. Periodo de diseño

Es el tiempo durante el cual el sistema funcionará de forma eficiente. De acuerdo con las Normas del INFOM este periodo puede ir de 20 a 30 años, para este proyecto se determinó un periodo de diseño de 20 años. Este período de diseño debe tomar en cuenta diversos factores como: tendencia de crecimiento

poblacional, calidad de los materiales a utilizar, posibilidades para la obtención del financiamiento y tasas de interés.

2.1.4. Cálculo de población futura

Para el cálculo de población de la aldea San José el Yalú se utilizará el método geométrico, por ser el que más se adapta a las condiciones demográficas de Guatemala. El cálculo se realizó para el tramo PV-1 a PV-2 y la ecuación empleada es:

$$P_F = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

P_F = población futura o población de diseño

P_0 = población actual

R = tasa de crecimiento poblacional

N = periodo de diseño

Sustituyendo valores:

P_0 = Viviendas 10, habitante por vivienda 6 entonces: $10 * 6 = 60$

R = 3,68 % dato según censo del INE 2 002

n = 20 años

$P_F = 60 * (1 + 0,0368)^{20} = 124$ habitantes

2.1.5. Generalidades de un sistema de alcantarillado

La función de un sistema de alcantarillado es recolectar, transportar y purificar las aguas servidas para su retorno al ambiente, el sistema de

alcantarillado trabaja como un canal abierto, por lo que el mismo se diseña a sección parcialmente llena.

2.1.6. Consideraciones de diseño

Se tomaron los criterios técnicos de construcción e hidráulicos considerados en las normas generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal, INFOM; para que el sistema cumpla con un buen funcionamiento, autolimpieza, protección.

2.1.7. Cálculo de caudales

Para calcular los caudales se basará en el cálculo de la población, habitantes por vivienda, y se establecerá la dotación necesaria en litros al día por habitante y así determinar el caudal domiciliar.

2.1.7.1. Dotación

De acuerdo con información proporcionada por la municipalidad, el sistema de abastecimiento de agua potable para cada aldea cuenta con una dotación de 120 lt/hab/día, dato que será utilizado para este proyecto.

2.1.7.2. Caudal domiciliar

Es el agua que luego de haber sido usada en las viviendas regresa a las alcantarillas y se calcula para cada uno de los tramos de diseño, para esto se utilizara la siguiente ecuación matemática:

$$Q_{DOM} = \frac{P_f * Dot * F_R}{86\ 400} = \frac{124 * 120 * 0,85}{86\ 400} = 0,15\ l/s$$

Donde:

Q_{DOM} = caudal domiciliar

P_f = población futura

F_R = factor de retorno

Dot. = dotación

2.1.7.2.1. Factor de retorno

Se entiende por factor de retorno a la cantidad de agua que cada habitante retorna al sistema de alcantarillado sanitario. Este factor está en función de las costumbres sociales de la población y debe estar entre los valores 70 y 85 % de la dotación de agua asignada a la comunidad. Para este proyecto se utilizó un factor de retorno de 85 %.

2.1.7.3. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es el producto de las aguas pluviales que se anexas al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones erradas de bajantes de tejados y patios.

Para el cálculo del caudal por conexiones ilícitas se acudió a lo establecido por los reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes de Unepar – Infom, es posible representar este caudal como el 10 % del caudal domiciliar.

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{Dom} = 0,10 * 0,15 = 0,015 \text{ l/s}$$

2.1.7.4. Caudal de infiltración

Se considera caudal de infiltración el debido a la cantidad de agua que se infiltra en la tubería, en las juntas de la misma y en conexiones en pozos de visita.

De acuerdo a lo que establece el INFOM que para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, debe tomarse en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y el tipo de tuberías.

Tabla XI. **Tabla I. Factor de infiltración**

Tipo de tubería	Factor de infiltración
PVC	0,010
Cemento	0,0025

Fuente: INFOM. *Factores de infiltración para tubería PVC*. p. 10.

El caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,010 * \phi_{tuberia} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{inf} = caudal de infiltración

$\phi_{tuberia}$ = diámetro de tubería

2.1.7.5. Caudal comercial

Son las aguas resultantes de la actividad comercial, restaurantes, hoteles, entro otros. Debido a que en esta aldea no existe actividad comercial, este caudal no se tomó en cuenta en el diseño del sistema de drenaje.

2.1.7.6. Caudal industrial

Son las aguas resultantes de la actividad industrial por ejemplo: fábrica de textiles, licores, alimentos, entre otros. Debido a la inexistencia de actividad industrial en la aldea este caudal no se consideró en el diseño del alcantarillado sanitario.

2.1.8. Factor de caudal medio (fqm)

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se obtiene realizando la sumatoria del caudal domiciliar, caudal por conexiones ilícitas, de infiltración, comercial e industrial, dividido entre el número de habitantes proyectados por tramo.

De acuerdo con el INFOM, este factor debe estar entre los rangos 0,002 a 0,005. Si el valor es menor, se tomará 0,002; y si el valor fuera mayor, se tomara 0,005. Y se obtiene de la siguiente forma:

$$FQM = Q_M / \text{Núm. habitantes} = 0,225 / 124 = 0,0018$$

Donde:

FQM= factor de caudal medio

Q_M = caudal medio

Como el resultado $0,0018 < 0,002$ se utilizará $0,002$, cumpliendo así con la normativa del INFOM

2.1.9. Factor de Harmon

También llamado factor de flujo instantáneo, este factor permite determinar el caudal máximo, que puede fluir por las tuberías; su valor varía entre 1,5 a 4,5, adimensional. Se determina con la siguiente ecuación:

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P/1\ 000}} \right] = \left[\frac{18 + \sqrt{124/1\ 000}}{4 + \sqrt{124/1\ 000}} \right] = 4,22$$

Donde:

FH = factor de Harmon

P = población expresada en miles

2.1.10. Caudal de diseño

Es el caudal con el cual se diseñara cada uno de los tramos del sistema de alcantarillada sanitario El mismo determinara con la siguiente ecuación:

$$Q_d = \text{Núm. hab} * f_{qm} * FH = 124 * 0,002 * 4,22 = 1,05 \text{ l/s}$$

Donde:

Qd = caudal de diseño

Núm. hab = número de habitantes en cada tramo

Fqm = factor de caudal medio

FH = factor de Harmon

2.1.11. Determinación de la ruta

Para determinar la ruta, se consideró la dirección de flujo a través del sistema, optimizando la pendiente existente, para obtener una línea central inicial desde la cota alta del terreno. El sistema de alcantarillado está conformado por tres ramales principales desembocando en la parte más baja del terreno donde se le dará tratamiento a las aguas servidas.

2.1.12. Pendiente de tuberías

La pendiente de la tubería se debe adaptar en lo posible a la pendiente del terreno, esto con el objetivo de reducir costos de excavación. El porcentaje de inclinación en las tuberías debe garantizar el cumplimiento de las velocidades permitidas, $0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,0 \text{ m/s}$. Recordando que para las conexiones domiciliarias, la pendiente mínima es de 2 % y la máxima de 6 % y debe formar un ángulo horizontal con respecto a la línea central del colector principal en el sentido del flujo del caudal.

2.1.13. Velocidad de diseño

La velocidad mínima o velocidad de arrastre, es aquella que evita la sedimentación en las tuberías. Para el presente diseño se estableció una

velocidad mínima de 0,50 m/s, ya que de acuerdo con la normativa del INFOM en casos especiales cuando los ramales solo sirven a pocas viviendas es permitida una velocidad no menor a 0,3 m/s. Según el material de la tubería y las especificaciones del fabricante.

La velocidad máxima del flujo dentro de las tuberías evita que el material de la misma se erosione, será de 3 m/s de acuerdo a las normas del INFOM.

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea San José el Yalú. Existen tramos donde la pendiente de la tubería es contraria a la pendiente del terreno. Buscando con esto un adecuado desfogue de las aguas servidas de las viviendas que contribuyen al caudal.

En algunos tramos iniciales el tirante puede ser menor al 10 % del diámetro interno de la tubería, no obstante, se cumple con la velocidad mínima y esto evita la sedimentación de los sólidos dentro de la misma. Esto se traduce a que el mantenimiento en estos tramos iniciales debe ser en lapsos de tiempo más cortos.

2.1.14. Fórmula de Manning

La ecuación de Manning se basa en condiciones de flujo constante, a pesar de que la mayoría de sistemas de drenaje funcionan con caudales variables; también se diseña asumiendo que el flujo se conduce a través de canales abiertos, y si esta última condición no se cumple, se dice que la tubería trabaja bajo presión interna. La ecuación de Manning para conductos circulares es:

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{2/3} * S^{1/2} = \frac{0,03429 * (6)^{2/3} * (3/100)^{1/2}}{0,010} = 1,96 \text{ m/s}$$

Donde:

V = velocidad en m/s

RH = radio hidráulico

S = pendiente del canal

n = coeficiente de rugosidad de Manning

2.1.15. Cálculo de cotas invert

De acuerdo con la normativa del INFOM, la cota invert determina la profundidad de la parte inferior interna de la tubería. En un tramo de alcantarillado, las cotas invert de entrada y salida, al igual que las cotas del terreno y la altura de los pozos de visita, se determinan de la siguiente forma:

Se propone una pendiente de tubería igual a 3 %.

$$S_{\text{terreno}}\% = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{111,14 - 109,81}{10,60} * 100 = 12,54 \%$$

$$CIS = CT_{pv1} - H_{POZO}$$

$$CIS_{PV-1} = CT_{PV1} - H_{POZO} = 111,14 - 2,50 = 108,64$$

$$CIEPV-2 = (CIS_{PV-1} - i) - \left(\frac{S_{\text{tubo}}}{100}\right) * DH = 108,64 - (0,03) * 10,7 = 108,32$$

$$CIS_{PV-2} = (CIEPV-2) - 0,03 = 108,32 - 0,03 = 108,29$$

$$H_{\text{pozo2}} = CT_{PV-2} - (CIS_{PV-2}) = 109,81 - 108,29 = 1,52\text{m}$$

Donde:

CT_{PV-1} = cota de terreno del pozo de visita 1

CT_{PV-2} = cota de terreno del pozo de visita 2

CIS = cota invert de salida

CT_{pv} = cota de terreno

$CISPV - 1$ = cota invert de salida pozo de visita 1

$CIEPV - 2$ = cota invert de entrada pozo de visita 2

$CISPV - 2$ = cota invert de salida pozo de visita 2

DH = distancia horizontal

S_{tubo} = pendiente de la tubería

H_{pozo} = altura del pozo

2.1.16. Diámetro de tubería

De acuerdo con las normas del INFOM para alcantarillados diseñados con tubería de PVC el diámetro mínimo es de 6 pulgadas Norma ASTM F 949 para colectores, y diámetro de 4 pulgadas norma ASTM 3034 para conexiones domiciliarias.

2.1.17. Pozos de visita

Generalmente los pozos de visita se construyen de concreto o ladrillo de barro cocido, la función de los mismos es el control de flujo en cambios de dirección, intersecciones, cambios de gradiente. Es importante permitir el ingreso de oxígeno al sistema de alcantarillado. La normativa del INFOM recomienda localizar los pozos de visita en los siguientes casos:

- El inicio de cualquier ramal
- En intersecciones
- En curvas (no más de 30 metros)
- En distancias no mayores de 100 metros en línea recta (diámetros hasta de 24")
- Cambio de pendiente

- Cambio de diámetro

2.1.17.1. Especificaciones para pozos de visita

Para este proyecto los pozos de visita tendrán una forma cilíndrica; los muros serán construidos con ladrillo tayuyo, tapadera de concreto reforzado, cimentados sobre una plancha de concreto con canales para conducir las aguas hacia el tubo de salida. Para caídas mayores a 0,70m se dejara un dissipador de energía con el objetivo de que el flujo no erosione la base del pozo. La ubicación de cada pozo y los detalles de construcción en encuentran en el apéndice en los planos de conjunto hidráulico y planta perfil.

2.1.18. Conexiones domiciliarias

Su objetivo es conducir las aguas de las viviendas y llevarlas a la tubería principal. Para la unión con la tubería principal, se debe utilizar tubería de PVC de 4" de diámetro, con 2 % de pendiente y considerando las profundidades de instalación.

2.1.18.1. Caja o candela

Generalmente se instala un tubo de concreto de 12" de diámetro, colocado verticalmente el fondo debe esta fundido con concreto y con la pendiente adecuada para conducir las aguas a la tubería principal. La profundidad mínima de la candela será de 1,00 metro.

2.1.18.2. Tubería secundaria

Esta tubería es la que permite conectar la candela domiciliar con el colector principal, esta conduce las aguas que han sido utilizadas en las

viviendas. Debe utilizarse tubo PVC de 4", con pendiente mínima de 2 % y máxima de 6 %. Es importante mencionar que las conexiones domiciliarias con el colector principal se deben realizar en el medio de diámetro en la parte superior, y debe formar un ángulo de 45 grados aguas abajo.

2.1.19. Profundidad de la tubería

La profundidad de la tubería principal está en función de la pendiente del terreno, tirante hidráulico, velocidad de flujo y el caudal que se transporta. Hay que tomar en cuenta el tránsito que circula por el lugar, ya que hay que considerar la profundidad mínima que permite proteger al sistema de las cargas livianas y pesadas.

De acuerdo con los estudios realizados sobre cargas efectuadas por distintos tipos de transporte, se recomiendan las siguientes profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

Tabla XII. **Profundidad mínima del colector para tuberías de PVC**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	U
TRÁNSITO LIVIANO	60	60	60	90	90	90	90	90	cm
TRÁNSITO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120	cm

Fuente: Norma ASTM F- 949.

Tabla XIII. **Profundidad mínima del colector para tuberías de concreto**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	U
TRÁNSITO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165	cm
TRÁNSITO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185	cm

Fuente: Norma ASTM F- 949.

2.1.20. Ejemplo de cálculo hidráulico

- Tramo PV-1 A PV-2
 Distancia horizontal = 10,60m Cota inicial = 111,14 Cota final = 109,81
 Pendiente del terreno

$$S_{\text{terreno}} \% = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{111,14 - 109,81}{10,60} * 100 = 12,54 \%$$

Número de casas = 10 casas acumuladas = 10

Densidad de vivienda = 6 hab/vivienda

Total de habitantes a servir: actuales= 60 futuros= 124

- Caudal medio

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}}$$

$$Q_{\text{DOM}} = \frac{P_f * \text{Dot} * F_R}{86\ 400} = \frac{124 * 120 * 0,85}{86\ 400} = 0,15\text{l/s}$$

$$Q_{\text{ci}} = 0,10 * Q_{\text{Dom}} = (0,10)(0,15) = 0,015\text{l/s}$$

$$Q_{inf} = 0,010 * \phi_{tuberia} = (0,010)(6") = 0,06l/s$$

Caudal comercial = 0

Caudal industrial = 0

$$Q_{med} = 0,15 + 0,015 + 0,06 + 0 + 0 = 0,225l/s$$

- Factor de caudal medio

$$FQM = Q_M / \text{Núm. habitantes}$$

$$FQM = \frac{0,225}{124} = 0,0018$$

Como el resultado $0,0018 < 0,002$ se utilizará $0,002$, cumpliendo con la normativa del INFOM.

- Factor de Harmon

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P/1\ 000}} \right]$$

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{124/1\ 000}}{4 + \sqrt{124/1\ 000}} \right] = 4,22$$

- Caudal de diseño

$$Q_d = \text{Núm. hab} * FQM * FH$$

$$Q_d = 124 * 0,002 * 4,22 = 1,05\ l/s$$

- Diámetro de la tubería
 - Diámetro de la tubería = 6"

- Pendiente de la tubería
 - Pendiente propuesta = 3 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (D)^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * (6'')^{2/3} * (3/100)^{1/2}}{0,010} = 1,96 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = VA$$

$$Q = (1,96 \text{ m/s}) \left(\frac{\pi}{4} \right) (6 * 0,0254)^2 \left(\frac{1 \text{ 000 l}}{1 \text{ m}^3} \right) = 35,77 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales

$$\frac{q}{Q}$$

Dónde:

q = diseño

Q = caudal a sección llena

$$\frac{q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sección llena}}} = \frac{1,05}{35,77} = 0,026$$

Obteniendo el dato de q/Q , se localiza en las tablas de relaciones hidráulicas y se leen los valores correspondientes en la misma fila para identificar los datos de v/V y d/D .

- Relación de velocidad

$$\frac{v}{V} = 0,4309$$

- Relación de tirante

$$\frac{d}{D} = 0,112$$

- Velocidad a sección parcial

$$\frac{d}{D} = 0,112$$

- Velocidad a sección parcial

$$v = V * v/V$$

$$v = (1,96) * (0,4309) = 0,85 \text{ m/s}$$

- Revisión de especificaciones hidráulicas

Para caudales $q < Q$ $1,05 \text{ l/s} < 46,14 \text{ l/s}$ Cumple

Para velocidad $0,5 \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$ $0,5 \leq 0,85 \leq 3,00 \text{ m/s}$ Cumple

Para diámetros $0,1 \leq d/D \leq 0,750$. $1 \leq 0,112 \leq 0,75$ Cumple

- Cálculo de cotas invert

Se propone una altura del primer pozo de 2,50 m. con un desfase entre pozos de 0,03m

$$\begin{aligned} \text{CIS} &= \text{CT} - H_{\text{pozo}} \\ \text{CISPV} - 1 &= 111,14 - 2,50 = 108,64 \\ \text{CIEPV} - 2 &= \text{CIS} - (S_{\%}) * \text{DH} \\ \text{CIEPV} - 2 &= 108,64 - (0,03) * 10,7 = 108,32 \\ \text{CISPV} - 2 &= (\text{CIEPV} - 2) - 0,03 \\ \text{CISPV} - 2 &= (108,3) - 0,03 = 108,29 \\ H_{\text{pozo2}} &= \text{CT}_{\text{pozo2}} - (\text{CISPV} - 2) \\ H_{\text{pozo2}} &= 109,81 - 108,29 = 1,52\text{m} \end{aligned}$$

Como se puede observar los caudales tanto actual como futuro son menores al caudal a sección llena. Otro de los parámetros que se puede observar es el de la velocidad de diseño, la misma se encuentra dentro de los límites establecidos de 0,6m/s y 3m/s. El chequeo por tirante hidráulico está por debajo del máximo permitido 0,75; en alguno tramo la relación de tirante hidráulico está por debajo del mínimo que es 0,10 ya que se trata de tramos iniciales o tramos donde el servicio se prestara a pocas viviendas.

En la tabla XIV se presenta el resumen del diseño hidráulico para el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San José el Yalú.

Tabla XIV. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario

DE PV	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	S% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q dom	Q ilici	Q inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM FUT	FH Fut.	Q dis fut(l/s)
		INICIO	FINAL			Local	Acum.	Act.	Fut.									
1	2	111.14	109.81	10.7	12.43	10	10	60	124	0.15	0.0146	0.06	0	0	0.221	0.002	4.22	1
2	3	109.81	106.86	31.7	9.31	3	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.1
3	4	106.86	105.28	41	3.85	2	15	90	185	0.22	0.0219	0.06	0	0	0.30	0.002	4.16	1.3
4	5	105.28	104.29	19.75	5.01	6	21	126	260	0.31	0.0306	0.06	0	0	0.40	0.002	4.10	1.6
5	6	104.29	101.93	21	11.24	3	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
6	7	101.93	100.07	20.6	9.03	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
7	8	100.07	96.9	38.75	8.18	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
8	9	96.90	94.52	26.8	8.88	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
9	10	94.52	94.07	14.8	3.04	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
10	11	94.07	93.24	17	4.88	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
11	12	93.24	92.72	24.9	2.09	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.8
12	13	92.72	91.69	62.8	1.64	1	25	150	309	0.36	0.0365	0.06	0	0	0.46	0.002	4.07	1.9
13	14	91.69	91.35	22.1	1.54	3	28	168	346	0.41	0.0409	0.06	0	0	0.51	0.002	4.05	2.1
14	15	91.35	89.65	61.8	2.75	8	36	216	445	0.53	0.0525	0.06	0	0	0.64	0.002	4.00	2.7
15	16	89.65	90.88	36.6	-3.36	3	39	234	482	0.57	0.0569	0.06	0	0	0.69	0.002	3.98	2.9
16	17	90.88	93.55	33.8	-7.90	7	46	276	569	0.67	0.0671	0.06	0	0	0.80	0.002	3.94	3.4
18	19	100.50	99.59	42.85	2.12	10	10	60	124	0.15	0.015	0.06	0	0	0.22	0.002	4.22	1
19	20	99.59	99.05	22.75	2.37	4	14	84	173	0.20	0.020	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.2
20	21	99.05	96.42	47.3	5.56	7	21	126	260	0.31	0.0306	0.06	0	0	0.40	0.002	4.10	1.6
21	17	96.42	93.55	32	8.97	4	25	150	309	0.36	0.0365	0.06	0	0	0.46	0.002	4.07	2.2

Continuación de la tabla XIV.

DE PV	DE PV	Ø (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/v	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				CIS	CIE	inicio	final
1	2	6	3%	1.96	35.77	0.026	0.4011	0.79	108.64	108.32	2.5	1.52
2	3	6	8.2%	3.24	59.14	0.02	0.4011	1.30	108.29	105.69	1.52	1.20
3	4	6	3.8%	2.21	40.26	0.031	0.4569	1.01	105.66	104.10	1.20	1.21
4	5	6	5%	2.53	46.18	0.035	0.4707	1.19	104.07	103.08	1.21	1.24
5	6	6	11%	3.76	68.50	0.027	0.4333	1.63	103.05	100.74	1.24	1.22
6	7	6	11.7%	3.87	70.65	0.026	0.4309	1.67	100.71	98.304	1.22	1.80
7	8	6	7%	3.00	54.64	0.033	0.4638	1.39	98.27	95.561	1.80	1.37
8	9	6	8.5%	3.30	60.22	0.030	0.4476	1.48	95.53	93.253	1.37	1.30
9	10	6	2.5%	1.79	32.66	0.056	0.5396	0.97	93.22	92.853	1.30	1.25
10	11	6	5%	2.53	46.18	0.039	0.4930	1.25	92.82	91.973	1.25	1.30
11	12	6	1.6%	1.43	26.12	0.070	0.5774	0.83	91.94	91.545	1.30	1.21
12	13	6	1.6%	1.43	26.12	0.072	0.5061	0.72	91.52	90.51	1.21	1.21
13	14	6	1.5%	1.39	25.30	0.083	0.9002	1.25	90.48	90.15	1.21	1.23
14	15	6	2.7%	1.86	33.94	0.079	0.5984	1.11	90.12	88.45	1.23	1.23
15	16	6	1.0%	1.13	20.65	0.140	0.6844	0.77	88.42	88.054	1.23	2.86
16	17	6	1.0%	1.13	20.65	0.163	0.6893	0.78	88.02	87.686	2.86	5.89
18	19	6	2.1%	1.64	29.93	0.031	0.4523	0.74	99.30	98.40	1.20	1.22
19	20	6	2.2%	1.68	30.63	0.039	0.5061	0.85	98.37	97.87	1.22	1.21
20	21	6	5.5%	2.66	48.44	0.034	0.4661	1.24	97.84	95.24	1.21	1.21
21	17	6	8.9%	3.38	61.62	0.036	0.4499	1.52	95.21	92.36	1.21	5.89

Continuación de la tabla XIV.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	S% terr	No. De casas		Hab. Servir	Q dom	Q ilici inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM FUT	FH Fut.	Q dis fut(l/s)	
		INICIO	FINAL			Local	Acum.										Act.
17	22	93.55	88.73	43.8	11.00	2	71	426	878	1.04	0.1036	0.06	0	1.20	0.002	3.84	6.0
22	23	88.73	86.31	16.25	14.89	2	73	438	902	1.07	0.1065	0.06	0	1.23	0.002	3.83	5.7
23	24	86.31	84.14	23.5	9.23	2	75	450	927	1.09	0.1094	0.06	0	1.26	0.002	3.82	5.4
24	25	84.14	82.01	16.4	12.99	1	76	456	939	1.11	0.1109	0.06	0	1.28	0.002	3.82	6.4
25	26	82.01	78.6	21.15	16.12	2	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
26	27	78.60	76.96	11.2	14.64	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
27	28	76.96	75.3	9.52	17.44	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.0
28	29	75.30	73.76	9.4	16.38	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	5.6
29	30	73.76	72.42	10	13.40	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
30	31	72.42	71.36	9.6	11.04	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
31	32	71.36	68.79	22.4	11.47	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
32	33	68.79	66.63	19.7	10.96	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.0
33	34	66.63	64.65	19.5	10.15	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	5.6
34	35	64.65	63.66	10.6	9.34	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
35	36	63.66	62.43	10.1	12.18	0	78	468	964	1.14	0.1138	0.06	0	1.31	0.002	3.81	6.6
37	38	110.12	109.49	10.8	5.83	6	6	36	74	0.09	0.0088	0.06	0	0.16	0.002	4.28	0.6
38	39	109.49	107.69	60	3.00	16	22	132	272	0.32	0.0321	0.06	0	0.41	0.002	4.10	1.8
39	40	107.69	108.36	59.65	-1.12	5	27	162	334	0.39	0.0394	0.06	0	0.49	0.002	4.06	2.1
40	41	108.36	108.5	26.7	-0.52	0	27	162	334	0.39	0.0394	0.06	0	0.49	0.002	4.06	2.4
41	42	108.50	108.23	19.15	1.41	1	28	168	346	0.41	0.0409	0.06	0	0.51	0.002	4.05	2.5
42	43	108.23	107.98	8.5	2.94	1	29	174	358	0.42	0.0423	0.06	0	0.53	0.002	4.04	2.6

Continuación de la tabla XIV.

DE PV	DE PV	φ (")	S% tub	sección llena		q/Q	v/V	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				CIS	CIE	inicio	final
17	22	6	1.0%	1.13	20.65	0.291	0.8675	0.98	87.66	87.22	5.89	1.54
22	23	6	13.0%	4.08	74.47	0.076	0.5908	2.41	87.19	85.08	1.54	1.26
23	24	6	9.1%	3.42	62.30	0.087	0.6150	2.10	85.05	82.91	1.26	1.26
24	25	6	13.0%	4.08	74.47	0.086	0.6132	2.50	82.88	80.7	1.26	1.29
25	26	6	16.0%	4.53	82.61	0.079	0.5984	2.71	80.72	77.34	1.29	1.30
26	27	6	14.0%	4.24	77.28	0.085	0.6113	2.59	77.31	75.74	1.30	1.25
27	28	6	17.0%	4.67	85.16	0.071	0.5813	2.71	75.71	74.09	1.25	1.24
28	29	6	16.2%	4.56	83.13	0.068	0.5735	2.61	74.06	72.54	1.24	1.25
29	30	6	13.0%	4.08	74.47	0.09	0.6223	2.54	72.51	71.21	1.25	1.24
30	31	6	11.0%	3.76	68.50	0.096	0.6401	2.40	71.18	70.12	1.24	1.27
31	32	6	11.5%	3.84	70.04	0.094	0.6295	2.42	70.09	67.51	1.27	1.31
32	33	6	10.5%	3.67	66.93	0.090	0.6241	2.29	67.48	65.42	1.31	1.24
33	34	6	10.0%	3.58	65.31	0.086	0.6168	2.21	65.39	63.44	1.24	1.24
34	35	6	9.1%	3.42	62.30	0.105	0.6558	2.24	63.41	62.44	1.24	1.25
35	36	6	12.0%	3.92	71.55	0.092	0.6241	2.45	62.41	61.20	1.25	1.21
37	38	6	1.65%	1.45	26.53	0.0213	0.4137	0.60	108.42	108.24	1.70	1.28
38	39	6	3.0%	1.96	35.77	0.051	0.5252	1.03	108.21	106.41	1.28	1.31
39	40	6	1.0%	1.13	20.65	0.100	0.6132	0.69	106.38	105.79	1.31	2.60
40	41	6	1.0%	1.13	20.65	0.117	0.6489	0.73	105.76	105.49	2.60	3.04
41	42	6	1.0%	1.13	20.65	0.121	0.6761	0.77	105.46	105.27	3.04	2.99
42	43	6	1.0%	1.13	20.65	0.125	0.6827	0.77	105.24	105.15	2.99	2.86

Continuación de la tabla XIV.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q. dom	Q. ilici	Q. inf.	Q. com.	Q. ind.	Q. med	FQM	FH	Q. dis fut.(l/s)
		INICIO	FINAL			Local	Acum.	Act.	Fut.									
44	45	112.27	112.16	17.5	0.63	6	6	36	74	0.09	0.0088	0.06	0	0	0.16	0.002	4.28	0.5
45	46	112.16	108.66	78.9	4.44	24	30	180	371	0.44	0.0438	0.06	0	0	0.54	0.002	4.04	2.3
46	43	108.66	107.98	56.6	1.20	17	47	282	581	0.69	0.0686	0.06	0	0	0.81	0.002	3.94	4.1
43	47	107.98	104.81	16.6	19.10	0	76	456	939	1.11	0.1109	0.06	0	0	1.28	0.002	3.82	6.4
47	48	104.81	97.38	47.65	15.59	10	86	516	1063	1.25	0.1255	0.06	0	0	1.44	0.002	3.78	7.2
48	49	97.38	93.92	25.5	13.57	4	90	540	1112	1.31	0.1313	0.06	0	0	1.50	0.002	3.77	6.9
49	50	93.92	89.56	30.8	14.16	4	94	564	1162	1.37	0.1372	0.06	0	0	1.57	0.002	3.76	6.7
50	51	89.56	82.94	64.3	10.30	4	98	588	1211	1.43	0.143	0.06	0	0	1.63	0.002	3.74	8.1
52	53	87.67	83.96	18.7	19.84	12	12	72	148	0.18	0.0175	0.06	0	0	0.25	0.002	4.19	1.1
53	51	83.96	82.94	36.2	2.82	3	15	90	185	0.22	0.0219	0.06	0	0	0.30	0.002	4.16	1.4
51	54	82.94	80.62	39.3	5.90	3	116	696	1434	1.69	0.1693	0.06	0	0	1.92	0.002	3.69	8.7
54	55	80.62	78.98	16	10.25	5	121	726	1496	1.77	0.1766	0.06	0	0	2.00	0.002	3.68	8.4
55	56	78.98	77.66	17.8	7.42	5	126	756	1557	1.84	0.1839	0.06	0	0	2.08	0.002	3.67	10.2
57	58	88.06	83.8	13.2	32.27	14	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.3
58	59	83.80	79.44	18.5	23.57	10	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	2.2
59	56	79.44	77.66	23	7.74	0	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	2.0
56	60	77.66	76.17	20.5	7.27	1	150	900	1854	2.19	0.2189	0.06	0	0	2.47	0.002	3.61	10.2
60	61	76.17	74.36	34	5.32	1	151	906	1866	2.20	0.2204	0.06	0	0	2.48	0.002	3.61	12.0
61	62	74.36	73.74	10	6.20	0	151	906	1866	2.20	0.2204	0.06	0	0	2.48	0.002	3.61	12.0
62	63	73.74	73.08	8.4	7.86	1	152	912	1879	2.22	0.2218	0.06	0	0	2.50	0.002	3.61	12.1

Continuación de la tabla XIV.

DE PV	DE PV	Ø (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/v	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				CIS	CIE	inicio	final
44	45	6	1.7%	1.48	26.93	0.019	0.4036	0.60	111.07	110.77	1.20	1.42
45	46	6	4.2%	2.32	42.33	0.054	0.5335	1.24	110.74	107.43	1.42	1.26
46	43	6	1.1%	1.19	21.66	0.189	0.7689	0.91	107.40	106.78	1.26	2.86
43	47	6	9.0%	3.40	61.96	0.103	0.6454	2.19	105.12	103.63	2.86	1.21
47	48	6	15.5%	4.46	81.31	0.088	0.6168	2.75	103.60	96.21	1.21	1.20
48	49	6	13.5%	4.16	75.89	0.091	0.6223	2.59	96.18	92.74	1.20	1.21
49	50	6	14.1%	4.25	77.55	0.086	0.6132	2.61	92.71	88.36	1.21	1.23
50	51	6	10.3%	3.63	66.28	0.122	0.6728	2.44	88.33	81.71	1.23	1.26
52	53	6	19.7%	5.03	91.67	0.012	0.3395	1.71	86.47	82.79	1.20	1.20
53	51	6	2.7%	1.86	33.94	0.041	0.4908	0.91	82.76	81.78	1.20	1.26
51	54	6	5.7%	2.70	49.31	0.177	0.7544	2.04	81.68	79.44	1.26	1.21
54	55	6	10.0%	3.58	65.31	0.129	0.6893	2.47	79.41	77.81	1.21	1.20
55	56	6	7.3%	3.06	55.80	0.183	0.7617	2.33	77.78	76.48	1.20	1.21
57	58	6	32.1%	6.41	117.02	0.011	0.3310	2.12	86.86	82.62	1.20	1.21
58	59	6	23.2%	5.45	99.48	0.022	0.4087	2.23	82.59	78.30	1.21	1.17
59	56	6	7.6%	3.12	56.94	0.035	0.4707	1.47	78.27	76.52	1.17	1.21
56	60	6	7.1%	3.02	55.03	0.186	0.7661	2.31	76.45	74.99	1.21	1.21
60	61	6	5.3%	2.61	47.55	0.253	0.8342	2.17	74.96	73.16	1.21	1.23
61	62	6	5.6%	2.68	48.88	0.246	0.8276	2.22	73.13	72.57	1.23	1.20
62	63	6	8.0%	3.20	58.42	0.207	0.4011	1.28	72.54	71.87	1.20	1.24

Continuación de la tabla XIV.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	S% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q dom	Q illici	Q inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM	FH	Q dis fut(l/s)
		INICIO	FINAL			Local	Acum.	Act.	Fut.									
64	65	79.79	76.33	17.2	20.12	12	12	72	148	0.18	0.0175	0.06	0	0	0.25	0.002	4.19	1.0
65	63	76.33	73.08	42.1	7.72	5	17	102	210	0.25	0.0248	0.06	0	0	0.33	0.002	4.14	1.3
63	66	73.08	71.34	29.8	5.84	1	169	1014	2089	2.47	0.2466	0.06	0	0	2.77	0.002	3.57	13.3
66	67	71.34	68.52	17.7	15.93	1	170	1020	2101	2.48	0.2481	0.06	0	0	2.79	0.002	3.57	13.4
68	69	91.83	87.11	23.6	20.00	16	16	96	198	0.23	0.0233	0.06	0	0	0.32	0.002	4.15	1.5
69	70	87.11	84.74	11.7	20.26	6	22	132	272	0.32	0.0321	0.06	0	0	0.41	0.002	4.10	1.8
70	71	84.74	80.28	22.5	19.82	11	33	198	408	0.48	0.0482	0.06	0	0	0.59	0.002	4.02	2.5
71	72	80.28	77.93	24.7	9.51	4	37	222	457	0.54	0.054	0.06	0	0	0.65	0.002	3.99	3.3
72	73	77.93	74.96	12.8	23.20	2	39	234	482	0.57	0.0569	0.06	0	0	0.69	0.002	3.98	3.4
73	67	74.96	68.52	43.7	14.74	7	46	276	569	0.67	0.0671	0.06	0	0	0.80	0.002	3.94	4.0
45	74	112.16	108.73	35	9.80	8	8	48	99	0.12	0.0117	0.06	0	0	0.19	0.002	4.24	0.7
74	75	108.73	104.17	29	15.72	0	8	48	99	0.12	0.0117	0.06	0	0	0.19	0.002	4.24	0.6
75	76	104.17	101.71	35	7.03	11	19	114	235	0.28	0.0277	0.06	0	0	0.36	0.002	4.12	1.5
76	77	101.71	100.49	18.35	6.65	2	21	126	260	0.31	0.0306	0.06	0	0	0.40	0.002	4.10	1.9
77	78	100.49	97.53	27	10.96	5	26	156	321	0.38	0.0379	0.06	0	0	0.48	0.002	4.07	2.3
78	79	97.53	93.73	13.5	28.15	0	26	156	321	0.38	0.0379	0.06	0	0	0.48	0.002	4.07	2.3
79	80	93.73	89.64	13.4	30.52	0	26	156	321	0.38	0.0379	0.06	0	0	0.48	0.002	4.07	2.1
80	81	89.64	77.12	37.5	33.39	6	32	192	396	0.47	0.0467	0.06	0	0	0.57	0.002	4.02	2.4
81	82	77.12	71.05	28	21.68	1	33	198	408	0.48	0.0482	0.06	0	0	0.59	0.002	4.02	2.9
82	67	71.05	68.52	13.6	18.60	1	34	204	420	0.50	0.0496	0.06	0	0	0.61	0.002	4.01	3.0
67	83	68.52	66.01	20.2	12.43	0	250	1500	3090	3.65	0.3648	0.15	0	0	4.16	0.002	3.43	18.9
83	84	66.01	62.96	39.4	7.74	0	250	1500	3090	3.65	0.3648	0.15	0	0	4.16	0.002	3.43	17.4

Continuación de la tabla XIV.

DE	A	Ø PV (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/V	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				inicio	final	inicio	final
64	65	6	20.0%	5.06	92.37	0.011	0.3310	1.68	78.59	75.15	1.15	1.21
65	63	6	7.65%	3.13	57.13	0.023	0.4011	1.26	75.12	71.90	1.21	1.24
63	66	6	5.8%	2.73	49.74	0.268	0.8479	2.31	71.84	70.11	1.24	1.26
66	67	6	15.7%	4.49	81.84	0.163	0.4011	1.80	70.08	67.30	1.26	1.21
68	69	6	20.0%	5.06	92.37	0.016	0.3725	1.89	90.63	85.91	1.20	1.23
69	70	6	20.0%	5.06	92.37	0.020	0.4011	2.03	85.88	83.54	1.23	1.23
70	71	6	19.7%	5.03	91.67	0.027	0.4357	2.19	83.51	79.08	1.23	1.23
71	72	6	9.5%	3.49	63.66	0.051	0.5252	1.83	79.05	76.70	1.23	1.26
72	73	6	22.7%	5.39	98.40	0.035	0.4707	2.54	76.67	73.77	1.26	1.22
73	67	6	14.7%	4.34	79.19	0.051	0.5252	2.28	73.74	67.31	1.22	1.21
45	74	6	9.7%	3.53	64.33	0.011	0.3310	1.17	110.96	107.57	1.42	1.20
74	75	6	15.7%	4.48	81.71	0.008	0.3310	1.48	107.54	103.00	1.17	1.20
75	76	6	7.0%	3.00	54.64	0.027	0.4087	1.22	102.97	100.52	1.17	1.22
76	77	6	6.4%	2.86	52.25	0.036	0.4730	1.35	100.49	99.31	1.22	1.21
77	78	6	10.9%	3.74	68.19	0.034	0.4661	1.74	99.28	96.34	1.21	1.22
78	79	6	28.0%	5.99	109.29	0.021	0.4087	2.45	96.31	92.53	1.22	1.23
79	80	6	30.1%	6.21	113.31	0.019	0.3617	2.25	92.50	88.47	1.23	1.20
80	81	6	33.3%	6.53	119.18	0.020	0.4011	2.62	88.44	75.95	1.20	1.20
81	82	6	21.6%	5.26	95.99	0.030	0.4476	2.36	75.92	69.87	1.20	1.21
82	67	6	18.3%	4.84	88.35	0.034	0.4661	2.26	69.84	67.35	1.21	1.20

Fuente: elaboración propia.

2.1.21. Tratamiento de aguas servidas

Debido a la topografía que presenta la aldea no fue posible concentrar toda la red hacia un mismo punto de descarga, por lo que se hizo necesario descentralizar el proyecto en dos puntos principales. Para el colector principal que finaliza en el pozo de visita 36 (PV-36), se recomienda un tratamiento primario por medio de fosa séptica. Ya que el objetivo de estas unidades es la remoción de sólidos en suspensión por medio de procesos físicos como la sedimentación, en los que se logra eliminar de 40 a 60 % de sólidos.

Para el colector principal que finaliza en el pozo de visita 84 (PV-84) se recomienda la implementación de una planta de tratamiento primario para readecuar las aguas servidas, previo a su descarga a cuerpos receptores, en este caso un río.

2.1.22. Programa de operación y mantenimiento

Para este proyecto se hace necesario formar un comité en la aldea, el cual se debe encargar de la administración correcta de las actividades de operación y mantenimiento del sistema, esto con el objetivo de reducir costos de estas actividades. Todo el sistema trabaja por gravedad y no requiere de una operación específica diaria. Anualmente; previo a la época de invierno se debe contemplar limpieza y revisión del sistema, porque a medida que pasa el tiempo se produce el deterioro del sistema y el riesgo de obstrucción y derrumbes son factores importantes a considerar.

2.1.23. Propuesta de tarifa

Para que el proyecto sea sostenible y cumpla con los objetivos trazados durante el periodo de diseño, es necesario que el mismo cuente con un fondo de operación y mantenimiento.

De acuerdo a los estimados de la municipalidad, se determinó que el costo anual (CA) es de Q.20 000. Lo que representa: limpieza, revisión, mantenimiento de pozos de visita y tubería, mano de obra presupuestada y materiales.

Cálculo de la tarifa (T)

$$T = \frac{CA}{\#viviendas} = \frac{Q20\ 000}{250} = \frac{80\ \text{anuales}}{12\ \text{meses}} = Q6,66$$

Dando como resultado una tarifa máxima de Q.10,00. Mensuales. Adicionalmente a esta tarifa la municipalidad cobrara una tarifa única por conexión domiciliar a cada vivienda, de Q380,00, que la administración municipal tiene establecida.

2.1.24. Planos y detalles

Los planos y detalles para este proyecto se presentan en el apéndice y están conformados por: planta topográfica, planta de densidad de vivienda, planta de curvas de nivel, planta de conjunto hidráulico y planos de vistas en perfil.

2.1.25. Presupuesto



Representa las actividades y los recursos para llevar a cabo el proyecto. Para lo cual es necesario considerar cada aspecto y todas las especificaciones que se fijan durante en el diseño.

El presupuesto fue elaborado con base en renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios.

- Integración de precios unitarios

La integración de precios unitarios se refiere al desglose actividad y material requerido para llevar a cabo las actividades de trabajo. Se debe considerar los aspectos como maquinaria y equipo, materiales, mano de obra y combustibles. En la tabla V se presenta un ejemplo de la integración de precios unitarios.

Tabla XV. **Ejemplo de integración de precios unitario**



	Integración de precios unitarios alcantarillado sanitario aldea San José el Yalú				
	Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez				
	Dirección Municipal de Planificación				
INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIO					
PROYECTO: Alcantarillado sanitario Aldea San José el Yalú					
UBICACIÓN: Sumpango Sacatepéquez					
No.2.1	POZO DE VISITA DE 1,20 A 1,50M	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN					
Ladrillo tayuyo		UNIDAD	675	Q2,00	Q1 350,00
Cemento UGC		UNIDAD	10	Q75,00	Q750,00

Continuación la tabla XV.

Arena	M3	0,65	Q90,00	Q58,50
Piedrín 3/4"	M3	0,345	Q200,00	Q69,00
Hierro liso Núm. 2	VARILLA	2,5	Q10,00	Q25,00
Hierro corrugado Núm. 4	VARILLA	7	Q30,00	Q210,00
Alambre de amarre	LB	3,5	Q5,00	Q17,50
Madera 1"X12"X10'	UNIDAD	2	Q51,00	Q102,00
Transporte	%	1	2 %	Q51,64
TOTAL DE MATERIALES				Q2 633,64
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUB-TOTAL
Excavación a mano	M3	3,7	Q90,00	Q333,00
Fundición de cimiento 4000 PSI	M3	0,5	Q180,00	Q90,00
Levantado de muro	M2	6	Q65,00	Q390,00
instalación de escalones acero Núm. 5	UNIDAD	4	Q15,00	Q60,00
construcción de brocal	M3	0,104	Q180,00	Q18,72
Fundición de tapadera	UNIDAD	0,055	Q180,00	Q9,90
Acabados (repello + cernido)	M2	8,1	Q25,00	Q202,50
Factor ayudante	%	1	48 %	Q529,98
Prestaciones	%		85 %	Q1 388,98
TOTAL MANO DE OBRA				Q3 023,08
Herramienta+ Equipo+Máquinas (2,5 % de los materiales)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
H+E+M	%	2,05 %		Q65,84
INTEGRACION PRECIO UNITARIO				
TOTAL DE MATERIALES				Q2 633,64
TOTAL MANO DE OBRA				Q3 023,08
TOTAL HERRAMIENTA+ EQUIPO+MÁQUINAS				Q65,84
IDIRECTOS			35 %	Q2 002,90
PRECIO UNITARIO TOTAL				Q7 725,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resumen general del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario**

		Presupuesto alcantarillado sanitario aldea San José el Yalú			
		Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez			
		Dirección Municipal de Planificación			
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo topográfico	Km	2.5	Q5 000,00	Q12 500,00
1.2	Excavación y relleno de zanja de hasta 1,80m de profundidad y 0,60m de ancho	m3	2 550	Q76,00	Q193 800,00
1.3	Excavación y relleno de zanja de mas1,80m de profundidad y 0,60m de ancho	m3	841	Q105,00	Q88 305,00
TOTAL DEL RENGLÓN					Q294 605,00
2.0	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA				
2.1	Pozo de 1,20 a 1,50M	UNIDAD	70	Q7 725,46	Q540 782,20
2.2	Pozo de 1,50 a 2,50M	UNIDAD	4	Q10 164,59	Q40 658,36
2.3	Pozo de 2,50 a 3,50M	UNIDAD	8	Q13 278,14	Q106 225,12
2.4	Pozo de 3,50 a 4,50M	UNIDAD	0	Q16 691,34	Q0,00
2.5	Pozo de 4,50 en adelante	UNIDAD	1	Q19 582,02	Q19 582,02
TOTAL DEL RENGLÓN					Q707 247,70
3.0	INSTALACIÓN DE TUBERÍA				
3.1	Instalación de tubería de 6" PVC norma 3034	UNIDAD	357	Q2 966,47	Q1,059 029,79
3.2	instalación de tubería de 15 de 15" PVC norma 3034	UNIDAD	12	Q6 580,79	Q78 969,48
TOTAL DEL RENGLÓN					Q1 137 999,27
4.0	CONEXIONES DOMICILIARES				
4.1	Instalación de tubería de PVC de 4" y tubo de concreto de 12"	UNIDAD	211	Q2 833,68	Q597 906,48
TOTAL DEL RENGLÓN					Q597 906,48
TOTAL DEL PROYECTO				Q2 737 758,45	
TOTAL EN LETRAS			DOS MILLONES, SETECIENTOS TREINTA Y SIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO QUETZALES CON CUARENTA Y CINCO CENTAVOS		

Fuente: elaboración propia.

2.1.26. Cronograma de ejecución

A continuación se realiza la descripción del cronograma de actividades.

Tabla XVII. **Cronograma de ejecución física y financiera**

MUCIPALIDAD DE SUMPANGO SACATEPÉQUEZ												
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN												
PROYECTO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ												
LUGAR SUMPANGO SACATEPÉQUEZ												
N.0	DESCRIPCIÓN	U	CANT.	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7		
1	Trabajos Preliminares											
1.1	Replanteo Topográfico	Km	2.5									
	Costo del renglón			Q12,500								
2	Excavación											
2.1	Excavación para tubería y pozos	m3	3,391									
	Costo del renglón			Q56,421.00	Q56,421.00	Q56,421.00	Q28,210.50	Q56,421.00	Q56,421.00	Q28,210.50		
3	INSTALACIÓN DE TUBERÍA											
3.1	instalación de tubería de 6"	U	369									
	Costo del renglón			Q227,599.85	Q227,599.85	Q227,599.85	Q113,799.93	Q227,599.85	Q227,599.85	Q113,799.93		
3.2	candela domiciliar y tubería de 4"	U	211									
	costo del renglón			Q119,581.30	Q119,581.30	Q119,581.30	Q59,790.65	Q119,581.30	Q119,581.30	Q59,790.65		
4	CONSTRUCCIÓN											
4.1	Pozos de visita	U	83									
	Consto del renglón			Q141,449.54	Q141,449.54	Q141,449.54	Q70,724.77	Q141,449.54	Q141,449.54	Q70,724.77		
AVANCE FINANCIERO				Q557,551.69	Q545,051.69	Q545,051.69	Q272,525.85	Q545,051.69	Q545,051.69	Q272,525.85		
AVANCE TOTAL FINANCIERO												Q2,737,758.45
AVANCE PORCENTUAL				20.00%	20.00%	20.00%	10.00%	20.00%	20.00%	10.00%	20.00%	10%
AVANCE PORCENTUAL ACUMULADO				20.00%	40.00%	60.00%	70.00%	90.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

2.1.27. Evaluación de impacto ambiental

Esta evaluación tiene como objetivo establecer los límites de la contaminación y el efecto de la acción humana sobre el medio ambiente. De la misma forma analiza las consecuencias negativas que generan la contaminación del suelo y la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas si no se cuenta con sistema de alcantarillado sanitario.

La evaluación de impacto ambiental, es el análisis de las consecuencias que se pueden generar por la ejecución de un proyecto en la salud de las personas y el ambiente. Es importante mencionar que el termino impacto ambiental no se debe asumir como algo negativo, ya que este impacto puede ser negativo o positivo.

Este proyecto será sometido a una evaluación de impacto ambiental inicial, requerida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). La actividad a realizar se caracteriza como proyecto nuevo.

Para la evaluación de impacto ambiental, se utilizó el cuadro propuesto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del gobierno de Guatemala.

El documento empleado es conocido como Evaluación de Impacto Ambiental Inicial y se identifica con el número DGGA-GA-R-001. Fue aprobado por el Acuerdo Gubernativo 137-2016: Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental.

El formato de evaluación de impacto ambiental inicial o EAI se presenta en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Evaluación de impacto ambiental inicial (EAI)

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
I. INFORMACION LEGAL	
<p>I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: Alcantarillado sanitario San José el Yalú</p>	
<p>I.2. Información legal: A) Nombre del Proponente o Representante Legal: Lic. Efrain Paredes Gerónimo</p>	
<p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social:</p> <p>Nombre Comercial: Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez No. De Escritura Constitutiva:</p> <p>Fecha de constitución: 1825</p> <p>Patente de Sociedad No aplica Registro No. No aplica. Folio No. No aplica Libro No. No aplica</p> <p>Patente de Comercio No aplica Registro No. No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica</p> <p>No. De Finca No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica de No aplica, donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT):</p>	
<p>I.3 Teléfono Fax Correo electrónico: carlos10reyestrinidad@gmail.com</p>	

Continuación de la tabla XVIII.

Personas Contacto en la Comunidad:		
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: Aldea San José el Yalú, Sumpango, Sacatepéquez		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
Coordenadas UTM (Datum WGS84)Coordenadas Geográficas (Datum WGS 84)		
		Altura msnm
	14° 39' N	
	90° 44' 0	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) 31 Av. 7-58 zona 9 de Mixco, Departamento de Guatemala		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	II. 2 Operación	Abandono
II.3 Área		
a) Área total de terreno en m2: 235, 340.80		
b) Área de ocupación del proyecto en m2: 235, 340.80		
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE: San Juan Sacatepéquez SUR: Aldea San Rafael el Arado		
ESTE: San Juan Sacatepéquez OESTE: Aldea el Guachipilín		
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTA(NCIA AL SITIO DEL PROYECTO
D		
B		

Continuación de la tabla XVIII.

II.5 Dirección del viento:							
II.7 Datos laborales							
a) Jornada de trabajo: Diurna(X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____							
b) Número de empleados por jornada: Fase de construcción Total empleados: 60							
c) otros datos laborales, especifique							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS....							
	Tipo	si/no	cantidad/ mes, día, hora	proveedor	uso	especificaciones u observaciones	forma de almacenamiento
Agua	servicio publico	si	200 galones	Empresa privada	Riego para control de polvo		Cisterna
	Pozo						
Combustibles	gasolina						
	diesel						
	bunker						
	glp						
lubricantes	Otro						
	solubles						
	no solubles						
refrigerantes							
OTROS							
III. TRANSPORTE							
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehiculos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:							
a) Número de vehiculos: 4							
b) Tipo de vehiculo: pesados							
c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: área de escuela 480 m2							
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD							

Continuación de la tabla XVIII.

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Contaminación del aire debido al polvo generado por el movimiento de tierras y la circulación de maquinaria y equipo	A lo largo de las calles y caminos vecinales de la aldea	Riegos de agua para evitar las partículas de polvo en el aire. A los trabajadores se les proporcionará mascarillas para proteger las vías respiratorias.
2	Agua	Abastecimiento de agua			
		Aguas Residuales			
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Material sobrante de la construcción de pozos y la instalación de tubería de PVC	A lo largo de las calles	Aprovechar al máximo los materiales de construcción.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)			
		Modificación del relieve o topografía del área			
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)			
		Fauna (animales)			
		Ecosistema			
5	Visual	Modificación del paisaje			

Continuación de la tabla XVIII.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA
<p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (Kw/hrs o Kw/mes):</p> <p>V.2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público:</p> <p>b) Sistema privado:</p> <p>c) Generación propia:</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p>SI _____ NO _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> <p>-</p>
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
<p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los pobladores.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas: De no existir el equipamiento y servicios mínimos en el nuevo asentamiento, se podrían generar sobrecarga en los servicios de los poblados aledaños al sitio.</p>
<p>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible (X) d) Incendio ()</p> <p>e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué?</p>
<p>VI.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p>

Continuación de la tabla XVIII.

VI.4 Equipo de protección personal
VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()
VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:
V.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de Guatemala

2.1.28. Evaluación socioeconómica

Realizar un análisis matemático y financiero nos permite conocer la rentabilidad de los mismos. Para ello se utilizaran los métodos que se describen a continuación.

2.1.28.1. Valor presente neto

Se utiliza para para comparar alternativas de inversión. Se realiza a partir de una de un flujo efectivo, trasladando de esta forma todo al presente.

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

$$VPN < 0$$

$$VPN = 0$$

$$VPN > 0$$

$VPN < 0$, si el resultado un valor negativo muy alejado de cero, el análisis nos indica que el proyecto no es rentable, ya que se está estimando que habrá

pocos ingresos. Pero si el resultado está cerca de cero, el proyecto puede ser rentable.

VPN = 0, indica que se genera el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el VPN > 0, indica que la opción es rentable y que inclusive podría incrementar el porcentaje de utilidad.

Para este proyecto de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San José el Yalú del municipio de Sumpango Sacatepéquez se tiene una tasa de interés del 12 %.

- Egresos:

Costo de ejecución (CE) = Q2 737 758,45

Costo de operación y mantenimiento anual (CA) = Q20 000

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} = 20\,000 * \frac{(1+0,12)^{20} - 1}{0,12 * (1+0,12)^{20}} = Q149\,388,87$$

- Ingresos:

Pago de conexión domiciliar (CD) = (Q380) * (250 viviendas) = Q95 640

Pago de tarifa anual (TA) = (Q10) * (250 viviendas) * (12 meses) = Q30 000

Valor presente neto (VPN) = ingresos - egresos

$$VPN = (Q95\,640 + 30\,000) - (Q2\,737\,758,45 + 149\,288,87) = -Q2\,761\,407,32$$

El valor negativo indica que la inversión inicial no es recuperable, por esta razón los recursos deben ser proporcionados por alguna institución gubernamental o no gubernamental para que el proyecto sea auto sostenible.

2.1.28.2. Tasa interna de retorno

Se utiliza para evaluar el rendimiento de inversiones. Este proyecto por ser de carácter social se hace imposible obtener una tasa interna de retorno (TIR) atractiva, por lo que a nivel municipal el análisis socioeconómico para este tipo de proyectos se realiza como costo/beneficio y este se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{Q2,812,377.35}{1,738 \text{ habitante}} = Q1\ 618,17/\text{hab.}$$

Las instituciones de inversión social, toman las decisiones con base al resultado que se obtuvo anteriormente y las disposiciones económicas que poseen.

2.2. Diseño del sistema de servicio de alcantarillado sanitario para la aldea Rancho Alegre, Sumpango Sacatepéquez

Para la realización del sistema de servicio de alcantarillado sanitario se deben llevar a cabo un levantamiento topográfico, definir un período de diseño, hacer un cálculo de la población del lugar entre otros, que se describen a continuación.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, aplicando las normas de diseño del INFOM, el sistema consistirá en un colector de PVC que será instalado en las calles y caminos vecinales de la comunidad.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico de este proyecto se utilizaron los mismos procedimientos descritos anteriormente. Ver sección 2.1.2, páginas 39 y 40 de este trabajo.

- **Planimetría**

A través de esta, se determinó la longitud precisa de cada uno de los puntos marcados en el área a trabajar. Ver sección 2.1.2, páginas 39 y 40 de este trabajo.

- **Altimetría**

Por medio de esta, se les otorgó elevación a los puntos guardados en la planimetría y se determinó la diferencia de niveles existente entre los puntos de cada estación. El método empleado está descrito en la sección 2.1.2, páginas 39 y 40 de este trabajo.

2.2.3. Periodo de diseño

Es el tiempo durante el cual se estima que el sistema funcionara satisfactoriamente. De acuerdo con las recomendaciones del INFOM este periodo puede ir de 20 a 30 años, en el presente estudio se determinó un periodo de diseño de 20 años.

2.2.4. Cálculo de población futura

Para el cálculo de población de la aldea Rancho Alegre se utilizara el mismo procedimiento empleado para la aldea San José el Yalú. Y el tramo es del PV-1 a PV-2.

$$P_F = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

P_F = población futura o población de diseño

P_0 = población actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = periodo de diseño

Sustituyendo valores:

P_0 = Viviendas 4, 6 personas por vivienda, entonces: $6 * 4=24$ habitantes

r = 3,68 % dato según censo del INE 2002

n = 20 años

$$P_F = 24 * (1 + 0,0368)^{20} = 49 \text{ habitantes}$$

2.2.5. Generalidades de un sistema de alcantarillado

La función de un sistema de alcantarillado es recolectar y transportar las aguas servidas hacia el lugar donde se les dará el tratamiento antes de su retorno al ambiente, este tipo de sistema funciona como un canal abierto, por lo que se diseña a sección parcialmente llena.

2.2.6. Consideraciones de diseño

Se diseñó de acuerdo a los criterios técnicos de construcción e hidráulicos establecidos en las Normas del INFOM; para que el sistema cumpla con un buen funcionamiento, auto limpieza y protección.

2.2.7. Cálculo de caudales

Para calcular los caudales se basará en la cantidad de la población, habitantes por vivienda, y se establecerá la dotación necesaria en litros al día por habitante y así determinar el caudal domiciliar.

2.2.7.1. Dotación

Con información proporcionada por la municipalidad la aldea Rancho Alegre cuenta con una dotación de 120 lt/hab/día.

2.2.7.2. Caudal domiciliar

Para la determinación del caudal domiciliar en la aldea Rancho Alegre se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q_{DOM} = \frac{P_f * Dot * F_R}{86\ 400} = \frac{49 * 120 * 0,85}{86\ 400} = 0,06\ l/s$$

Donde:

Q_{DOM} = caudal domiciliar

P_f = población futura

F_R = factor de retorno

Dot. = dotación

2.2.7.2.1. Factor de retorno

Se entiende por factor de retorno a la cantidad de agua que cada habitante retorna al sistema de alcantarillado sanitario. Este factor está entre el 70 y 85 %. Para este proyecto se utilizó un factor de retorno de 85 %.

2.2.7.3. Caudal de conexiones ilícitas

Para obtener el caudal por conexiones ilícitas se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{Dom} = 0,10 * 0,06 = 0,006 \text{ l/s}$$

2.2.7.4. Caudal de infiltración

Se considera caudal de infiltración el debido a la cantidad de agua que se infiltra en la tubería, en las juntas de la misma y en conexiones en pozos de visita, observar tabla II.

Tabla XIX. Factor de infiltración

Tipo de tubería	Factor de infiltración
PVC	0,010
Cemento	0,0025

Fuente: INFOM. *Factores de infiltración para tubería PVC*. p. 10.

El caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,010 * \phi_{tuberia} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{inf} = caudal de infiltración

$\phi_{tuberia}$ = diámetro de tubería

2.2.7.5. Caudal comercial

Debido a que en la aldea Rancho Alegre no existe actividad comercial, no se consideró el caudal comercial en el diseño de alcantarillado sanitario.

2.2.7.6. Caudal industrial

Debido a la inexistencia de actividad industrial, no se tomó en cuenta el caudal industrial en el diseño del sistema de drenaje.

2.2.8. Factor de caudal medio (fqm)

El factor de caudal medio se obtuvo empleando el procedimiento de la sección 2.1.8, página 45 de este trabajo.

$$FQM = Q_M / \text{Núm. habitantes} = 0,124 / 49 = 0,0025$$

2.2.9. Factor de Harmon

Para determinar este factor, se utilizó la ecuación descrita en la sección 2.1.9, página 45 de este trabajo

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P/1\ 000}} \right] = \left[\frac{18 + \sqrt{49/1\ 000}}{4 + \sqrt{49/1\ 000}} \right] = 4,32$$

2.2.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño para la aldea Rancho Alegre se determinó con la siguiente ecuación:

$$Qd = \text{Núm. hab} * fqm * FH = 49 * 0,0025 * 4,32 = 0,54 \text{ l/s}$$

Donde:

Qd = caudal de diseño

Núm. hab = número de habitantes en cada tramo

Fqm = factor de caudal medio

FH = factor de Harmon

2.2.11. Determinación de la ruta

La ruta se determinó considerando la dirección de flujo a través del sistema, y la topografía del lugar para obtener una línea central inicial desde la cota alta del terreno hasta la parte más baja del mismo donde se le dará tratamiento a las aguas servidas.

2.2.12. Pendiente de tuberías

La pendiente de la tubería se debe adaptar en lo posible a la pendiente del terreno, esto con el objetivo de reducir costos de excavación. La pendiente de las tuberías debe garantizar el cumplimiento de las velocidades permitidas, $0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,0 \text{ m/s}$.

2.2.13. Velocidad de diseño

Para el presente diseño se estableció una velocidad mínima de 0,60 m/s, ya que de acuerdo con la normativa del INFOM en casos especiales cuando los ramales solo sirven a pocas viviendas es permitida una velocidad no menor a 0,3 m/s. Según el material de la tubería y las especificaciones del fabricante. De acuerdo con las normas del INFOM la velocidad máxima dentro de las tuberías es de 3 m/s ya que esta no erosiona el material de la tubería.

2.2.14. Formula de Manning

Se utiliza para determinar la velocidad de flujo a sección llena, está en función la pendiente, el diámetro y el coeficiente de rugosidad.

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{2/3} * S^{1/2} = \frac{0,03429 * (6")^{2/3} * (1,8/100)^{1/2}}{0,010} = 1,52 \text{ m/s}$$

Donde:

V = velocidad en m/s

R_H = radio hidráulico

S = pendiente del canal

n = coeficiente de rugosidad de Manning

2.2.15. Cálculo de cotas invert

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Rancho Alegre, las cotas invert de entrada y salida, al igual que las cotas del terreno y la altura de los pozos de visita, se determinan de la siguiente forma:

$$S_{\text{terreno}} \% = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{100 - 99,38}{56,10} * 100 = 1,11 \%$$

Se propone la altura del pozo de visita de 1,20m.

$$CISP\text{V} - 1 = CT_{PV1} - H_{POZO1} = 100 - 1,20 = 98,80$$

$$CIEPV - 2 = (CISP\text{V} - 1) - \left(\frac{S_{\text{tubo}}}{100}\right) * DH = 98,80 - (0,018) * 56,10 = 97,79$$

$$CISP\text{V} - f = (CIEPV - f) - 0,03 = 97,79 - 0,03 = 97,76$$

$$H_{\text{pozo2}} = CT_{PV-2} - (CISP\text{V} - 2) = 99,38 - 97,76 = 1,62\text{m}$$

Donde:

CT_{PV-i} = cota de terreno del pozo de visita inicial

CT_{PV-f} = cota de terreno del pozo de visita 2

CIS = cota invert de salida

CT_{pv} = cota de terreno

$CISP\text{V} - i$ = cota invert de salida pozo de visita inicial

$CIEPV - f$ = cota invert de entrada pozo de visita final

$CISP\text{V} - f$ = cota invert de salida pozo de visita final

DH = distancia horizontal

S_{tubo} = pendiente de la tubería

H_{pozo} = altura del pozo

2.2.16. Diámetro de tubería

Para el diseño de este proyecto se utilizó tubería de 6 pulgadas norma ASTM F 949 para colectores y 4 pulgadas Norma ASTM 3034 para las conexiones domiciliarias cumpliendo así con las normas del INFOM.

2.2.17. Pozos de visita

Serán contruidos de ladrillo de barro cocido (ladrillo tayuyo), la función de los mismos es el control de flujo en cambios de dirección, intersecciones, cambios de gradiente. El INFOM recomienda localizar los pozos de visita en los siguientes casos:

- El inicio de cualquier ramal
- En intersecciones
- En curvas (no más de 30 metros)
- En distancias no mayores de 100 metros en línea recta (diámetros hasta de 24")
- Cambio de pendiente
- Cambio de diámetro

2.2.17.1. Especificaciones de pozos de visita

Los pozos deben tener las siguientes características cilíndrica; los muros serán contruidos con ladrillo tayuyo colocados de punta, tapadera de concreto reforzado, cimentados sobre una plancha de concreto con pendiente para

conducir las aguas hacia el tubo de salida. Para caídas mayores a 0,70m se construirá un dissipador o dejar un colchón de agua de 0,20 metros para evitar erosión en la base del pozo. La ubicación de cada pozo y los detalles de construcción se encuentran en el apéndice; en los planos de conjunto hidráulico y perfiles.

2.2.18. Conexiones domiciliarias

Para la unión con la tubería principal, se debe utilizar tubería de PVC de 4" de diámetro Norma ASTM 3034, con 2 % de pendiente y considerando las profundidades de instalación.

2.2.18.1. Caja o candela

Será de tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro, colocado verticalmente, el fondo debe estar fundido con concreto y con la pendiente adecuada para conducir las aguas a la tubería principal. La altura mínima de la candela será de 1,00 metro.

2.2.18.2. Tubería secundaria

Permite conectar la candela domiciliar con el colector principal. Debe utilizarse tubo PVC de 4", con pendiente mínima de 2 % y máxima de 6 %. Es importante mencionar que las conexiones domiciliarias con el colector principal se deben realizar en el medio de diámetro en la parte superior, y debe formar un ángulo de 45 grados aguas abajo.

2.2.19. Profundidad de la tubería

La profundidad del colector principal debe garantizar: evitar rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo, permitir en lo posible todas las conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no tenga dificultades constructivas.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie para este proyecto fue de 1,20 metros cumpliendo así con las N del INFOM.

La profundidad mínima para tuberías de PVC y concreto se encuentra en las tablas II y III, respectivamente, pagina 51 de este trabajo.

2.2.20. Ejemplo de cálculo hidráulico

- Tramo PV-1 A PV-2

Distancia horizontal = 56,10m cota inicial = 100 cota final = 99,38

Pendiente del terreno:

$$S_{\text{terreno}} \% = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100 = \frac{100 - 99,38}{56,10} * 100 = 1,11 \%$$

Número de casas = 4 casas acumuladas = 4

Densidad de vivienda = 6 hab/vivienda

Total de habitantes a servir: actuales= 24 futuros= 49

- Caudal medio

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}}$$

$$Q_{\text{DOM}} = \frac{P_f \cdot \text{Dot} \cdot F_R}{86\,400} = \frac{49 \cdot 120 \cdot 0,85}{86\,400} = 0,06 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ci}} = 0,10 \cdot Q_{\text{Dom}} = (0,10)(0,06) = 0,006 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{inf}} = 0,010 \cdot \phi_{\text{tuberia}} = (0,010)(6") = 0,06 \text{ l/s}$$

Caudal comercial = 0

Caudal industrial = 0

$$Q_{\text{med}} = 0,06 + 0,006 + 0,06 + 0 + 0 = 0,124 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$FQM = Q_M / \text{Núm. habitantes}$$

$$FQM = \frac{0,124}{49} = 0,0025 \text{ l/s/hab.}$$

Como el resultado $0,0025 > 0,002$ cumple con la normativa del INFOM.

- Factor de Harmon

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{P/1\,000}}{4 + \sqrt{P/1\,000}} \right]$$

$$FH = \left[\frac{18 + \sqrt{49/1\,000}}{4 + \sqrt{49/1\,000}} \right] = 4,32$$

- Caudal de diseño

$$Q_d = \text{Núm. hab} \cdot FQM \cdot FH$$

$$Qd = 49 * 0,0025 * 4,32 = 0,54 \text{ l/s}$$

- Diámetro de la tubería
 - Diámetro de la tubería = 6 pulgadas
- Pendiente de la tubería
 - Pendiente propuesta = 1,8 %
- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (D)^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * (6'')^{2/3} * \left(\frac{1,8}{100}\right)^{1/2}}{0,010} = 1,52 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = VA$$

$$Q = (1,52 \text{ m/s}) \left(\frac{\pi}{4}\right) (6 * 0,0254)^2 \left(\frac{1 \text{ 000 l}}{1 \text{ m}^3}\right) = 27,71 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales

Donde:

q = diseño

Q = caudal a sección llena

$$\frac{q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sección llena}}} = \frac{0,54}{27,71} = 0,02$$

Obteniendo el dato de q/Q , se localiza en las tablas de relaciones hidráulicas y se leen los valores correspondientes en la misma fila para identificar los datos de v/V y d/D .

- Relación de velocidad

$$\frac{v}{V} = 0,4011$$

- Relación de tirante

$$\frac{d}{D} = 0,1$$

- Velocidad a sección parcial

$$v = V * v/V$$

$$v = (1,52) * (0,4011) = 0,61 \text{ m/s}$$

- Revisión de especificaciones hidráulicas

Para caudales $q < Q$ 0,54 l/s < 27,71 l/s	Cumple
Para velocidad $0,5 \leq v \leq 3,00$ m/s $0,5 \leq 0,61 \leq 3,00$ m/s	Cumple
Para diámetros $0,1 \leq d/D \leq 0,75$; $0,1 \leq 0,1 \leq 0,75$	Cumple

- Cálculo de cotas invert

Se propone una altura del primer pozo de 1,20 m. con un desfase entre pozos de 0,03m,

$$\begin{aligned}
 \text{CIS} &= \text{CT} - H_{\text{pozo}} \\
 \text{CISPV} - 1 &= 100 - 1,20 = 98,80 \\
 \text{CIEPV} - 2 &= \text{CIS} - (S_{\%}) * \text{DH} \\
 \text{CIEPV} - 2 &= 98,80 - (0,018) * 56,10 = 97,79 \\
 \text{CISPV} - 2 &= (\text{CIEPV} - 2) - 0,03 \\
 \text{CISPV} - 2 &= (97,79) - 0,03 = 97,76 \\
 H_{\text{pozo2}} &= \text{CT}_{\text{pozo2}} - (\text{CISPV} - 2) \\
 H_{\text{pozo2}} &= 99,38 - 97,76 = 1,62\text{m}
 \end{aligned}$$

El diseño hidráulico del resto del sistema de alcantarillado sanitario se encuentra en la tabla XX.

Tabla XX. **Cálculo hidráulico sistema alcantarillado sanitario Rancho Alegre**

DE PV	A PV	COTAS DE TERRENO		DH(m)	% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q. dom	Q. ilici	Q. inf.	Q. com.	Q. ind	Q. med	FQM		Q. dis fut(l/s)
		INICIO	FINAL			Local	Acum.	Act.	Fut.							FUT	FH Fut.	
1	2	100	99.38	56.1	1.11	4	4	24	49	0.06	0.0058	0.06	0	0	0.124	0.003	4.32	1
2	3	99.38	99.46	34.17	-0.23	0	4	24	49	0.06	0.0058	0.06	0	0	0.12	0.003	4.32	0.5
3	4	99.46	99.69	34	-0.68	6	10	60	124	0.15	0.0146	0.06	0	0	0.22	0.002	4.22	0.9
4	5	99.69	99.87	33	-0.55	3	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.1
5	6	99.87	98.96	36	2.53	6	19	114	235	0.28	0.0277	0.06	0	0	0.36	0.002	4.12	1.5
6	7	98.96	97.18	32	5.56	2	21	126	260	0.31	0.0306	0.06	0	0	0.40	0.002	4.10	1.6
7	8	97.18	94.72	38.6	6.37	5	26	156	321	0.38	0.0379	0.06	0	0	0.48	0.002	4.07	2.6
8	9	94.72	93.41	20.8	6.30	2	28	168	346	0.41	0.0409	0.06	0	0	0.51	0.002	4.05	2.8
9	10	93.41	89.33	36.2	11.27	2	30	180	371	0.44	0.0438	0.06	0	0	0.54	0.002	4.04	3.0
10	11	89.33	85.47	33.2	11.63	1	31	186	383	0.45	0.0452	0.06	0	0	0.56	0.002	4.03	3.1
11	12	85.47	83.1	54.6	4.34	2	33	198	408	0.48	0.0482	0.06	0	0	0.59	0.002	4.02	3.3
12	13	83.1	82.71	52.6	0.74	2	35	210	433	0.51	0.0511	0.06	0	0	0.62	0.002	4.01	3.5
17	18	100.87	99.4	22	6.68	14	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.4
18	19	99.4	96.99	55.8	4.32	4	18	108	222	0.26	0.026	0.06	0	0	0.35	0.002	4.13	1
19	20	96.99	97.19	38	-0.53	1	19	114	235	0.28	0.028	0.06	0	0	0.36	0.002	4.12	1.5
20	21	97.19	97.58	20	-1.95	1	20	120	247	0.29	0.0292	0.06	0	0	0.38	0.002	4.11	1.6
21	22	97.58	99.16	27.2	-5.81	2	22	132	272	0.32	0.0321	0.06	0	0	0.41	0.002	4.10	1.7
22	23	99.16	96.13	37.8	8.02	2	24	144	297	0.35	0.035	0.06	0	0	0.45	0.002	4.08	1.9
23	24	96.13	94.52	21.7	7.42	4	28	168	346	0.41	0.0409	0.06	0	0	0.51	0.002	4.05	2.2
24	25	94.52	93.02	27.07	5.54	3	31	186	383	0.45	0.0452	0.06	0	0	0.56	0.002	4.03	2.4
25	26	93.02	92.5	7.8	6.67	1	32	192	396	0.47	0.0467	0.06	0	0	0.57	0.002	4.02	2.5

Continuación de la tabla XX.

DE PV	A PV	Ø (")	s% tub	seccion llena		q/Q	v/V	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				inicio S	final E	inicio	final
1	2	6	1.8%	1.52	27.71	0.02	0.4011	0.61	98.80	97.79	1.2	1.62
2	3	6	0.8%	1.01	18.47	0.03	0.4011	0.41	97.76	97.49	1.62	2.00
3	4	6	0.5%	0.80	14.60	0.064	0.5082	0.41	97.46	97.29	2.00	2.43
4	5	6	0.5%	0.80	14.60	0.077	0.5167	0.41	97.26	97.09	2.43	2.81
5	6	6	0.4%	0.72	13.06	0.115	0.5832	0.42	97.06	96.92	2.81	2.07
6	7	6	2.8%	1.89	34.56	0.047	0.5984	1.13	96.89	95.99	2.07	1.22
7	8	6	7%	2.89	52.66	0.050	0.4886	1.41	95.96	93.45	1.22	1.30
8	9	6	5.7%	2.70	49.31	0.057	0.4996	1.35	93.42	92.24	1.30	1.20
9	10	6	11.2%	3.79	69.12	0.043	0.4569	1.73	92.21	88.15	1.20	1.21
10	11	6	11.5%	3.84	70.04	0.044	0.4546	1.75	88.12	84.30	1.21	1.20
11	12	6	4.3%	2.35	42.83	0.077	0.5335	1.25	84.27	81.93	1.20	1.20
12	13	6	1.0%	1.13	20.65	0.168	0.6761	0.77	81.90	81.37	1.20	1.44
17	18	6	6.6%	2.91	53.06	0.027	0.4011	1.17	99.67	98.22	1.20	1.21
18	19	6	4.5%	2.40	43.81	0.033	0.4615	1.11	98.19	95.68	1.20	1.34
19	20	6	0.4%	0.72	13.06	0.115	0.5832	0.42	95.65	95.50	1.34	1.72
20	21	6	0.5%	0.80	14.60	0.107	0.6295	0.50	95.47	95.37	1.72	2.24
21	22	6	0.40%	0.72	13.06	0.134	0.6113	0.44	95.34	95.23	2.24	3.96
22	23	6	1.0%	1.13	20.65	0.092	0.6241	0.71	95.20	94.82	3.96	1.34
23	24	6	7.0%	3.00	54.64	0.040	0.5125	1.54	94.79	93.27	1.34	1.28
24	25	6	5.2%	2.58	47.10	0.051	0.5272	1.36	93.24	91.83	1.28	1.22
25	26	6	6.5%	2.89	52.66	0.047	0.5189	1.50	91.80	91.29	1.22	1.24

Continuación de la tabla XX.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	S% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q dom	Q ilici	Q inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM	FH	Q dis fut(l/s)
		INICIO	FINAL			Local	Acum.	Act.	Fut.									
2	36	99.38	98.02	52.9	2.57	7	7	42	87	0.10	0.0102	0.06	0	0	0.17	0.002	4.26	0.6
36	37	98.02	96.17	17.7	10.45	3	10	60	124	0.15	0.0146	0.06	0	0	0.22	0.002	4.22	0.8
37	38	96.17	94.82	17	7.94	1	11	66	136	0.16	0.0161	0.06	0	0	0.24	0.002	4.20	0.9
38	39	94.82	92.99	39.4	4.64	1	12	72	148	0.18	0.0175	0.06	0	0	0.25	0.002	4.19	1.0
39	26	92.99	92.5	19.7	2.49	1	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.1
26	27	92.5	91.03	33.2	4.43	2	47	282	581	0.69	0.0686	0.06	0	0	0.81	0.002	3.94	3.6
3	40	99.46	97.87	35.6	4.47	10	10	60	124	0.15	0.0146	0.06	0	0	0.22	0.002	4.22	0.8
40	41	97.87	95.06	26.6	10.56	3	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.0
41	42	95.06	93.45	17.15	9.39	1	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.1
42	43	93.45	91.3	34.8	6.18	2	16	96	198	0.23	0.0233	0.06	0	0	0.32	0.002	4.15	1.3
43	27	91.3	91.03	30.5	0.89	1	17	102	210	0.25	0.0248	0.06	0	0	0.33	0.002	4.14	1.4
27	28	91.03	91.38	34.5	-1.01	3	67	402	828	0.98	0.0978	0.06	0	0	1.14	0.002	3.85	5.0
28	29	91.38	92.97	35.15	-4.52	3	70	420	865	1.02	0.1021	0.06	0	0	1.18	0.002	3.84	5.2
29	30	92.97	93.45	17.15	-2.80	3	73	438	902	1.07	0.1065	0.06	0	0	1.23	0.002	3.83	5.3
30	31	93.45	93.87	21.3	-1.97	1	74	444	915	1.08	0.108	0.06	0	0	1.25	0.002	3.82	5.5
31	32	93.87	90.24	35.15	10.33	2	76	456	939	1.11	0.1109	0.06	0	0	1.28	0.002	3.82	5.6

Continuación de la tabla XX.

DE	A PV	Ø (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/V	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
				V m/s	Q l/s				inicio S	final E	inicio	final
2	36	6	2.6%	1.83	33.30	0.017	0.6002	1.10	98.18	96.80	1.62	1.25
36	37	6	10.0%	3.58	65.31	0.013	0.3986	1.43	96.77	95.00	1.25	1.20
37	38	6	7.8%	3.16	57.68	0.02	0.4011	1.27	94.97	93.65	1.20	1.20
38	39	6	4.6%	2.43	44.30	0.022	0.4011	0.97	93.62	91.81	1.20	1.21
39	26	6	2.3%	1.72	31.32	0.03	0.6489	1.11	91.78	91.32	1.21	1.24
26	27	6	4.4%	2.37	43.32	0.083	0.7544	1.79	91.29	89.83	1.24	1.23
3	40	6	4.4%	2.37	43.32	0.02	0.4011	0.95	98.26	96.69	2.41	1.21
40	41	6	10.5%	3.67	66.93	0.02	0.4011	1.47	96.66	93.87	1.21	1.22
41	42	6	9.1%	3.42	62.30	0.02	0.4011	1.37	93.84	92.28	1.22	1.20
42	43	6	6.1%	2.80	51.01	0.025	0.4235	1.18	92.25	90.13	1.20	1.20
43	27	6	1.0%	1.13	20.65	0.07	0.5677	0.64	90.10	89.80	1.20	1.23
27	28	6	0.20%	0.51	9.24	0.54	0.8224	0.42	89.77	89.70	1.23	1.71
28	29	6	0.18%	0.48	8.76	0.59	0.8315	0.40	89.67	89.60	1.71	3.40
29	30	6	0.18%	0.48	8.76	0.608	0.8578	0.41	89.57	89.54	3.40	3.94
30	31	6	0.18%	0.48	8.76	0.63	0.8457	0.41	89.51	89.47	3.94	4.43
31	32	6	0.20%	0.51	9.24	0.61	0.8457	0.43	89.44	89.37	4.43	3.03

Continuación de la tabla XX.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	S% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q dom	Q ilici	Q inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM	FH	Q dis fut(l/s)
		PV	INICIO			FINAL	Local	Acum.	Act.									
4	44	99.69	98.43	27	4.67	6	6	36	74	0.09	0.0088	0.06	0	0	0.16	0.002	4.28	0.5
44	45	98.43	96.31	19.4	10.93	1	7	42	87	0.10	0.0102	0.06	0	0	0.17	0.002	4.26	0.6
45	46	96.31	94.89	18.7	7.59	2	9	54	111	0.13	0.0131	0.06	0	0	0.20	0.002	4.23	0.7
46	47	94.89	92.64	18.5	12.16	2	11	66	136	0.16	0.0161	0.06	0	0	0.24	0.002	4.20	0.9
47	48	92.64	90.55	24	8.71	2	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.1
48	49	90.55	89.34	31.42	3.85	1	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.1
49	50	89.34	88.99	50.3	0.70	1	15	90	185	0.22	0.0219	0.06	0	0	0.30	0.002	4.16	1.2
50	51	88.99	89.89	33.5	-2.69	2	17	102	210	0.25	0.0248	0.06	0	0	0.33	0.002	4.14	1.3
51	32	89.89	90.24	34.3	-1.02	1	18	108	222	0.26	0.0263	0.06	0	0	0.35	0.002	4.13	1.4
32	33	90.24	87.39	33.9	8.41	0	94	564	1162	1.37	0.1372	0.06	0	0	1.57	0.002	3.76	6.8
5	52	99.87	98.89	24.3	4.03	7	7	42	87	0.10	0.0102	0.06	0	0	0.17	0.002	4.26	0.6
52	53	98.89	94.77	38.37	10.74	10	17	102	210	0.25	0.0248	0.06	0	0	0.33	0.002	4.14	1.4
53	54	94.77	90.62	34	12.21	5	22	132	272	0.32	0.0321	0.06	0	0	0.41	0.002	4.10	1.7
54	55	90.62	87.88	34.9	7.85	5	27	162	334	0.39	0.0394	0.06	0	0	0.49	0.002	4.06	2.1
55	56	87.88	86.78	34	3.24	3	30	180	371	0.44	0.0438	0.06	0	0	0.54	0.002	4.04	2.3
56	57	86.78	86.56	37.3	0.59	1	31	186	383	0.45	0.0452	0.06	0	0	0.56	0.002	4.03	2.4
57	58	86.56	87	17	-2.59	0	31	186	383	0.45	0.0452	0.06	0	0	0.56	0.002	4.03	2.4
58	33	87	87.39	34	-1.15	2	33	198	408	0.48	0.0482	0.06	0	0	0.59	0.002	4.02	2.5

Continuación de la tabla XX.

DE PV	A	PV	Ø (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/V	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
					V m/s	Q l/s				inicio S	final E	inicio	final
4	44	6	6	4.5%	2.40	43.81	0.01	0.4011	0.96	98.49	97.28	3.05	1.19
44	45	6	6	10.7%	3.70	67.56	0.01	0.4011	1.49	97.25	95.17	1.19	1.17
45	46	6	6	7.5%	3.10	56.56	0.013	0.4011	1.24	95.14	93.74	1.17	1.18
46	47	6	6	12.0%	3.92	71.55	0.013	0.4011	1.57	93.71	91.49	1.18	1.18
47	48	6	6	8.6%	3.32	60.57	0.02	0.4011	1.33	91.46	89.39	1.18	1.19
48	49	6	6	3.8%	2.21	40.26	0.028	0.4405	0.97	89.36	88.17	1.19	1.20
49	50	6	6	1.0%	1.13	20.65	0.058	0.5457	0.62	88.14	87.64	1.20	1.38
50	51	6	6	0.5%	0.80	14.60	0.092	0.5637	0.45	87.61	87.44	1.38	2.48
51	32	6	6	0.5%	0.80	14.60	0.099	0.5774	0.46	87.41	87.24	2.48	3.03
32	33	6	6	1.0%	1.13	20.65	0.331	0.8172	0.93	87.21	86.87	3.03	2.64
5	52	6	6	4.0%	2.26	41.31	0.014	0.4011	0.91	98.67	97.70	3.62	1.22
52	53	6	6	10.6%	3.69	67.24	0.020	0.4011	1.48	97.67	93.60	1.22	1.20
53	54	6	6	12.2%	3.95	72.14	0.024	0.4186	1.66	93.57	89.42	1.20	1.23
54	55	6	6	7.8%	3.16	57.68	0.037	0.4775	1.51	89.39	86.67	1.23	1.24
55	56	6	6	3.1%	1.99	36.36	0.065	0.5637	1.12	86.64	85.59	1.24	1.22
56	57	6	6	1.0%	1.13	20.65	0.117	0.6694	0.76	85.56	85.18	1.22	1.41
57	58	6	6	1.0%	1.13	20.65	0.116	0.6677	0.76	85.15	84.98	1.41	2.05
58	33	6	6	0.5%	0.80	14.60	0.173	0.7500	0.60	84.95	84.78	2.05	2.64

Continuación de la tabla XX.

DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	% terr	No. De casas		Hab. Servir		Q dom	Q ilici	Q inf.	Q com.	Q ind	Q med	FQM	FH	Q dis fut(l/s)
		PV	INICIO			FINAL	Local	Acum.	Act.									
33	34	87.39	85.26	35.14	6.06	0	127	762	1570	1.85	0.1853	0.06	0	0	2.10	0.002	3.67	9.0
6	59	98.96	95.9	40.5	7.56	5	5	30	62	0.07	0.0073	0.06	0	0	0.14	0.002	4.30	0.4
59	60	95.9	91.46	35.5	12.51	4	9	54	111	0.13	0.0131	0.06	0	0	0.20	0.002	4.23	0.7
60	61	91.46	87.74	35	10.63	3	12	72	148	0.18	0.0175	0.06	0	0	0.25	0.002	4.19	1.0
61	62	87.74	85.85	34.3	5.51	2	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.1
62	63	85.85	85.2	50.5	1.29	1	15	90	185	0.22	0.0219	0.06	0	0	0.30	0.002	4.16	1.2
63	34	85.2	85.26	33.6	-0.18	0	15	90	185	0.22	0.0219	0.06	0	0	0.30	0.002	4.16	1.2
34	35	85.26	83.52	34.57	5.03	0	142	852	1755	2.07	0.2072	0.06	0	0	2.34	0.002	3.63	10.0
7	64	97.18	93.87	41.85	7.91	6	6	36	74	0.09	0.0088	0.06	0	0	0.16	0.002	4.28	0.5
64	65	93.87	87.52	49.2	12.91	4	10	60	124	0.15	0.0146	0.06	0	0	0.22	0.002	4.22	0.8
65	66	87.52	84.52	38	7.89	1	11	66	136	0.16	0.0161	0.06	0	0	0.24	0.002	4.20	0.9
66	67	84.52	83.96	41.2	1.36	2	13	78	161	0.19	0.019	0.06	0	0	0.27	0.002	4.18	1.1
67	35	83.96	83.52	35.62	1.24	1	14	84	173	0.20	0.0204	0.06	0	0	0.28	0.002	4.17	1.1
35	13	83.52	82.71	37	2.19	0	156	936	1928	2.28	0.2276	0.06	0	0	2.56	0.002	3.60	10.8
13	14	82.71	83.48	35.6	-2.16	0	191	1146	2361	2.79	0.2787	0.06	0	0	3.13	0.002	3.53	12.8
14	15	83.48	84.26	36	-2.17	0	191	1146	2361	2.79	0.2787	0.06	0	0	3.13	0.002	3.53	13.1
15	16	84.26	82.47	17.5	10.23	0	191	1146	2361	2.79	0.2787	0.06	0	0	3.13	0.002	3.53	13.1

Continuación de la tabla XX.

DE PV	A	PV	Ø (")	S% tub	seccion llena		q/Q	v/N	V dis	COTA INVERT		Prof. Pozo	
					V m/s	Q l/s				inicio S	final E	inicio	final
33	34	6	6	2.0%	1.60	29.21	0.309	0.8342	1.34	84.75	84.05	2.64	1.24
6	59	6	6	7.5%	3.10	56.56	0.01	0.4011	1.24	97.76	94.72	3.10	1.21
59	60	6	6	12.5%	4.00	73.02	0.01	0.4011	1.61	94.69	90.26	1.21	1.24
60	61	6	6	10.5%	3.67	66.93	0.01	0.4011	1.47	90.23	86.55	1.24	1.22
61	62	6	6	5.50%	2.66	48.44	0.023	0.4137	1.10	86.52	84.63	1.22	1.25
62	63	6	6	1.5%	1.39	25.30	0.048	0.5167	0.72	84.60	83.85	1.25	1.38
63	34	6	6	1.0%	1.13	20.65	0.059	0.4011	0.45	83.82	83.48	1.38	1.24
34	35	6	6	2.0%	1.60	29.21	0.342	0.4011	0.64	84.02	82.17	1.24	1.51
7	64	6	6	7.9%	3.18	58.05	0.01	0.3909	1.24	95.98	92.67	1.67	1.23
64	65	6	6	12.8%	4.05	73.89	0.01	0.3909	1.58	92.64	86.35	1.23	1.20
65	66	6	6	7.8%	3.16	57.68	0.02	0.4011	1.27	86.32	83.35	1.20	1.20
66	67	6	6	1.3%	1.29	23.55	0.04	0.4886	0.63	83.32	82.79	1.20	1.20
67	35	6	6	2.0%	1.60	29.21	0.04	0.4886	0.78	82.76	82.04	1.20	1.51
35	13	6	6	0.2%	0.51	9.24	1.167	0.9601	0.49	82.01	81.30	1.51	1.44
13	14	6	6	0.15%	0.44	8.00	1.605	1.0546	0.46	81.27	81.21	1.44	2.30
14	15	6	6	0.12%	0.39	7.15	1.826	1.0586	0.42	81.18	81.14	2.30	3.15
15	16	6	6	0.12%	0.39	7.15	1.826	1.0586	0.42	81.11	81.09	3.15	1.39

Fuente: elaboración propia.

2.2.21. Tratamiento de aguas servidas

La topografía que presenta la aldea hizo posible concentrar toda la red hacia un mismo punto de descarga. El colector principal deberá conectarse a una planta de tratamiento, la cual debe cumplir con los siguientes tratamientos: pretratamiento, desarenador, tratamiento primario, oxigenación y filtros, tratamiento secundario, biodigestor, tratamiento terciario y secado de lodos en patios de secado.

Es importante mencionar que para un tratamiento adecuado de las aguas servidas, hay que considerar factores como: espacio disponible para las instalaciones, topografía del lugar, costo de ejecución y mantenimiento. Debido a que la población es considerablemente grande es necesario que el tratamiento se haga mediante la planta de tratamiento que cumpla con las características antes mencionadas.

2.2.22. Programa de operación y mantenimiento

En este proyecto todo el sistema del alcantarillado trabaja por gravedad, por esta razón no requiere de una operación específica. Pero es importante que se forme un comité en la aldea, el cual se debe encargarse de la administración correcta de las actividades de operación y mantenimiento del sistema, esto con el objetivo de reducir costos de estas actividades. Se recomienda que se hagan revisiones de forma anual para verificar que no existan obstrucciones o deterioro en tuberías y pozos de visita y dar el mantenimiento necesario para que el sistema preste el servicio satisfactoriamente para el tiempo de vida de diseño.

2.2.23. Propuesta de tarifa

De acuerdo a los estimados de la municipalidad, se determinó que el costo anual (CA) es de Q.20 000. Lo que representa: limpieza, revisión, mantenimiento de pozos de visita y tubería, mano de obra presupuestada y materiales.

Cálculo de la tarifa (T)

$$T = \frac{CA}{\#viviendas} = \frac{Q20\ 000}{191} = \frac{104,71 \text{ anuales}}{12 \text{ meses}} = Q8,71$$

Dando como resultado una tarifa máxima de Q.10,00 mensuales. Adicionalmente a esta tarifa la municipalidad cobrara una tarifa única por conexión domiciliar a cada vivienda, de Q.380,00 que la administración municipal tiene establecida.



2.2.24. Planos y detalles

Los planos para el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Rancho Alegre se presentan en el apéndice.

2.2.25. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto; el cual fue elaborado con base en los precios unitarios. Para la integración de precios unitario se consideraron las cantidades de trabajo, materiales y un factor de indirectos del 35 %.

Tabla XXI. Ejemplo de integración de precios unitario

	Integración de precios unitarios alcantarillado sanitario aldea Rancho Alegre	
	Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez	
	Dirección Municipal de Planificación	



No.2.8	CONEXIONES DOMICILIARES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN					
	Tubo de cemento de 12"	UNIDAD	1	Q52,69	Q52,69
	Tubo PVC DE 4" Norma ASTM 3034	UNIDAD	1	Q129,00	Q129,00
	Silleta PVC de 6"X4"	UNIDAD	1	Q254,10	Q254,10
	Codo de 4" X 90°	UNIDAD	1	Q208,90	Q208,90
	Yee de 6"X45°	UNIDAD	1	Q420,40	Q420,40
	Cemento UGC	SACOS	0.1	Q75,00	Q7,50
	Arena de Rio	M3	0,004	Q90,00	Q0,36
	Piedrín	M3	0,004	Q200,00	Q0,80
	Pegamento para PVC 1/4 de galón	UNIDAD	0,1	Q144,51	Q14,45
	Adhesivo NOVAFORT para silleas 300gr	UNIDAD	0,3	Q93,30	Q27,99
	Transporte	%	1	2 %	Q22,32
TOTAL DE MATERIALES					Q1 138,51
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
	Excavación a mano de acometida	M3	0.1	Q75,12	Q7,51
	Fundición de base y tapadera	UNIDAD	1	Q20,00	Q20,00
	Colocación de tubería de concreto	UNIDAD	1	Q30,00	Q30,00
	Colocación de tubo de 4"	UNIDAD	1	Q35,00	Q35,00
	Colocación de accesorios	UNIDAD	1	Q15,00	Q15,00
	Relleno y compactación	M3	2.88	Q75,12	Q216,35
	Formaleteado y desencofrado	UNIDAD	1	Q30,00	Q30,00
	Factor ayudante	%	1	48 %	Q169,85
	prestaciones	%	1	85 %	Q445,15
TOTAL MANO DE OBRA					Q968,86

Continuación de la tabla XXI.

Herramienta+ Equipo+Máquinas (2,5 % de los materiales)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
H+E+M	%	1	2,5 %	Q28,46
INTEGRACION RECIO UNITARIO				
TOTAL DE MATERIALES				Q1 138,51
TOTAL MANO DE OBRA				Q968,86
TOTAL HERRAMIENTA+ EQUIPO+MAQUINAS				Q28,46
INDIRECTOS			35 %	Q747,54
PRECIO UNITARIO TOTAL				Q2 883,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resumen general del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario**

		Presupuesto alcantarillado sanitario			
		aldea Rancho Alegre			
		Municipalidad de Sumpango			
		Sacatepéquez			
		Dirección Municipal de Planificación			
Núm.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo topográfico	km	2.5	Q5 000,00	Q12 500,00
1.2	Excavación y relleno de zanja de hasta 1.80m de profundidad y 0.60m de ancho	m3	2 181	Q76,00	Q165 756,00
1.3	Excavación y relleno de zanja de más 1.80m de profundidad y 0.60m de ancho	m3	703	Q105,00	Q73 815,00
TOTAL DEL RENGLON					Q252 071,00
2.0	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA				

Continuación de la tabla XXII.

2.1	Pozo de 1.20 a 1.50M	UNIDAD	48	Q7 725,46	Q370 822,08
2.2	Pozo de 1.50 a 2.50M	UNIDAD	8	Q10 164,59	Q81 316,72
2.3	Pozo de 2.50 a 3.50M	UNIDAD	6	Q13 278,14	Q79 668,84
2.4	Pozo de 3.50 a 4.50M	UNIDAD	4	Q16 961,34	Q67 845,36
2.5	Pozo de 4.50 en adelante	UNIDAD	0	Q19 582,02	Q0,00
TOTAL DEL RENGLON					Q599 653,00
3.0	INSTALACIÓN DE TUBERÍA				
3.1	Instalación de tubería de 6" PVC norma 3034	UNIDAD	395	Q2 966,47	Q1 171 755,65
TOTAL DEL RENGLON					Q1 171 755,65
4.0	CONEXIONES DOMICILIARES				
4.1	Instalación e tubería de PVC de 4" y tubo de concreto de 12"	UNIDAD	191	Q2 863,68	Q546 962,88
TOTAL DEL RENGLON					Q546 962,88

TOTAL DEL PROYECTO	Q2 570 442,53
---------------------------	----------------------

TOTAL EN LETRAS	DOS MILLONES, QUINIENTOS SETENTA MIL, CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS QUETZALES CON CINCUENTA Y TRES CENTAVOS
------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

2.2.26. Cronograma de ejecución

A continuación se realiza la descripción del cronograma de actividades.

Tabla XXIII. Cronograma de ejecución física y financiera

MUCIPALIDAD DE SUMPANGO SACATEPÉQUEZ										
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN										
PROYECTO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE										
LUGAR SUMPANGO SACATEPÉQUEZ										
N.O	DESCRIPCIÓN	U	CANT.	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
1	Trabajos Preliminares									
1.1	aplanteo Topográfico Km	2.5								
	Costo del renglón				Q12,500					
2	Excavación									
2.1	Excavación para tubería y pozos	m3	3,391							
	Costo del renglón			Q47,914.20	Q47,914.20	Q47,914.20	Q47,914.20	Q23,957.10	Q47,914.20	Q23,957.10
3	INSTALACIÓN DE TUBERIA									
3.1	instalación de tubería de 6"	U	369							
	Costo del renglón			Q234,351.13	Q234,351.13	Q234,351.13	Q117,175.57	Q117,175.57	Q234,351.13	Q117,175.57
3.2	candela domiciliar y tubería de 4"	U	211							
	costo del renglón			Q109,392.58	Q109,392.58	Q109,392.58	Q54,696.29	Q54,696.29	Q109,392.58	Q54,696.29
4	CONSTRUCCIÓN									
4.1	Pozos de visita	U	83							
	Consto del renglón			Q119,930.60	Q119,930.60	Q119,930.60	Q59,965.30	Q59,965.30	Q119,930.60	Q59,965.30
AVANCE FINANCIERO				Q524,088.51	Q511,588.51	Q511,588.51	Q255,794.25	Q511,588.51	Q255,794.25	Q2,570,442.53
AVANCE TOTAL FINANCIERO										
AVANCE PORCENTUAL				20.00%	20.00%	20.00%	10.00%	10.00%	20.00%	10%
AVANCE PORCENTUAL ACUMULADO				20.00%	20.00%	40.00%	60.00%	70.00%	90.00%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

2.2.27. Evaluación de impacto ambiental

En la tabla XXIV se describe la evaluación de impacto ambiental.

Tabla XXIV. Evaluación de impacto ambiental

I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: Aldea Rancho Alegre , Sumpango, Sacatepéquez	
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas	
Coordenadas UTM (Datum WGS84)Coordenadas Geográficas (Datum WGS 84)	
	Altura msnm
	14° 39' N
	90° 44' 0
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) 31 Av. 7-58 zona 9 de Mixco, Departamento de Guatemala	
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: Alcantarillado sanitario San José el Yalú	
I.2. Información legal: A) Nombre del Proponente o Representante Legal: Lic. Efraín Paredes Gerónimo	
B) De la empresa:	
Razón social:	
Nombre Comercial: Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez	
No. De Escritura Constitutiva:	
Fecha de constitución: 1825	
Patente de Sociedad No aplica Registro No. No aplica. Folio No. No aplica Libro No. No aplica	
Patente de Comercio No aplica Registro No. No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica	
No. De Finca No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica de No aplica, donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
Número de Identificación Tributaria (NIT):	
I.3 Teléfono Fax Correo electrónico: Carlos10reyestrinidad@gmail.com	
Personas Contacto en la Comunidad:	

Continuación de la tabla XXIV.

II. INFORMACION GENERAL														
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:														
Etapas de:														
II.1 Etapa de Construcción**	II. 2 Operación	Abandono												
II.3 Área a) Área total de terreno en m2: 7660.47 b) Área de ocupación del proyecto en m2: 7660.47														
II.4 Actividades colindantes al proyecto: NORTE: Casco Urbano de Sumpango SUR: Aldea El Rejón ESTE: Casco Urbano OESTE: Aldea el Tunino Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, rios, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 25%;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="width: 25%;">DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO	D			B					
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO												
D														
B														
II.5 Dirección del viento:														
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna(X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____ b) Número de empleados por jornada: Fase de construcción Total empleados: 60 c) otros datos laborales, especifique														

Continuación de la tabla XXIV.

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS....							
	Tipo	si/n o	cantidad/ mes, día, hora	proveedor	uso	especificaciones u observaciones	forma de almacenamiento
Agua	servicio publico	si	200 galones	Empresa privada	Riego para control de polvo		Cisterna
	Pozo						
Combustibles	gasolina						
	diesel						
	glp						
	Otro						
lubricantes	solubles						
	no solubles						
refrigerantes							
OTROS							
III. TRANSPORTE							
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:							
a) Número de vehículos: 4 b) Tipo de vehículo: pesados c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: área de escuela 480 m2							
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD							

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Contaminación del aire debido al polvo generado por el movimiento de tierras y la circulación de maquinaria y equipo	A lo largo de las calles y caminos vecinales de la aldea	Riegos de agua para evitar las partículas de polvo en el aire. A los trabajadores se les proporcionará mascarillas para proteger las vías respiratorias.
2	Agua	Abastecimiento de agua			
		Aguas Residuales			

Continuación de la tabla XXIV.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Material sobrante de la construcción de pozos y la instalación de tubería de PVC	A lo largo de las calles	Aprovechar al máximo los materiales de construcción.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)			
		Modificación del relieve o topografía del área			
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)			
		Fauna (animales)			
		Ecosistema			
5	Visual	Modificación del paisaje			
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos			
7	Otros				

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA

CONSUMO

V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (Kw/hrs o Kw/mes):

V.2 Forma de suministro de energía

- a) Sistema público:
- b) Sistema privado:
- c) Generación propia:

V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?

SI _____ NO _____

V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

-

Continuación de la tabla XXIV.

VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:
<p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los pobladores.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas: De no existir el equipamiento y servicios mínimos en el nuevo asentamiento, se podrían generar sobrecarga en los servicios de los poblados aledaños al sitio.</p>
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?
<p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible (X) d) Incendio ()</p> <p>e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué?</p>
VI.3 riesgos ocupacionales:
<p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p>
VI.4 Equipo de protección personal
<p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de Guatemala

2.2.28. Evaluación socioeconómica

Realizar un análisis matemático y financiero nos permite conocer la rentabilidad de los mismos. Para ello se utilizarán los métodos que se describen a continuación.

2.2.28.1. Valor presente neto

Se utiliza para comparar alternativas de inversión.

El valor Presente Neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$VPN < 0$$

$$VPN = 0$$

$$VPN > 0$$

Para el proyecto de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Rancho Alegre del municipio de Sumpango Sacatepéquez se tiene una tasa de interés del 12 %.

Egresos:

Costo de ejecución (CE) = Q2 570 442,53

Coto de operación y mantenimiento anual (CA)= Q20 000,00

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} = 20,000 * \frac{(1+0,12)^{20} - 1}{0,12 * (1+0,12)^{20}} = Q149 388,87$$

Ingresos:

Pago de conexión domiciliar (CD)= (Q380,00)*(191 viviendas)=Q72 580,00

Pago de tarifa anual (TA)= (Q10)*(191 viviendas)*(12meses)= Q22 920,00

Valor presente neto (VPN) = ingresos- egresos

$$VPN = (Q72 580 + 22 920) - (Q2 570 442,63 + 149 288,87) = -Q2 624 231,40$$

El resultado negativo indica que la inversión inicial no es recuperable, por esta razón los recursos deben ser proporcionados por alguna institución gubernamental o no gubernamental para que el proyecto sea auto sostenible.

2.2.28.2. Tasa interna de retorno

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q2 624 231,40}}{1 146 \text{ habitante}} = \text{Q2 289,90/hab}$$

Las instituciones de inversión social, toman las decisiones con base al resultado que se obtuvo anteriormente y las disposiciones económicas que poseen.

2.3. Diseño de la pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre, Sumpango, Sacatepéquez

Para la realización del diseño de la pavimentación en la calle principal de la aldea Rancho Alegre, Sumpango, Sacatepéquez se hará una selección de ruta, también es necesario un levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos y análisis de laboratorio, entre otros.

2.3.1. Descripción de proyecto

El proyecto consta del diseño y planificación de la pavimentación con concreto hidráulico por el método simplificado del PCA para la aldea Rancho Alegre, Sumpango Sacatepéquez.

2.3.2. Selección de la ruta

La ruta se seleccionó tomando en cuenta que la aldea Rancho Alegre cuenta calle definida registrada en la oficina de catastro de la municipalidad de Sumpango y el mal estado en el que se encuentra la calle principal. Debido a la falta de pavimento en la calle se dificulta la movilidad de los habitantes y causa desperfectos mecánicos a los vehículos que transitan por el lugar.

2.3.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con poligonal abierta y el método utilizado fue de conservación de azimut. Ver sección 2.1.2, páginas 39 y 40 de este trabajo.

2.3.3.1. Altimetría

Representa la altura o cota de cada punto con respecto a un punto de referencia. Se utilizó el método de nivelación geométrica, identificando la diferencia de nivel en cada estación y puntos intermedios.

2.3.3.2. Planimetría

Permite obtener una representación gráfica del área proyectada en planta. El método utilizado esta descrito en la sección 2.1.2, páginas 39 y 40 de este trabajo.

2.3.3.3. Secciones transversales

Se realizan a lo largo de la calle con el objetivo de observar cada detalle que se encuentre en el tramo así como el ancho de los carriles de la calle. Como mínimo se recomienda mostrar a cada 20 metros entre cada una dependiendo del terreno.

2.3.4. Mecánica de suelos

Para este tipo de proyectos se debe hacer una investigación geotécnica del espacio físico que incluye las características geológicas y de mecánica de suelos.

2.3.4.1. Ensayos de laboratorio

El objetivo de estos estudios es determinar las características físicas y mecánicas del material en donde se realizará el proyecto. Los resultados obtenidos son importantes en el diseño de la pavimentación.

- Ensayo de granulometría

El ensayo granulométrico tiene como objetivo determinar la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Este ensayo consiste en clasificar las partículas del suelo por tamaños, se realiza por medio de tamices y los resultados se representan de forma gráfica. Este análisis se debe realizar bajo los criterios de la Norma AASHTO T-27.

- Límites de Atterberg

Se utilizan para determinar las propiedades plásticas de los suelos cuando estos entran en contacto con humedad o directamente con agua. Estos son límites de consistencia de suelos y el resultado es el contenido de humedad en porcentaje del peso seco. Estos estudios son:

- Límite líquido

Representa el punto entre el estado del suelo es casi líquido y el estado plástico. Este ensayo es una medida de la resistencia al corte que presenta el suelo cuando tiene cierto grado de humedad específica.

Para la realización de este ensayo se utiliza un instrumento llamado copa de casagrande, donde con el suelo se ha humedecido con agua, es colocado, separado por la mitad y es sometido a un determinado número de golpes para cerrar la abertura. La cantidad de golpes depende del grado de humedad que se ha suministrado a la muestra, el procedimiento para la determinación del límite líquido está basado en la Norma AASHTO T-89. El límite líquido del suelo analizado y que se utilizara como subrasante es de 37,7 %.

- Límite plástico

Representa el contenido de humedad en el cual el material se encuentra en un estado semisólido y pasa a un estado plástico. La consistencia del material en este estado es viscosa. Esta propiedad está definida como el grado de humedad representado como porcentaje del peso seco, con el cual se presenta agrietamiento en un cilindro con diámetro de tres milímetros cuando se

moldea con la palma de las manos. El procedimiento analítico se puede consultar en la Norma AASHTO-T90.

- Índice de plasticidad

Este es un parámetro que representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico de acuerdo con AASHTO T-90. Este factor es el más importante y el más utilizado y se determina mediante la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico. Y se determina según la ecuación:

$$\text{Índice de plasticidad} = \text{Límite líquido} - \text{Límite plástico}$$

De acuerdo con Atterberg cuando:

- Índice plástico es igual a cero entonces el suelo es no plástico.
- Índice plástico menor a 7 entonces el suelo tiene baja plasticidad.
- Índice plástico se encuentra entre 7 y 17 el suelo es medianamente plástico.

Cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico. Para la muestra de suelo tomada y analizada en el laboratorio dio como resultado un índice plástico de 5 % lo que demuestra que es un suelo de baja plasticidad lo que hace que el material sea aceptable como subrasante y no es necesario un método de estabilización.

- Ensayo de compactación o Proctor modificado

Para el estudio de suelos para carreteras se realiza la prueba de Proctor modificado de acuerdo con la Norma AASHTO T-180, este sirve para determinar la humedad óptima de compactación que ocurre cuando el suelo alcanzara su máxima compactación.

El procedimiento de ensayo consiste en tomar una cantidad de suelo, aproximadamente 35 kg, previamente tamizado por el tamiz núm. 4. La muestra se humedece y se introduce en un molde metálico normalizado. Para llevar a cabo el apisonado se emplea un martillo de peso normalizado, de forma que su peso y altura de caída no varíen, lo que asegura una energía de compactación constante. La normativa estipula una cantidad de 60 golpes por muestra. Luego de compactar la muestra, esta es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados al suelo indican que el mismo posee una densidad seca máxima de $1\,790\text{ kg/m}^3$ o $111,70\text{ lb/pe}^3$, y una humedad óptima de 18,40 %. Este resultado representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo alcance su máxima resistencia y acomodo adecuado de sus partículas.

- Ensayo de valor soporte (CBR)

Conocido como razón soporte california (CBR) de acuerdo con la Norma AASHTO T-193, es la representación en porcentaje de la carga requerida con la cual un pistón penetra en el suelo que se ensaya en relación con la carga requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad de

una muestra patrón de piedra triturada bien graduada. El resultado del ensayo se representa con una gráfica de CBR contra el porcentaje de compactación.

Los resultados de laboratorio demuestran que la muestra tiene un valor soporte del 11 % en un 95 % de compactación, clasificando al suelo de apto para una subrasante, sin necesidad de emplear un método de estabilización.

- Análisis de resultados de laboratorio de suelos

En este caso, el CBR de la muestra se encuentra entre el 11-19 %, y de acuerdo con la tabla XVIII y la clasificación del suelo, se le puede dar uso de subrasante.

Tabla XXV. **Resumen de resultados de laboratorio.**

Clasificación: ML
Descripción del suelo: arena limosa color marrón
Límite líquido: 37,7 %
Índice plástico: 5,00 %
Densidad seca máxima: 1 790 kg/m ³ o 111,70 lb/pie ³
Humedad óptima (Hop): 18,40%
CBR al 99,37 % de compactación: 13,33 % aproximadamente
CBR crítico: 7,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Clasificación de subrasante**

Clasificación	CBR
Sub-rasante muy pobre	< 3%
Sub-rasante pobre	3% - 5%
Sub-rasante regular	6% - 10%
Sub-rasante buena	11% - 19%
Sub-rasante muy buena	>20%

Fuente: LOMVARDI, Verónica. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p.131.

2.3.5. Diseño geométrico

El diseño geométrico de la carretera comprende el dimensionamiento de los elementos de una carretera, como curvas verticales y horizontales, ancho de carriles y secciones transversales. Está en función de factores como la topografía del terreno, las características de los suelos, infraestructura cercana a la carretera, velocidad de diseño. Para este proyecto se utilizó el software AutoCAD Civil 3D 2015 para realizar el diseño geométrico.

2.3.5.1. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección de la línea central del tramo en el plano horizontal. El mismo debe permitir la operación ininterrumpida de los vehículos que transitan por el lugar.

2.3.5.1.1. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final, el diseño de localización dependerá de la pendiente gobernadora de diseño y los puntos obligados. Se proyectan en

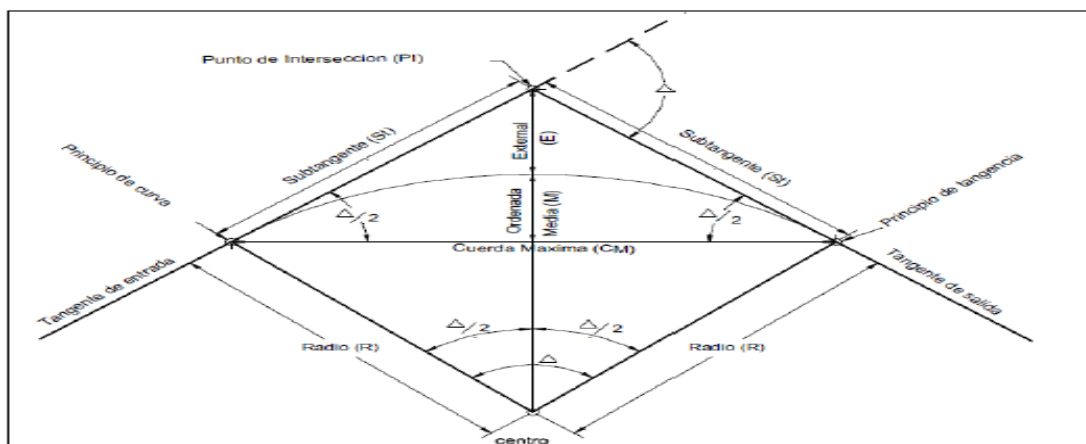
planta en un plano de curvas de nivel para trazar tangentes y así obtener el diseño de localización. Es necesario revisar que la pendiente del trazo nunca sea mayor a la pendiente máxima permitida. En este diseño de localización se utilizará el tramo existente, tratando de trazar de una mejor forma el alineamiento horizontal al existente.

2.3.5.1.2. Elementos de curvas horizontales

Se llama curva circular horizontal al arco de circunferencia del alineamiento horizontal, que une dos tangentes consecutivas, estos elementos están en función de la velocidad de diseño.

Los elementos que forman parte de una curva horizontal se pueden observar en la figura 3.

Figura 3. Elementos de curva horizontal simple



Fuente: PÉREZ GARCÍA, Rafael. *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la Aldea El Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa*. p. 25.

A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo geométrico de curvas horizontales. Es importante mencionar que el diseño se realizó sobre un tramo de carretera existente y las medidas de la misma ya están definidas por la municipalidad. No fue posible realizar ampliaciones y por esta razón se utilizaron radios de curva pequeños ya que se debían adaptar a las condiciones del lugar.

- Radio (R): es la distancia perpendicular al principio de curva (PC), o principio de tangente (PT), hacia el centro de la curva.
- Deflexión (Δ): entre los dos azimuts de la tangente de entrada y la de salida existe una diferencia angular. (Δ).

$$\Delta = \text{Azimut (tangente salida)} - \text{Azimut (tangente de)}$$

- Grado de curvatura (G): se define como el ángulo central que subtiende un arco de 20 metros de longitud. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$G = \frac{1145,9156}{R} = \frac{1145,9156}{8,20} = 139^{\circ}44'44,9''$$

- Longitud de curva (LC): es la distancia que existe sobre el arco o segmento de círculo desde el principio de curva (PC), al final de la curva o al principio de tangencia (PT).

$$Lc = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{20 * 49^{\circ}07'38''}{139^{\circ}44'9''} = 7,03m$$

- Subtangente (St): es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI); es la misma magnitud que existe entre el PI y el punto final de la curva o principio de tangencia (PT).

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 8,20 * \tan\left(\frac{49^{\circ}07'38''}{2}\right) = 3,75$$

- Cuerda máxima: es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

$$CM = 2R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 6,80m$$

- External (E): es la distancia desde el PI al punto medio de la curva, se determina con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R = \frac{8,20}{\cos\left(\frac{49^{\circ}07'38''}{2}\right)} - 8,20 = 0,82$$

- Ordenada media: es la distancia que existe dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R \left[1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right]$$

Resumen:

Curva 4

Pc = 0+253,08

Pt = 0+260,11

$\Delta = 49^{\circ} 07' 38''$

R = 8,20m

$$cm = 2 * 8,20 * \sin\left(\frac{49^{\circ} 07' 38''}{2}\right) = 6,80$$

$$G = \frac{1\ 145,9156}{8,20} = 139^{\circ} 44' 44,9''$$

$$LC = \frac{20 * 49^{\circ} 07' 38''}{139^{\circ} 44' 44,9''} = 7,03m$$

$$E = \frac{8,20}{\cos\left(\frac{49^{\circ} 07' 38''}{2}\right)} - 8,20 = 0,82m$$

$$om = 8,20 - 8,20 \cos\frac{49^{\circ} 07' 38''}{2} = 0,74$$

$$St = 8,20 * \tan\left(\frac{49^{\circ} 07' 38''}{2}\right) = 3,75$$

Los datos del resto de curvas se encuentran en el plano general de alineamiento en el apéndice del presente trabajo.

2.3.5.1.3. Curvas de transición

La curva de transición o longitud de transición es aquella que une una tangente con una curva horizontal simple. La característica más importante es que a lo largo de esta, y de manera continua hay cambios en el valor del grado de curvatura, esta surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad geométrica y dinámica. De la misma manera, este elemento contribuye al cambio de pendiente desde una sección transversal con bombeo hasta una con peralte.

El cálculo se realizó para la curva siete, esta curva tiene un radio de 16,91m y una velocidad de diseño de 40 km/h. Las calles de esta aldea ya

están definidas por la municipalidad y no fue posible realizar ampliaciones por lo que utilizo el radio de curva que se adapta a las condiciones del lugar. Por estas razones se determinó que la longitud de curva de transición es igual a la longitud de la curva.

El cálculo que se muestra a continuación solo es demostrativo ya que el resultado es demasiado grande y no es coherente en relación a la curva en análisis.

$$LS = \frac{V^3}{28 * R} = \frac{49^3}{28 * 16,91} = 135,15m$$

Donde:

LT = longitud de la curva de transición (m)

V = velocidad de diseño (km/h)

R = radio de la curva (m)

2.3.5.1.4. Peralte

El peralte es la pendiente transversal de la calzada en las curvas horizontales, el objetivo del mismo es contrarrestar la fuerza centrífuga que tiene a desviar a los vehículos fuera de su trayecto. Para el cálculo se utilizaron datos de la curva siete y se determina con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V^2}{127 * R} = \frac{40^2}{127 * 16,91} = 0,745 = 74,5\%$$

Donde:

e = peralte (en metros sobre metro)

V = velocidad de diseño (en km/h)

R = radio de la curva circular (en m)

Como se puede observar el resultado para el peralte es demasiado grande por lo que se empleará el peralte máximo recomendado para rutas urbanas, el cual es igual a 4 %.

2.3.5.1.5. Sobreechancho

Los vehículos, al transitar sobre una curva horizontal ocupan un ancho en calzada mayor que en línea recta, esto debido a que el eje trasero sigue una trayectoria distinta al eje delantero, lo que dificulta mantener al automotor en el carril asignado para transitar. Por esta razón es que el sobreechancho se utiliza en las curvas horizontales para garantizar la misma seguridad que se tiene al conducir un vehículo en línea recta.

Para compensar el efecto en mención, se aumenta el ancho en la calzada en la entrada de la curva hasta llegar a un punto máximo en el medio de la misma a esta ampliación se le conoce como sobreechancho de la curva. Para determinar este valor se utilizó un solo carril por sentido, una longitud promedio de los vehículos livianos de siete metros y los datos de la curva siete. Se empleó con la siguiente ecuación:

$$S = n * \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}} = 1 * \left(16.9 - \sqrt{16.91^2 - 7^2} \right) + \frac{40}{10 * \sqrt{16,91}} = 2,48m$$

Donde:

S = sobreechancho (m)

N = número de carriles

R = radio de la curva (m)

L = longitud desde la parte frontal a la posterior del vehículo

V = velocidad de diseño (km/h)

Debido a que no es posible realizar ampliaciones por ser una calle ya definida se utilizó el radio de curva que se adapta a las condiciones del lugar, por esta razón el sobreancho es demasiado grande y por tratarse de una zona semiurbana no se aplica el sobreancho.

2.3.5.2. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical es la representación del eje real de la vía sobre la superficie del terreno vertical. Al igual que el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas.

2.3.5.2.1. Subrasante y pendientes

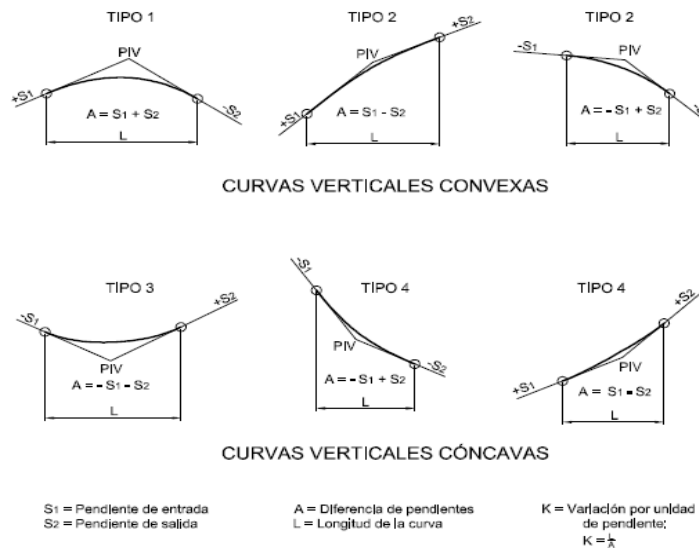
Es la línea trazada en el perfil que delimita el corte y relleno que conformaran las pendientes del tramo de la vía. La subrasante es el apoyo sobre el cual estará la base y la carpeta de rodadura, en la mayoría de los casos la conforma el terreno natural cuando los resultados de los estudios de suelos demuestran que el mismo cumple con los estándares de calidad.

La subrasante está restringida por los límites de pendientes máximas y mínimas, las pendientes mínimas deben garantizar que las aguas provenientes de las precipitaciones serán drenadas de forma satisfactoria. Las pendientes máximas deben asegurar que el transitar por la vida sea cómodo, para este proyecto la pendiente mínima es 0,37 % y la pendiente máxima es 8,29 %.

2.3.5.2.2. Curvas verticales y correcciones

La curva vertical es un arco en parábola con eje vertical que une las tangentes del alineamiento vertical. Estas tienen como objetivo suavizar los cambios en el alineamiento vertical, a través de su longitud se efectúa un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida; proporcionando características para un drenaje adecuado y confortabilidad. Una curva vertical correctamente diseñada debe cumplir con los criterios de seguridad, comodidad, apariencia y drenaje.

Figura 4. Tipos de curvas verticales



Fuente: Ministerio de Transportes, Perú. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. p. 132.

Cuando se diseñan curvas verticales se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con la finalidad de evitar el traslape y garantiza

la mejor visibilidad posible a los conductores de los vehículos. La longitud de curva mínima de curvas verticales se calcula de la siguiente manera:

Todas las curvas verticales deben cumplir con la distancia de visibilidad, la longitud de la misma se calcula por medio del parámetro K. se tomara como ejemplo la curva que tiene como PIV la estación 0+095,00 con velocidad de 60km/h.

Tabla XXVII. **Valores K para curvas verticales**

Velocidad (km/h)	K Según tipo de curva	
	Convexa	Cóncava
20	1	2
30	2	4
40	4	6
50	7	9
60	12	12
70	19	17
80	29	23
90	43	29
100	60	36

Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres* 1. p. 31.

- Criterio de seguridad

Determina una longitud mínima que debe cumplir la curva para que en toda la trayectoria, la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada.

$$LCV = K * A = 9 * 8,16 = 73,44m$$

Donde:

K= constante que depende de: distancia de visibilidad y características geométricas

A= diferencia de pendientes en porcentaje

- Criterio de apariencia

Evita la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$LCV \geq 30 * A = 30 * 7,56 = 226,8m$$

- Criterio de drenaje

Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para el drenado del agua.

$$LCV \leq 43 * A = 43 * 7,56 = 325,08m$$

- Criterio de comodidad

Se deben evitar los cambios bruscos de pendiente porque estos producen que las fuerzas de gravedad y peso, vayan en el mismo sentido que generen una mayor fuerza centrífuga vertical. Para esto existe la siguiente restricción:

$$LCV \geq \frac{A * V^2}{395} = \frac{8,16 * 60^2}{395} = 74,37m$$

- Correcciones

La corrección de la línea de la subrasante se realizó con la longitud de curva mínima que se obtuvo en el criterio de seguridad, la cual es igual a 68,04 m se redondeó a 69 m. Estas modificaciones en las cotas o elevaciones son consecuencia de los cambios en las pendientes que sufrirá el terreno natural. Se utilizó la siguiente expresión

$$y = \frac{A * L^2}{200 * LCV} = \frac{8,16 * 34.5^2}{200 * 69} = 0,65m$$

Tabla XXVIII. **Curvas verticales del tramo de carretera**

Curvas de la estación 0+000 a 0+541.79													
No. De curva	Est. PIV	Ele. PIV	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Dif. De pendiente	K	CRITERIOS					LCV(m)	Flecha (m)
							Seguridad	Apariencia	Drenaje	Comodidad			
1	0+175.48	99.35	-0.37	-6.38	-6.01	23.23	68.04	226.08	325.08	68.90	150	0.12	
2	0+415	83.00	-6.83	-0.42	6.41	15.61	57.69	192.30	275.63	58.42	100	0.80	
Curvas de la estación 0+000 a 0+278.94													
3	0+105	93.47	2.37	-8.29	-10.66	6.57	95.94	319.80	458.38	97.15	70	0.90	
4	0+215	84.35	-8.29	-2.59	5.7	9	51.30	171	245.10	51.94	51.32	0.36	
Curvas de la estación 0+000 a 0+176.66													
5	0+036.43	100.68	1.86	-6.70	-4.84	5.02	43.83	146.1	209.41	44.38	43	0.26	
6	0+095	96.75	-6.7	1.46	8.16	9	73.44	244.8	350.88	74.37	73.5	0.65	

Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras, consiste en trasladar volúmenes de material para modificar la configuración de la superficie del terreno. Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra directamente relacionado con el diseño de la sub-rasante, por lo tanto, deberá ser factible en lo que a economía se refiere.

2.3.6.1. Cálculo de áreas y secciones transversales

El volumen del movimiento de tierras lo determina la topografía en el sentido perpendicular a la línea central del alineamiento. Las secciones transversales muestran las características topográficas perpendicularmente al alineamiento.

Al tomar en cuenta la sección transversal, se localiza el punto central de la vía, el mismo puede quedar ubicado sobre el terreno natural. Si este punto queda sobre el terreno natural marca el área de relleno y debajo marca el área de corte; por lo general las secciones transversales se hacen a cada 20 metros.

En la tabla XXIX se muestran los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, ya sea corte o relleno.

Tabla XXIX. Relación de taludes para corte y relleno

CORTE		RELLENO	
H-V	ALTURA (m)	H-V	ALTURA (m)
1-1	0-3	2-1	0-3
1-2	3-7	3-2	MAYOR A 3
1-3	MAYOR A 7		

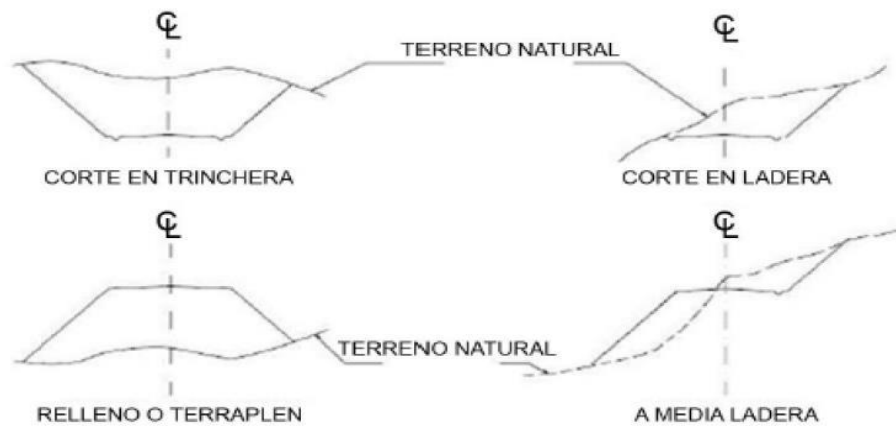
Fuente: CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 402.

Para realizar el cálculo de las áreas se puede usar el método gráfico o el cálculo de áreas por medio de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

2.3.6.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Las áreas calculadas en el punto anterior representan un lado de un prisma de terreno que debe cortarse o rellenarse. Existen varios tipos de secciones transversales los cuales se muestran a continuación:

Figura 5. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-24.

Cuando el terreno se comporta de manera uniforme entre dos estaciones, se hace un promedio de las áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre las estaciones y se determinan los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Entre los métodos más utilizados o más conocidos para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras está el de áreas medias, en donde el

volumen entre dos secciones consecutivas con corte o con relleno está dado por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_1 * A_2}{2} * D$$

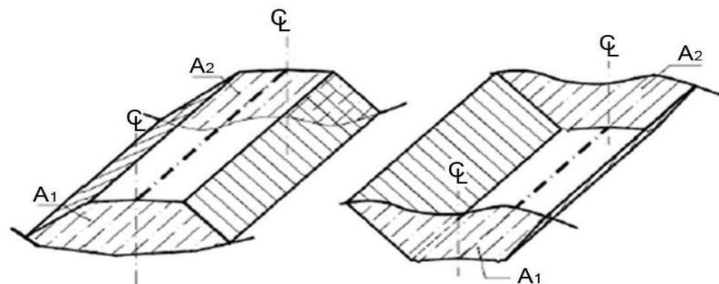
Donde:

V = volumen entre secciones (m³)

A₁, A₂ = áreas de secciones (m²)

D = distancia entre secciones (20 m en recta y 10m en curva).

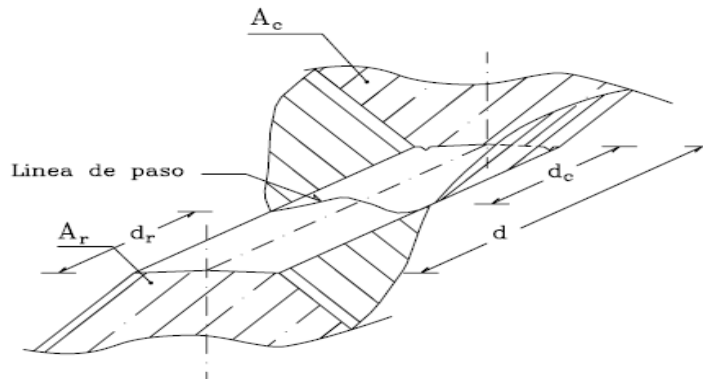
Figura 6. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-25.

Cuando las áreas sean de diferente tipo, se genera una distancia de paso, la cual representa el punto donde el área de las secciones cambia de corte a relleno. Para obtener la distancia de paso se realiza la relación de triángulos con la distancia entre las estaciones, los cortes y rellenos.

Figura 7. **Volumen de corte y relleno entre secciones transversales de terreno de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 30.

En estos casos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$V_C = \frac{A_C}{2} * d_C$$

$$d_C = \frac{A_C}{A_R + A_C} * L$$

$$V_R = \frac{A_R}{2} * d_R$$

$$d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * L$$

Donde:

VR = volumen de relleno (en metros cúbicos)

AR = área de relleno (en metros cuadrados)

dR = distancia de relleno (en metros)

VC = volumen de corte (en metros cúbicos)

AC = área de corte (en metros cuadrados)

dC = distancia de corte (en metros)

L = longitud entre secciones (en metros)

Para este proyecto, el cálculo se realizó con el software AutoCAD Civil 3D 2015. Este software realiza una interpolación entre secciones, el cálculo se efectuó para las estaciones: 0+000 y 0+020, y se empleó la fórmula siguiente:

$$V_{\text{relleno}} = \frac{L}{3} * (A_1 + \sqrt{A_1 * A_2} + A_2) = \frac{20}{3} * (0,01 + \sqrt{0,01 * 0,01} + 0,01) = 0.199\text{m}^3$$

$$V_{\text{corte}} = \frac{L}{3} * (A_1 + \sqrt{A_1 * A_2} + A_2) = \frac{20}{3} * (1,51 + \sqrt{1,51 * 1,68} + 1,68) = 31.66\text{m}^3$$

Donde:

L = distancia entre estaciones

A₁= Área 1 de corte o relleno (m²)

A₂= Área 2 de corte o relleno (m²)

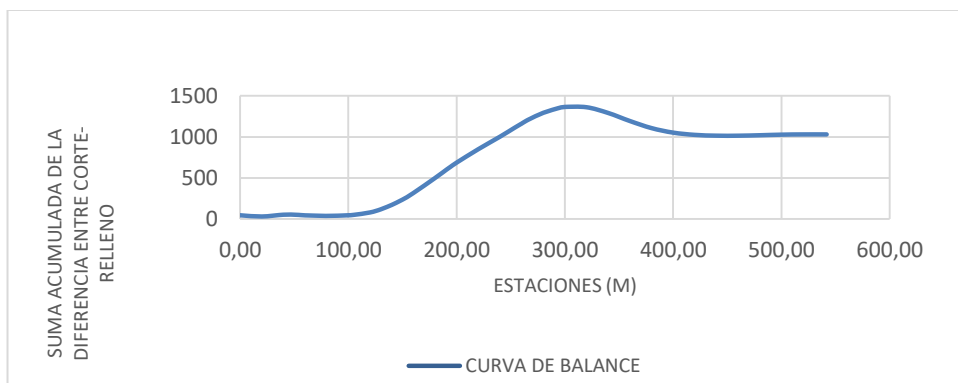
2.3.6.3. Balance y diagrama de masas

El cálculo de los valores de balance sirven para formar el diagrama de masas, esto en combinación con el diseño de la línea de balance permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras. Por lo tanto, aplicar un buen criterio para obtener esta línea influye en la optimización de los recursos del proyecto.

El objetivo es reutilizar el material producto del corte en puntos donde se necesite relleno, el acarreo se debe realizar lo más cercano posible y de preferencia que sea cuesta abajo, para este suelo la contracción es del 0 %.

De acuerdo a las tablas del movimiento de tierras que se presentan en los planos en el apéndice de este trabajo se puede observar que hay más corte que relleno en este proyecto y se necesita hacer el retiro del material sobrante. La municipalidad de Sumpango Sacatepéquez planteó utilizar el material en un proyecto de relleno aún por definir.

Figura 8. **Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+541,79**



Fuente: elaboración propia.

Para determinar la cantidad final del movimiento de tierras es la siguiente:

$$B_i = B_a + C - R$$

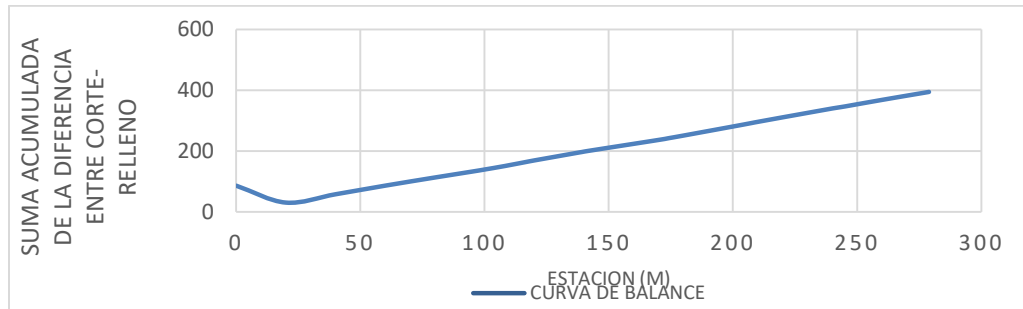
Donde:

B_i = balance de cualquier estación

B_a = balance anterior

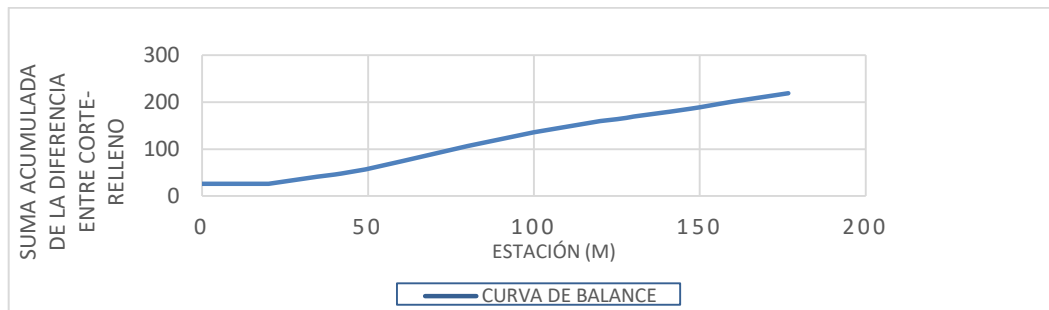
C y R= corte y relleno respectivamente

Figura 9. **Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+278,94**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Diagrama de masas est. 0+000 a est. 0+176,66**



Fuente: elaboración propia.

2.3.7. Consideraciones de diseño en pavimentos

En el diseño de pavimentos rígidos se debe contemplar cuidadosamente cada uno de los componentes de la losa, si cada uno de estos componentes es proporcionado adecuadamente, el resultado será un concreto fuerte y durable. El concreto se produce por la interacción química y mecánica de los materiales que lo constituyen.

Es importante conocer la función de cada uno de los materiales que constituyen el concreto como producto terminado, seleccionar los materiales adecuados y proporcionarlos, es una habilidad que el ingeniero civil debe desarrollar para que el resultado sea un concreto eficiente que satisfaga los requisitos de norma y condiciones de servicio.

2.3.7.1. Tipos de pavimentos

Considerando la forma en la que se distribuye las a la sub-rasante, se definen dos tipos de pavimento; pavimentos flexibles, formados por capas bituminosas y granulares. En estos pavimentos las cargas se distribuyen por contacto de partícula a partícula en todo el espesor del pavimento y su capacidad estructural es proporcionada por las capas de base, subbase y subrasante. Además existen los pavimentos rígidos, que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, funcionan como viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento la capacidad estructural es proporcionada por las losas de concreto.

También existe los pavimentos tipo adoquín, los cuales son considerados pavimentos semiflexibles por la forma en que se distribuyen las cargas.

2.3.7.2. Subrasante

Es el suelo natural sobre el cual se construirá el pavimento y es la capa que soporta la estructura, la misma se extiende hasta la profundidad que sea necesaria con el objetivo de que no le afecte la carga que soportará. Actúa como soporte después de haber sido estabilizada, homogenizada y

compactada. El espesor del pavimento depende en gran parte de la calidad del material de la subrasante.

En la tabla XXX se pueden observar las propiedades y requisitos ideales para la subrasante, según la Norma AASHTO T-180

Tabla XXX. **Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado**

PROPIEDAD	REQUISITO
Tamaño máximo de la partícula	75mm
C.B.R	5 % mínimo
Expansión	5 % máximo
Compactación	95 % mínimo

Fuente: elaboración propia.

2.3.7.3. Subbase

Dado que se trata de un pavimento rígido, la subbase es la primera capa del pavimento, y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado según los resultados obtenidos del estudio de suelos. El espesor compactado de la misma se determina según las condiciones y características del material de la subrasante pero no debe ser menor a 10 cm y mayor a 70 cm.

Las funciones de la subbase son:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base o en el caso de un pavimento rígido de la carpeta de rodadura.

- Como material aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas.

La subbase debe estar constituida por material de tipo granular en estado natural o mezclado, ya que la misma debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El material debe tener un CBR según AASHTO T-193, mínimo de 30 %, de una muestra saturada a 95 % de compactación según AASTHO T-180.
- El tamaño máximo para sub-base no debe ser mayor a 7 cm.
- La sub-base no debe tener más del 50 % en peso de partículas que pasen el tamiz núm. 200.
- El material que pase el tamiz Núm. 40 no debe tener un índice de plasticidad según AASTHO T-90 mayor a 6.

2.3.7.4. Carpeta de rodadura

Es la capa donde se aplica directamente la carga de los vehículos, en este caso por ser un pavimento rígido la carpeta de rodadura se coloca sobre la sub-base. La misma está conformada por losas de concreto hidráulico de cemento portland para pavimento rígido, para pavimentos flexibles está formada por una mezcla bituminosa y por adoquines cuando es un pavimento semiflexible.

La carpeta de rodadura, además de resistir los esfuerzos con el mínimo desgaste debido al tránsito, impermeabiliza las capas inferiores de los efectos del sol y las lluvias.

2.3.8. Diseño de la carpeta de rodadura

A continuación se describe detalladamente los distintos diseños de la carpeta de rodadura, para garantizar una capa de resistencia al desgaste y de protección como se indicó anteriormente.

2.3.8.1. Método PCA (Portland Cement Association)

El diseño del pavimento de concreto rígido se realizó por medio del método simplificado de la PCA (Portland Cement Association). Para este método, existen varias tablas de diseño, basadas en la distribución de los ejes de carga que representan las diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Estas tablas están consideradas para un período de diseño de 20 años.

Para determinar el espesor de la carpeta de rodadura, es necesario que conozcamos los esfuerzos combinados de la subrasante y la base, para mejorar la estructura del pavimento rígido.

Pasos para el diseño de un pavimento rígido por este método (PCA):

- Estimar TPDC (tránsito promedio de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente.
- Buscar el módulo de reacción K según CBR obtenido del estudio del laboratorio.
- Encontrar el espesor de losa en la tabla correspondiente.

Para obtener el espesor de la losa o carpeta de rodadura se procedió de la siguiente manera:

- Primero se obtuvo la identificación de la categoría en la tabla XXI, para esto se necesitó contar con el dato del tránsito promedio diario de camiones. Este se realizó por periodos de 12 horas durante una semana. El resultado fue proyectado para el periodo de diseño que es de 20 años con una tasa de crecimiento del tránsito de 3 % anual. La cantidad de camiones fue de 25 vehículos diarios, de acuerdo con la tabla XXI, la vía es de categoría 1 debido a que es un área rural.

Tabla XXXI. **Categoría de carga por eje**

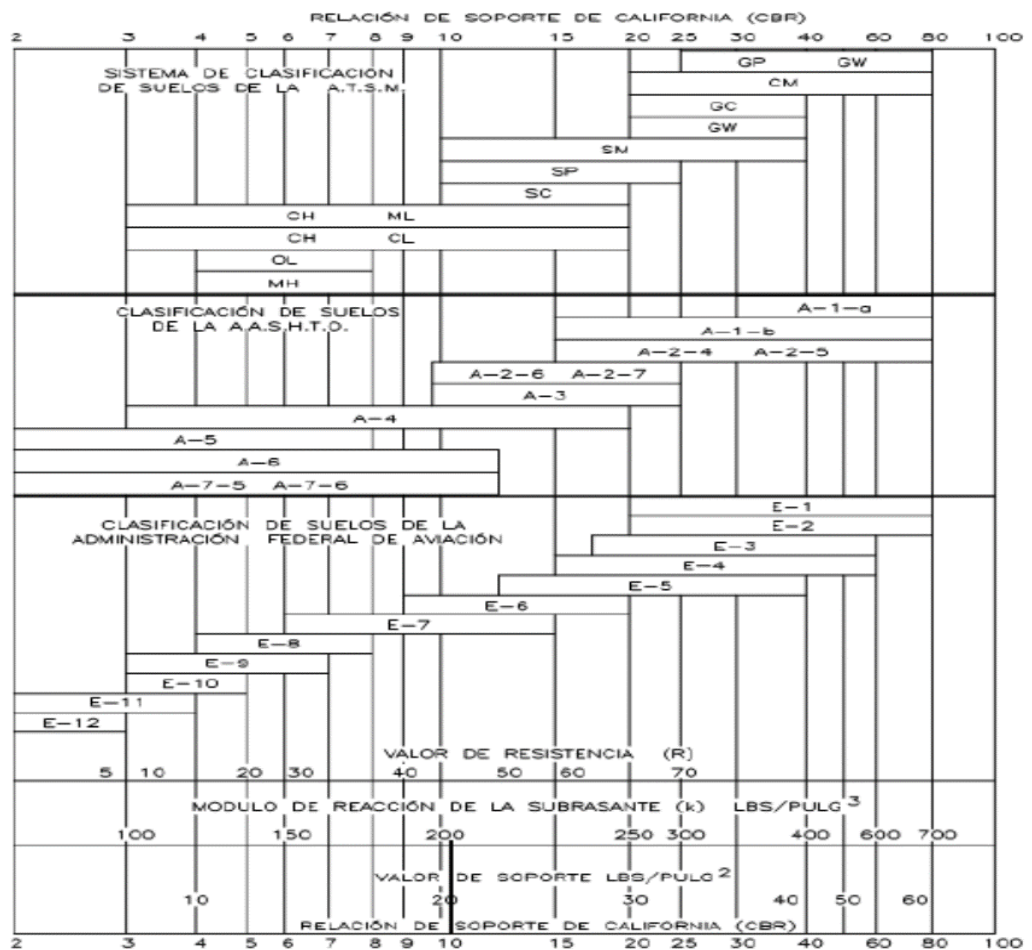
Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por Día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 5000	5 a 18	de 40 arriba 1000	26	44
3	calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles 3000 a 5000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 1500 a 8000	34	60

Fuente: WESTERGAARD H.N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. pág. 4

- Una vez establecida la categoría a la cual pertenece el pavimento se encuentra el módulo de reacción K.

Este valor se determina por medio del CBR de los estudios de laboratorio al 95 % de compactación que es de 11 %. Con la figura 11 se ubica el valor del CBR y siguiendo la línea vertical se ubica el valor de K, que para este caso es de aproximadamente 210 lb/pulg³.

Figura 11. **Determinación de la reacción K por medio del C.B.R**



Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 323.

- Para el cálculo del módulo de ruptura del concreto, se tomó un porcentaje de resistencia a la compresión, la cual es de 15 % f'_c ; se propuso un concreto de 4 000 PSI de resistencia a compresión, el módulo de ruptura es del $(0,15)(4\ 000)= 600$ PSI
- En la tabla XXII se determinó el valor soporte del suelo haciendo uso del valor $K= 210$ lb/pulg³. Se puede observar que el resultado se encuentra dentro del rango entre 180-220 lb/pulg³, entonces se concluye que el suelo posee un valor soporte alto, pero la descripción del mismo no coincide con la descripción que se obtuvo del estudio granulométrico ya que el suelo posee cantidades moderadas de material fino.

Tabla XXXII. **Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K**

TIPO DE SUELO	APOYO	RANGO DE VALORES DE K PSI
SUELOS DE GRANO FINO EN LOS CUALES PREDOMINAN LAS PARTÍCULAS DE LIMO Y ARCILLA	BAJO	75 -120
ARENAS Y MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON CANTIDADES MODERADAS DE LIMO Y ARCILLA	MEDIO	130 -170
ARENAS Y MEZCAS DE ARENA Y GRAVA RELATIVAMENTE LIBRES DE FINOS Y PLÁSTICOS	ALTO	180 – 220
SUB-BASES TRATADAS CON CEMENTO	MUY ALTO	250 - 400

Fuente: MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 323.

- Establecer el espesor de la base, para esto, se propone un espesor de cuatro pulgadas la cual estará conformada por suelo granular. De acuerdo con el estudio de CBR se obtuvo un valor de la reacción K de

210 lb/pulg³ para la subrasante, como se puede observar este valor está dentro del rango de 200 a 300. Con una base de cuatro pulgadas de espesor y realizando una interpolación entre los valores de 200 a 300 PSI se obtiene un nuevo valor para la subrasante de 242 PSI. Este valor se encuentra dentro de la clasificación de valor soporte alto o muy alto, de acuerdo con la tabla XXII. Por facilidad de construcción la base tendrá un espesor de 11 cm.

Tabla XXXIII. **Valores de K para diseño sobre base granulare (PCA)**

SUBRASANTE VALORES DE K PSI	SUB – BASE VALORES DE K PSI			
	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: WESTERGAARD H.N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. Pág. 14

- Con el carácter alto que tiene la subrasante, un módulo de ruptura de 600 PSI y un tránsito promedio diario de camiones de 25 camiones diarios, se procede a determinar el espesor de la carpeta de rodadura, en la tabla XXIV. Se busca el lado izquierdo, ya que los bordillos y banquetas no serán fundidos monolíticamente, en la columna de clasificación alta se observa que el valor más cercano a 25 camiones diarios es 98 camiones diarios y con este dato se determina un espesor de 6”, por facilidad de construcción se dejara de 15 centímetros de espesor.

Tabla XXXIV. **Pavimento con juntas y agregados de trabe para carreteras de categoría 1**

Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa PLG.	Soporte de sub-rasante y sub-base			Espesor de losa PLG.	Soporte de sub-rasante y sub-base		
	bajo	medio	alto		bajo	medio	alto
Mr. = 650 psi							
4,5			0,1	4	2	0,2	0,9
				4,5		8	25
5	0,1	0,8	3	5	30	130	330
5,5	3	15	45	5,5	320		
6	40						
6,5	330	160	430				
Mr. = 600 psi							
5	0,5	0,1	0,4	4	0,2	1	0,1
5,5		3	9	4,5			5
6	8	36	98	5	6	27	75
6,5	76	200	760	5,5	73	290	730
7				6	610		
7,5	520						
Mr. = 550 psi							
5,5	0,1	0,3	1	4,5		0,2	0,6
6	1	6	18	5	0,8	4	13
6,5	13	60	160	5,5	13	57	150
7	110	400		6	130	480	
7,5	620						

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

2.3.8.2. Diseño de juntas

Se construyen las juntas con la finalidad de reducir los efectos de expansión o contracción debidos a los cambios de temperatura en el ambiente, facilitan el colado del cemento. Las juntas pueden ser transversales a la línea central de la carretera y longitudinales.

- Juntas transversales de contracción

Se realizan este tipo de juntas con la finalidad de minimizar los efectos de los esfuerzos de tensión que experimenta la losa provocados por la disminución de temperatura. Estas juntas buscan debilitar la losa, de modo que si los esfuerzos de tensión que experimente la losa sean lo suficientemente grandes para para agrietarla.

Por lo general, estas juntas tienen una profundidad de un cuarto a un tercio del espesor de la losa y cuando las mismas se diseñan adecuadamente minimizan el agrietamiento fuera de las juntas. Este tipo de juntas se pueden realizar aserrando el concreto endurecido, con insertos de plástico antes de colorar el concreto, o bien, después de que el concreto ha sido colado pero antes de que este endurecido por completo.

- Juntas transversales de expansión

Estas juntas permiten el movimiento de las losas de concreto debido a la deformación térmica que sufre el concreto por los cambios de temperatura. Si no se colocan este tipo de juntas el concreto podría abombarse o reventarse.

Este tipo de juntas deben tener incorporado dispositivos apropiados para transferir la carga. Para esto se coloca un material de relleno, el cual puede ser caucho, corcho o bitumen para que permita la deformación de la losa y evite la penetración de elementos dañinos para el pavimento.

- Juntas longitudinales

Estas juntas se construyen paralelamente a la línea central de la carretera con el objetivo de prevenir o controlar las fisuras que pueda presentar el

pavimento cuando el mismo se construye con anchos que superen los cinco metros.

En este tipo de juntas es usual colocar algún tipo de anclaje para mantener unidas las caras de las juntas y así garantizar su eficiencia.

- Juntas de construcción

Cuando se interrumpe la colocación de concreto para una losa, es conveniente realizar una junta de este tipo en la junta fría entre las dos secciones de la losa. Para preparar esta interrupción se debe formar una cara vertical con madera o una costanera como arrastre en el extremo de la losa que se está construyendo.

Para este proyecto las juntas transversales serán construidas a cada 4 metros y las juntas longitudinales a cada 4 metros determinadas por las normas AASHTO, la misma determina que no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas a su espaciamiento en pies. Para este caso el espesor de la losa es de 7,5", entonces su espaciamiento entre juntas será de 15' lo que es equivalente a $15' \cdot 1\text{m}/3,28' = 4,57\text{ m}$ entonces se harán a cada 4 m. La pendiente de bombeo será de 2 %, así como lo indica la tabla XXIV y en el detalle de los planos en la sección del apéndice de este trabajo.

Tabla XXXV. **Pendiente transversal recomendada según tipo de superficie**

Tipo de superficie	Material	Bombeo
Muy buena	Concreto	1 - 2 %
Buena	Mezcla asfáltica	1.5 - 3 %
Regular	Adoquín	2 - 2.5 %
Mala	Tierra o grava	2.5 - 3 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.8.3. Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla de concreto, utilizaron tablas que son el resultado de numerosos ensayos de laboratorio. Este proceso consiste en realizar los siguientes pasos: selección de elementos que componen la mezcla (cemento, agregados, agua y aditivos), determinar las cantidades relativas o proporcionamiento, para que el resultado sea un concreto de trabajabilidad, durabilidad y con la resistencia necesaria.

- Selección de asentamiento

Representa el grado de trabajabilidad del concreto y es el indicativo de que la cantidad de agua en la mezcla es la apropiada para garantizar la calidad del concreto.

Tabla XXXVI. **Asentamientos recomendados**

TIPO DE ESTRUCTURA ASENTAMIENTO	
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm.
Paredes reforzadas y columnas	10 cm.
Pavimentos y losas	8 cm.
Concreto masivo	5 cm.

Fuente: elaboración propia.

Este proyecto es relacionado con pavimento y esta razón se utilizó un revenimiento máximo de 8 centímetros.

- Selección de tamaño máximo nominal de agregado

El tamaño del máximo del agregado grueso se puede determinar con los siguientes criterios: 1/5 del ancho del elemento o 3/4 del espaciamiento entre varillas o 1/3 del espesor de losa. En este caso se utilizó 1/3 del espesor de losa, lo cual dio como resultado 2,65 pulgadas, se tomó el tamaño máximo de 1" por es un tamaño máximo comercial en Guatemala.

- Resistencia de diseño

La resistencia especificada es de 280 kg/cm^2 , con un agregado de 1".

- Relación agua – asentamiento

Tabla XXXVII. **Relación agua - asentamiento**

Asentamientos	Cantidad de agua lt/metro cúbico				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 156

De acuerdo con la tabla XXXVII se determina que la cantidad de agua es de 195 lt/m³.

En la tabla XXXVIII se determina la relación A/C para una resistencia de 280 kg/cm² y así hallar la cantidad de cemento.

- Relación de agua/cemento.

Tabla XXXVIII. **Contenidos de agua recomendados**

Resistencia	Relación
Kg/cm ²	A/C
280	0,45
246	0,47
210	0,5
176	0,54

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla XXVII, para este caso se determinó una relación A/C = 0,45. Con este dato se calculara la cantidad de materiales.

- Contenido de cemento

La cantidad de cemento se determinó con la ayuda de la relación agua/cemento y el peso del agua.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{195}{0,45} = 434 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de cemento es de 434 kg/m³.

- Determinar el peso de los agregados

Para determinar el peso de los agregados es necesario conocer el peso del concreto el cual es de 2 400 kg/m³.

$$\text{Peso de agregados} = \text{Peso de concreto} - (\text{Peso de cemento} + \text{Peso de agua})$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (434 + 195) = 1\,771 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Para un tamaño máximo de 1", se determinó que el porcentaje de agregado fino es de 42 %, según tabla XXVIII.

Tabla XXXIX. **Porcentaje de agregado fino**

Tamaño máximo agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: elaboración propia.

- Peso del agregado fino

$$\text{Peso de agregado fino} = 1\,771 * 42\% = 743,82 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso volumétrico del agregado grueso.

$$\text{Agregado grueso} = 2\,400 - 434 - 195 - 743,82 = 1\,027,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Se determinó que se necesitan 1 027,18 kg de agregado grueso por metro cúbico de concreto, de 1" como tamaño máximo del agregado grueso.

- Proporcionamiento de mezcla por peso.

$$\text{Cemento} = \frac{434}{434} = 1 \quad \text{Ag. Fino} = \frac{743,82}{434} = 1,7 \quad \text{Ag. Grueso} = \frac{1\,027,18}{434} = 2,36$$

La proporción del concreto es: 1: 1,7: 2,36.

- Proporción de mezcla por metro cúbico.

$$\text{Cemento} = \frac{434 \text{ kg}}{42,5 \frac{\text{kg}}{\text{Saco}}} = 10 \text{ Sacos de } 42,5 \text{ kg lo que equivale a } 1\text{ft}^3 \text{ cada uno}$$

$$\text{Ag. Fino} = \frac{743,82 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico ag. fino}}$$

$$\text{Ag. Fino} = \frac{743,82 \text{ kg}}{1\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{1\,027,18 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico ag. grueso}}$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{1\,027,18 \text{ kg}}{1\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,6 \text{ m}^3$$

Con estos resultados se procede a determinar proporción.

$$1\text{ft}^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,28 \text{ m}^3$$

Relaciones:

$$0,28/0,28 = 1$$

$$0,5/0,28 = 1,8$$

$$0,6/0,28 = 2,14$$

La proporción será: 1: 1,8: 2,14 se espera una resistencia de 280 kg/cm².

2.3.9. Drenajes

Abarcan todas las obras de arte que sirven para drenar el agua proveniente de la lluvia. Para el diseño del drenaje transversal se utilizó el método racional.

Figura 12. **Área de influencia de la cuenca**



Fuente: Google Earth. *Área de influencia de la Cuenca.*
https://satellites/pro.mapa_de_sumpango Consulta: noviembre 2018.

2.3.9.1. Estudio hidrológico, método racional, para la determinación de caudales de diseño

Es un modelo empírico sencillo y es el más utilizado ya que permite determinar el caudal en metros cúbicos por segundo para áreas relativamente pequeñas. Calcula el caudal máximo para un punto cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

2.3.9.2. Diseño de cunetas y canales de desfogue

Estos componentes de drenaje longitudinal conducen las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada,

depositándolas en sus cauces naturales. Para este efecto, se emplean cunetas, colectores y tragantes.

Para este proyecto, dado que la aldea se encuentra poblada en la mayor parte del área y las viviendas se ubican muy cerca de la calle, no se consideró el diseño de cunetas. En su lugar se consideró un bordillo y una banqueteta para el uso peatonal, la altura del bordillo se determinó de tal manera que la misma no permita el desborde del agua que correrá por la calle.

Para determinar la altura del bordillo se realizó el estudio hidrológico del área utilizando el método racional para obtener el caudal que llega al punto de análisis.

Este método está representado por la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q= caudal en metros cúbicos por segundo

C= coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

A= área en hectáreas

Los parámetros de intensidad de lluvia son proporcionados por el INSIVUMEH. Se tomara un periodo de retorno de 25 años y por medio de este se determinan los parámetros de ajuste, según la tabla XXIX.

$$I = \frac{A}{(B + t_c)^n}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia (mm/h)

t_c = duración de la lluvia en minutos

A y B= parámetros de ajuste

Tabla XL. **Coefficiente del modelo estándar para la estación climática Suiza Contenta**

Periodo de retorno	Distribución Normal				Distribución de Gumbel			
	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado
2	718	6,15	0,77	1,11E-02	696	7,36	0,78	1,23E-02
5	881	2,96	0,74	3,28E-02	854	3,24	0,74	2,86E-02
10	962	2,18	0,74	4,87E-02	987	2,14	0,74	4,97E-02
15	1033	1,87	0,73	5,67E-02	1065	1,71	0,73	6,11E-02
20	1067	1,69	0,73	6,15E-02	1120	1,47	0,73	6,89E-02
25	1092	1,58	0,73	6,52E-02	1165	1,31	0,73	7,43E-02
30	1114	1,50	0,73	6,77E-02	1200	1,19	0,73	7,88E-02
50	1166	1,30	0,73	7,47E-02	1300	0,91	0,73	9,02E-02
75	1206	1,17	0,73	7,96E-02	1379	0,73	0,73	9,85E-02
100	1233	1,08	0,73	8,29E-02	1436	0,61	0,73	1,04E-01

Fuente: INSIVUMEH.

El tiempo de concentración se puede determinar mediante ecuaciones que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. En este caso se utilizó la ecuación de Kirpich, ya que la misma utiliza la longitud y el desnivel del cauce.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154 * H^{0,38}}$$

Donde:

L = longitud del cauce

H= desnivel del cauce

El coeficiente de escorrentía C se puede estimar tomando como base las características hidrológicas de la cuenca. Los valores para C se puede observar en la tabla XXX, ya que los mismos están de acuerdo a los diferentes tipos de topografía, vegetación y textura del suelo. Para este proyecto se tomó el coeficiente de escorrentía de 0,50 ya que el terreno es tierra cultivada, la topografía del terreno es llana y la textura del suelo es arena limosa.

Tabla XLI. **Valores indicativos de coeficientes de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: United States Department of Agriculture. *National Engineering Handbook*. p. 89.

Datos para determinar el caudal de diseño de drenajes transversales y rejillas.

Área tributaria= 7,79 Ha

Longitud del cauce= 0,46 km

Elevación = 4 m

Coeficiente de escorrentía= 0,5

Factor de rugosidad= 0,013

Se determina el tiempo de concentración.

$$t_c = \frac{3(460)^{1,15}}{154 * 4^{0,38}} = 13,27 \text{ min}$$

Con el tiempo de concentración se procede a calcular la intensidad de lluvia para el área en estudio, la estación del INSIVUMEH más cercana es la Suiza Contenta por lo que se toman esos valores para un periodo de retorno de 25 años, según la tabla XXX.

$$I = \frac{1\ 092}{(1,58 + 13,27)^{0,73}} = 152,35 \text{ mm/hr}$$

Con estos datos ya determinados se procede a calcular el caudal a drenar utilizando para ello la ecuación del método racional.

$$Q = \frac{0,5 * 152,35 * 7.79}{360} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos datos se utilizarán para el diseño de los drenajes transversales y las rejillas.

2.3.9.3. Diseño de drenajes transversales

La finalidad de los drenajes transversales es evacuar convenientemente el agua superficial que llega del área tributaria a las calles. El elemento básico es la alcantarilla, cantidad de estos drenajes a lo largo de la ruta resulta muy

importante e impacta en el costo del proyecto, por ello, se debe prestar atención a su diseño.

Este tipo de drenaje se coloca de forma perpendicular a la carretera, se recomienda instalarlos a una separación máxima de 150 a 200 metros, en zonas propensas a estancamientos de agua. Para este proyecto solo se consideró solo un tramo de drenaje transversal debido a que el sector tienen viviendas y cultivos; situación que dificulta la evacuación del agua pluvial hacia los costados de la calle.

En los planos de alineamiento horizontal de la calle, se observa la intersección entre dos tramos de calle, esta intersección representa un punto de convergencia de las aguas de lluvia. Para evacuar estas aguas se recomienda construir una caja o tragante como se indica en el plano; para conducir el agua hacia esta caja se instalarán rejillas transversales y luego se evacuará el agua por medio de un drenaje transversal de tubería circular de PVC.

Para diseñar el drenaje transversal se utilizarán los datos obtenidos anteriormente. El cálculo del diámetro requerido para evacuar el agua pluvial a través de drenaje transversal se realizó con la siguiente ecuación:

$$\varnothing = \left(\frac{Q * 4^{5/3} * n}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

\varnothing = diámetro requerido (en metros)

Q = caudal (metros cúbicos por segundo)

n = coeficiente de rugosidad de tubería (PVC)

S = pendiente de la tubería

Datos:

Caudal = 1,6m³/s

Coefficiente de rugosidad = 0,009

Pendiente de la tubería = 12 %

$$\phi = \left(\frac{1,6 * 4^{5/3} * 0,009}{0,12^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,46m \approx 18 \text{ pulgadas}$$

Se propone colocar un tubo de metal galvanizado de 30 pulgadas de diámetro por ser el mínimo permitido por la Dirección General de Caminos.

Para determinar las dimensiones de las rejillas se utilizó la siguiente ecuación empírica:

$$L = 0,94 * V * H^{1/2}$$

Donde:

L= longitud libre de rejilla (m)

V= velocidad media de aproximación a la cuneta (m/s)

H= profundidad de aproximación al sumidero más espesor de rejilla (m)

Para determinar la capacidad de transporte de la carretera se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = 0,375 * \left(\frac{Z}{n} \right) * Y^{8/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q= caudal

Y= profundidad de aproximación al sumidero

S= pendiente longitudinal de la avenida

Z= inverso de la pendiente transversal

n= coeficiente de rugosidad

Datos para el diseño de rejilla:

Pendiente longitudinal= 4 %

Pendiente de bombeo= 2 %

L= 6m

n= 0,013

Considerando un ancho libre de calle por un solo lado igual a 0.60 m.

$$T = 6\text{m} - 0,60\text{m} = 5,40\text{m}$$

$$Y = 0,02 * 2,7 = 0,054$$

Capacidad de transporte de la calle:

$$Q = 0,375 * \left(\frac{1}{0,013}\right) * \left(\frac{1}{0,02}\right) * 0,054^{8/3} * 0,04^{1/2} = 0,12\text{m}^3/\text{s}$$

Considerando T = al ancho de la calle:

$$T = 6\text{m}$$

$$Y = 0,02 * 3 = 0,06$$

Capacidad de transporte máxima de la calle:

$$Q = 0,375 * \left(\frac{1}{0,013}\right) * \left(\frac{1}{0,02}\right) * 0,06^{8/3} * 0,04^{1/2} = 0,15\text{m}^3/\text{s}$$

Calculando la longitud de la rejilla necesaria para el caudal de transporte máximo de la calle:

Se considera la calle como un canal rectangular, y se utiliza la ecuación de Manning para el cálculo de la velocidad:

$$R_h = \frac{0,5 * 6 * 0,06}{6} = 0,03\text{m}$$

$$V = \frac{0,03^{2/3} * 0,04^{1/2}}{0,013} = 1,48$$

$$L = 0,94 * 1,48 * 0,06^{1/2} = 0,40\text{m}$$

Las dimensiones de la rejilla a utilizar serán de 0,40 m por el ancho de la calle que este caso es de 6 m. Será de hierro plano de ¼ X 1” y hierro angular de 3/16 X <1” ver plano de detalles y rejilla en el apéndice.

2.3.9.4. Contra cunetas

Estos elementos son zanjas que se construyen paralelamente a la ruta, generalmente se realizan de sección trapezoidal. Su función es evitar que llegue el exceso de agua a la carretera. En campo su uso no es muy recomendable ya que se construyen aguas arriba de los taludes y puede provocar reblandecimientos y derrumbes. De ser necesario su construcción se

debe estudiar cuidadosamente la naturaleza geología de los suelos, tomando la mayor distancia posible de los taludes y zampeándola para evitar filtraciones.

En este proyecto no se consideró ya que no era necesario.

2.3.10. Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento

Para proceder con la construcción de la carpeta de rodadura (losas de concreto), el constructor debe probar el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias. Las mezcladoras deben asegurar una distribución uniforme de los materiales, se recomienda no usar ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea inferior a la carga de un saco. Las mismas, deben contar cierre automático del dispositivo de carga, con el objetivo de evitar pérdidas de los materiales antes de que se hayan mezclado durante el tiempo mínimo especificado.

Las superficies deben estar preparadas antes de construir las losas de concreto, la cuales se harán de conformidad con las siguientes especificaciones técnicas:

- Cuando en el área de construcción de la losa de concreto se produzcan hundimientos causados por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto.
- Los hundimientos se deben reparar con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero.
- El concreto debe dosificar adecuadamente para garantizar un $f'c$ de 4 000 PSI a los 28 días. Esta resistencia se debe basar en pruebas

realizadas a cilindros según las Normas AASTHO, estas pruebas se realizan a los 7 y 28 días. Las muestras se debe tomar cada 60 metros cúbicos de concreto y se toman de acuerdo a la Norma AASTHO T- 24.

- Una vez colocado el concreto en la superficie, no se deben retirar las formaletas hasta que hayan transcurrido 12 horas después de haber colado el concreto.
- En las juntas se debe colocar material sellante, con el cuidado de que de no provocar desbordes del mismo. De haber exceso se debe remover inmediatamente con el objetivo de que la superficie del pavimento quede limpia.
- Para el acabado final, se utiliza una escoba colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido de uno a otro lado de losa. El acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, y en los bordes, el acabado debe ser igual al de la superficie.
- Posteriormente, se aplicar algún aditivo para curar el concreto, el mismo debe estar patentado o en su defecto agua, con el objeto de evitar que el calor de hidratación que se produce por la reacción química fisure el concreto.

Para evitar daños en el pavimento, el mismo no debe ser abierto al tránsito antes de que hayan transcurrido 14 días después del colado o hasta que se obtenga un $f'c$ de 3500 PSI (250 kg/cm²) en las muestras al ensayarlas en el laboratorio.

Para reducir este tiempo se puede agregar aditivos acelerantes de fraguado al concreto. En este medio no se recomienda su uso, solo en casos especiales y se debe prestar buena supervisión de laboratorio.

Las fallas en los pavimentos rígidos se pueden presentar debido a dos causas principales. La primera de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa, y engloba los defectos del concreto, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados y desintegración por la reacción química de los agregados del cemento.

Por otro lado se pueden presentar fallas en el pavimento rígido, debido a los defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, entre estos se pueden mencionar: insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia entre las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la subbase, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión.

También se pueden presentar fallas en los pavimentos rígidos debido al mal comportamiento estructural del conjunto conformado por losa, sub-base, subrasante y aún terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por ruptura de esquinas o bordes, debido a la falta del apoyo necesario. Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de la pasa juntas, generalmente se deben a que estos elementos no fueron lubricados adecuadamente por lo que no presentan el movimiento para el que fueron diseñados.

2.3.11. Planos finales

Los planos finales de este proyecto se encuentran en la sección del apéndice de este informe.



2.3.12. Presupuesto del proyecto

El presupuesto se realizó tomando en cuenta las cantidades de trabajo, los materiales y la mano de obra, las prestaciones para la mano de obra es de un 85 % y un factor de indirectos de 35 %.

2.3.12.1. Integración de precios unitarios

En la tabla XLII se describe la integración de precios unitarios.

Tabla XLII. Integración de precio unitario

	Integración de precios unitarios pavimentación aldea rancho alegre	
	Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez	
	Dirección Municipal de Planificación	
INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIO		
PROYECTO: Pavimentación Calle Principal Aldea Rancho Alegre		

No.3.3	Construcción de Pavimento de Concreto, resistencia f´c=4000 PSI, con espesor de 0.20 m incluye colocación de concreto(formaleta, sisado, corte y acabado)	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN					
	Concreto con resistencia f´c=4000 PSI para fundición de carpeta de rodadura	m3	1	Q1,220.29	Q1,220,29

Continuación de la tabla XLII.



Transporte	%	1	2 %	Q24,41
TOTAL DE MATERIALES				Q1 244,70
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUB-TOTAL
Colocación del concreto (incluye formaleta, sisado, corte y acabado)	M3	1	Q75.00	Q75,00
Factor ayudante	%	1	48 %	Q36,00
prestaciones	%	1	85 %	Q94,35
TOTAL MANO DE OBRA				Q205,35
Herramienta+ Equipo+Maquinas (2.5 % de los materiales)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
H+E+M	%	1	2.5 %	Q31,12
INTEGRACION RECIO UNITARIO				
TOTAL DE MATERIALES				Q1 244,70
TOTAL MANO DE OBRA				Q202,35
TOTAL HERRAMIENTA+ EQUIPO+MAQUINAS				Q31.12
INDIRECTOS			35%	Q571.35
PRECIO UNITARIO TOTAL				Q2,049.50

Fuente: elaboración propia.

2.3.12.2. Resumen de presupuesto

La tabla XLIII describe el resumen general del presupuesto del proyecto de pavimentación.

Tabla XLIII. **Resumen general del presupuesto de la pavimentación**


		Presupuesto pavimentación calle principal aldea rancho alegre			
		Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez			
		Dirección Municipal de Planificación			
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUB-TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Limpieza preliminar	m2	6114	Q10,00	Q61 140,00
1.2	Replanteo topográfico	km	2.5	Q5 000,00	Q12 500,00
Total del renglón					Q73 640,00
2.0	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	Excavación no clasificada	m3	508.27	Q95,81	Q48 697,35
2.2	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	1855.63	Q130,00	Q241 231,90
Total del renglón					Q289 929,25
3.0	CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE CONCRETO HIDRÁULICO				
3.1	Reacondicionamiento de sub-rasante	m2	5984.34	Q24,15	Q144 521,81
3.2	conformación de base de material granular espesor 0.10 m	m3	611.40	Q299,78	Q183 285,50
3.3	Construcción de pavimento de concreto, resistencia f'c 4000 PSI, con espesor de 0.20 m incluye colocación del concreto (formaleta, sisado, corte y acabado final)	m3	917.10	Q2049,.50	Q1,879,596.45
Total del renglón					Q2 207 403,80
4	Construcción de caja incluye rejilla	global	1	Q7 524,00	Q7 524,00
Total del renglón					Q7 524,00
Total del renglón					Q167 686,80
TOTAL DEL PROYECTO				Q2 746 183,90	
TOTAL EN LETRAS			DOS MILLONES SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL CIENTO OCHENTA Y TRES QUETZALES CON NOVENTA CENTAVOS		

Fuente: elaboración propia.

2.3.13. Cronograma de ejecución física y financiera

Para la ejecución del cronograma física y financiera se describe en la tabla XLIV.

Tabla XLIV. Cronograma de ejecución física y financiera

		MUCIPALIDAD DE SUMPANGO SACATEPÉQUEZ										
		DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN										
		PROYE	PAVIMENTACIÓN CALLE PRINCIPAL RANCHO ALEGRE									
		LUGAR SUMPANGO SACATEPÉQUEZ										
N.O	DESCRIPCIÓN	U	CANT.	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5				
1	Trabajos Preliminares											
1.1	Limpieza Preliminary y Replanteo Topográfico	Global	1									
	Costo del renglón			Q73,640.00								
2	Movimiento de tierras											
2.1	Excavación no clasificada	m3	1,643.87									
	Costo del renglón			Q115,971.70							Q57,985.85	
3	CONSTRUCCION DE CARRETERA DE CONCRETO HIDRÁULICO											
3.1	reacodicionamiento de la base, conformacion de base y fundicion de carpeta de rodadura, bordillo, caja y rejilla	Global	1									
	Costo del renglón			Q1,023,250.46							Q511,625.23	
AVANCE FINANCIERO				Q189,611.70		Q1,139,222.16		Q1,081,236.31		Q511,625.23		
AVANCE TOTAL FINANCIERO				Q2,321,695.40								
AVANCE PORCENTUAL				40.00%		40.00%		20.00%				
AVANCE PORCENTUAL ACUMULADO				40.00%		80.00%		100.00%				

Fuente: elaboración propia.

2.3.14. Evaluación de impacto ambiental

Tabla XLV. Evaluación de impacto ambiental

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:	
Pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre	
I.2. Información legal:	
A) Nombre del Proponente o Representante Legal: Lic. Efraín Parades Gerónimo	
B) De la empresa:	
Razón social:	
Nombre Comercial: Municipalidad de Sumpango Sacatepéquez	
No. De Escritura Constitutiva:	
Fecha de constitución: 1825	
Patente de Sociedad No aplica Registro No. No aplica. Folio No. No aplica Libro No. No aplica	
Patente de Comercio No aplica Registro No. No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica	
No. De Finca No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica de No aplica, donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
Número de Identificación Tributaria (NIT):	
I.3 Teléfono Fax Correo electrónico:	
Carlos10reyestrinidad@gmail.com	
Personas Contacto en la Comunidad:	

Continuación de la tabla XLV.

II.7 Datos laborales							
a) Jornada de trabajo: Diurna(x) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____							
b) Número de empleados por jornada: Fase de construcción Total empleados 45							
c) otros datos laborales, especifique							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS....							
	tipo	si/no	cantidad/ mes, día, hora	proveedor	uso	especificaciones u observaciones	forma de almacenamiento
Agua	servicio publico	si	200 galones	Empresa privada	Riego para control del polvo		cisterna
	Pozo						
	agua superficial						
	Otro						
Combustibles	gasolina	si	5000 galones	Empresa privada	Combustible para maquinaria		tonel
	diesel						
	bunker						
	glp						
lubricantes	solubles						
	no solubles						
refrigerantes							
OTROS							
III. TRANSPORTE							
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:							
a) Número de vehículos: 6							
b) Tipo de vehículo: pesados							
c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: escuela casco urbano 350 m2							
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD							

Continuación de la tabla XLV.

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES					
<p>En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).</p>					
No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Contaminación del aire debido al polvo generado por el movimiento de tierras y la circulación de maquinaria y equipo. Generación de gases por la maquinaria	A lo largo de las calles y caminos vecinales de la aldea. Zonas donde se realizara la fundición del pavimento	Riegos de agua periódicamente para evitar las partículas de polvo en el aire. Y a los trabajadores se les proporcionara mascarillas para proteger las vías respiratorias
2	Agua	Abastecimiento de agua	No aplica	No aplica	No aplica
		Aguas Residuales	Aguas residuales ordinarias	A lo largo de la construcción del pavimento	El caudal generado por la construcción será absorbido por el suelo
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Material sobrante de la construcción de pozos y la instalación de tubería de PVC	A lo largo de las calles	Aprovechar al máximo los materiales de construcción
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	No aplica	No aplica	No aplica
		Modificación del relieve o topografía del área	Modificación de la pendiente	A lo largo del tramo de calle	No representa ningún riesgo
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	no aplica	No aplica	No aplica
		Fauna (animales)	No aplica	no aplica	No aplica

Continuación de la tabla XLV.

5	Visual	Modificación del paisaje			
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Desarrollo económico	Toda la aldea	No aplica
7	Otros				

<p>V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</p>
<p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (Kw/hrs o Kw/mes): no</p> <p>V. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público:</p> <p>b) Sistema privado:</p> <p>c) Generación propia:</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p>SI _____ NO _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de <u>energía</u>?</p> <p>-</p>
<p>VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p>
<p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los pobladores.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas: las partículas de polvo en suspensión en el aire y esto va generar durante el movimiento de tierras. De no existir el equipamiento y servicios mínimos en el nuevo asentamiento, se podrían generar sobrecarga en los servicios de los poblados aledaños al sitio.</p>

Continuación de la tabla XLV.

<p>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos () d) derrame de combustible (x) e) fuga de combustible (x) d) Incendio () e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? Fuga y derrame de combustible de la maquinaria pesada empleada en la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.</p>
<p>VI.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: El uso de maquinaria pesada</p>
<p>VI.4 Equipo de protección personal</p> <p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (x) NO ()</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: chalecos reflectantes y cascos de seguridad.</p> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Uso de cascos y chalecos reflectantes para los trabajadores y aplicar riego de agua para el control de las partículas de polvo en suspensión generadas por el movimiento de tierras.</p>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de Guatemala.

CONCLUSIONES

1. Con la investigación monográfica permitió conocer aspectos sociales, culturales y económicos de cada aldea, así como aspectos históricos de las comunidades.
2. La construcción de la pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre representa una mejora de las condiciones actuales de la misma. El pavimento será de concreto rígido con un espesor de 0,20 m, juntas tanto transversales como longitudinales a cada cuatro metros y una base de material granular de 0,15 m de espesor.
3. La ejecución del sistema de alcantarillado sanitario en cada aldea, beneficiara a los comunitarios que residen en cada una de las aldeas en varios aspectos, de los cuales los más importantes son: la eliminación de la contaminación, reducción de enfermedades gastrointestinales y mejorar el ornato del de la zona.
4. A través de la elaboración de presupuestos, se pudo determinar que la inversión inicial requerida es de Q 2 737 758,45 para el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea San José el Yalú, Q 2 570 442,53 para el alcantarillado sanitario de la aldea Rancho Alegre y de Q3 112 373, 80 para la pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre. Todas estas del municipio de Sumpango, Sacatepéquez.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar los materiales de construcción que cumplan con los estándares de calidad que establecen las especificaciones, planos, y mano de obra calificada para realizar un trabajo de óptima calidad.
2. El periodo de diseño de los proyectos será alcanzado si se brinda el mantenimiento de limpieza, supervisión y cuidado correspondiente una vez finalizada la construcción de dichos proyectos, con el objetivo de obtener obras durables y en buen estado.
3. Capacitar a los vecinos de las aldeas, para el buen uso y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario ya que de ello depende su funcionamiento. Para ello se deben organizar reuniones periódicamente entre autoridades municipales y autoridades de las comunidades con el objetivo de estar actualizados sobre el funcionamiento de los proyectos.
4. Garantizar la supervisión de los trabajos, por parte de un profesional, durante el proceso de construcción. Esto con la finalidad de que los procesos constructivos implementados sean los adecuados para garantizar el funcionamiento del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual técnico de Novas: Mexichem*, 2014. 13-25. p.
2. ESTRADA GONZÁLEZ, Rodolfo José. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario de la colonia Eterna Primavera, zona 4, y pavimentación de la carretera de acceso de Bárcenas hacia colonias 20 de Octubre y Los Olivos y cementerio las Nubes, zona 3, municipio de Villa Nueva, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2017. 214 p.
3. DURMAN. *Manual técnico de tuberías Ribloc y Ribsteel: Durman*, 2014. 18. p.
4. Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala*, Guatemala: Empagua. 2009. 37. p.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones. *Especificaciones técnicas para el diseño de carreteras*. Guatemala, 1985. 78 p.
6. Instituto de Fomento Municipal. *Normas Generales para el diseño de alcantarillados*, Guatemala: Infom. 2009. 44. p.

7. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe de intensidades de lluvia*. Guatemala. 4. p.
8. ESTRADA HURTARTE, Gustavo Adolfo. *Manual de cuantificación de materiales para urbanizaciones y edificaciones*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990. 125 p.
9. Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. Ing. Robert G. Packard, United States of America: Paving Transportation Department. 1984. 50 p.
10. VILLAMARIN PAREDES, Sorayda Carolina. *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía hidráulica*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolquí, 2013. 106. p.

APÉNDICES

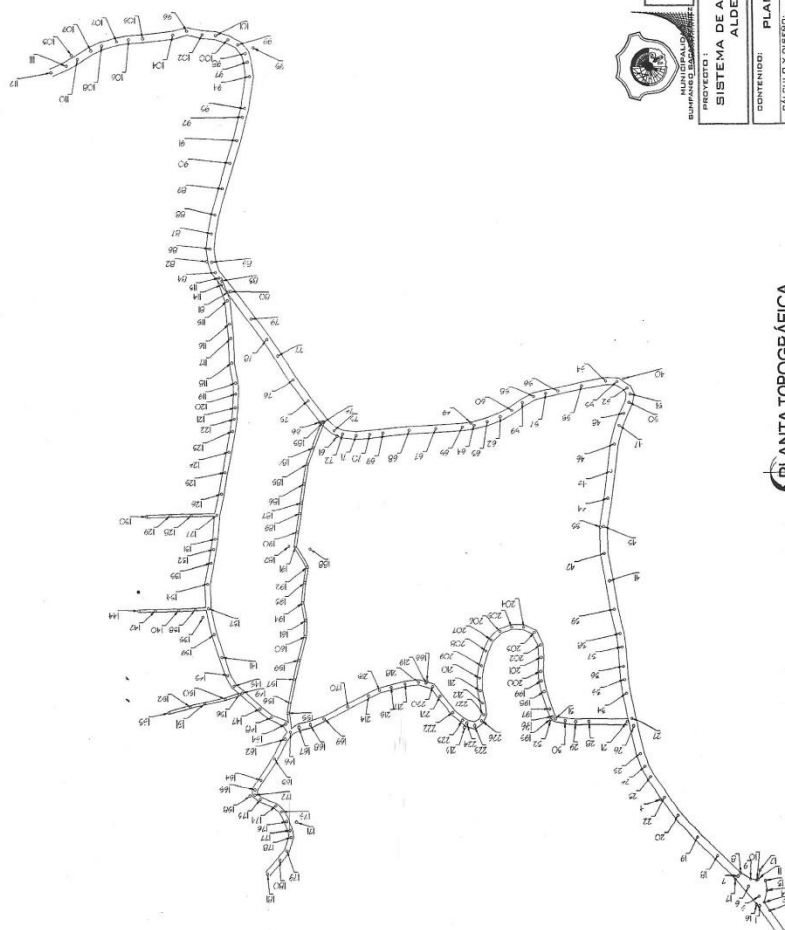
- Apéndice 1. **Diseño del alcantarillado sanitario y la pavimentación de la calle principal de la aldea Rancho Alegre y el diseño del alcantarillado sanitario en la aldea San José el Yalú**



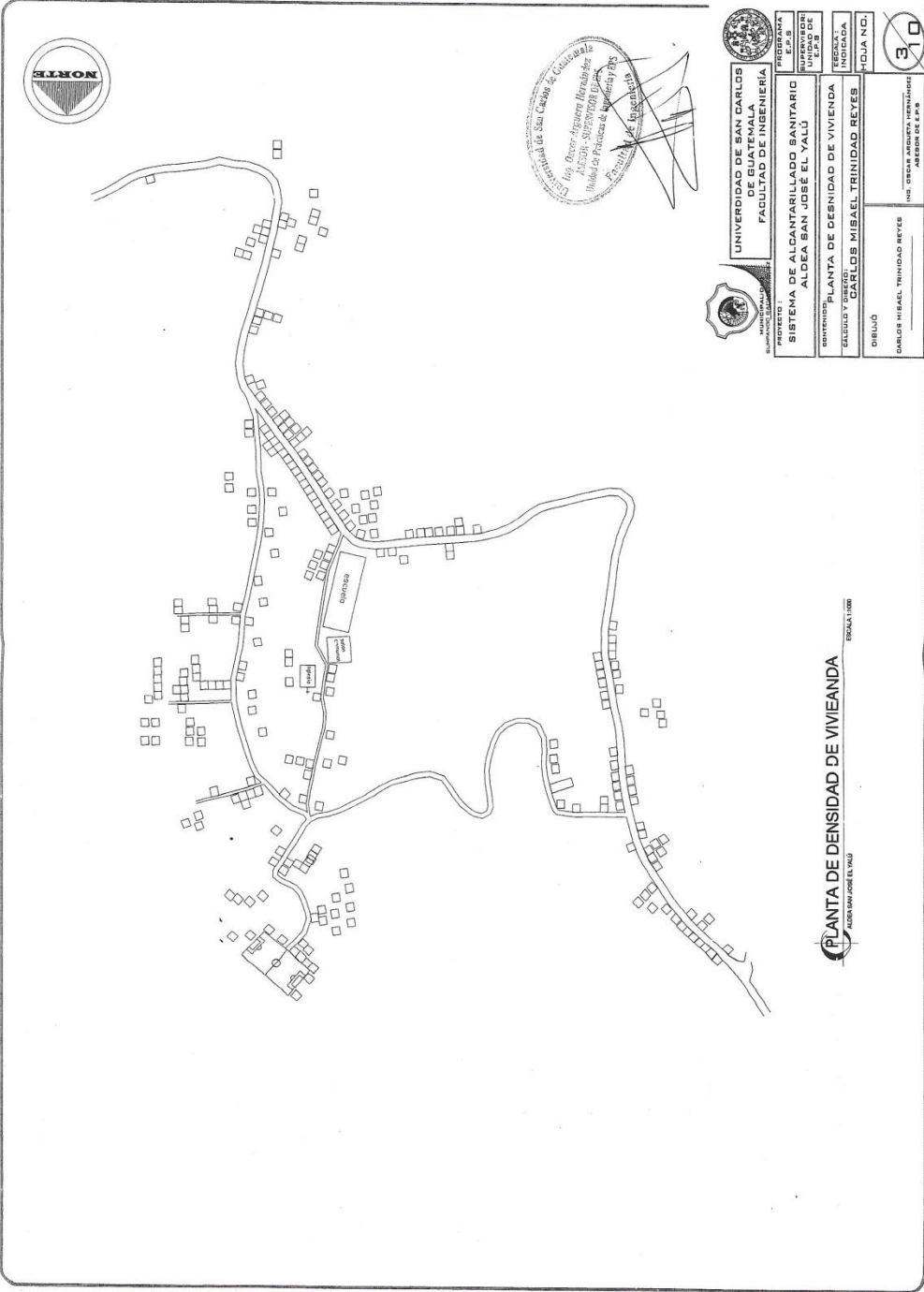
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA E. C. S. B.	UNIDAD DE E. P. S.	SECCION INDICADA	HOJA NO.
PROYECTO I SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN JOSE EL YALU			
CONTENIDO		PLANTA DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS	
CÁLCULO Y DISEÑO		CARLOS MISAEEL TRINIDAD REYES	
DIBUJO		CARLOS MISAEEL TRINIDAD REYES	
		ING. CARLOS MISAEEL TRINIDAD REYES CARRERA DE INGENIERÍA EN CAMPOS DE E. P. S.	

10



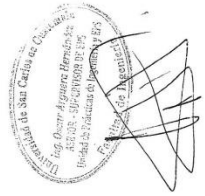
PLANTA TOPOGRÁFICA
ALDEA SAN JOSE EL YALU
ESCALA 1:1000



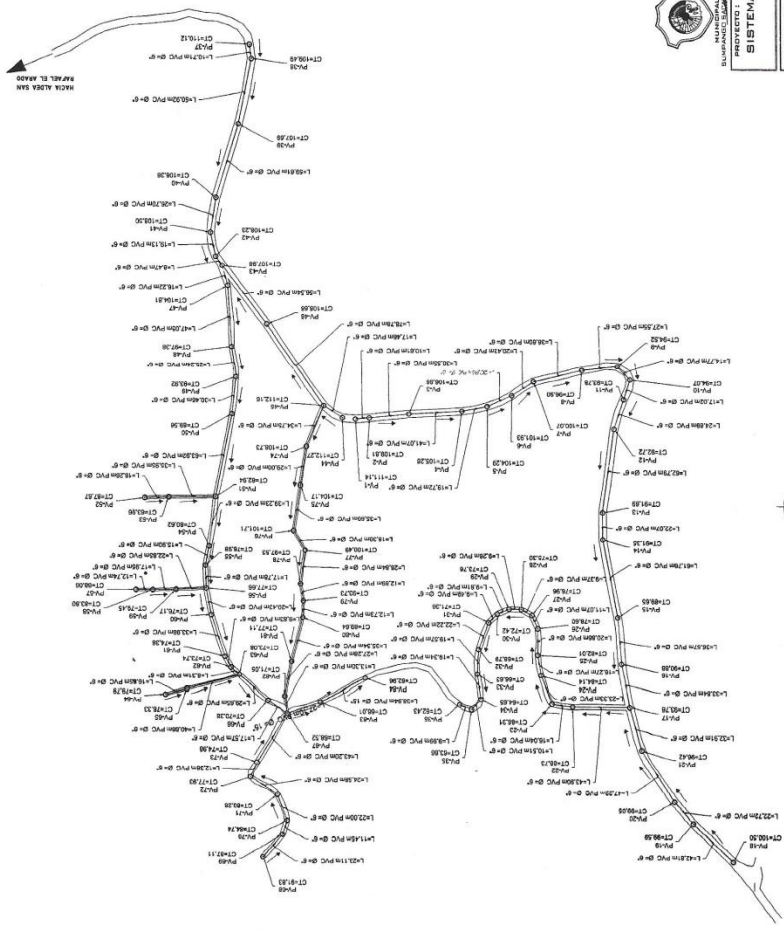
Escuela de Ingeniería Civil
 Ing. Oscar Antonio Hernández
 MSc. en Ingeniería Civil
 MSc. en Planificación Urbana y Regional
 Facultad de Ingeniería

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	PROGRAMA E.P.-S
	UNIDAD DE INGENIERÍA E.P.-B
PROYECTO MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	REGISTRO INDICADA
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ	HOJA N.º: 3 / 0
OBJETIVO: PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA	ING. OSCAR ANTONIO HERNÁNDEZ INGENIERO EN P.B.
DISEÑO: CARLOS MISSEL TRINIDAD REYES	

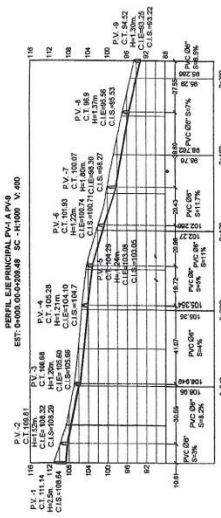
PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ
 ESCALA 1:1000



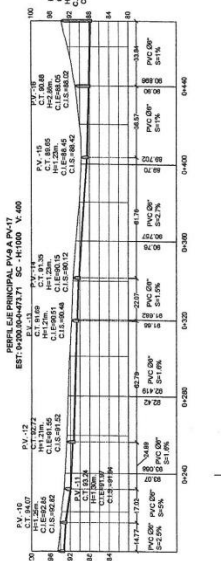
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	MUNICIPALIDAD DE ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ
PROYECTO	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
E.P.B.	ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ
SUPERVISOR	CONJUNTO HIDRÁULICO
INDICADA	SALCUDO Y OBRERO
HOJA NO.	CARLOS MISAE TRINIDAD REYES
510	DIBUJÓ
	CARLOS MISAE TRINIDAD REYES
	ING. OSCAR ARBUTA VERMÁNDEZ
	AYUDANTE DE E.P.B.



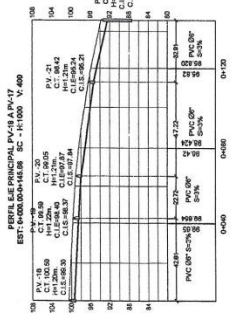
PLANTA CONJUNTO HIDRÁULICO
ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



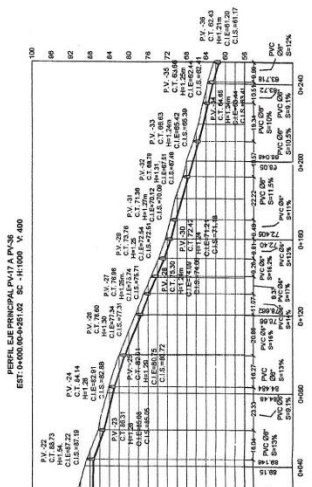
PERFIL EJE PRINCIPAL PV-1 A PV-9
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-10 A PV-17
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-18 A PV-17
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-17 A PV-36
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ

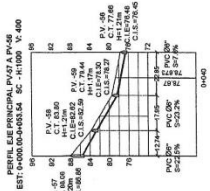
CONTENIDO: PERFILES

DISEÑADO POR: CARLOS MIBAIEL TRINIDAD REYES

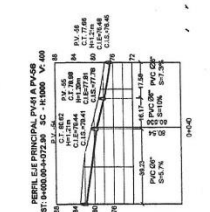
HOJA NO. 910

ELABORADO POR: CARLOS MIBAIEL TRINIDAD REYES

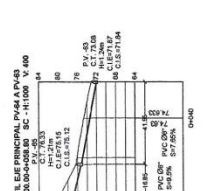
INSTRUMENTACIÓN: INGENIERIA CIVIL



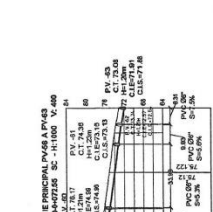
PERFIL EJE PRINCIPAL PV-51 A PV-56
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



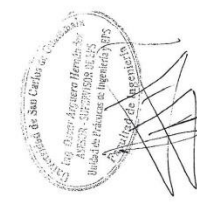
PERFIL EJE PRINCIPAL PV-57 A PV-56
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-56 A PV-63
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-64 A PV-63
 ESCALA H: 1:1000 V: 1:400
 ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN JOSÉ EL YALÚ

DISEÑADOR: CARLOS MISAE TRINIDAD REYES

BOLETA N.º: 810

PROFESOR: CARLOS MISAE TRINIDAD REYES

UNIDAD DE INGENIERIA: INGENIERIA CIVIL

INDICADA: CARLOS MISAE TRINIDAD REYES

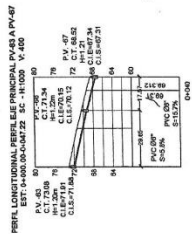
BOLETA N.º: 810

PROFESOR: CARLOS MISAE TRINIDAD REYES

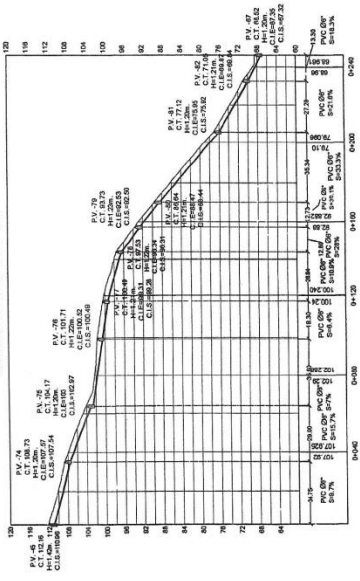
UNIDAD DE INGENIERIA: INGENIERIA CIVIL

INDICADA: CARLOS MISAE TRINIDAD REYES

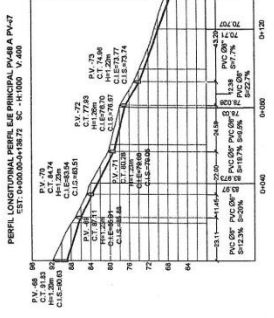
BOLETA N.º: 810



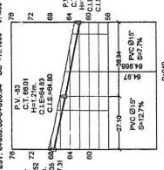
PERFIL EJE PRINCIPAL PV-63 A PV-67
ALDEA SAN JOSÉ EL YALU
ESCALA: H: 1:1000 V: 400



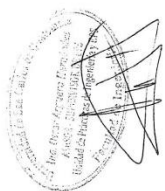
PERFIL EJE PRINCIPAL PV-45 A PV-67
ALDEA SAN JOSÉ EL YALU
ESCALA: H: 1:1000 V: 400



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-68 A PV-77
ALDEA SAN JOSÉ EL YALU
ESCALA: H: 1:1000 V: 400



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-67 A PV-84
ALDEA SAN JOSÉ EL YALU
ESCALA: H: 1:1000 V: 400



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

REPUBLICA DE GUATEMALA
MINISTERIO DE EDUCACION
UNIDAD DE INGENIERIA CIVIL

PROFESOR
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA SAN JOSÉ EL YALU

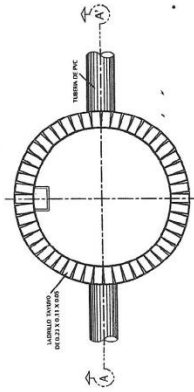
IDENTIFICACION
PERFILES

TITULO DEL DISEÑO
CARLOS MISBAEL TRINIDAD REYES

DISEÑADOR
CARLOS MISBAEL TRINIDAD REYES

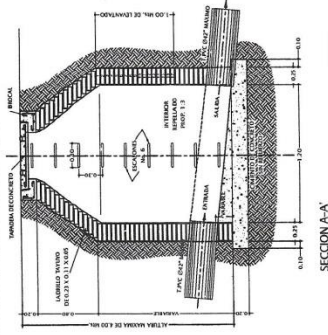
INDICACION
INDICACION DE LA ESCALA DE L.P.S

9/10



PLANTA

SECCION TRANSVERSAL PARA POZOS ENTRE 0 Y 4 METROS DE PROFUNDIDAD

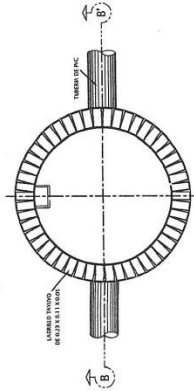


SECCION A-A'

POZO DE VISITA Ø 1.20 PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 MTS. Y DIAMETRO DE T.PVC MAXIMO DE 42"

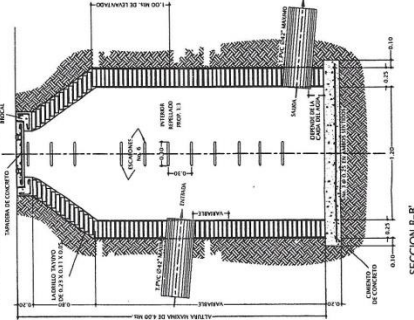
NOTA: EL DIAMETRO DEL POZO A CONSTRUIR DEBE ESTAR DE ACUERDO CON EL DIAMETRO MAXIMO DE ENTRADA INDICADO EN ESTA AGUA. PERFORAR EL FONDO DEL POZO PARA LA COLECCION DE AGUA DE LOS 0.20 MTS. DE PROFUNDIDAD.

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.



PLANTA

SECCION TRANSVERSAL PARA POZOS ENTRE 4 Y 6 METROS DE PROFUNDIDAD



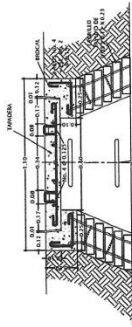
SECCION B-B'

POZO DE VISITA Ø 1.20 PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 MTS. Y DIAMETRO DE T.PVC MAXIMO DE 42"

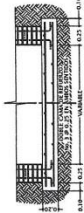
NOTA: EL DIAMETRO DEL POZO A CONSTRUIR DEBE ESTAR DE ACUERDO CON EL DIAMETRO MAXIMO DE ENTRADA INDICADO EN ESTA AGUA. PERFORAR EL FONDO DEL POZO PARA LA COLECCION DE AGUA DE LOS 0.20 MTS. DE PROFUNDIDAD.

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

PLANTA DE POZO Ø 1.75 PARA ALTURAS MAYORES DE 6 MTS.



BROCAL Y TAPADERA TIPICO PARA POZOS DE VISITA



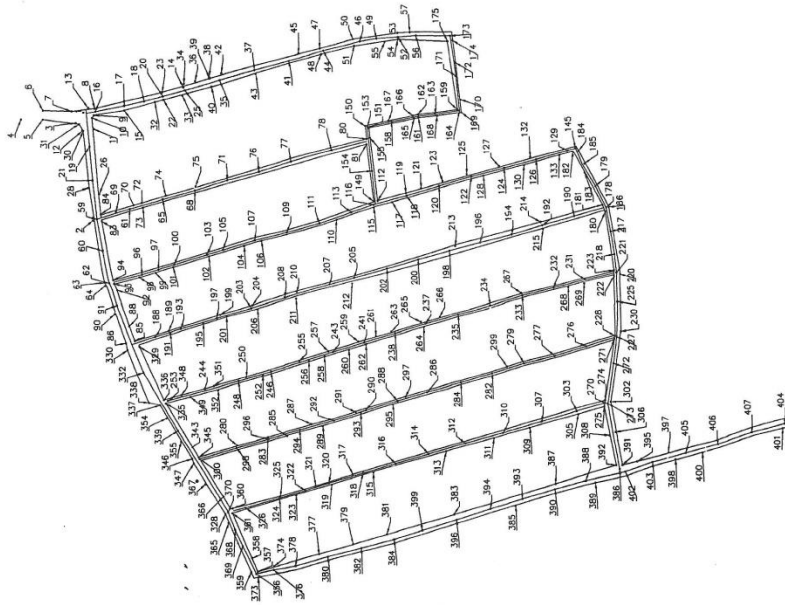
CIMIENTO PARA POZOS DE VISITA PARA ALTURAS MAYORES DE 6 MTS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL
CATEDRA DE FUNDACIONES Y OBRAS DE CONCRETO
PROFESOR: DR. OSCAR ALVARADO
ESTUDIANTE: [Nombre]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL	
CATEDRA DE FUNDACIONES Y OBRAS DE CONCRETO	
PROFESOR:	DR. OSCAR ALVARADO
ESTUDIANTE:	[Nombre]
TITULO:	TRABAJO DE GRADUACION
FECHA:	[Fecha]

DETALLE DE POZOS

ALDEA SAN JOSE EL YALU



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA	
SISTEMA DE ALCANTARILLOS SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE	
PROYECTO:	PUNTO TOPOGRÁFICOS
DISEÑADO POR:	CARLOS MISAE TRINIDAD REYES
DIBUJADO POR:	CARLOS MISAE TRINIDAD REYES
PRESENTE EN EL PLAN DE TITULO DE INGENIERIA	
Escala: 1:1000	
FOLIO NO. 10	

PLANTA PUNTOS TOPOGRÁFICOS

ALDEA RANCHO ALEGRE

ESCALA 1:1000

TABLAS TOPOGRÁFICAS			
PUNTO N°	ELEVACION	NOTA	DESCRIPCION
407	84.38	407.38	84.38
408	84.37	407.37	84.37
409	84.38	407.38	84.38

TABLAS TOPOGRÁFICAS			
PUNTO N°	ELEVACION	NOTA	DESCRIPCION
374	84.25	406.07	78.82
375	84.25	406.07	78.82
376	84.25	406.07	78.82
377	84.25	406.07	78.82
378	84.25	406.07	78.82
379	84.25	406.07	78.82
380	84.25	406.07	78.82
381	84.25	406.07	78.82
382	84.25	406.07	78.82
383	84.25	406.07	78.82
384	84.25	406.07	78.82
385	84.25	406.07	78.82
386	84.25	406.07	78.82
387	84.25	406.07	78.82
388	84.25	406.07	78.82
389	84.25	406.07	78.82
390	84.25	406.07	78.82
391	84.25	406.07	78.82
392	84.25	406.07	78.82
393	84.25	406.07	78.82
394	84.25	406.07	78.82
395	84.25	406.07	78.82
396	84.25	406.07	78.82
397	84.25	406.07	78.82
398	84.25	406.07	78.82
399	84.25	406.07	78.82
400	84.25	406.07	78.82

TABLAS TOPOGRÁFICAS			
PUNTO N°	ELEVACION	NOTA	DESCRIPCION
346	84.22	405.02	77.80
347	84.22	405.02	77.80
348	84.22	405.02	77.80
349	84.22	405.02	77.80
350	84.22	405.02	77.80
351	84.22	405.02	77.80
352	84.22	405.02	77.80
353	84.22	405.02	77.80
354	84.22	405.02	77.80
355	84.22	405.02	77.80
356	84.22	405.02	77.80
357	84.22	405.02	77.80
358	84.22	405.02	77.80
359	84.22	405.02	77.80
360	84.22	405.02	77.80
361	84.22	405.02	77.80
362	84.22	405.02	77.80
363	84.22	405.02	77.80
364	84.22	405.02	77.80
365	84.22	405.02	77.80
366	84.22	405.02	77.80
367	84.22	405.02	77.80
368	84.22	405.02	77.80
369	84.22	405.02	77.80
370	84.22	405.02	77.80

TABLAS TOPOGRÁFICAS			
PUNTO N°	ELEVACION	NOTA	DESCRIPCION
318	84.20	404.00	76.80
319	84.20	404.00	76.80
320	84.20	404.00	76.80
321	84.20	404.00	76.80
322	84.20	404.00	76.80
323	84.20	404.00	76.80
324	84.20	404.00	76.80
325	84.20	404.00	76.80
326	84.20	404.00	76.80
327	84.20	404.00	76.80
328	84.20	404.00	76.80
329	84.20	404.00	76.80
330	84.20	404.00	76.80
331	84.20	404.00	76.80
332	84.20	404.00	76.80
333	84.20	404.00	76.80
334	84.20	404.00	76.80
335	84.20	404.00	76.80
336	84.20	404.00	76.80
337	84.20	404.00	76.80
338	84.20	404.00	76.80
339	84.20	404.00	76.80
340	84.20	404.00	76.80

TABLAS TOPOGRÁFICAS			
PUNTO N°	ELEVACION	NOTA	DESCRIPCION
380	84.18	403.00	75.80
381	84.18	403.00	75.80
382	84.18	403.00	75.80
383	84.18	403.00	75.80
384	84.18	403.00	75.80
385	84.18	403.00	75.80
386	84.18	403.00	75.80
387	84.18	403.00	75.80
388	84.18	403.00	75.80
389	84.18	403.00	75.80
390	84.18	403.00	75.80
391	84.18	403.00	75.80
392	84.18	403.00	75.80
393	84.18	403.00	75.80
394	84.18	403.00	75.80
395	84.18	403.00	75.80
396	84.18	403.00	75.80
397	84.18	403.00	75.80
398	84.18	403.00	75.80
399	84.18	403.00	75.80
400	84.18	403.00	75.80



TABLAS DE PUNTOS TOPOGRÁFICAS
ALDEA RANCHO ALEGRE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROFESOR
E. C. B.
MAYOR Q. G.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA RANCHO ALEGRE

ESTUDIANTE
TABLAS TOPOGRÁFICAS

SECCION Y N°
CARLOS MISBAEL TRINIDAD REYES

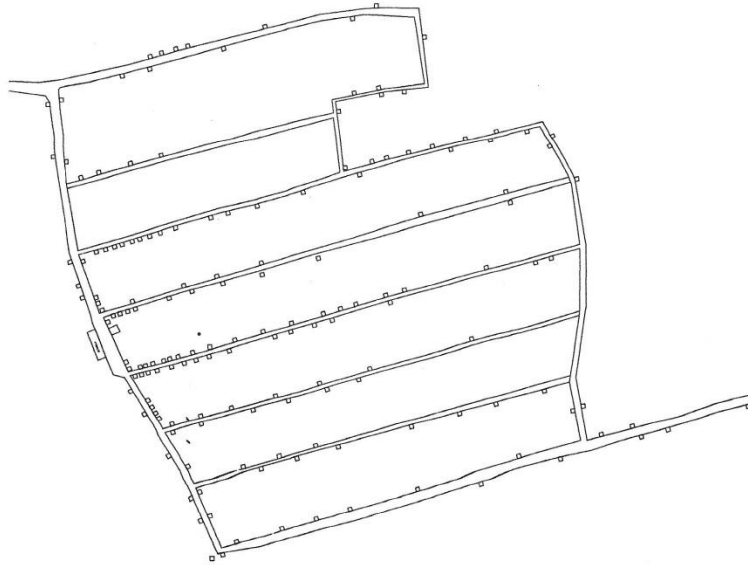
ALUMNO
DIBUJO

CARLOS MISBAEL TRINIDAD REYES
ANIL TRINIDAD ANDRÉS TRINIDAD REYES
MISBAEL TRINIDAD REYES

30



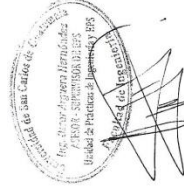
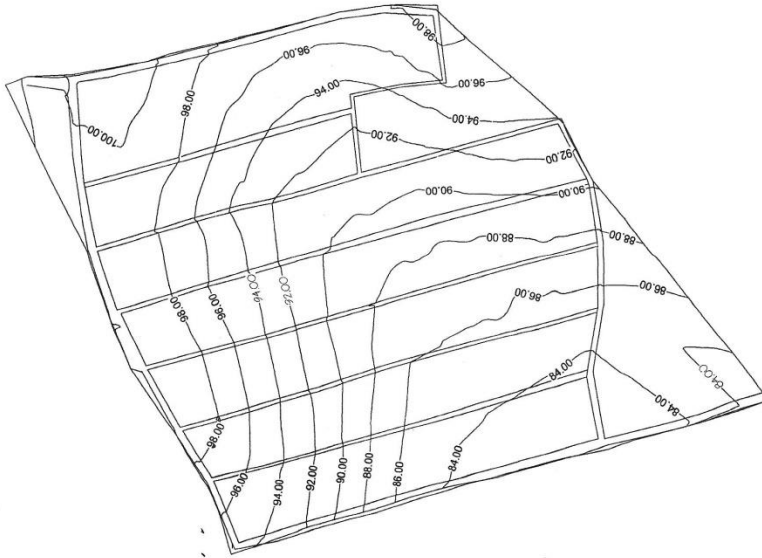
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
CLIENTE	ALDEA RANCHO ALEGRE
CONTRIBUCION	PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA
DISEÑADO POR	CARLOS MISAEI TRINIDAD REYES
DIBUJADO	CARLOS MISAEI TRINIDAD REYES
REVISADO POR	CARLOS MISAEI TRINIDAD REYES
FECHA	2018
HOJA NO.	4/10



PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA

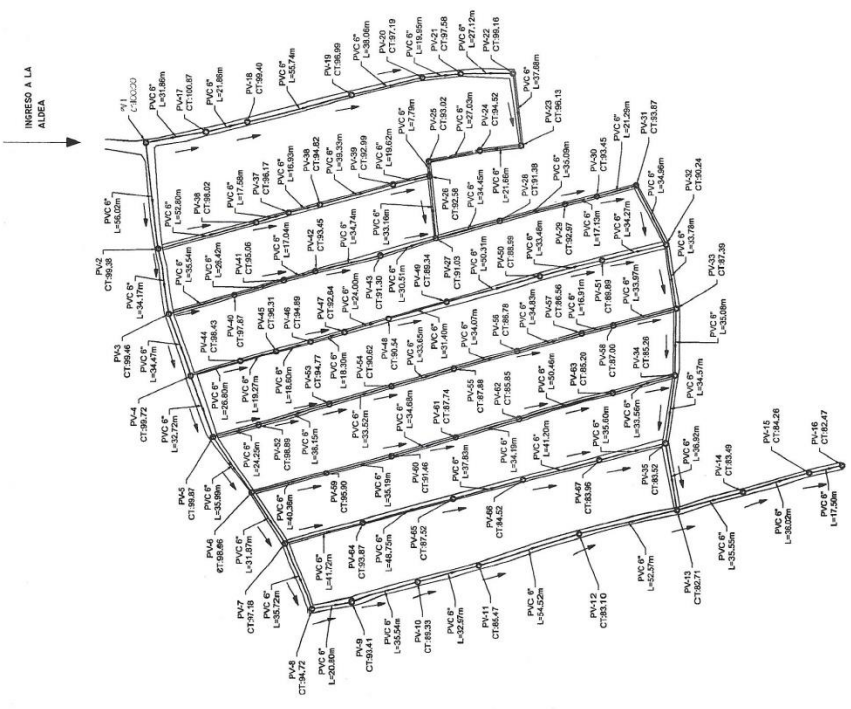
ALDEA RANCHO ALEGRE

ESCALA 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PRESENTE
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE	E.P.B.
CURVAS DE NIVEL	UNIDAD DE MEDIDA
CURVAS DE NIVEL	INDICADA
CARLOS MISAEEL TRINIDAD REYES	FOYIA NG
DIBUJÓ	510
DANLOS MISAEEL TRINIDAD REYES ING. OBRAS CIVILES Y GEOMÉTICAS ABRIL DE 2018	

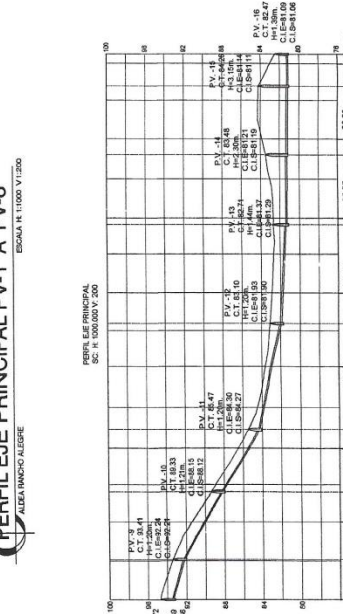
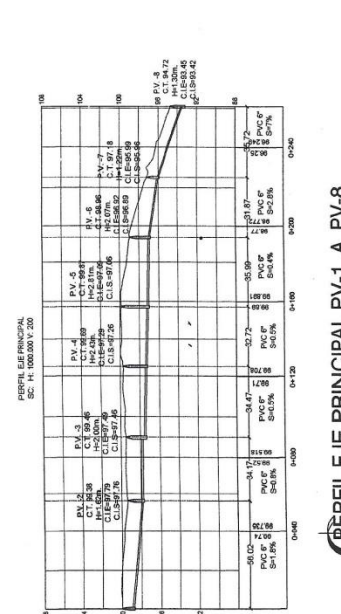
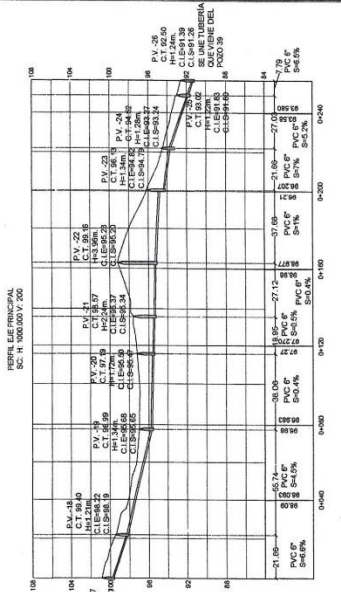
PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
ALDEA RANCHO ALEGRE
ESCALA 1:1000




 Ing. Oscar Augusto Hernández
 No. de Colegiación: 1028
 Inscrito en el Registro de EPS
 del Ministerio de Obras Públicas

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PRESENTE CARRANZA UNIDAD DE EPS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE	REVISADO POR: ING. JOSUA
CONTENIDO: CONJUNTO HIDRAULICO	HOJA NO. 6/10
DIBUJADO POR: CARLOS MISAEL TRINIDAD REYES	REVISADO POR: ING. OSCAR ABUELTA HERNANDEZ ASESOR DE EPS

PLANTA DE CONJUNTO HIDRAULICO ESC: 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE

COMUNIDAD: PERFILES

DISEÑADO POR: CARLOS MISAEEL TRINIDAD REYES

BOLETA N.º: 710

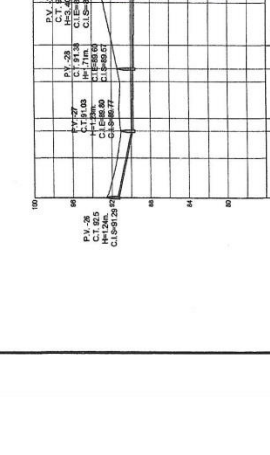
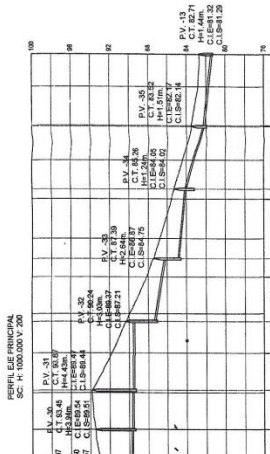
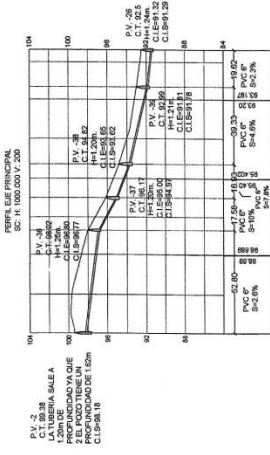
BOLETA N.º: 710



PERFILES ALDEA RANCHO ALEGRE

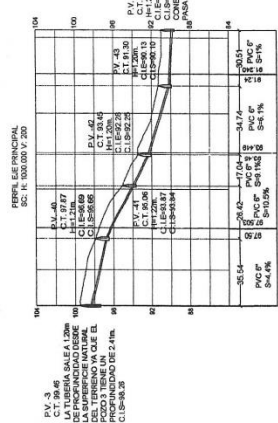
PERFILE EJE PRINCIPAL PV-1 A PV-8
ESCALA H. 1:1000 V. 1:200

PERFILE EJE PRINCIPAL PV-8 A PV-16
ESCALA H. 1:1000 V. 1:200



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-2 A PV-26
 ESCALA H. 1:1000 V. 1:200
 ALDEA RANCHO ALEGRE

PERFIL EJE PRINCIPAL PV-26 A PV-13
 ESCALA H. 1:1000 V. 1:200
 ALDEA RANCHO ALEGRE



PERFIL EJE PRINCIPAL PV-3 A PV-27
 ESCALA H. 1:1000 V. 1:200
 ALDEA RANCHO ALEGRE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA RANCHO ALEGRE

CONTENIDO: PERFILES

DISEÑOS Y DIBUJOS: CARLOS MIGUEL TRINIDAD REYES

INDICADA: []

FOHIA NO. []

FECHA: []

INSTRUMENTOS: []

PROYECTO: []

INDICADA: []

FOHIA NO. []

DISEÑOS Y DIBUJOS: CARLOS MIGUEL TRINIDAD REYES

INSTRUMENTOS: []

PROYECTO: []

INDICADA: []

FOHIA NO. []



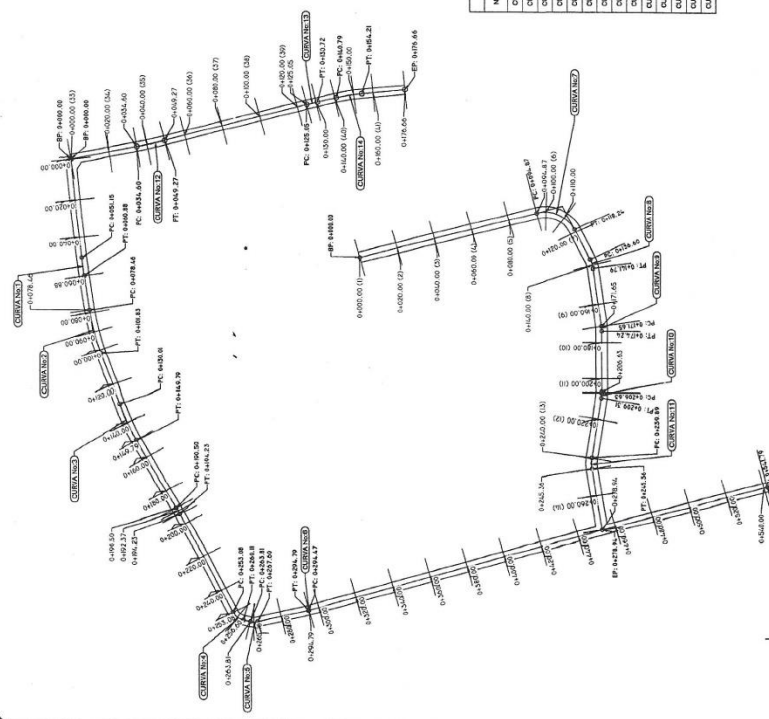


Tabla de Elementos de Curva

N.º CURVA	DIRECCION	DELTA	RAJO	REBTANGULANTE	LONGITUD DE CURVA	DELTA	PC	PT	PC	PT	G
CURVA 01	180° 28' 20" W	24° 12' 00"	200.00	8.00	8.33	0.06	0+000.00	0+008.33	0+008.33	0+008.33	0.06%
CURVA 02	180° 24' 20" W	11° 00' 00"	118.00	11.72	23.37	0.06	0+016.67	0+040.04	0+040.04	0+040.04	0.06%
CURVA 03	180° 01' 20" W	9° 21' 18"	118.00	18.41	19.77	0.24	0+066.01	0+085.78	0+085.78	0+085.78	0.24%
CURVA 04	180° 28' 20" W	49° 27' 30"	1.00	3.75	7.03	0.02	0+073.03	0+080.05	0+080.05	0+080.05	0.02%
CURVA 05	180° 46' 20" E	20° 27' 00"	1.00	1.93	3.79	0.22	0+084.74	0+096.73	0+096.73	0+096.73	0.22%
CURVA 06	180° 20' 20" W	2° 11' 48"	1.00	1.19	0.31	0.00	0+095.93	0+107.12	0+107.12	0+107.12	0.00%
CURVA 07	180° 20' 20" W	79° 07' 00"	16.91	13.06	23.37	0.03	0+107.12	0+124.49	0+124.49	0+124.49	0.03%
CURVA 08	180° 43' 20" W	17° 05' 12"	16.91	2.82	5.19	0.20	0+124.49	0+139.68	0+139.68	0+139.68	0.20%
CURVA 09	180° 05' 20" W	8° 40' 00"	16.91	1.30	2.89	0.05	0+139.68	0+142.57	0+142.57	0+142.57	0.05%
CURVA 10	180° 10' 20" W	8° 40' 00"	16.91	1.34	2.89	0.05	0+142.57	0+157.46	0+157.46	0+157.46	0.05%
CURVA 11	180° 44' 20" W	10° 21' 48"	16.91	2.79	5.47	0.40	0+157.46	0+162.93	0+162.93	0+162.93	0.40%
CURVA 12	180° 42' 20" E	4° 22' 48"	20.00	2.24	14.87	0.13	0+162.93	0+177.80	0+177.80	0+177.80	0.13%
CURVA 13	180° 29' 20" E	1° 02' 00"	20.00	2.25	14.88	0.02	0+177.80	0+192.68	0+192.68	0+192.68	0.02%
CURVA 14	180° 22' 20" E	7° 41' 00"	20.00	2.72	14.87	0.23	0+192.68	0+207.55	0+207.55	0+207.55	0.23%

PLANTA GENERAL DE ALINEAMIENTO

ALDEA RANCHO ALEGRE

ESCALA 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PAYMENTACION DALLE PRINCIPAL
ALDEA RANCHO ALEGRE

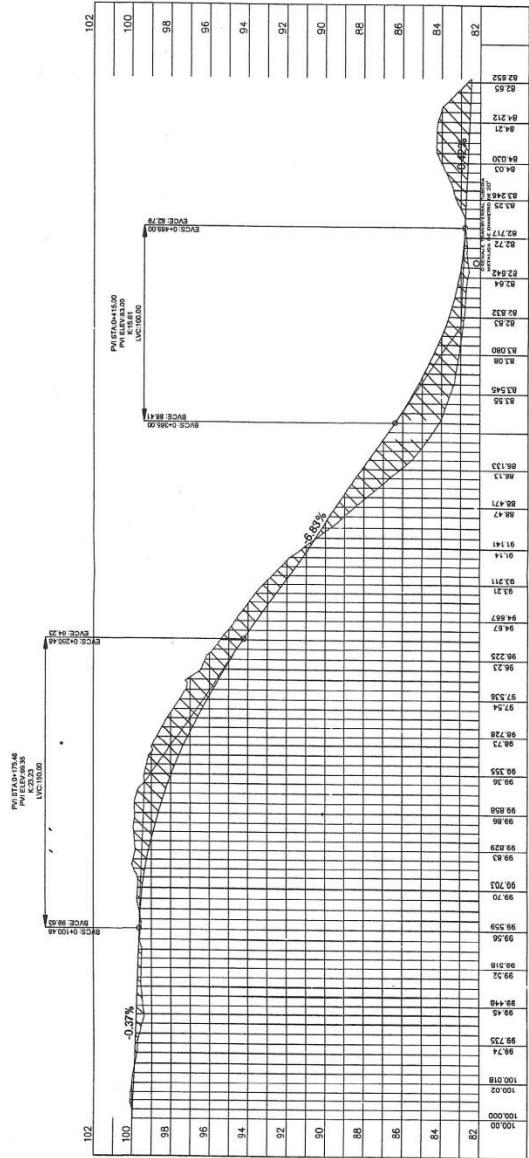
DISEÑADO POR: CARLOS MIBAIEL TRINIDAD REYES

DIBUJÓ: CARLOS MIBAIEL TRINIDAD REYES

FECHA: 12



PERFIL LONGITUDINAL EST. 0+000 A EST. 0+541.79



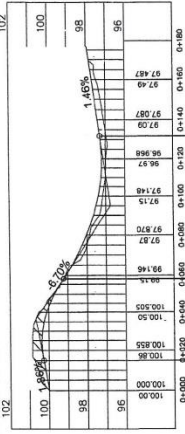
PERFIL EST. 0+000 A EST. 0+541.79

ALDEA RANCHO ALEGRE

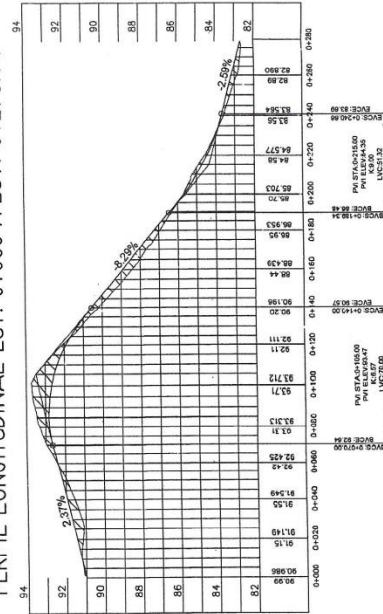
ESCALA H=1:1000 V=1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: ALDEA RANCHO ALEGRE SUPERVISOR DE OBRAS: ALDO RANCHO ALEGRE	PRESENTA: ALDO RANCHO ALEGRE DISEÑADO POR: ALDO RANCHO ALEGRE
TITULO: VISTA EN PERFIL	FECHA: 15/05/2018
DISEÑADO POR: CARLOS MIGUEL TRINIDAD REYES	HOJA NO.: 3/12
DIBUJADO POR: CARLOS MIGUEL TRINIDAD REYES	AUTORIZADO POR: CARLOS MIGUEL TRINIDAD REYES

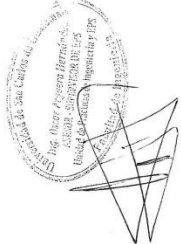
PERFIL LONGITUDINAL EST. 0+000 A EST. 0+176.66



PERFIL LONGITUDINAL EST. 0+000 A EST. 0+278.94



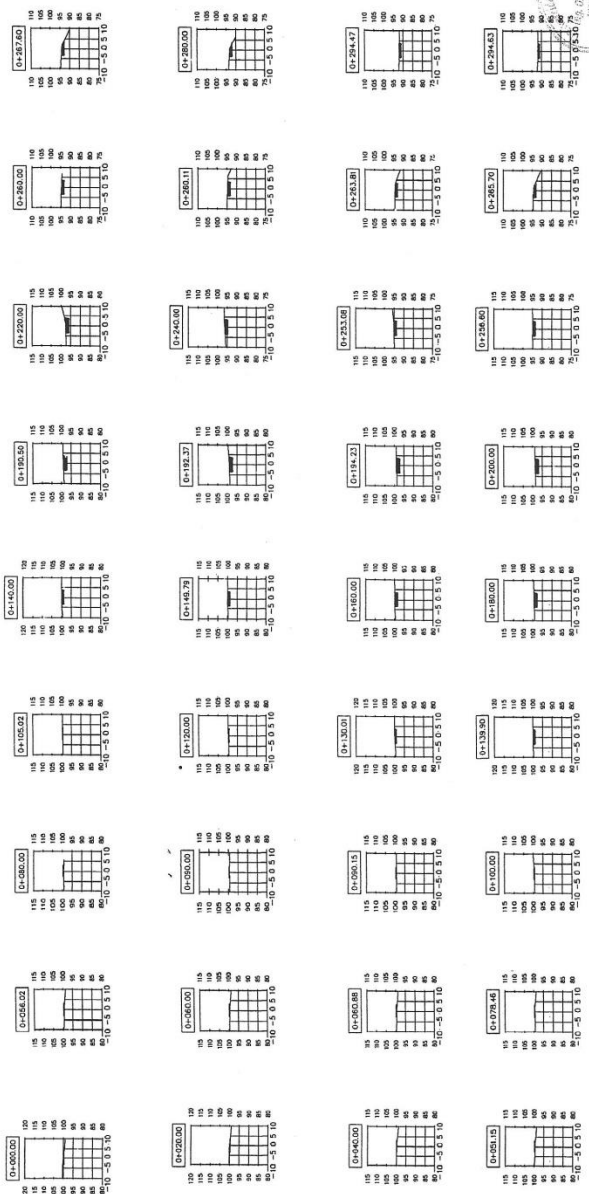
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PAVIMENTACION DALE PRINCIPAL
ALDEA RANCHO ALEGRE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	FACULTAD DE INGENIERIA
PAVIMENTACION DALE PRINCIPAL	ALDEA RANCHO ALEGRE
PROYECTO: VISTA EN PERFIL	INGENIERO: CARLOS MIREAL TRINIDAD REYES
FECHA: 15/05/2023	NO. DE DISEÑO: 12345
DIBUJADO: CARLOS MIREAL TRINIDAD REYES	ESCALA: 1:1000 V=1:100
APROBADO: [Signature]	FECHA: 15/05/2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PAVIMENTACION DALE PRINCIPAL
ALDEA RANCHO ALEGRE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PAVIMENTACION DALE PRINCIPAL
ALDEA RANCHO ALEGRE



SECCIONES EST. 0+000 A EST. 0+541.79
ALDEA RANCHO ALEGRE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN OBRAS DE PAVIMENTACION
UNIDAD DE INGENIERIA EN OBRAS DE PAVIMENTACION

PROYECTO: PAVIMENTACION DALLE PRINCIPAL ALDEA RANCHO ALEGRE

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALE

DISEÑADO Y DIBUJADO: CARLOS MIBRAEL TRINIDAD REYES

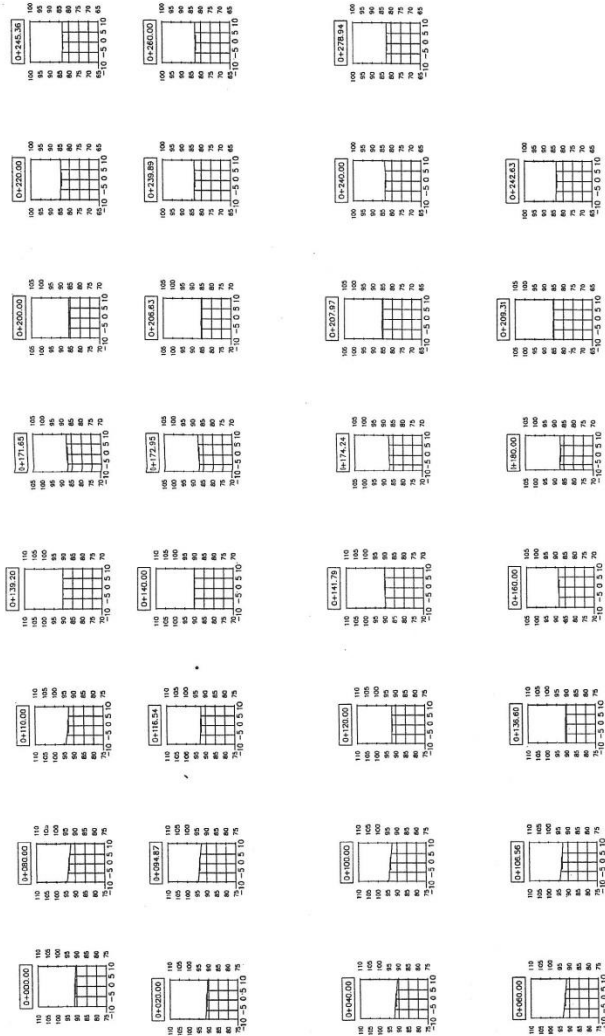
DIBUJADO: CARLOS MIBRAEL TRINIDAD REYES

HOJA NO. 4/2

ING. CARLOS MIBRAEL TRINIDAD REYES
INGENIERO EN OBRAS DE PAVIMENTACION
AUTOR DE D.E.A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

ING. OSCAR ARGENTE HERNANDEZ
INGENIERO EN OBRAS DE PAVIMENTACION
AUTOR DE D.E.A.



SECCIONES EST. 0+000 A EST. 0+278.94
ALDEA RANCHO ALEGRE

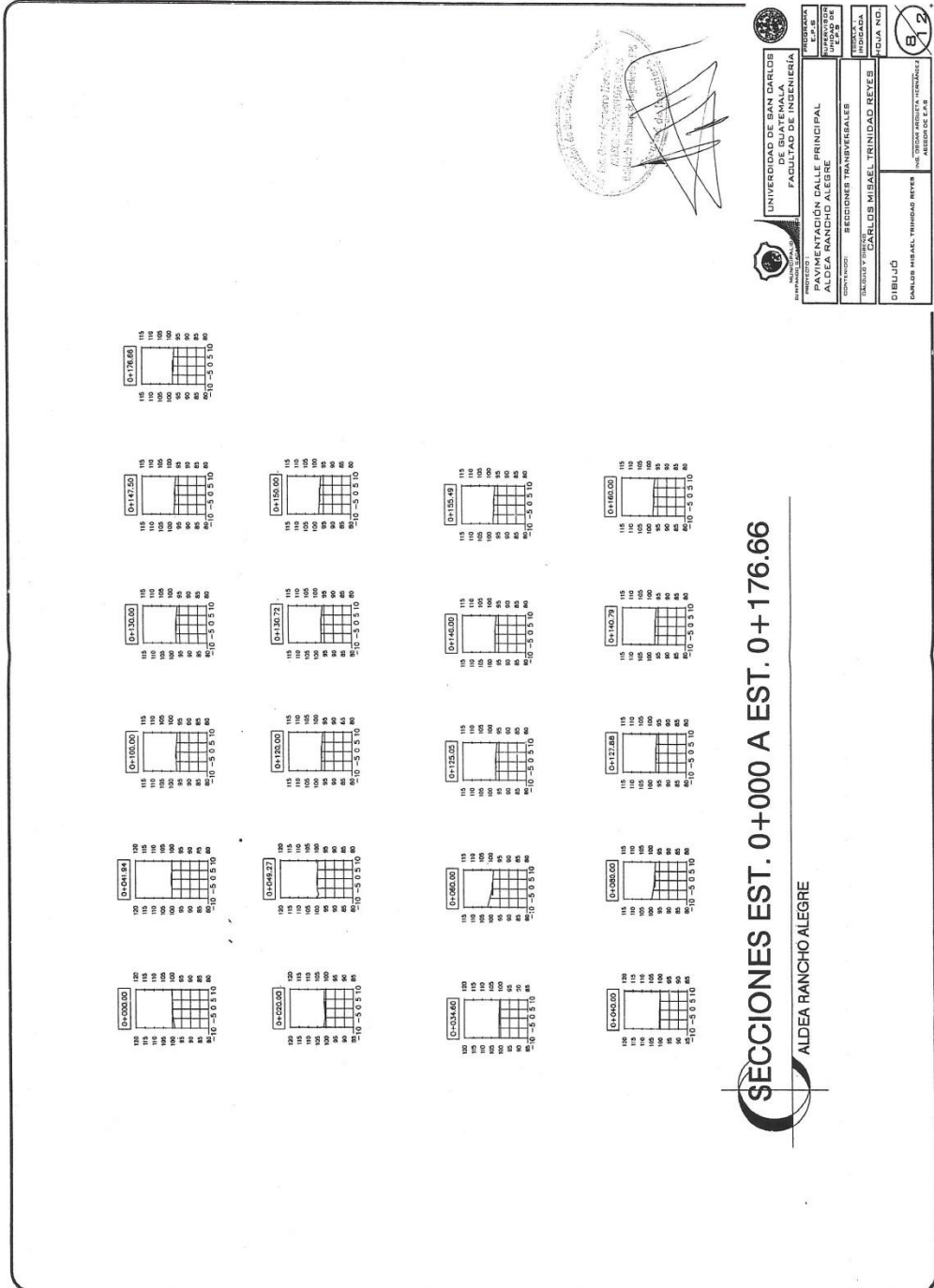
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN PAVIMENTACION
CARRILES Y BARRIOS
SECCIONES TRANSVERSALES
CARLOS MISABEL TRINIDAD REYES

INDICADA
HOJA NO. 7/12


DIBUJÓ
CARLOS MISABEL TRINIDAD REYES
ING. OSCAR ABUEN HERRERA
ASESOR DE E.P.B.

Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR SUPERVISOR DE E.P.B.
Red de Pavimentación de Guatemala




 Lic. Carlos Mibael Trinidad Reyes
 No. 123456789
 C.A.


SECCIONES EST. 0+000 A EST. 0+176.66
 ALDEA RANCHO ALEGRE

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PROYECTO: PAVIMENTACION DALLE PRINCIPAL ALDEA RANCHO ALEGRE
CARRERA Y ESPECIALIDAD: INGENIERIA CIVIL	SECCIONES TRANSVERSALES
DISEÑADO POR: CARLOS MIBEL TRINIDAD REYES	IN TITULADA
DIBUJÓ: CARLOS MIBEL TRINIDAD REYES	CUIA NO: 9/2

RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS						
ESTACION	AREA DE RELLENDO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN AJUSTADO DE RELLENDO	VOLUMEN AJUSTADO DE CORTE
0+000.00	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	1.45	0.12	35.00	0.12	35.00
0+040.00	0.02	1.78	0.31	32.38	0.43	67.35
0+060.00	0.02	1.66	0.42	34.41	0.85	101.76
0+080.00	0.02	1.56	0.38	32.38	1.23	134.12
0+094.87	0.02	1.54	0.28	23.17	1.51	157.29
0+100.00	0.02	1.53	0.09	8.47	1.60	165.75
0+108.58	0.00	1.65	0.06	11.19	1.85	176.94
0+110.00	0.00	1.78	0.01	1.85	1.89	188.83
0+120.00	0.00	1.78	0.01	1.85	1.93	190.78
0+128.00	0.00	1.87	0.00	6.41	1.97	193.75
0+136.60	0.00	1.55	0.00	26.38	1.97	201.11
0+138.00	0.00	1.63	0.00	4.40	1.67	234.51
0+140.00	0.00	1.70	0.00	1.41	1.67	235.62
0+144.79	0.00	1.50	0.00	2.85	1.67	238.77
0+160.00	0.00	1.37	0.01	26.18	1.68	264.98
0+177.65	0.00	1.50	0.01	16.71	1.69	281.69
0+179.95	0.00	1.66	0.00	2.17	1.69	283.87
0+178.24	0.00	1.74	0.00	2.53	1.69	286.06
0+180.00	0.00	1.70	0.00	8.88	1.69	290.28

TABLAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EST. 0+000 A EST. 0+278.94
ALDEA RANCHO ALEGRE

RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS						
ESTACION	AREA DE RELLENDO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN AJUSTADO DE RELLENDO	VOLUMEN AJUSTADO DE CORTE
0+000.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.07	0.25	0.25	1.34	0.25	61.32
0+040.00	0.00	0.25	0.00	15.30	0.25	61.32
0+060.00	0.00	0.88	0.83	4.94	1.37	64.66
0+084.34	0.00	1.27	0.00	2.00	1.37	66.15
0+098.27	0.00	1.31	0.00	9.48	1.37	65.63
0+105.00	0.06	1.95	0.31	17.91	1.69	83.14
0+108.00	0.00	1.38	0.62	31.35	2.31	116.49
0+120.00	0.01	1.51	0.05	28.80	2.36	145.39
0+125.00	0.00	0.92	0.08	21.53	2.43	168.32
0+127.88	0.00	1.01	0.00	4.57	2.46	173.89
0+130.00	0.00	1.01	0.00	1.73	2.46	176.45
0+130.72	0.00	1.00	0.00	0.72	2.46	178.25
0+140.00	0.00	1.00	0.01	9.27	2.47	188.73
0+140.78	0.00	1.00	0.00	0.79	2.46	188.52
0+147.50	0.00	1.08	0.62	6.53	2.49	196.46
0+150.00	0.00	1.12	0.00	2.74	2.50	199.20
0+155.48	0.00	1.32	0.00	6.68	2.50	205.87
0+160.00	0.00	1.22	0.01	3.73	2.51	211.60

TABLAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EST. 0+000 A EST. 0+176.66
ALDEA RANCHO ALEGRE

RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS						
ESTACION	AREA DE RELLENDO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN AJUSTADO DE RELLENDO	VOLUMEN AJUSTADO DE CORTE
0+200.00	0.00	1.84	0.00	35.37	1.69	331.47
0+206.63	0.00	1.76	0.00	11.63	1.69	343.39
0+207.59	0.00	1.90	0.00	2.50	1.69	345.89
0+209.31	0.00	1.74	0.00	18.06	1.69	387.45
0+228.88	0.00	4.88	0.00	34.05	1.89	402.41
0+240.00	0.00	1.89	0.00	0.18	1.89	402.59
0+243.38	0.00	1.89	0.00	1.28	1.89	404.77
0+250.00	0.00	1.63	0.00	4.27	1.69	411.02
0+250.00	0.00	1.84	0.00	25.36	1.69	436.35
0+278.94	0.00	1.45	0.00	31.13	1.69	467.49

RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS						
ESTACION	AREA DE RELLENDO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN AJUSTADO DE RELLENDO	VOLUMEN AJUSTADO DE CORTE
0+176.66	0.01	0.97	0.13	18.26	2.44	228.86



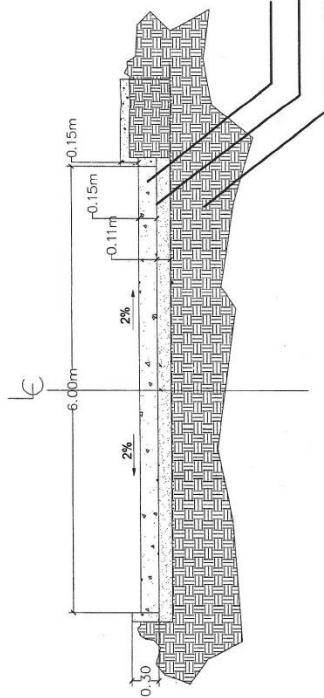
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PAVIMENTACION CALLE PRINCIPAL ALDEA RANCHO ALEGRE TABLAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

DISEÑADO POR: CARLOS NIBEL TRINIDAD REYES

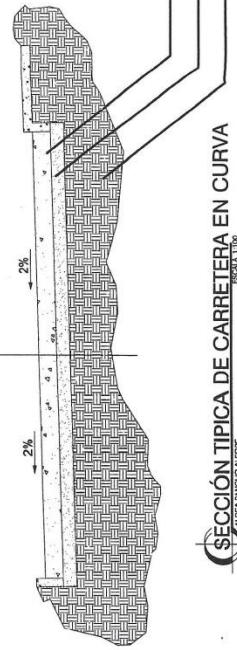
DIBUJADO POR: CARLOS NIBEL TRINIDAD REYES

MADEIRA P. S. A.



ESPECIFICACIONES

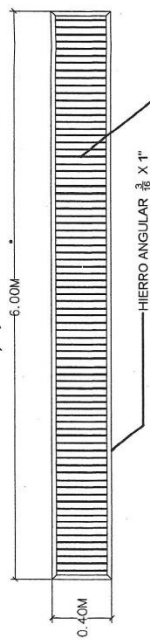
1. EL MATERIAL GRANULAR(MATERIAL SELECTO) TENDRÁ UN ESPESOR DE 0.11 M
2. LA CARPETA DE RODADURA SERÁ DE CONCRETO DE 4000 PSI Y TENDRÁ UN ESPESOR DE 0.15 M
3. LA PENDIENTE DE BOMBEO SERÁ DE 2%
4. BANQUETA DE 1M DE ANCHO DE CONCRETO SIN REFUERZO



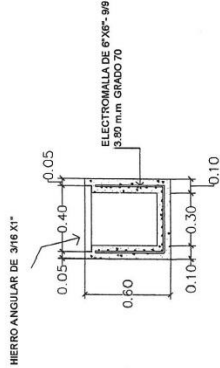
DETALLES DE SECCIÓN DE CALLE
SECCIÓN TÍPICA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE ARQUITECTURA	
PAVIMENTACIÓN CALLE PRINCIPAL ALDEA MANCHIZ ALENDE	
CONSEJO DE DETALLES	PROYECTADO POR SAMUEL MISAEEL TRINIDAD REYES
REVISADO POR JOSÉ ANTONIO	APROBADO POR SAMUEL MISAEEL TRINIDAD REYES
FECHA DE ELABORACIÓN: 10/05/2023	
Escala: 1:100	
Hoja: 12	



REJILLA TRANSVERSAL METÁLICA
ALBAÑILERÍA ALEJOSRE

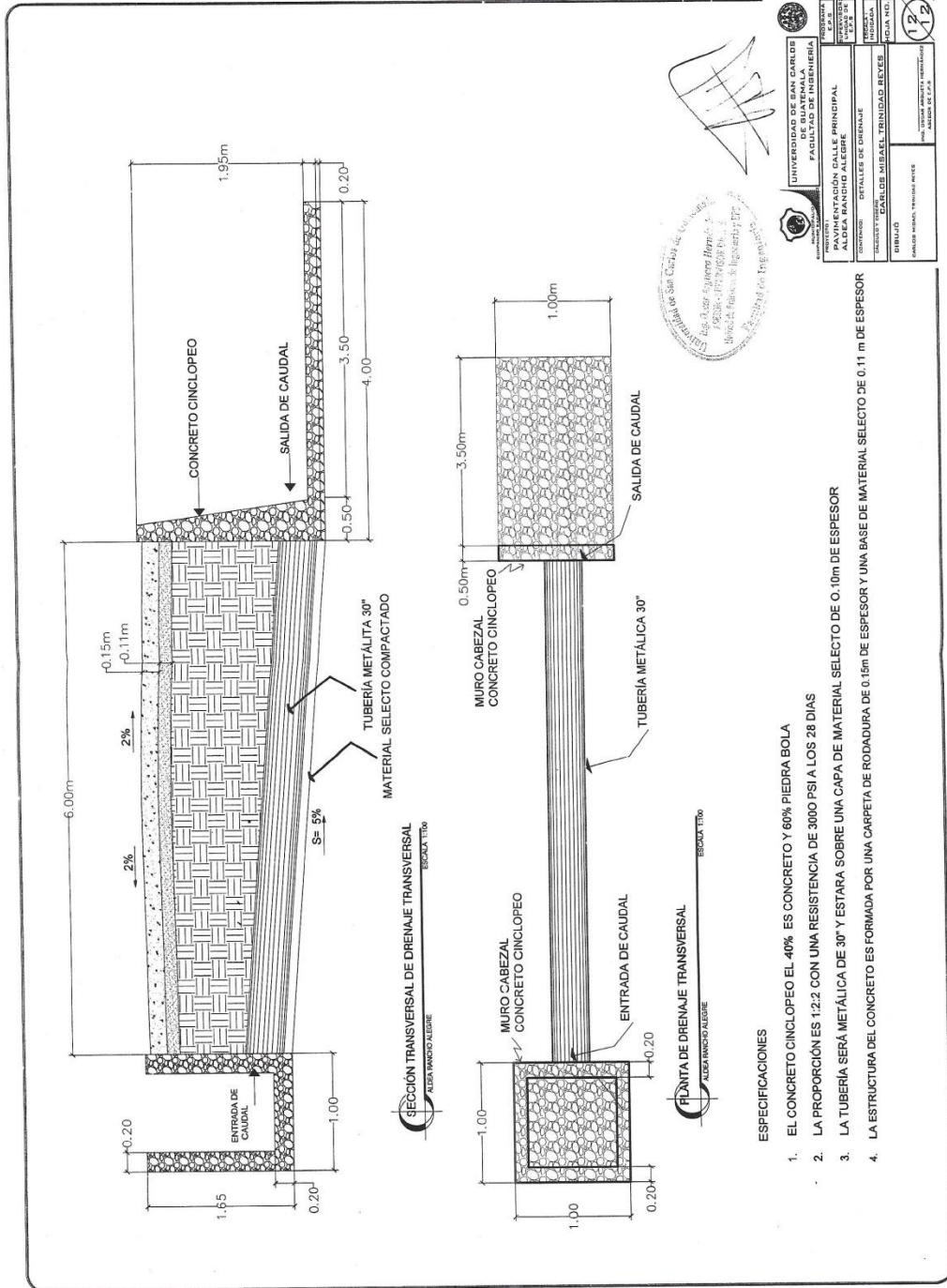


DETALLE DE CUNETETA PARA REJILLA
ALBAÑILERÍA ALEJOSRE



[Handwritten signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO	PAVIMENTACIÓN CALLE PRINCIPAL ALBAÑILERÍA ALEJOSRE
UBICACIÓN	DETALLES Y REJILLA
ESCALA	ESCALA MISMA TRINIDAD REYES
HOJA NO.	112
DIBUJADO: ALBAÑILERÍA ALEJOSRE <small>INGENIEROS ALEJOSRE, S.A.S.</small>	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PALESTRA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA EN OBRAS DE CONCRETO
CATEDRÁTICO: PAUL DE MISAEL TRINIDAD BEYER
CARRERA: INGENIERÍA EN OBRAS DE CONCRETO
CATEDRÁTICO: PAUL DE MISAEL TRINIDAD BEYER

12/13

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de límites de Atterberg

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

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 325 S.S. O.T.: 38,835 No. 15567

Interesado: Carlos Misael Trinidad Reyes

Proyecto: EPS "Diseño de la calle principal en la aldea Rancho Alegre, Sumpango, Sacatepéquez"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-99 Y T-90

Ubicación: Sumpango, Sacatepéquez

FECHA: lunes, 13 de agosto de 2018

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	37.7	5.0	ML	Arena limosa color marrón

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Mediano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

Vo Bo. Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR a.i. CII/USAC


FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Baltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. Ensayo de compactación (Proctor modificado)

OBRA: PAVIMENTACIÓN CALLE PRINCIPAL	FECHA: 19/06/2018
UBICACIÓN: ALDEA RANCHO ALEGRE, SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ	PROCEDENCIA: SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ
CONSTRUCTORA: MUNICIPALIDAD DE SUMPANGO SACATEPÉQUEZ	
MUESTRA No.: 2	PARA USARLA EN: TERRENO NATURAL
FECHA DE MUESTREO: 10/06/2018	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: ARENA LIMOSA COLOR MARRÓN

Proctor		1790.0					
Cantidad de Material-Gra		6890		Cantidad de Agua		667.6632258	
Determinación % Humedad		18.40 %		Actual		8.71 %	
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S	Dif	P.N.	%H	%H
	15	28.5	27.4	1.08	12.4	8.7 %	
Humedad Óptima de Ensayo							
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	Dif	P.N.	%H.	%H
	14.9	29.53	27.3	2.23	12.4	18.0%	
1	CBR a		65 Golpes		99.37% % Compactación		
	Tara	P.N.	Capac.		P.U.S.		
	12655	8248	4407		2.1		
							1778.6935
Fecha Inmar:	19/06/2018		Lect Inmar:	0.200		% Sw	
Días Inmar:	3		Salida	0.208		0.17	
2	CBR a		30 Golpes		94.25% % Compactación		
	Tara	P.N.	Capac.		P.U.S.		
	12430	8240	4190		2.105		
							1687.1
Fecha Inmar:	19/06/2018		Lect Inmar:	0.200		% Sw	
Días Inmar:	3		Salida	0.210		0.22	
3	CBR a		12 Golpes		89.84% % Compactación		
	Tara	P.N.	Capac.		P.U.S.		
	12233	8241	3992		2.104		
							1608.1
Fecha Inmar:	19/06/2018		Lect Inmar:	0.200		% Sw	
Días Inmar:	3		Salida	0.215		0.33	
Lectura de Penetración Anillo No.							
Golpe	0.025	0.05	0.075	0.1	0.2	0.3	
1	16	22	35	42	60	77	
1	10	16	22	30	44	62	
1	4	11	16	22	31	40	

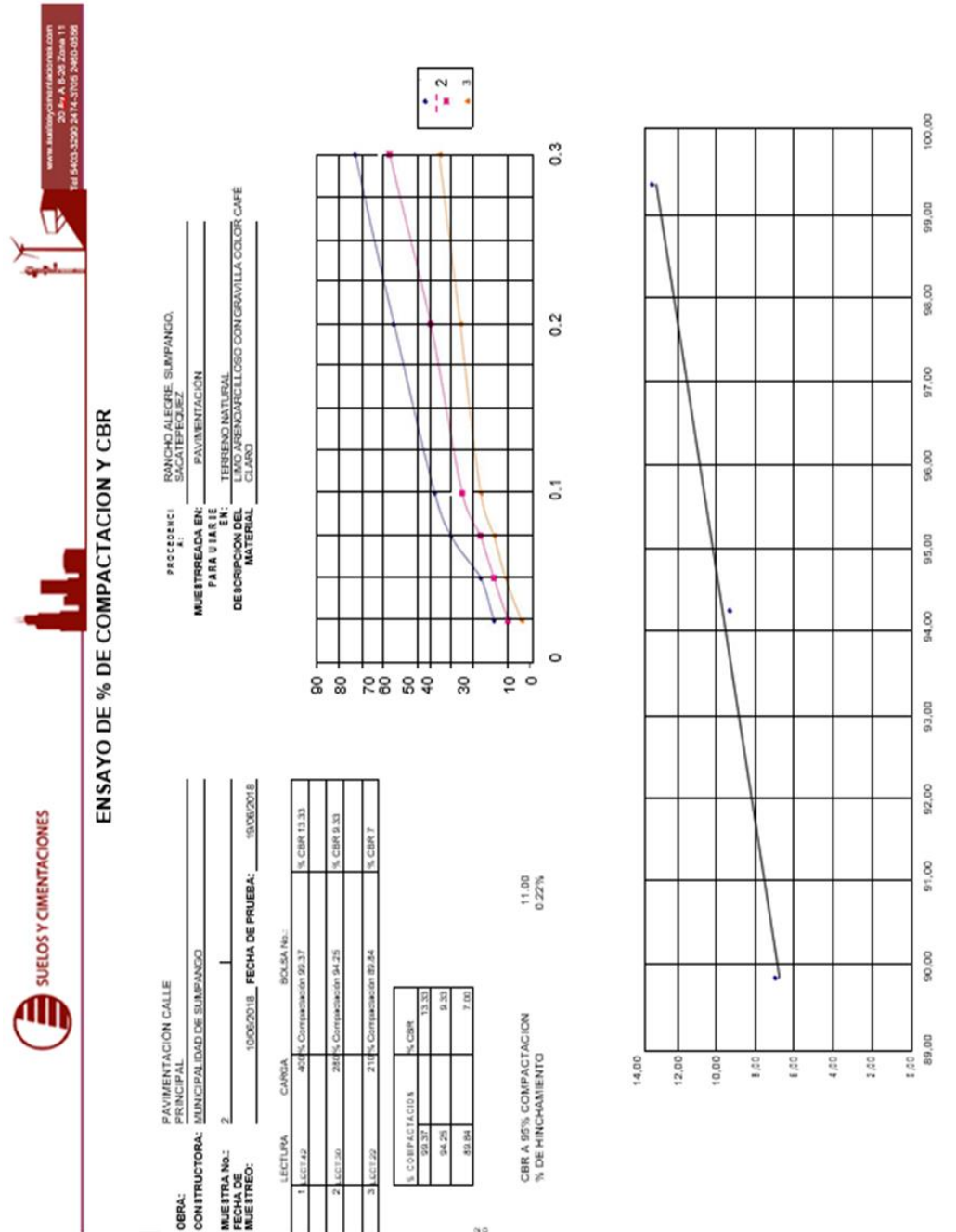
TAMIZ	P.E.S.	P.N.R.	% RET	% PASA	A.P.
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8"					
No.4					
No.10					
No.40					
No.100					
No.200					
GRANULOMETRÍA GRUESA			GRANULOMETRÍA FINA		
P.B.			P.B.		
TARA			TARA		
P.N.			P.N.		
OBSERVACIONES:					
FECHA DE ENTRADA DE MUESTRA:					
FECHA DE SALIDA DE MUESTRA:					
OPERADOR:					

Vo.Bo.

REFERENCIAS	ELABOR O	REVIS O
ASSHTO T-11, T-27 y T-193	Jorge Lopez	Ing. Luis Leiva

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo 5. Ensayo razón soporte (CBR)



Fuente: Laboratorio de Suelos y Cimentaciones. Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

