

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

**APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS A
EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, OLOPA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS

CHIQUIMULA, GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS A EL
RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, OLOPA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUCACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS

Al conferirse el título de

INGENIERO CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL



RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Coordinador de Carrera:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Secretario:	MSc. René Estuardo Alvarado Gonzáles
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Ing. Jorge Mauricio López Vanegas
Ing. Elder Avildo Rivera López



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



JMLV.01.15

Chiquimula, 28 de julio de 2015.

Ingeniero Civil
Elder Avildo Rivera López
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-
De la Carrera de Ingeniería Civil
CUNORI - USAC

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"APERTURA DE TRAMO CARRETERA DE ALDEAS LAS PALMAS AL EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, presentado por el estudiante **LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Civil Jorge Mauricio López Vanegas
Ingeniero Asesor - Revisor



C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



EARV.01.16

Chiquimula, 02 de febrero de 2016.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI – USAC

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **“APERTURA DE TRAMO CARRETERA DE ALDEAS LAS PALMAS AL EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**, presentado por el estudiante **LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

“D Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Civil Elder Avildo Rivera López
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSIC.01.2016

Chiquimula, 03 de febrero de 2016.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

Respetable Ingeniero Luis Quijada:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS AL EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, elaborado por el estudiante **LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Jorge Mauricio López Vanegas y Elder Avildo Rivera López.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Luis Fernando Orellana Recinos, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"D Y ENSEÑAR A TODOS"



Ing. Elder Avildo Rivera López
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Civil

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.01.16
Chiquimula, 03 de febrero de 2016.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado **"APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS AL EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA."**; elaborado por el estudiante **LUIS FERNANDO ORELLANA RECINOS**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Lic. Mario Augusto Rodas Chactun
Revisor Área Lingüística



C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



TGIC.01-2016

Chiquimula, 03 de febrero de 2016.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

Respetable MSc. Galdámez Cabrera:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen de los asesores-revisores Ing. Jorge Mauricio López Vanegas, Ing. Elder Avildo Rivera López y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil, el Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Mario Augusto Rodas Chactún, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Orellana Recinos, titulado: **"APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS AL EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC



C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442

D-TG-IC-007/2016

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **LUIS FERNANDO ORELLANA RECHOS** titulado “**APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE ALDEAS LAS PALMAS A EL RODEO Y MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, OLOPA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el veintiséis de febrero de dos mil dieciséis.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdamez Cabrera

**DIRECTOR
CUNORI – USAC**



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la sabiduría y la fortaleza para cumplir esta meta.
Mis padres	Por el esfuerzo y el amor, manifestado durante la preparación profesional.
Mis hermanos	Por su apoyo incondicional durante las alegrías y tristezas durante la preparación profesional.
Centro Universitario de Oriente	Por sus enseñanzas de vida aprendidas y por compartir sus instalaciones durante la formación profesional.
Mis compañeros y amigos	Por su ayuda, por compartir momentos buenos y malos en la vida estudiantil.
Municipalidad de Olopa	Por permitir realizar el EPS en sus instalaciones.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Para Él sea la honra y la gloria.

Mis padres

Alberto Genesio Orellana Roldán y Gilda
Maritza Recinos Bracamonte, por ser el
ejemplo a seguir.

Mis hermanos

Alberto Genesio Orellana Recinos y
Gilda Elena Orellana Recinos, por su
cariño y apoyo brindado.

INDICE GENERAL

TABLAS	XXVII
LISTA DE FIGURAS	XXXI
LISTA DE SÍMBOLOS	XXXIII
GLOSARIO	XXXIX
1. Aspectos generales de la investigación	
1.1. Monografía	1
1.1.1. Aspectos físicos	1
1.1.2. Ubicación y localización	1
1.1.3. Población actual	4
1.1.4. Topografía	4
1.1.5. Clima	4
1.2. Aspectos de Infraestructura	5
1.2.1. Vías de acceso	5
1.2.2. Tipología de viviendas	5
1.2.3. Servicios públicos	5
1.2.4. Centros de salud	7
1.3. Aspectos socioeconómicos	7
1.3.1. Actividad económica	7
1.3.2. Etnia, religión y costumbres	8
1.3.3. Alfabetismo	8
1.3.4. Organización comunitaria	9
2. Diseño de apertura tramo carretero de aldeas Las Palmas a El Rodeo	
2.1. Descripción del proyecto	11

2.1.1.	Ubicación y localización	11
2.1.2.	Beneficiarios directos e indirectos	11
2.2.	Levantamiento topográfico	12
2.2.1.	Planimetría	12
2.2.2.	Altimetría	13
2.3.	Diseño geométrico de carretera	13
2.3.1.	Alineamiento horizontal y vertical	13
2.3.2.	Diseño de curvas horizontales	14
2.3.2.1.	Grado de curvatura	15
2.3.2.2.	Radio de curvatura	16
2.3.2.3.	Ángulo central	16
2.3.2.4.	Longitud de curva	17
2.3.2.5.	Subtangente	17
2.3.2.6.	External (e)	18
2.3.2.7.	Cuerda máxima	18
2.3.2.8.	Ordenada media	19
2.3.3.	Diseño de curvas verticales	21
2.3.3.1.	Tipos de curvas verticales	21
2.3.3.2.	Tangentes	24
2.3.3.2.1.	Pendiente máxima	24
2.3.3.3.	Visibilidad parada	24
2.3.3.4.	Criterios para determinar longitud de las curvas	25
2.3.3.5.	Ordenada media	27
2.4.	Movimiento de tierras	32
2.4.1.	Diseño de subrasante	32

2.4.2.	Secciones transversales	32
2.4.2.1.	Corona	33
2.4.3.	Cálculo de volúmenes	34
2.4.4.	Análisis de suelos	36
2.4.4.1.	Límites de Atterberg	36
2.4.4.2.	Análisis granulométrico	36
2.4.4.3.	Ensayo de compactación	37
2.4.4.4.	Ensayo de razón de soporte California (C.B.R)	38
2.5.	Drenajes	38
2.5.1.	Localización de drenajes	39
2.5.2.	Diseño de cunetas	39
2.5.3.	Diseño de drenajes transversales	40
2.5.3.1.	Cálculo de diámetro de tuberías	41
2.5.4.	Estudio hidrológico	42
2.5.4.1.	Área tributaria	42
2.5.4.2.	Intensidad de lluvia	42
2.5.4.2.1.	Tiempo de concentración	43
2.5.4.3.	Coeficiente de escorrentía	45
2.5.4.4.	Método racional	47
2.6.	Elaboración de planos	52
2.7.	Presupuesto	52
2.7.1.	Integración de precios unitarios	53
2.8.	Especificaciones técnicas	65
2.9.	Análisis de impacto ambiental	72
2.9.1.	Etapas de construcción	72

2.9.2.	Etapa de operación	73
2.9.3.	Medidas de mitigación	73
2.10.	Análisis socioeconómico	74
2.10.1.	Valor actual neto	74
2.10.2.	Tasa interna de retorno	76
3.	Diseño de mejoramiento y ampliación sistema de abastecimiento de agua cabecera municipal	
3.1.	Descripción del proyecto	77
3.2.	Fuente de agua	77
3.2.1.	Aforo	77
3.2.2.	Análisis de agua	77
3.2.2.1.	Examen bacteriológico	78
3.2.2.2.	Examen físico-químico	78
3.2.3.	Obra de captación	80
3.3.	Parámetros de diseño	81
3.3.1.	Período de diseño	81
3.3.2.	Población de diseño	82
3.3.2.1.	Tasa de crecimiento	83
3.3.3.	Dotación	84
3.3.4.	Factores de consumo	84
3.3.4.1.	Factor hora máximo	85
3.3.4.2.	Factor día máximo	85
3.3.5.	Caudales de diseño	85
3.3.5.1.	Caudal medio	86
3.3.5.2.	Caudal de día máximo	87

3.3.5.3.	Caudal de hora máximo	88
3.3.5.4.	Caudal de bombeo	88
3.4.	Diseño hidráulico	89
3.4.1.	Diseño de línea de conducción	89
3.4.1.1.	Diseño de línea de bombeo	92
3.4.1.2.	Diámetro económico	93
3.4.1.3.	Potencia de la bomba	99
3.4.1.4.	Golpe de ariete	101
3.4.1.5.	Clase de tubería	103
3.4.2.	Diseño de red de distribución	104
3.4.3.	Diseño de obras hidráulicas	108
3.4.3.1.	Cajas de válvulas	108
3.4.3.2.	Cajas rompe presión	108
3.4.3.3.	Paso aéreo	108
3.4.3.4.	Tanque de succión	109
3.4.3.5.	Tanque de distribución	110
3.5.	Sistema de desinfección	134
3.6.	Elaboración de planos	135
3.7.	Elaboración de presupuesto	136
3.7.1.	Cuantificación de materiales	137
3.7.2.	Integración de costos unitarios	140
3.7.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	153
3.8.	Especificaciones técnicas	154
3.8.1.	Trabajos	154
3.8.1.1.	Limpieza, chapeo y desmonte	154

3.8.1.2.	Zanjeo	154
3.8.1.3.	Soportes para tubería	155
3.8.1.4.	Instalación de tubería de PVC	156
3.8.1.5.	Prueba de tuberías	157
3.8.1.6.	Relleno de zanjas	157
3.8.1.7.	Lavado y desinfección interior de la tubería	158
3.8.1.8.	Obras hidráulicas	159
3.8.1.9.	Preparación del concreto	159
3.8.1.10.	Colocación del concreto ciclópeo	159
3.8.2.	Materiales	160
3.8.2.1.	Tubería y accesorios de PVC	160
3.8.2.2.	Tubería HG	160
3.8.2.3.	Agua	161
3.8.2.4.	Cemento	161
3.8.2.5.	Agregado grueso	161
3.8.2.6.	Agregado fino	162
3.8.2.7.	Acero de refuerzo	162
3.8.2.8.	Piedra	162
3.9.	Cálculo de tarifa	162
3.10.	Análisis de impacto ambiental	166
3.10.1.	Etapas de construcción	166
3.10.2.	Etapas de operación	167
3.10.3.	Medidas de mitigación	167
3.11.	Análisis socioeconómico	168
3.11.1.	Valor actual neto	168

3.11.2. Tasa interna de retorno	170
CONCLUSIONES	171
RECOMENDACIONES	173
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
BIBLIOGRAFÍA	178
APÉNDICES	
ANEXOS	

TABLAS

I.	Coordenadas GTM WGS 84 del tramo carretero	11
II.	Valores de “k” para curvas cóncavas y convexas	26
III.	Parámetros de diseño para curva de tramo 0+694.00 al 0+706.00	28
IV.	Valores A, B y n del centro meteorológico de Esquipulas	43
V.	Valores A, B y n del centro meteorológico de La Unión	44
VI.	Valores de coeficientes escorrentía	46
VII.	Resumen del presupuesto por renglón	53
VIII.	Limpieza, chapeo y destronque	54
IX.	Replanteo topográfico	55
X.	Excavación no clasificada (corte)	56
XI.	Excavación no clasificada (relleno)	57
XII.	Reacondicionamiento de sub rasante	58
XIII.	Capa de balasto	59
XIV.	Cunetas	60
XV.	Drenaje transversal	61
XVI.	Desglose de gastos administrativos	62
XVII.	Desglose de impuestos	63
XVIII.	Cronograma de ejecución físico y financiero	64

XIX.	Examen bacteriológico.	78
XX.	Examen físico-químico	79
XXI.	Parámetros de diseño línea de conducción por gravedad, tramo E-17 a E-18	90
XXII.	Diámetro real de tubería de 4"	91
XXIII.	Precios de tubería HG de 700 PSI.	95
XXIV.	Costo mensual de tubería HG de 700 PSI	95
XXV.	Diámetro medio interior tubería HG de 700 PSI.	96
XXVI.	Parámetros de diseño para red de distribución.	105
XXVII.	Dimensiones de tanque de distribución	110
XXVIII.	Áreas de acero y espaciamientos requeridos	119
XXIX.	Áreas de acero corrugado	126
XXX.	Sumatoria de áreas de acero	127
XXXI.	Diseño tanque de distribución	129
XXXII.	Sumatoria de momentos	130
XXXIII.	Resumen del presupuesto por renglón	137
XXXIV.	Cuantificación de materiales	137
XXXV.	Captación	140
XXXVI.	Línea de conducción	141
XXXVII.	Equipo de bombeo	142
XXXVIII.	Línea de bombeo	143
XXXIX.	Tanque de distribución	144

XL.	Línea de distribución	145
XLI.	Caja rompe presión	146
XLII.	Hipoclorador	147
XLIII.	Caseta de bombeo	148
XLIV.	Conexiones domiciliarias	149
XLV.	Válvula de compuerta	150
XLVI.	Desglose de gastos administrativos y dirección de campo	151
XLVII.	Desglose de impuestos	152
XLVIII.	Cronograma de actividades	153

LISTA DE FIGURAS

1.	Localización aldeas Las Palmas y El Rodeo	2
2.	Localización del casco urbano y barrio Jesús y María	3
3.	Elementos de una curva horizontal	14
4.	Grado de curvatura	16
5.	Curva convexa	21
6.	Curva cóncava	22
7.	Sección transversal carretera tipo F	33
8.	Interpolación	44
9.	Área mojada de cuneta	48
10.	Perímetro mojado de cuneta	49
11.	Diagrama VAN	75
12.	Dimensionamiento de losa	113
13.	Diagrama de momentos	116
14.	Armado final de losa	121
15.	Área tributaria	123
16.	Armado final de viga	127
17.	Medidas de muro de tanque de distribución	128
18.	Cargas en los elementos del muro	130
19.	Punto de presión bajo el suelo del muro	132
20.	Diagrama de flujo de caja	169

LISTA DE SÍMBOLOS

ACI	Instituto Americano de Concreto (American Concrete Institute)
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials)
As	Área de acero
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (American Society for Testing Materials)
b	Base
C	Coeficiente de escorrentía
CA-09	Carretera Centroamericana 09
CA-10	Carretera Centroamericana 10
CBR	Valor soporte del suelo (California Bearing Ratio)
CDT	Carga dinámica total
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
CM	Carga muerta
COCODE	Comité Comunitario de Desarrollo
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
COMUDE	Consejos Municipales de Desarrollo

C_{prom}	Coeficiente de escorrentía promedio
CU	Carga última
CV	Carga viva
DGC	Dirección General de Caminos
Di	Diámetro interno del tubo
DMP	Dirección Municipal de Planificación
e	External
E	Módulo de elasticidad del material
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency)
f'c	Resistencia última del concreto a la compresión
FEN	Flujo efectivo neto
Fsd	Fuerza de deslizamiento
Fsv	Fuerza de volteo
Fy	Resistencia última del acero a la tensión
G	Grado de curvatura
g	Aceleración de la gravedad
GPM	Galones por minuto
H	Altura
Ha.	Hectárea
Hab.	Habitantes
Hf	Pérdida de carga por fricción

HG	Acero galvanizado
HP	Caballos de fuerza (Horse Power)
i	Tasa de interés
I	Intensidad de lluvia
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
K	Módulo de elasticidad volumétrica del agua
K	Constante para para el diseño de curvas verticales
Km	Kilómetro
Kw	Kilowatt
L	Litro
lb	Libra
LC	Longitud de curva
Lcv	Longitud de curva vertical
Leg	Legítimo
L/s	Litros por segundo
m	Metro
MI	Metro lineal
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico

M	Momento
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Coeficiente de rugosidad de Manning
OM	Ordenada media
Pa	Empuje activo
Pc	Principio de curva
Pcv	Principio de curva vertical
Pf	Población futura
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
Pmax	Presión máxima
Po	Población actual
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
PT	Principio de tangente
PVC	Policloruro de vinilo
Q	Caudal
Q	Caudal de diseño
Qb	Caudal de bombeo
Qc	Caudal de conducción
Qd	Caudal de distribución
Qm	Caudal medio
qq	Quintal

r	Tasa de crecimiento poblacional
RD CH-1	Ruta Departamental Chiquimula 1
Rh	Radio hidráulico
s	Segundo
S	Pendiente
SP	Sobre presión
t	Espesor
Tar	Tarifa
Tr	Período de retorno
v	Velocidad
V	Volumen
VAN	Valor actual neto
Vs	Valor soporte del suelo
Wa	Peso específico del agua
Wc	Peso específico del concreto
Ws	Peso específico del suelo
Ø	Diámetro
Π	Pi = 3.1416
Σ	Sumatoria
%	Porcentaje
°	Grados

'	Minutos
"	Segundos

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, tees, coplas.
Aforo	Medir el volumen de agua que lleva una corriente en la unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.
Análisis de agua	Estudios, que tienen por objeto definir la calidad del agua, al relacionarlos con normas, las cuales establecen los valores de las concentraciones máximas aceptables y/o permisibles, para el uso benéfico, al cual se destine.
Balasto	Material clasificado que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Caminamiento	Se refiere a la distancia medida en planta, sobre el proyecto

Carga estática	También es llamada presión estática y es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento, caja rompepresión, o tanque de distribución, y el punto de descarga libre. Se mide en metros columna de agua (m.c.a.).
Carga dinámica	También llamada carga hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría el agua en tubos piezométricos a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.
Caudal	Cantidad de agua que corre en un tiempo determinado.
Consumo	Volumen de agua que es utilizado por los habitantes. Está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece, por lo que varía de una población a otra.
Cuenca	Superficie que drena agua en un punto común, como un riachuelo, arroyo, río o lago cercano.
Demanda	Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer las necesidades.

Dotación	Cantidad de agua asignada por habitante por día para satisfacer las necesidades, afectado por factores tales como el clima, condiciones socioeconómicas, tipo de abastecimiento.
Perdida de carga	Es la disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Piezométrica	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de la tubería.
Presión	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
Radio hidráulico	Parámetro utilizado para el dimensionamiento de obras hidráulicas.
Sub-rasante	Capa de terreno de una carretera que soporta la capa de rodadura.
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.

RESUMEN

En el presente documento se desarrolla la planificación de dos proyectos de infraestructura civil, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, de la carrera de Ingeniería Civil, del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, realizado en la Dirección Municipal de Planificación -DMP-, de la municipalidad de Olopa, departamento de Chiquimula.

Inicialmente se realizó un estudio monográfico del municipio y las comunidades en mención, contando con el apoyo de la municipalidad y los Consejos de Comunitarios de Desarrollo –COCODES-, en el aporte de los datos e información necesaria para priorizar los servicios más indispensables y seleccionar los anteriormente mencionados.

El primer proyecto consiste en el diseño de tramo carretero, que une a las aldeas Las Palmas y El Rodeo, municipio de Olopa. Es una carretera tipo “F”, con ancho de 5.50 m y longitud de 1,921.72 m, que además cuenta con drenajes longitudinales y transversales.

El segundo proyecto es el diseño del mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua de la cabecera municipal, para servir a 493 viviendas, que consta de 3,582.00 m de tubería PVC (policloruro de vinilio) y 822.00 m de HG (hierro galvanizado), en un período de diseño de 20 años para la línea de conducción y red de distribución y de 10 años para la de impulsión, tomando en cuenta los 2 años de gestión.

Para los proyectos diseñados se presentan los planos de construcción, presupuesto y cronograma de ejecución física y financiera, así como las conclusiones y recomendaciones propias para cada diseño.

INTRODUCCIÓN

Se realizó un análisis sobre las necesidades de infraestructura que posee el municipio de Olopa, las cuales son: la inexistencia de comunicación vial directa entre las aldeas de Las Palmas y El Rodeo y un mayor tiempo de traslado.

El inadecuado funcionamiento del sistema de abastecimiento, líneas de conducción y bombeo; además, la deficiente red de distribución, por lo que hay escasez de agua en los domicilios y los habitantes están pagando altos precios por el agua

Debido a esto se diseñaron dos proyectos que contribuyen al desarrollo de las aldeas Las Palmas y El Rodeo y de la cabecera municipal, Olopa, Chiquimula.

Los diseños se encuentran dentro de las áreas de investigación prioritarias de topografía, transporte e hidráulica, establecidas por la carrera de Ingeniería Civil, del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-.

Se realizaron diferentes técnicas de recolección de datos con un enfoque cualitativo, que permiten describir la situación actual y generar una investigación activa, aplicando conocimientos de Ingeniería Civil, para satisfacer el problema identificado.

El diseño del tramo carretero, consiste en la planificación de la apertura de carretera que una directamente a las aldeas de Las Palmas y El Rodeo, por lo que la solución técnica propuesta, al ejecutarse, beneficiará a los pobladores de las aldeas y de sus alrededores.

El diseño del mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, consiste en la propuesta técnica de líneas de conducción y bombeo, más una red de distribución, que al ser ejecutado, mejora la salud de los habitantes.

Los diseños realizados, aportan propuestas de infraestructura social a los problemas identificados en cada uno de los lugares y ofrecen a la Municipalidad de Olopa y COCODE, un medio para gestionar los recursos financieros necesarios para la realización de los proyectos.

En el capítulo primero, se presenta la investigación, que describe las características monográficas del municipio de Olopa, en donde se indican los aspectos propios de los lugares como población, actividades socioeconómicas y servicios básicos existentes.

El capítulo segundo, muestra el diseño del tramo carretero para una carretera tipo “F”, con un ancho de 5.50 m de calzada y 1,921.72 m de longitud, la cual une las aldeas Las Palmas y El Rodeo.

El capítulo tercero, presenta el diseño del mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua, para la cabecera municipal que cuenta con una longitud de 3,582 m, de policloruro de vinilo –PVC- y 822 m, de tubería de acero galvanizado –HG-.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, resultado de la ejecución del ejercicio profesional supervisado –EPS-, realizado en la municipalidad de Olopa, departamento de Chiquimula.

OBJETIVOS

GENERAL

Aportar dos diseños de infraestructura social y económica para el área rural y urbana del municipio de Olopa, del departamento de Chiquimula.

ESPECÍFICOS

1. Diseñar el tramo carretero que une las aldeas Las Palmas y El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.
2. Elaborar el diseño de mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua para la cabecera municipal, de Olopa, departamento Chiquimula.
3. Proyectar la extensión del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- hacia la población del municipio de Olopa, a través del EPS de la carrera de Ingeniería Civil.

1. Aspectos generales de la investigación

1.1. Monografía

1.1.1. Aspectos físicos

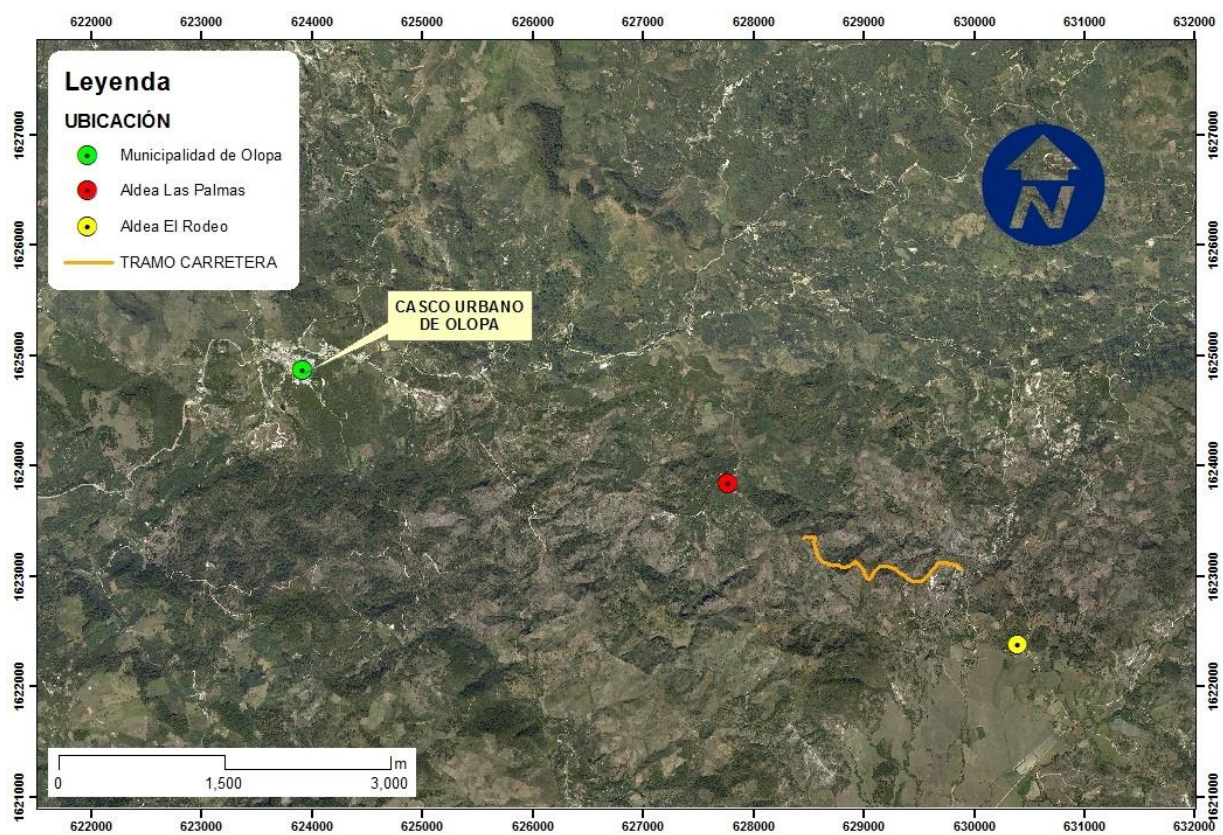
El municipio de Olopa, se encuentra en la región oriental de la república de Guatemala, uno de los que integran la región Ch'orti' que pertenece al departamento de Chiquimula, se encuentra ubicado al sur este de la cabecera departamental.

1.1.2. Ubicación y localización

El municipio de Olopa dista de la ciudad capital, 214 kilómetros, recorriendo la carretera CA-9 al kilómetro 136 en el municipio de Rio Hondo, departamento de Zacapa, donde se toma la carretera CA-10, luego se llega al kilómetro 196 en el municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. Se llega a la bifurcación de la ruta departamental CHI-18 hacia el municipio de Olopa, seguidamente al kilómetro 214 donde se ubica la cabecera del municipio de Olopa.

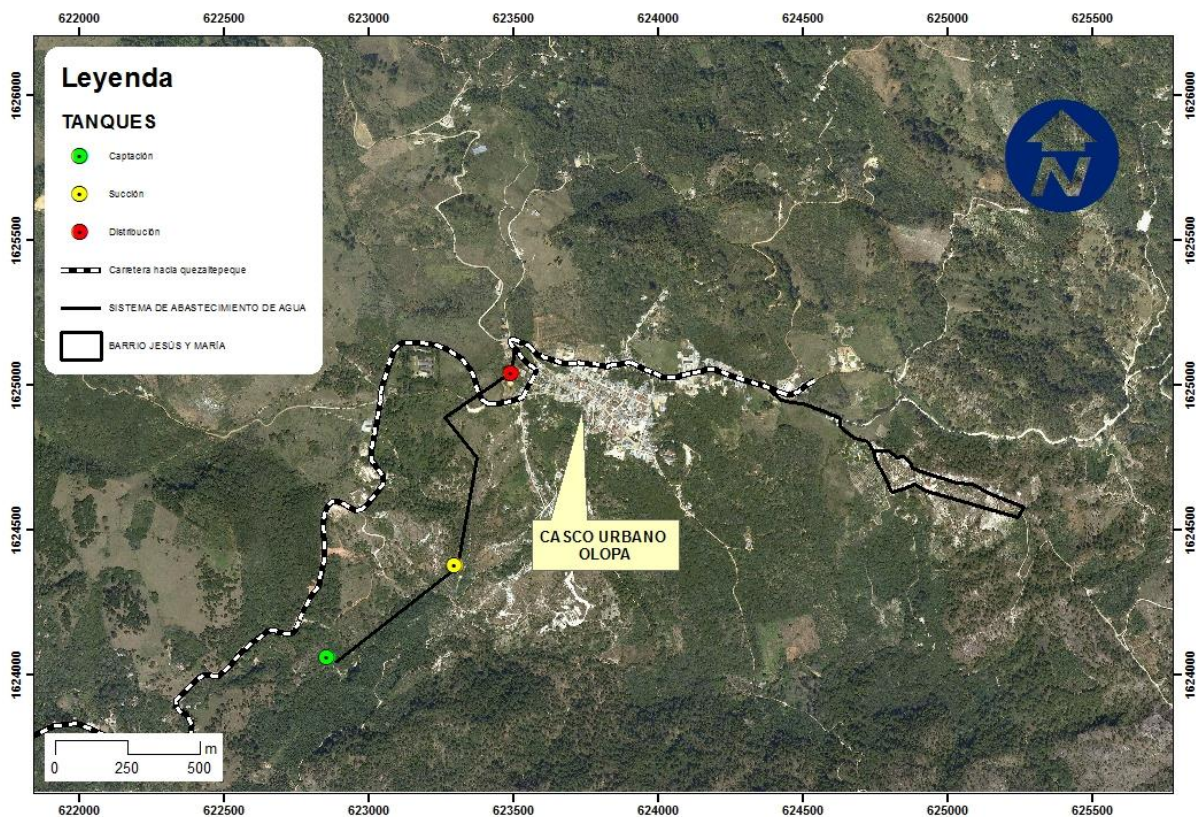
Las aldeas Las Palmas y El Rodeo se encuentran en la región IV del municipio de Olopa, la primera a una distancia de 5.5 kilómetros en dirección sureste con referencia a la cabecera, ubicada en las coordenadas, latitud 14°40'50'' y longitud 89°18'50'', los puntos con referencia a la escuela de la comunidad y a una altitud de 1,195 msnm, la segunda a una distancia de 13.8 kilómetros, ubicada en las coordenadas, latitud 14°40'02'' y longitud 89°17'19'' con referencia a la escuela de la comunidad y a una altitud de 960 msnm.

Figura 1. Localización aldeas Las Palmas y El Rodeo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Localización del casco urbano y barrio Jesús y María



Fuente: Elaboración propia.

1.1.3. Población actual

“Al año 2013 el municipio de Olopa tenía una población de 26,556 habitantes, con una ruralidad de 90.71% y el restante 9.29% se encuentra en la cabecera municipal” (DMP, 2013, p. 2).

1.1.4. Topografía

Oficina forestal, Olopa (2013)

Las altitudes varían entre los 700 y 1,760 metros sobre el nivel del mar (msnm), el municipio de Olopa presenta diversidad de paisajes fisiográficos, entre los cuales el 85% es montaña; sigue el cerro con un 10% y luego el valle con un 3%; finalmente el porcentaje más bajo corresponde a la altiplanicie con un 2%. Debido a estas características el terreno de este municipio es clasificado como quebrado a ondulado (p. 4).

1.1.5. Clima

Oficina forestal, Olopa (2013)

Las comunidades se ubican dentro de las llamadas tierras templadas; según Leslie R. Holdridge, el área de ambas se considera dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bs-T); las características climáticas de la zona indican una precipitación media anual de 900 a 2,000 mm, distribuida en los meses de mayo a octubre, período en el cual precipita el 94% de las lluvias y el 6% ocurre de noviembre - abril. El efecto de las sequías prolongadas, durante la época seca, incide en la producción agrícola disminuyendo los rendimientos, provocando pérdidas físicas de los cultivos, disminución, hasta

casi el desaparecimiento de las fuentes de agua, tanto para uso agrícola como para consumo doméstico (p. 4).

1.2. Aspectos de Infraestructura

1.2.1. Vías de acceso

De la cabecera departamental se accede por la carretera CA-10 hacia el kilómetro 196 en el municipio de Quezaltepeque departamento de Chiquimula. Ahí se encuentra la ruta departamental CHI-18 hacia el municipio de Olopa, el cual se toma hasta llegar al kilómetro 214 donde se encuentra ubicada la cabecera municipal.

1.2.2. Tipología de viviendas

Las condiciones de las viviendas en el municipio de Olopa, son deficientes específicamente en el área rural, ya que en área urbana las hay de mixto block, así también de adobe y teja de barro, prevaleciendo las de tipo formal, algunas con losas de concreto y otras de techo de lámina de zinc.

Debido a las condiciones de pobreza, que se viven a nivel general en el área rural del municipio y las necesidades de tener una vivienda, la construcción de estas en su gran mayoría son de adobe, bajareque, techos de lámina o de paja, palma o desechos orgánicos, pisos de tierra.

1.2.3. Servicios públicos

En la cabecera municipal cuentan con acceso a los servicios de agua entubada, energía eléctrica, alcantarillado, cable y servicio de telefonía, además con un tren de aseo el cual recolecta los desechos sólidos.

Las aldeas Las Palmas y El Rodeo cuentan con acceso a los servicios de agua entubada y energía eléctrica.

PDM Olopa, (2010)

Para el abastecimiento de agua de la población de las aldeas, esta se hace mediante conexiones domiciliarias, llena cántaros y otros sistemas como el acarreo de fuentes superficiales ríos, nacimientos y pozos.

La cobertura del alcantarillado sanitario en la cabecera municipal es muy buena, porque factores como la concentración de las viviendas y la disponibilidad de pago de los vecinos del municipio, ha permitido la prestación del servicio a la mayor parte de las viviendas de la cabecera municipal, teniendo a la fecha una cobertura de 90% de ellas conectadas al servicio de recolección de aguas servidas.

En el área rural el tipo de letrinas de hoyo ciego y con cierre hidráulico o lavable, son las más utilizadas, conectando éstas últimas a sistemas de fosas sépticas, utilizado este servicio por un escaso número de familias en el área rural.

Para el manejo de los desechos sólidos de la cabecera municipal, la municipalidad ofrece el servicio de recolección de estos, poniendo a la disposición vehículos recolectores quienes hacen sus recorridos continuamente por calles y avenidas.

Respecto al manejo de los desechos sólidos en el área rural del municipio, estos son arrojados en los terrenos adyacentes a las viviendas, o en su defecto quemados cuando la composición de estos lo permite (pp. 36 - 38).

1.2.4. Centros de salud

PDM Olopa (2010)

El Ministerio de Salud pública y Asistencia social a través de la infraestructura establecida en el municipio ponen a disposición del 100% de la población del municipio, los servicios de salud. Esta prestación de servicios se realiza a través del Centro de Salud tipo B, como Centro de Atención Permanente (CAP), el cual está ubicado en la cabecera municipal (p. 22).

1.3. Aspectos socioeconómicos

1.3.1. Actividad económica

La principal actividad productiva es la agricultura que comprende principalmente cultivos de frijol negro, maíz y café. Actualmente se están realizando pruebas con el establecimiento de hortalizas, cuyos exponentes son los cultivos de repollo, tomate y chile, los cuales se llevan a cabo en las aldeas Agua Blanca, El Cerrón, El Chucte y El Rodeo.

En frutales, la naranja, zapote, el aguacate, el chucte y el banano; que se desarrollan en forma silvestre o sin ningún tipo de intervención, más que la cosecha misma. Vale la pena mencionar, que en el caso del banano, este se asocia con el cultivo del café, con la finalidad que le proporcione sombra a éste. Se han realizado estudios los cuales demuestran que el banano cubre un 35% de los costos de producción del café.

Es necesario indicar, que la mayoría de las viviendas del municipio se dedican a la crianza de aves de corral, cerdos y ganado vacuno.

1.3.2. Etnia, religión y costumbres

PDM Olopa (2010)

Los idiomas utilizados por la población son el español y el Ch'orti', este último empleado por la población indígena de la misma etnia, que suele ser bilingüe, específicamente es hablado por algunas familias de las comunidades de Agua Blanca, Roblarcito, Tuticopote y Tituque, sin embargo, en los últimos años se ha visto un descenso de parlantes del idioma Ch'orti', considerando que una de razones fundamentales es la transculturización, que se viene generando por influencias de los medios de comunicación social como: la televisión, radio, teléfonos móviles entre otros.

La tradicional feria titular de Olopa, dedicada a la virgen de la Divina Pastora, se celebra del 12 al 15 de marzo, su templo es visitado por muchos fieles de la región (p.20).

1.3.3. Alfabetismo

PDM Olopa (2010)

La tasa de analfabetismo registrada para el municipio de Olopa según el área estadística de la unidad de informática CONALFA (Chiquimula) al 05 de marzo de 2009 es de 29.05%, personas comprendidas en las edades de 15 años a mas no saben leer ni escribir, siendo este un factor incidente que marca el sub desarrollo de la población (p. 34).

1.3.4. Organización comunitaria

PDM Olopa (2010)

El sistema de Consejos de Desarrollo es producto de los acuerdos de paz, que a nivel nacional se establecieron, por lo que en la actualidad funcionan grupos organizados de primer nivel, representados por líderes comunitarios insertos en el COMUDE, quienes representan a cada una de las microrregiones establecidas en el territorio. Actualmente el COMUDE es integrado por personas honorables, formado por diferentes sectores (p. 68).

2. Diseño de apertura tramo carretero de aldeas Las Palmas a El Rodeo

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la apertura de tramo carretero para comunicar directamente a las aldeas Las Palmas y El Rodeo, la carretera tendrá una extensión de 1,921.72 m, y por ser de tipo “F” su ancho es de 5.50 metros, con revestimiento de balasto y cunetas naturales.

2.1.1. Ubicación y localización

Tabla I. Coordenadas GTM WGS 84 del tramo carretero

Coordenadas GTM WGS 84	
Punto inicial	Punto final
X: 628348	X: 629775
Y: 1623363	Y: 1623073

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Beneficiarios directos e indirectos

El diseño de la apertura del tramo carretero de las aldeas Las Palmas hacia El Rodeo, beneficia de forma directa a las autoridades de la Municipalidad de Olopa, al COCODE y pobladores del mismo, ya que a través de él, podrán gestionar los fondos necesarios para su ejecución; y de forma indirecta, beneficia a todos los habitantes de las aldeas Las Palmas y El Rodeo, además la comunidades que se ubican en las cercanías.

2.2. Levantamiento topográfico

“Es el proceso por el cual se realiza un conjunto de operaciones y métodos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos naturales y/o artificiales más importantes” (Mendoza, 2010, p.13).

Los instrumentos que se utilizaron para el levantamiento topográfico son

- Estación total marca Nikon DTM-332
- Prisma
- Brújula
- Cinta métrica de 50 metros
- Plomada
- Estacas de madera
- Clavos
- Martillo
- Pintura

2.2.1. Planimetría

Navarro (2008)

Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Dicho de otra manera estamos representado el terreno visto arriba o de planta (p. 16).

2.2.2. Altimetría

“Tiene como objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados del terreno” (Navarro, 2008, p. 16).

2.3. Diseño geométrico de carretera

“En el proyecto general de una carretera el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con propósito de que la vía sea funcional, segura cómoda, estética, económica y compatibilidad con el medio ambiente” (Cárdenas, 2002, p. 1).

2.3.1. Alineamiento horizontal y vertical

“El alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas” (Cárdenas, 2002, p. 34).

Cárdenas (2002)

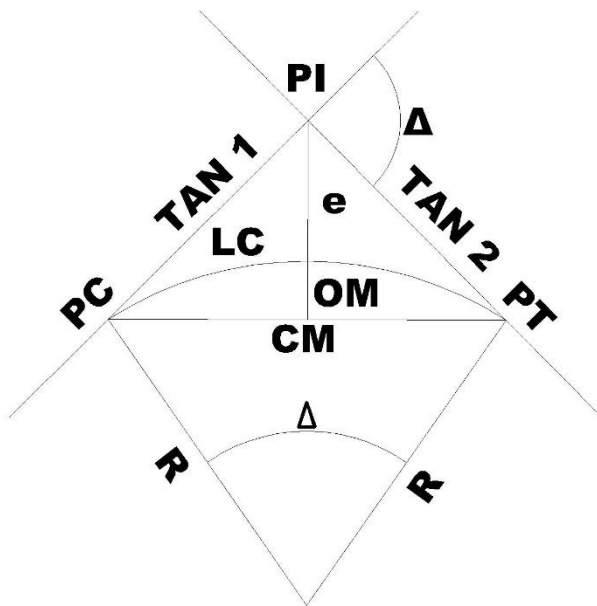
Al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales. El alineamiento a proyectar estará en directa correlación con la topografía del terreno natural (p. 265).

2.3.2. Diseño de curvas horizontales

“La curva circular es un arco de circunferencia que se emplea en las obras longitudinales, para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirve de unión entre las mismas” (Navarro, 2011, p. 15).

Para el proyecto, se diseñaron tangentes horizontales y curvas circulares. Según de la DGC, para la carretera tipo “F” el radio mínimo es de 18 m.

Figura 3. Elementos de una curva horizontal



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

R = radio de la curva

PC = principio de curva

PT = principio de tangente

PI = punto de intersección

LC = longitud de curva.

e = external

Δ = ángulo de intersección

OM = ordenada media

CM = cuerda máxima

TAN 1 = subtangente de entrada

TAN 2 = subtangente de salida

2.3.2.1. Grado de curvatura

“El grado de curvatura (G) se define como el ángulo subtendido por un arco de 20 m” (SCT, 1991, p. 298). Se calcula con la siguiente expresión

$$\frac{G}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R}$$

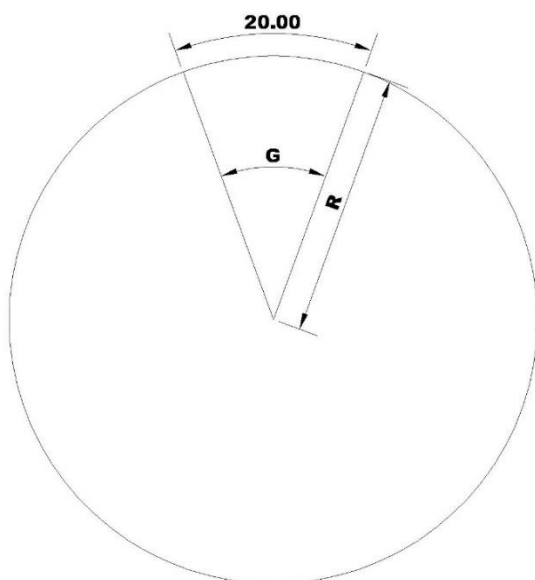
$$G = \frac{1,145.92}{R}$$

Donde:

G = grado de curvatura

R = Radio de curvatura

Figura 4. Grado de curvatura



Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.2. Radio de curvatura

El radio de curvatura (R) “Es el radio de la curva circular” (SCT, 1991, p. 298).

$$R = \frac{1,145.92}{G}$$

2.3.2.3. Ángulo central

“Es el ángulo subtendido por la curva circular. En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes”. (SCT, 1991, p. 298).

2.3.2.4. Longitud de curva

(SCT 1991)

Es la longitud del arco entre el PC y el PT, se representa como Lc.
Se calcula con la siguiente expresión:

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

Donde:

Lc = longitud de curva

Δ = ángulo de intersección

G = grado de curvatura (p. 298).

2.3.2.5. Subtangente

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI) o entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT), medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como TAN y se calcula con la siguiente fórmula

$$TAN = R * Tan \frac{\Delta}{2}$$

Donde:

TAN = subtangente

R = radio de la curva

Δ = ángulo de intersección

2.3.2.6. External (e)

“Es la distancia entre el punto de intersección (PI) y la curva. Se calcula de la forma siguiente:

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

Donde:

e = external

R = radio de la curva (m)” (SCT, 1991, p. 298)

2.3.2.7. Cuerda máxima

“Es la recta comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT). Se calcula con la siguiente expresión

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

Donde:

CM = cuerda máxima (m)

R = radio de la curva (m)” (SCT, 1991, p. 300).

2.3.2.8. Ordenada media

SCT (1991)

Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula

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

Donde:

OM = ordenada media (m)

R = radio de la curva (m) (p. 300)

- Ejemplo curva horizontal número 1, tramo 0+104.32 al 0+120.330.
- Grado de curvatura

$$G = \frac{1,145.92}{R} = \frac{1,145.92}{29} = 39.51^\circ$$

- Angulo central, se calculó por medio del programa de Civilcad, al trazar las tangentes.

$$\Delta = 77.82^\circ$$

- Longitud de curva

$$L_c = \frac{20 * \Delta}{G} = \frac{20 * 77.82^\circ}{39.51} = 39.39 \text{ m}$$

- Subtangente

$$TAN = R * Tan \frac{\Delta}{2}$$

Donde el ángulo central (Δ) se calcula en radianes.

$$TAN = 29.00 * Tan \frac{1.36}{2} = 23.25 \text{ m}$$

- External

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

Donde, el ángulo central (Δ) se calcula en radianes.

$$e = 29.00 * \left(\sec \left(\frac{1.36}{2} \right) - 1 \right) = 8.27 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * R * \sin \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 2 * 29.00 * \sin \frac{1.36}{2} = 36.43 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$OM = R - \left(R * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right) = 29.00 - \left(29 * \cos\frac{1.36}{2} \right) = 6.43 \text{ m}$$

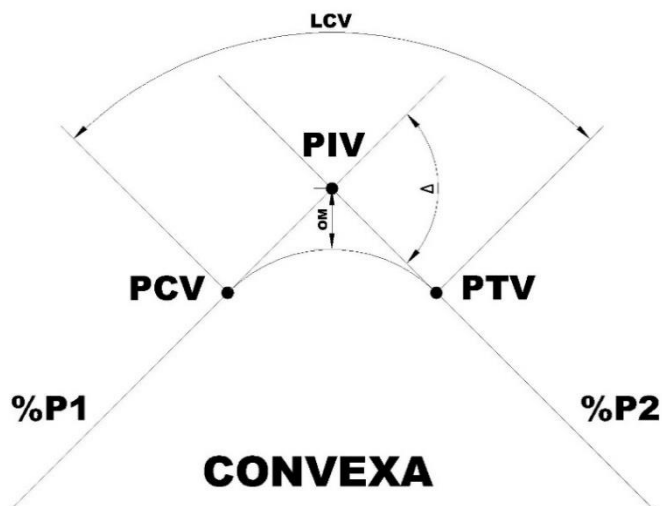
2.3.3. Diseño de curvas verticales

“La curva vertical, es la que enlaza dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectué el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida” (SCT, 1991, p. 356).

2.3.3.1. Tipos de curvas verticales

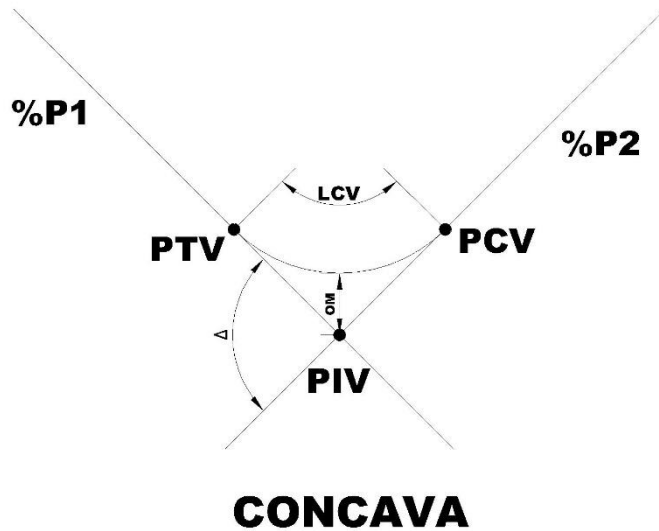
“Existen básicamente dos tipos de curvas verticales: en cresta o convexas y en columpio o cóncavas (las primeras son cóncavas hacia abajo y las segundas hacia arriba)” (Navarro, 2011, p. 15).

Figura 5. Curva convexa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Curva Cóncava



Fuente: Elaboración propia.

Lcv = longitud de curva vertical

PCV = principio de curva vertical

PIV = punto de intersección

PTV = principio de la tangente

%P1 = pendiente de la tangente de entrada

%P2 = pendiente de la tangente de salida

Δ = ángulo de intersección

OM = ordenada media

Además de clasificar las curvas verticales como cóncavas o convexas también se debe establecer si son simétricas o asimétricas.

Las curvas verticales son simétricas, si las tangentes medidas del PIV al PCV y del PIV al PTV son de la misma longitud horizontal, de lo contrario se dice que son asimétricas.

Para el diseño del tramo carretero se consideraron todas las curvas verticales como simétricas, el cálculo se realiza con las siguientes formulas.

$$OM = \frac{Lcv * (P2 - P1)}{800}$$

$$Y = K * D^2$$

$$K = \frac{(P2 - P1)}{Lcv * 200}$$

Donde:

Lcv = longitud de curva vertical

D = caminamiento – PCV (cuando se realiza del PCV a PIV)

PTV – caminamiento (cuando se realiza del PIV a PTV)

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

P2 = pendiente de salida (con su signo)

P1 = pendiente de entrada (con su signo)

Y = corrección para un punto cualquiera

La distancia para encontrar la corrección entre el PCV y PIV, se obtiene restando el PCV del caminamiento que se necesite; y entre PIV y PTV, se obtiene restando al PTV el caminamiento que se necesite, esto se realiza para tener una mejor simetría en la curva vertical.

Se debe tomar en cuenta el signo de la corrección, porque en una curva vertical cóncava será positivo, mientras que en una convexa será negativo.

2.3.3.2. Tangentes

“Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas” (SCT, 1991, p. 351).

2.3.3.2.1. Pendiente máxima

SCT (1991)

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

La pendiente máxima se empleara, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica (pp. 351 - 352).

La carretera se clasificó como tipo “F” en terreno montañoso. Según la -DGC-, la pendiente máxima para este tipo de carreteras es 14 %, pero por conveniencia para la reducción del costo económico, el límite máximo de pendiente que se utilizó para el proyecto es 22 %; el aumento en el límite de la pendiente se realizó tomando en cuenta que se recomienda la elaboración de carrileras de concreto, para facilitar el tránsito de los vehículos.

2.3.3.3. Visibilidad parada

SCT (1991)

La distancia de visibilidad parada es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita a, o cerca de la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo

antes de llegar a él. Es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera (p. 112)

2.3.3.4. Criterios para determinar longitud de las curvas

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas que son:

Criterio de apariencia: se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

Criterio de comodidad: se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{v^2}{395}$$

Criterio de drenaje: se aplica al proyecto de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

Criterio de seguridad: se aplica al proyecto de curvas convexas o al de cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

$$L = K * A$$

Donde:

K = constante que depende de las velocidades de diseño

A = diferencia algebraica de pendientes

Tabla II. Valores de “k” para curvas cóncavas y convexas

Velocidad de diseño	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3.5. Ordenada media

SCT (1991)

Es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente. Se calcula con la siguiente expresión:

$$OM = \frac{\Lambda}{800} * Lcv$$

Donde:

OM = ordenada media (m)

Lcv = longitud de curva vertical (m)

Λ = diferencia algebraica de pendientes (%)

- Ejemplo curva vertical

Se calcula según con los siguientes datos propuestos para el diseño

Tabla II. Parámetros de diseño para curva de tramo 0+694.00 al 0+706.00

Curva cóncava	
Velocidad de diseño (km/h)	20.00
K	1
Tangente 1(m) entrada de CV2	380.00
Pendiente 1 (%)	-5.00
Tangente 2 (m) salida de CV2	400.00
Pendiente 2 (%)	-17.00
Caminamiento inicial (m) PIV1	320.00
A (%)	-12.00
Cota PIV1 (m)	1,214.99

Fuente: Elaboración propia.

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

$$LCV \leq 43 * 12.00$$

$$LCV \leq 516.00$$

- Criterio de seguridad

$$L = K * A$$

$$L = 1 * 12.00 = 12.00$$

Para el proyecto, se optó por la $L_{cv} = 12.00$ m, ya que las curvas verticales convexas regularmente presentan un adecuado drenaje, por lo que no es necesario que tengan una longitud tan larga, pero sí que cumplan con la distancia de la velocidad parada.

Luego se procede a calcular los caminamientos del PIV2, PCV2 y PTV2.

- $PIV2 = PIV1 + \text{tangente } 1$
 $= (0+320.00 \text{ m}) + 380.00 \text{ m}$
 $= 0+700.00 \text{ m}$

- $PCV2 = PIV2 - (L_{cv}/2)$
 $= (0+700.00 \text{ m}) - (12/2)$
 $= 0+706.00 \text{ m}$

Ahora se calcula las cotas del PIV2, PCV2 y PTV2, para formar la rasante del terreno.

- $\text{Altura PIV2} = \text{Cota PIV1} + (\text{pendiente } 1 * \text{tangente } 1)$
 $= 1,214.99 + (-5\% * 380.00 \text{ m})$
 $= 1,195.99 \text{ m}$

- Altura PCV2

Es necesario calcular la distancia desde el punto de referencia, que en este caso es el PIV1.

$$\begin{aligned}
 \text{Distancia} &= \text{cam. PCV2} - \text{cam. PIV1} \\
 &= 0+694.00 \text{ m} - 0+320.00 \text{ m} \\
 &= 374.00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Altura PCV2} &= \text{Cota PIV1} + (\text{pendiente 1} * \\
 &\text{distancia}) \\
 &= 1,214.99 + (-5\% * 374.00 \text{ m}) \\
 &= 1,196.30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Altura PTV2

Es necesario calcular la distancia desde el punto de referencia, que en este caso es el PIV2.

$$\begin{aligned}
 \text{Distancia} &= \text{cam. PTV2} - \text{cam. PIV2} \\
 &= 0+706.00 \text{ m} - 0+700.00 \\
 &= 6.00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Altura PTV2} &= \text{Cota PIV2} + (\text{pendiente 2} * \text{distancia}) \\
 &= 1,195.99 \text{ m} + (-17\% * 6.00 \text{ m}) \\
 &= 1,194.98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Teniendo calculada la rasante del terreno de la curva vertical, se procede a calcular la corrección para el caminamiento del PIV2.

- Corrección Y

$$Y = K * D^2$$

Donde:

$$K = \Delta / (200 * Lcv)$$

D = caminamiento – PCV (cuando la corrección se realiza del PIV al PCV) PTV – caminamiento (cuando la corrección se realiza del PCV al PTC)

$$\begin{aligned} K &= -12 / (200 * 12 \text{ m}) \\ &= -0.005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= (0+700.00 \text{ m}) - (0+694.00 \text{ m}) \\ &= 6.00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= -0.005 * 6.00^2 \\ &= -0.18 \end{aligned}$$

La corrección a en el PIV, debe ser igual al de la ordenada media.

- Ordenada media

$$OM = \frac{\Delta}{800} * Lcv$$

$$OM = \frac{12.00}{800} * 12.00 = 0.18 \text{ m}$$

Ya teniendo la rasante, se realiza la corrección de la misma.

$$\begin{aligned}\text{Rasante corregida PIV2} &= \text{Altura PIV2} + \text{corrección (Y)} \\ &= 1,195.99 + (-0.18) \\ &= 1,195.81 \text{ m}\end{aligned}$$

2.4. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es la acción que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un área, faja o zona con vista a adaptarla al proyecto previamente confeccionado, generalmente de forma mecanizada, mediante el empleo de las maquinarias diseñadas especialmente con esta finalidad.

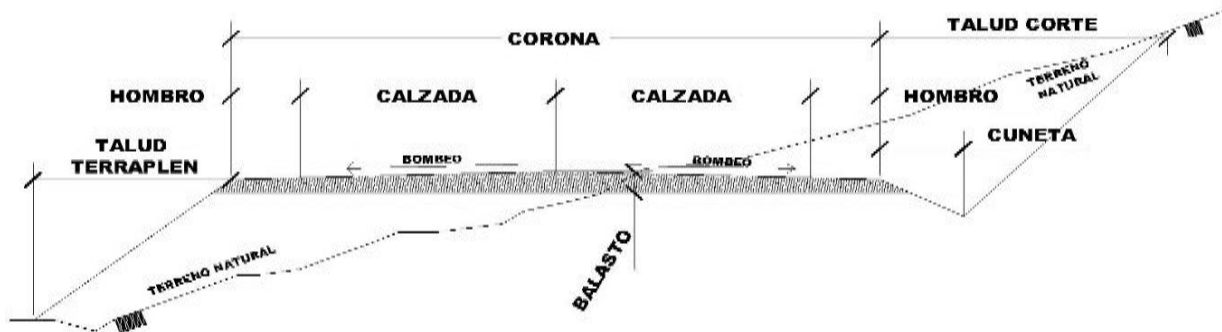
2.4.1. Diseño de subrasante

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, en este caso es la sub base y la capa de rodadura en este caso del balasto.

2.4.2. Secciones transversales

El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que la forman y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. De esta manera, se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupara la futura carretera y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover.

Figura 7. Sección transversal carretera tipo F



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2.1. Corona

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del mismo, o sean las aristas superiores de los taludes del relleno y/o las interiores de las cunetas.

- **Pendiente transversal**

“Bombeo: es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino” (SCT, 1991, pp. 367-369).

La carpeta de rodadura será de balasto, por esta razón se utilizó 3% como bombeo.

- **Calzada**

“Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos” (SCT, 1991, p.376).

El ancho de calzada utilizado en el proyecto es de 5.50 metros, correspondiente a la carretera tipo “F”, según la DGC.

- **Acotamiento (AC)**

“Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino” (SCT, 1991, p. 379).

“Por lo general los acotamientos deberían construirse con espesores no menores a los 15 cm” (Salazar, 1997, p. 145).

Para el proyecto se utilizaron acotamientos a ambos costados de la calzada de 0.75 metros de ancho y por razones económicas el espesor utilizado es de 0.15 metros; la utilización de acotamientos ayuda a reducir el espesor de la carpeta de rodadura.

2.4.3. Cálculo de volúmenes

Agudelo (2002)

Luego de tener el valor de las áreas de las secciones transversales, cualquiera haya sido el método de cálculo, se procede a calcular los volúmenes comprendidos entre ellas. Este volumen se supone que es un elemento geométrico de forma prismoidal limitado en sus extremos por las dos secciones

transversales, en los costados por los taludes de corte o de relleno y en su parte inferior y superior la banca y la superficie del terreno natural.

Para calcular el volumen del prismoide se emplea la siguiente expresión

$$\text{Vol.} = L \cdot (A1 + A2) / 2$$

Cuando las áreas A1 y A2 difieren en sus magnitudes la fórmula no es muy precisa arrojando un valor mayor al real, por lo tanto se debe realizar una corrección llamada prismoidal y es dada por

$$\text{Cp.} = [L \cdot (Y1 - Y2) \cdot (X1 - X2)] / 12$$

Donde:

L = distancia entre secciones (m)

Y1 = cota de trabajo de la sección 1

Y2 = cota de trabajo de la sección 2

X1 = distancia horizontal entre chaflanes de la sección 1

X2 = distancia horizontal entre chaflanes de la sección 2

Esta corrección siempre se resta al volumen inicialmente calculado, por lo tanto cuando las áreas A1 y A2 difieren bastante y no son muy pequeñas se tiene que

$$\text{Vol} = \frac{L \cdot (A1 + A2)}{2} - \frac{L \cdot (Y1 - Y2) \cdot (X1 - X2)}{12}$$

Cuando una de las áreas es cero o tiende a cero entonces el volumen se calcula como una pirámide

$$Vol = \frac{A * L}{3} \quad (pp. 508 - 510).$$

El total de volumen de corte, para el diseño de apertura de tramo carretero, es 25,324.04 m³ y de relleno es 45,138.78 m³, estimados de acuerdo al cálculo realizado con el programa CivilCad versión 2013. Los volúmenes indicados se muestran en los planos constructivos.

2.4.4. Análisis de suelos

2.4.4.1. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Atterberg dividió y consideró tres límites o estados de consistencia: el límite de contracción que es la frontera convencional entre el estado sólido y semisólido, el plástico que es la frontera entre el semisólido y plástico; y el líquido que se define como la frontera entre estado plástico y semilíquido. También se denomina como la frontera entre el plástico y líquido.

Para el proyecto se realizó el ensayo de límites de Atterberg según las normas AASHTO T-89 y T-90. La cual tenemos para la sub base grava y arena limosa color café oscuro y para la base grava y arena con limo color café.

2.4.4.2. Análisis granulométrico

“El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada” (Hernández, 2008, p. 73).

El análisis granulométrico se realizó según la norma ASTM D6913-04 y los resultados fueron representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica. Los suelos se clasificaron en base al sistema de clasificación AASHTO.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, la muestra tomada de la base posee 88.93 % de grava, 6.87 % de arena y 4.19 % de finos, describiendo el suelo como grava y arena con limo color café.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, la muestra tomada de la sub-base posee 44.28 % de grava, 28.74 % de arena y 26.98 % de finos, describiendo el suelo como grava y arena con limo color café obscuro.

2.4.4.3. Ensayo de compactación

Hernández (2008)

El ensayo Proctor es un método dinámico de compactación que se utiliza para obtener la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo. En la actualidad se utiliza el ensayo Proctor modificado ya que tiene mayores beneficios que el Proctor estándar para la compactación (p. 4).

Para el proyecto se realizó el método Proctor modificado según la norma AASHTO T-180; según los ensayos en laboratorio, la muestra que fue tomada de la base, el suelo tiene una densidad seca máxima de 1,863.13 kg/m³ y una humedad óptima 11.50 % y para la

muestra de la sub-base, el suelo tiene una densidad seca máxima de 1,614.82 kg/m³ y una humedad óptima de 21.75%

2.4.4.4. Ensayo de razón de soporte California (C.B.R)

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929, como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub-base o material de base en construcciones de carreteras.

Para el proyecto, se realizó el ensayo, conforme a la norma AASHTO T-193. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, para la muestra obtenida del suelo de la base, el CBR al 96.60% de compactación es de 67.16% y para la sub-base, el CBR al 94.40% de compactación es de 33.78%

2.5. Drenajes

La finalidad de los drenajes es desalojar el agua que no llega a las alcantarillas y evitar que se estanque en la carretera. Toda el agua que caiga en exceso tiene dos orígenes: puede ser pluvial o corrientes superficiales.

En el trayecto de la carretera no se atraviesan corrientes de agua superficiales.

2.5.1. Localización de drenajes

Consiste en recorrer el tramo en estudio, determinando la siguiente información:

- Tipo de corriente
- Sentido y pendiente de la corriente
- Condiciones de lecho (arenoso, rocoso, limoso)
- Vegetación de la cuenca
- Esviaje
- Probable canalización de entrada y salida
- Puntos erosionables

2.5.2. Diseño de cunetas

La cuneta es una zanja de sección triangular o trapezoidal, destinada a recoger y conducir el agua que escurre de la superficie del tramo y de los taludes de los cortes; estas se localizan paralelamente al eje del camino.

En el diseño se utilizaron cunetas triangulares según la sección transversal de una carretera tipo “F” establecido por Dirección General de Caminos (ver figura 10).

Para el cálculo del drenaje longitudinal se realiza con la fórmula de Manning, partiendo de la ecuación de la continuidad.

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

A = área tributaria

V = velocidad (m/s)

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de Manning

Rh = radio hidráulico (m), (área mojada / perímetro mojado)

S = pendiente (%)

2.5.3. Diseño de drenajes transversales

Blázquez y García (2000)

La presencia de una carretera interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno –laderas, vaguadas, cauces, arroyos, ríos-, por lo que debe procurarse un sistema que restituya dicha continuidad, permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que perturben lo menos posible la circulación de agua a través de la citada red.

Además, las obras de drenaje transversal también se aprovechan para desaguar el caudal recogido por la plataforma y sus márgenes, y canalizado a través de las cunetas. (p. 18).

En el trazo de la carretera no es interrumpido por ningún río o quebrada, el caudal a descargar es el que conducen las cunetas.

2.5.3.1. Cálculo de diámetro de tuberías

La ecuación de diseño para conductos con flujo libre (a la presión atmosférica) ha sido la ecuación de Manning

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Aplicando la ecuación de continuidad

$$Q = A * V$$

Entonces:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) * Rh^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Donde:

Para una tubería circular:

$$A = \pi * \frac{\phi^2}{4} , \quad Rh = \frac{\phi}{4}$$

2.5.4. Estudio hidrológico

2.5.4.1. Área tributaria

Es la superficie que drena el agua pluvial hacia el drenaje longitudinal.

El ancho tributario para el proyecto se calculó con los siguientes datos: se conoce el ancho de calzada = 5.50 metros y el ancho de acotamiento = 0.75 metros, el ancho de la cuneta = 1 metro se conoce de la sección 2.3.4.3. y el ancho de talud varía según cada tramo en donde se coloque los puntos de descarga hacia los drenajes transversales.

2.5.4.2. Intensidad de lluvia

Para la intensidad de lluvia, se consulta en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, la fórmula para calcularla es

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

Donde:

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A, B y n = constantes proporcionadas por el INSIVUMEH

t = tiempo de concentración

2.5.4.2.1. Tiempo de concentración

Cabrera (1989)

El tiempo de concentración se puede definir como el tiempo necesario para que se produzca el máximo caudal y es igual al requerido para que una gota de agua circule desde el punto límite de la zona de recogida de agua, hasta aquel en que se determina el caudal.

En tramos iniciales el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos (pp. 49 - 50).

En este diseño, debido a que en el municipio de Olopa no se cuenta con estación meteorológica, se utilizará los datos proporcionados por el INSIVUMEH de las estaciones más cercanas, en este caso son las de La Unión, Zacapa y Esquipulas, Chiquimula.

En la elección al período de diseño, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento y la vida útil de la obra.

Esquipulas, elevación 1,000 msnm.

Tabla IV. Valores de A, B y n del centro meteorológico de Esquipulas

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
ESQUIPULAS								
A	3,300	2,060	1,280	1,230	1,225	1,222	1,213	1,205
B	20	11	6	6	6	6	6	6
n	0.962	0.836	0.721	0.7	0.696	0.694	0.69	0.686
R2	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996

Fuente: INSIVUMEH.2002.Informe de intensidad de lluvia en Guatemala p. 5.

Tr = período de diseño (2 años considerando el ciclo de vida útil de la obra)

t = tiempo de concentración, 12 min.

Sustituyendo según los valores de la tabla IV.

$$A = 3,300$$

$$B = 20$$

$$n = 0.962$$

$$I = \frac{3,300}{(12 + 20)^{0.962}} = 117.6 \text{ mm/h}$$

La Unión, elevación 1,100 msnm.

Tabla V. Valores de A, B y n del centro meteorológico de La Unión

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
LA UNIÓN								
A	142,510	87,170	5,460	329,840	311,260	309,080	290,140	279,590
B	50	50	20	70	70	70	70	70
n	1.679	1.523	0.986	1.682	1.668	1.666	1.651	1.642
R2	0.995	0.988	0.993	0.993	0.992	0.992	0.992	0.992

Fuente: INSIVUMEH, 2002. Informe de intensidad de lluvia en Guatemala. p. 11.

Donde:

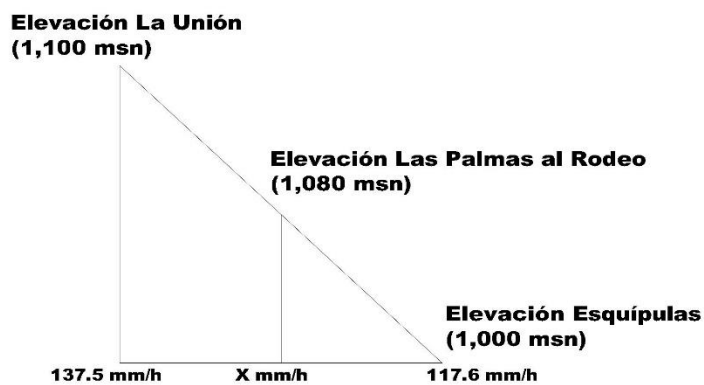
$$Tr = 2 \text{ años}$$

$$t = 12 \text{ min}$$

$$I = \frac{142,510}{(12 + 50)^{1.679}} = 139.5 \text{ mm/h}$$

Elevación promedio de tramo de carretera, 1,080 msnm.

Figura 8. Interpolación



Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned} I \text{ (Las Palmas – El Rodeo)} &= \frac{(137.5 - 117.6)(1080 - 1000)}{(1100 - 1000)} + 117.6 \\ &= 133.5 \text{ mm/h} \end{aligned}$$

2.5.4.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se estima en base a las características hidrogeológicas de las cuencas, en donde se toma en cuenta el tipo de suelo, pendiente del terreno y la capacidad de infiltración; para el diseño se clasificó el suelo como tierra agrícola y capacidad de infiltración media, ya que los suelos en la región se caracterizan por ser utilizados para cultivos.

Tabla VI. Valores de coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C				
Tipo de suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alta (suelos arenosos)	Media (suelos francos)	Baja (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5%	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potrerros	< 5%	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5%	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: Elaboración propia.

Para este diseño debido a que el área tributaria de la cuenca varía entre suelo arcilloso y bosques, se utilizó un coeficiente de escorrentía $C=0.40$.

2.5.4.4. Método racional

Se utiliza para determinar el caudal de escorrentía superficial máxima que puede presentarse en una determinada zona.

Se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía (tipo de superficie que se analice)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área tributaria ((ancho de calzada + ancho talud de corte + hombro) x (longitud de cuneta))

- **Ejemplo de diseño de cunetas**

Se propone una cuneta de 1.00 metro de ancho y 0.33 metros de altura, por lo que se iguala los caudales hidrológico con el hidráulico para así obtener la longitud de la misma.

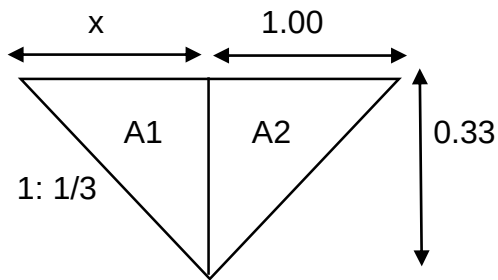
$$Q_{hidrologico} = Q_{hidraulico}$$

$$\frac{C * I * A}{360} = \frac{A_{mojada} * R h^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Se despeja la longitud del área tributaria, la cual proporcionará la longitud de la cuneta.

$$\text{Longitud de cuneta} = \frac{\text{Amojada} * Rh^{2/3} * S^{1/2} * 360}{n * C * I * \text{Ancho de área tributaria}}$$

Figura 9. Área mojada de cuneta



Fuente: Elaboración propia.

$$X = 0.33 * \frac{1}{3} = 0.11 \text{ m}$$

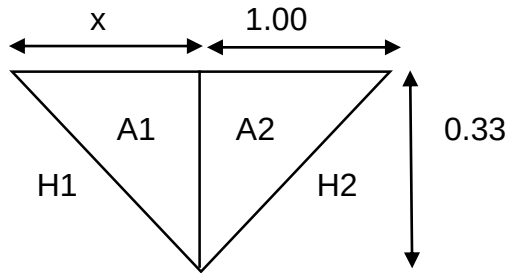
$$A = \frac{1}{2} * b * h$$

$$A1 = \frac{1}{2} * 1 * 0.33 = 0.165 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{1}{2} * 0.11 * 0.33 = 0.018 \text{ m}^2$$

$$\text{Área mojada} = A1 + A2 = 0.165 + 0.018 = 0.18315 \text{ m}^2$$

Figura 10. Perímetro mojado de cuneta



Fuente: Elaboración propia.

$$H1 = \sqrt{0.11^2 + 0.33^2} = 0.35 \text{ m}$$

$$H2 = \sqrt{1^2 + 0.33^2} = 1.05 \text{ m}$$

$$Pm = H1 + H2 = 0.35 + 1.05 = 1.40 \text{ m}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se calcula el radio hidráulico de la cuneta.

$$Rh = \frac{\text{área mojada}}{\text{perímetro mojado}} = \frac{0.18315}{1.40} = 0.1307380 \text{ m}$$

Las propiedades hidráulicas de la cuneta son $R = 0.1307380 \text{ m}$, $A = 0.18315 \text{ m}^2$. Del perfil longitudinal, se observa que el rango de pendientes del proyecto va de 0.005 m/m (0.50%) a 0.2184 m/m (21.84%) y el coeficiente de Manning = 0.025 para cunetas sin revestir. Se procede a calcular la longitud de cuneta.

$$Longitud\ de\ cuneta\ S_{max} = \frac{0.18315\ m^2 * 0.1307380^{2/3} * 0.05^{1/2} * 360 * 10000}{0.025 * 0.40 * 133.50 \frac{mm}{h} * 10.00\ m}$$

$$= 2844.77\ m$$

$$Longitud\ de\ cuneta\ S_{min} = \frac{0.18315\ m^2 * 0.1307380^{2/3} * 21.84^{1/2} * 360 * 10000}{0.025 * 0.40 * 133.50 \frac{mm}{h} * 10.00\ m}$$

$$= 5945.51\ m$$

La longitud de la cuneta, para drenar el agua, debe estar en el siguiente intervalo:

$$2,844.77\ m \leq longitud\ de\ cuneta \leq 5,945.51\ m$$

- **Ejemplo de diseño de drenaje transversal de caminamiento 0+00 al 0+420.00**

Primero se calcula el área tributaria según la sección 2.5.4.1 y las secciones transversales del tramo que se encuentran en el apéndice B y luego se calcula el caudal hidrológico, como en la sección 2.5.4.4.

Ancho de calzada = 5.50 m

Ancho de acotamiento = 0.75 m

Ancho de cuneta = 1 m

Ancho de corte de talud = 10 m

Longitud de tramo = 420 m

$$Atributaria = \left(\frac{Acalzada}{2} + Aacotamiento + Acuneta + Acortetalud \right) * L$$

$$Atributaria = \left(\frac{5.50}{2} + 0.75 + 1 + 10 \right) * 420 = 6,090 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q = \frac{0.40 * 133.5 \text{ mm/h} * 0.609 \text{ Ha}}{360} = 0.090 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula el diámetro despejando de la ecuación de continuidad

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

Donde:

$\emptyset$ = diámetro de la tubería (m)

Q = caudal (m³/s)

n = coeficiente de Manning

S = pendiente longitudinal (m/m)

R = radio hidráulico

$$\emptyset = \left(\frac{0.090 * 4^{2/3} * 0.025}{0.03^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0.1805 \text{ m}$$

$$Area = \frac{\emptyset^2 * \pi}{4} = \frac{0.1805^2 * \pi}{4} = 0.026 \text{ m}^2$$

El área necesaria para drenar el agua de las cunetas es de 0.026 m², según el cálculo se podrá utilizar tubería de 8" de cemento, sin embargo para evitar la obstrucción de rocas se colocará tubería de 18".

2.6. Elaboración de planos

Los planos constructivos del proyecto tramo carretero de aldeas Las Palmas a El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula, se encuentran en el Apéndice B; a continuación se presenta el listado de los mismos.

1. Plano de curvas de nivel
2. Planta y perfil I
3. Planta y perfil II
4. Planta y perfil III
5. Diagrama de curva masa
6. Secciones transversales I
7. Secciones transversales II
8. Secciones transversales III
9. Secciones transversales IV
10. Secciones transversales V
11. Secciones transversales VI
12. Drenaje transversal

2.7. Presupuesto

El proyecto de apertura tramo carretero de aldeas Las Palmas a El Rodeo tiene un costo total de ejecución de Q. 2, 422,257.29 (dos millones cuatrocientos veintidós mil doscientos cincuenta y siete quetzales con 29/100), con precios actualizados del año 2015.

2.7.1. Integración de precios unitarios

Tabla VII. Resumen del presupuesto por renglón

RESUMEN DE PRESUPUESTO					
	Renglon	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
No.	Limpieza, chapeo y destronque	Ha	0.95	Q8,637.78	Q8,205.89
1	Replanteo topográfico	Km	1.90	Q5,368.42	Q10,200.00
2	Excavación no clasificada (corte)	m ³	25,325.00	Q25.94	Q656,838.60
3	Excavación no clasificada (relleno)	m ³	45,140.00	Q30.47	Q1,375,239.00
4	Reacondicionamiento de sub-rasante	m ³	1,400.00	Q62.94	Q88,113.00
5	Capa de balasto	m ³	1,500.00	Q162.90	Q244,356.60
6	Cunetas	m ²	2,800.00	Q3.00	Q8,411.10
7	Drenaje transversal	Unidad	4	Q7,723.28	Q30,893.10
	TOTAL				Q2,422,257.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VIII. Limpieza, chapeo y destronque

Limpieza, chapeo y destronque		1.35			Ha
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Mano de obra					
Peones	Jornal	75	Q 75.00	Q 5,625.00	
Transporte de peones y equipo	Km	70	Q 25.00	Q 1,750.00	
Total mano de obra					Q 7,375.00
Materiales y equipo					
Palas	Unidad	5	Q 60.00	Q 300.00	
Piochas	Unidad	5	Q 75.00	Q 375.00	
Machetes	Unidad	8	Q 50.00	Q 400.00	
Total materiales y equipo					Q 1,075.00
Total					Q 8,450.00
Resumen de costos					
Directos					
Mano de obra	Q	7,375.00			
Materiales y equipo	Q	1,075.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	845.00			
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q	676.00			
Imprevistos 5%	Q	422.50			
Utilidad 15%	Q	1,267.50			
Total	Q	11,661.00			
Precio unitario	Q	8,637.78			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IX. Replanteo topográfico

Replanteo topográfico			2.00		Km
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales y equipo					
Alquiler de estación total (Incluye prisma)	Día	10	Q 250.00	Q 2,500.00	
Clavos	Lb	10	Q 7.00	Q 70.00	
Pintura	Galón	2	Q 90.00	Q 180.00	
Estacas de madera	Unidad	300	Q 2.00	Q 600.00	
Machetes	Unidad	2	Q 50.00	Q 100.00	
Martillo	Unidad	2	Q 45.00	Q 90.00	
Transporte de materiales y equipo	Km	70	Q 25.00	Q 1,750.00	
Total materiales y equipo					Q 5,290.00
Mano de obra					
Topógrafo	Día	10	Q 150.00	Q 1,500.00	
Cadenero	Día	10	Q 100.00	Q 1,000.00	
Peones	Jornal	20	Q 75.00	Q 1,500.00	
Total mano de obra					Q 4,000.00
Total					Q 9,290.00
Resumen de costos					
Directos					
Materiales y equipo	Q	5,290.00			
Mano de obra	Q	4,000.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	929.00			
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q	743.20			
Imprevistos 5%	Q	464.50			
Utilidad 15%	Q	1,393.50			
Total	Q	12,820.20			
Precio unitario	Q	6,410.10			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla X. Excavación no clasificada (corte)

Excavación no clasificada (corte)				25,325.00	m³
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Maquinaria y equipo					
Tractor oruga	Hora	400	Q 650.00	Q 260,000.00	
Retroexcavadora	Hora	350	Q 400.00	Q 140,000.00	
Camión de volteo de 10 m3	Día	40	Q 1,000.00	Q 40,000.00	
Transporte de maquinaria (camión lowboy, inicialización y finalización de obra)	Km	400	Q 25.00	Q 10,000.00	
Palas	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00	
Asadones	Unidad	2	Q 50.00	Q 100.00	
Total					Q 450,220.00
Mano de obra					
Encargado de maquinaria	Mes	5	Q 5,000.00	Q 25,000.00	
Peones	Jornal	10	Q 75.00	Q 750.00	
					Q 25,750.00
Total					Q 475,970.00

Resumen de costos	
Directos	
Maquinaria y equipo	Q 450,220.00
Mano de obra	Q 25,750.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 47,597.00
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q 38,077.60
Imprevistos 5%	Q 23,798.50
Utilidad 15%	Q 71,395.50
Total	Q 656,838.60
Precio unitario	Q 25.9364

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XI. Excavación no clasificada (relleno)

Excavación no clasificada (relleno)				45,140.00	m³
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Maquinaria y equipo					
Retroexcavadora	Hora	850	Q 400.00	Q 340,000.00	
Camión de volteo de 10 m3	Día	150	Q 1,000.00	Q 150,000.00	
Motoniveladora	Hora	850	Q 550.00	Q 467,500.00	
Transporte de maquinaria (camión lowboy, inicialización y finalización de obra)	Km	400	Q 25.00	Q 10,000.00	
Palas	Unidad	5	Q 60.00	Q 300.00	
Total					Q 967,800.00
Mano de obra					
Encargado de maquinaria	Mes	5	Q 5,000.00	Q 25,000.00	
Peones	Jornal	50	Q 75.00	Q 3,750.00	
					Q 28,750.00
Total					Q 996,550.00

Resumen de costos	
Directos	
Maquinaria y equipo	Q 967,800.00
Mano de obra	Q 28,750.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 99,655.00
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q 79,724.00
Imprevistos 5%	Q 49,827.50
Utilidad 15%	Q 149,482.50
Total	Q 1,375,239.00
Precio unitario	Q 30.4661

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XII. Reacondicionamiento de sub rasante

Reacondicionamiento de sub-rasante				1,400.00	m³
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Maquinaria y equipo					
Motoniveladora	Hora	20	Q 550.00	Q 11,000.00	
Camión de volteo 10 m3	Día	3	Q 1,000.00	Q 3,000.00	
Vibrocompactador	Hora	20	Q 450.00	Q 9,000.00	
Camión cisterna	Día	3	Q 1,200.00	Q 3,600.00	
Transporte de maquinaria (camión lowboy, inicialización y finalización de obra)	Km	400	Q 25.00	Q 10,000.00	
Total					Q 36,600.00
Mano de obra					
Encargado de maquinaria	Mes	5	Q 5,000.00	Q 25,000.00	
Peones	Jornal	30	Q 75.00	Q 2,250.00	
					Q 27,250.00
Total					Q 63,850.00
Resumen de costos					
Directos					
Maquinaria y equipo	Q			36,600.00	
Mano de obra	Q			27,250.00	
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q			6,385.00	
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q			5,108.00	
Imprevistos 5%	Q			3,192.50	
Utilidad 15%	Q			9,577.50	
Total	Q			88,113.00	
Precio unitario	Q			62.9379	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIII. Capa de balasto

Capa de balasto				1,500.00	m ³
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Maquinaria, Materiales y equipo					
Motoniveladora	Hora	32	Q 550.00	Q 17,600.00	
Retroexcavadora	Hora	32	Q 400.00	Q 12,800.00	
Camión cisterna	Día	4	Q 1,200.00	Q 4,800.00	
Vibrocompactador	Hora	32	Q 450.00	Q 14,400.00	
Transporte de maquinaria (camión lowboy, inicialización y finalización de obra)	Km	400	Q 25.00	Q 10,000.00	
Palas	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00	
Azadones	Unidad	2	Q 50.00	Q 100.00	
Compra y acarreo de balasto (camiones de 10 m3)	Viaje	150	Q 600.00	Q 90,000.00	
Total					Q 149,820.00
Mano de obra					
Encargado de maquinaria	Mes	5	Q 5,000.00	Q 25,000.00	
Peones	Jornal	30	Q 75.00	Q 2,250.00	Q 27,250.00
Total					Q 177,070.00

Resumen de costos	
Directos	
Maquinaria, Materiales y equipo	Q 149,820.00
Mano de obra	Q 27,250.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 17,707.00
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q 14,165.60
Imprevistos 5%	Q 8,853.50
Utilidad 15%	Q 26,560.50
Total	Q 244,356.60
Precio unitario	Q 162.9044

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIV. Cunetas

Cunetas				2800.00	m
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Maquinaria y equipo					
Motoniveladora	Hora	10	Q 550.00	Q 5,500.00	
Azadones	Unidad	2	Q 50.00	Q 100.00	
Palas	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00	
Total					Q 5,720.00
Mano de obra					
Peones	Jornal	5	Q 75.00	Q 375.00	
					Q 375.00
Total					Q 6,095.00

Resumen de costos	
Directos	
Maquinaria y equipo	Q 5,720.00
Mano de obra	Q 375.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 609.50
Impuestos 8% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q 487.60
Imprevistos 5%	Q 304.75
Utilidad 15%	Q 914.25
Total	Q 8,411.10
Precio unitario	Q 3.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XV. Drenaje transversal

Drenaje transversal				4	Unidad
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Cemento UGC	Saco	18	Q 85.00	Q 1,530.00	
Piedrín triturado	m ³	2	Q 250.00	Q 500.00	
Arena de río	m ³	2	Q 200.00	Q 400.00	
Piedra bola	m ³	4	Q 150.00	Q 600.00	
Madera	Pie tabla	550	Q 6.00	Q 3,300.00	
Clavos	lb	30	Q 7.00	Q 210.00	
Alambre de amarre	lb	25	Q 7.00	Q 175.00	
Tubo de cemento de 18"	Unidad	24	Q 300.00	Q 7,200.00	
Palas	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00	
Piochas	Unidad	2	Q 75.00	Q 150.00	
Martillo	Unidad	1	Q 45.00	Q 45.00	
Transporte de materiales	Km	70	Q 25.00	Q 1,750.00	
Total					Q 15,980.00
Mano de obra					
Excavación	m ³	22	Q 80.00	Q 1,760.00	
Relleno	m ³	22	Q 15.00	Q 330.00	
Colocación de tubos	Unidad	24	Q 60.00	Q 1,440.00	
Muros de concreto ciclopeo	m ³	6	Q 400.00	Q 2,400.00	
					Q 5,930.00
Total					Q 21,910.00

Resumen de costos	
Directos	
Materiales	Q 15,980.00
Mano de obra	Q 5,930.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 2,191.00
Impuestos 11% (IVA, ISO, ISR, ver desglose de impuestos)	Q 2,410.10
Imprevistos 5%	Q 1,095.50
Utilidad 15%	Q 3,286.50
TOTAL	Q 30,893.10
Precio unitario	Q 7,723.28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVI. Desglose de gastos administrativos

Gastos administrativos				
Plaza	Horas/día	Costo/hora	Costo mes (Q)	Subtotal (Q)
Gerente	1.00	500.00	Q 15,000.00	Q 7,500.00
Secretaria	0.50	90.00	Q 2,700.00	Q 13,500.00
Contador	1.00	50.00	Q 1,500.00	Q 45,000.00
			Total (Q)	Q 66,000.00
Alquileres y depreciaciones				
Renglón	Horas/día	Costo/hora	Costo mes Q.	Subtotal (Q)
Alquiler de local	1	100	Q 3,000.00	Q 15,000.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1	30	Q 1,500.00	Q 7,500.00
Depreciaciones de oficina	1	25	Q 750.00	Q 3,750.00
Mantenimiento en general	1	25	Q 750.00	Q 3,750.00
			Total (Q)	Q 30,000.00
Obligaciones y seguros				
Renglón	Costo/mes (Q)			Subtotal (Q)
I.G.S.S (15.50%)	Q	27,667.50		Q138,337.50
Seguros varios	Q	2,000.00		Q 10,000.00
			Total (Q)	Q148,337.50
Total (Q)				Q244,337.50
% de costos directos				10%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVII. Desglose de impuestos

Desglose de impuestos	
Total de maquinaria, materiales y equipo	Q 1,632,505.00
Total mano de obra	Q 126,680.00
Total costos directos	Q 1,759,185.00
Descripción	
Utilidad 15% (costos directo	Q 263,877.75
Descripción	Costos (Q)
ISR 25% (de utilidad)	Q 65,969.44
IVA 12% (de utilidad y mano de obra)	Q 46,866.93
ISO 1% (de costos directos)	Q 17,591.85
Total de impuestos	Q 130,428.22
% de impuestos	7%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVIII. Cronograma de ejecución físico y financiero

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																			
No.	Actividades	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub total	% de inversión	MESES												
							1		2		3			4			5		
1	Limpieza, chapeo y destronque	Ha	0.95	Q 8,637.78	Q 8,205.89	0.34%													
2	Replanteo topográfico	Km	1.90	Q 5,368.42	Q 10,200.00	0.42%													
3	Excavación no clasificada (corte)	m³	25325.00	Q 25.94	Q 656,838.60	27.12%													
4	Excavación no clasificada (relleno)	m³	45140.00	Q 30.47	Q 1,375,239.00	56.78%													
5	Reacondicionamiento de sub-rasante	m³	1400.00	Q 62.94	Q 88,113.00	3.64%													
6	Capa de balasto	m³	1500.00	Q 162.90	Q 244,356.60	10.09%													
7	Cunetas	m²	2800.00	Q 3.00	Q 8,411.10	0.35%													
8	Drenaje transversal	Unidad	4.00	Q 7,723.28	Q 30,893.10	1.28%													
	TOTAL				Q 2,422,257.29	100%													

Fuente: Elaboración propia.

2.8. Especificaciones técnicas

A continuación se presentan las especificaciones técnicas para el proyecto, con base a las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

- **Limpieza, chapeo y destronque**

Los límites del área del derecho de vía que deba ser limpiada, chapeada y destroncada son los indicados en las Disposiciones Especiales o en los planos. Las operaciones de limpieza, chapeo y destronque se deben efectuar previamente a la iniciación de los trabajos de terracería.

Al efectuar la tala de árboles, éstos se deben botar hacia el centro del área que deba limpiarse, de tal manera que no se dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deban permanecer en su lugar.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre la carretera, se deben cortar o podar para dejar un claro de 6 m, a partir de la superficie de la misma.

En áreas donde se deba efectuar la excavación no clasificada, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de 0.60 m, debajo de la superficie de la sub-rasante y debe ser limpiada de matorrales, troncos carcomidos, raíces y otras materias vegetales u orgánicas susceptibles de descomposición.

Las áreas que se deban cubrir con terraplenes, se deben desraizar a una profundidad no menor de 0.30 m, o a 0.60 m, en las áreas donde existan troncos.

Todos los troncos que estén fuera del área de excavación o de terraplenes, deben ser desraizados a una profundidad no menor de 0.30 m, debajo de la superficie del terreno original.

- **Replanteo y levantamiento topográfico para construcción**

Este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, del equipo necesario y del material para efectuar levantamientos y replanteos topográficos, cálculos y registros de datos para el control del trabajo.

El personal, equipo y material deberá cumplir con lo siguiente:

1. Personal: se debe suministrar cuadrillas de topografía técnicamente calificadas, capaces de ejecutar el trabajo en tiempo y con la exactitud requerida. Siempre que se estén realizando trabajos topográficos de replanteo, deberá estar presente en el proyecto un supervisor calificado para la cuadrilla.
2. Equipo: se debe suministrar instrumentos de topografía y equipo de soporte capaces de alcanzar las tolerancias especificadas.

- **Movimiento de tierras**

Este trabajo consiste en la excavación; remoción; retiro; construcción; conformación; compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; excavación de cunetas, contracunetas y su prolongación; retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes; excavación de bancos de préstamo aprobados, transportación del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación del mismo a la obra.

- **Excavación**

Se debe sujetar a lo siguiente:

1. Límites de excavación: los taludes de corte deben quedar recortados como se muestra en los planos. Todos los taludes de corte deben quedar con superficies ásperas uniformes, sin quiebres notorios visibles desde la carretera. Excepto en roca sólida, se debe redondear la corona y el pie de todos los taludes. Se debe redondear el material existente sobre roca sólida hasta donde sea práctico.
2. Excavación no clasificada: siempre que sea factible, los materiales adecuados que se corten dentro del prisma de la carretera, se deben de utilizar en la construcción de terraplenes o rellenos, sub-rasantes, hombros, ampliación y acabado de los taludes de terraplenes y para todos aquellos usos que se indiquen.
3. Excavación no clasificada de desperdicio: el material de desperdicio, o sea el sobrante de la excavación no clasificada, podrá derramarse sobre los taludes o colocarse en botaderos.
4. Excavación no clasificada para préstamo: se debe recurrir a préstamo, solamente cuando esté indicado en los planos. Las áreas de préstamo deben ser limpiadas, chapeadas y destroncadas, antes de iniciar la excavación.
5. Remoción y prevención de derrumbes: los derrumbes existentes al iniciarse los trabajos de ampliación, mejoramiento o pavimentación de una carretera, así como los que ocurran durante el transcurso de los trabajos de una obra, deben ser removidos por el contratista.

6. Cortes en roca: todo el material rocoso, incluyendo piedras grandes que se encuentren en el lecho del camino, debe ser excavado como sigue: transversalmente, hasta los límites laterales del citado lecho mostrados en los planos; y 0.30 m, debajo de la subrasante. El vaciado ocasionado por la excavación, se debe rellenar hasta el nivel de la sub-rasante, con material de igual calidad al de ésta, que sea aprobado por el delegado residente.

- **Terraplenes en general**

En todas las áreas donde se vayan a construir terraplenes, se deben terminar previamente los trabajos correspondientes a limpia, chapeo y destronque, retiro de estructuras, servicios existentes, obstáculos y, si fuese requerido, subdrenajes, drenajes y retiro de material inadecuado.

Como parte del trabajo de esta sección, deben ser rellenados y compactados perfectamente todos los hoyos y otras excavaciones pequeñas que queden con motivo del destronque, dentro de los límites del terraplén. La superficie del terreno, incluyendo tierra arada o suelta o la que sea erosionada debido a pequeños deslaves, deslizamientos u otras causas, se debe nivelar a efecto de compactar el terraplén a capas uniformes.

- **Compactación**

Los terraplenes se deben compactar como mínimo al 90% de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180 y los últimos 0.30 m, se deben compactar como mínimo, al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado.

En secciones de corte, la sub-rasante debe ser escarificada hasta una profundidad de 0.30 m, inmediatamente debajo del nivel de diseño de la sub-

rasante; a continuación debe ser compactada hasta el 95% de la densidad máxima determinada como se indica en el párrafo anterior. En ambos casos, la compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 o ASTM D 1556.

Se debe de controlar el contenido de humedad adecuado, calentando el material y determinando la humedad a peso constante, o por el método del Carburo de Calcio, AASHTO T 217, a efecto de obtener la compactación especificada. Cada capa debe ser nivelada con equipo adecuado para asegurar una compactación uniforme y no se debe proseguir la compactación de una nueva capa, hasta que la anterior llene los requisitos de compactación especificados.

- **Reacondicionamiento de sub-rasante existente**

Consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de la carretera existente, para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, a fin de regularizar y mejorar las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura del pavimento.

Se debe escarificar el suelo de sub-rasante hasta una profundidad de 0.20 m, eliminando las rocas mayores de 0.10 m, se debe ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 0.20 m. El suelo de sub-rasante en el área de reacondicionamiento, deberá tener una humedad dentro de un rango de ± 3 % de la humedad óptima, hasta lograr el 95 % de compactación respecto a la densidad máxima, además, se establece una deflexión máxima para la capa de sub-rasante reacondicionada de 0.003 m.

- **Cajas y cabezales para alcantarillas**

Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto Clase 17.5 MPa (2500 psi), mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y protección de la carretera.

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo y almacenamiento de los materiales y la construcción de las cajas de cabezales. Las cajas y cabezales deben ser de los tipos y dimensiones, indicados en los planos.

- **Alcantarillas de tubo de concreto reforzado**

Son los conductos que se construyen por debajo de la sub-rasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

Este trabajo consiste en la fabricación o suministro, acarreo, almacenaje, manejo, curado y colocación de alcantarillas de tubos de concreto reforzado. Los tubos deben de ser de los diámetros y clases requeridas y se deben colocar sobre un lecho de cimentación adecuadamente preparado, de acuerdo con los planos, estas especificaciones generales, disposiciones especiales y localizadas de conformidad con lo que ordene el delegado residente.

- **Capa de balasto**

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

Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto deber tener un peso unitario suelto, no menor de $1,450 \text{ Kg./m}^3$ (90 Lb./pie^3) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso deber ser mayor de 0.100 m. El que sea mayor, deber ser separado ya sea por tamizado en el banco de material o según lo autorice el Delegado Residente.

La porción del balasto retenida en el tamiz 0.00475 m (No. 4), deber estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60%, determinado por el método AASHTO T 96. La porción que pase el tamiz 0.000425 m (No. 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35%, determinado por el método ASSHTO T 89 y un índice de plasticidad entre el 5% y 11%, determinado por el método AASHTO T 90. La porción que pase por el tamiz 0.075 mm (No. 200), no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T 11.

Conforme se vaya terminando de construir la sub-rasante, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la sub-rasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 0.100 m ni mayor de 0.250 m.

Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

- **Concreto ciclópeo**

Se usará concreto ciclópeo para la construcción de aletones, cabezales, zampeado, cajas de entrada y de salida de los drenajes transversales, la proporción debe ser 70% concreto + 30% piedra.

El concreto simple a utilizar para la elaboración del concreto ciclópeo, debe tener una resistencia a la compresión de 3,000 PSI a los 28 días de fraguado y proporcionamiento volumétrico de 1:2:2 (cemento: arena: pedrín).

El pedrín a utilizar debe ser de 1", la arena debe ser de río y estar libre de materia orgánica y el agua a utilizar debe ser limpia.

2.9. Análisis de impacto ambiental

El ejecutor de un proyecto deberá identificar los potenciales impactos ambientales que puedan provocar las actividades y obras asociadas al proyecto.

Se debe tomar en cuenta, para identificar los impactos ambientales, las dos etapas del proyecto, la primera es de construcción y la segunda es de operación.

2.9.1. Etapa de construcción

Los impactos generados en esta etapa son los siguientes:

- Emisiones a la atmosfera: la emisión de material particulado y polvo generado producidos por el transporte del material y retiro de materiales.
- Residuos sólidos: en su mayor parte son los generados durante el movimiento de tierras de la obra y los materiales desperdiciados.
- Ruidos y vibraciones: el incremento de los niveles de ruido generados al momento de la excavación y compactación por el uso de maquinaria, la misma producirá vibraciones en las áreas próximas de la misma.
- Contaminación visual: se produce al depositar el material sobrante en lugares inapropiados, altera el paisaje.

- Despeje y corte de vegetación: la remoción y afectación de la cobertura terrestre vegetal y cambios en la estructura del suelo.

2.9.2. Etapa de operación

- Contaminación atmosférica: la maquinaria pesada (tractor de oruga, motoniveladora, retroexcavadora, vibrocompactador) y transporte pesado (camión de volteo de 10 m³, camión cisterna) generarán monóxido de carbono y podrán derramar lubricantes, así mismo el combustible que necesitan para operar.
- Contaminación auditiva: la maquinaria pesada y transporte pesado producirán ruido y vibraciones.

2.9.3. Medidas de mitigación

- Emisiones a la atmosfera: transportar los materiales cubiertos, por rutas establecidas y humedecer periódicamente las áreas de trabajo. Realizar los servicios a tiempo a la maquinaria, transportar los combustibles y lubricantes en sus respectivos recipientes y evitar el derramamiento de los mismos.
- Residuos sólidos: recuperar y reutilizar la mayor parte de residuos de las excavaciones y retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes en lugares autorizados.
- Ruidos y vibraciones: realizar los trabajos en horarios adecuados y mantener el equipo y maquinaria en perfectas condiciones.
- Contaminación visual: depositar el material en lugares adecuados y al finalizar retirar y dejar de igual forma que previo a los procesos constructivos.

- Población: señalar e identificar vías alternas para el tráfico vehicular.
- Despeje y corte de vegetación: evitar el paso de la maquinaria pesada y transporte pesado sobre con cobertura vegetal fuera del área de la obra y restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

2.10. Análisis socioeconómico

Este análisis ayuda a evaluar el rendimiento económico del proyecto.

2.10.1. Valor actual neto

Iturrioz (2001)

El Valor Actualizado Neto (VAN) es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas (p. 125).

La interpretación del VAN se realiza mediante los siguientes parámetros:

Si $VAN > 0$; el proyecto es económicamente rentable

Si $VAN < 0$; el proyecto no es económicamente rentable

Si $VAN = 0$; el proyecto no produce ganancias ni pérdidas

Para calcular el VAN de este proyecto se utiliza la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_o$$

Donde:

VAN= Valor actual neto.

Vt = Flujos de caja en cada periodo t.

Io = desembolso inicial del proyecto.

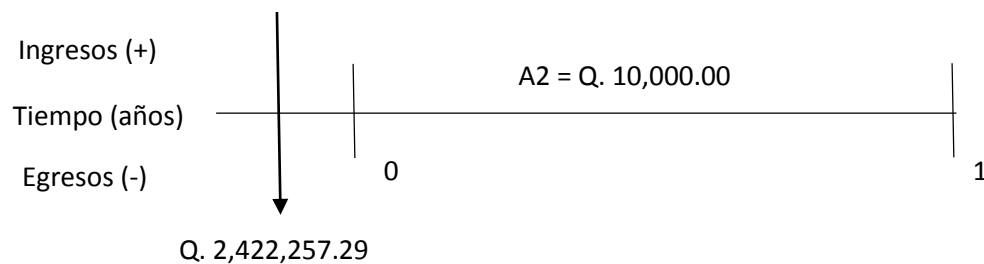
k = Tasa de interés

n = número de periodos.

Los ingresos y egresos que generará el proyecto son los siguientes

- Inversión del proyecto: Q. 2,422,257.29
- Anualidad de Q10,00.00 (mantenimiento)

Figura 11. Diagrama VAN



Fuente: Elaboración propia.

$$VAN = -P * (P/F, i, t) - A1 * (P/A, i, t) + A2 * (P/A, i, t)$$

Pi = inversión inicial del proyecto

F = futuro

i = tasa de interés, 3% (tasa de interés líder monetaria, según el BANGUAT)

t = periodo de vida útil, 1 año.

P = tiempo presente

A = anualidad

Sustituyendo:

$$VAN = -Q. 2,422,257.29 * (0.9709) - Q. 0.00 * (0.9709) + Q. 10,000.00 \\ * (0.9709) = -Q. 2,342,060.03$$

El valor actual neto (VAN) es menor que cero, el proyecto no es económicamente rentable. Sin embargo, el mismo es de carácter social, por lo que su objetivo primordial es aumentar la calidad de vida del casco urbano no el generar ganancias económicas.

2.10.2. Tasa interna de retorno

La TIR de la inversión, es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos es igual al de los beneficios, es decir, cuando el VAN es igual a cero. Se utiliza para determinar la conveniencia de las inversiones, entre mayor ser la TIR de un proyecto este será más deseable llevarlo a cabo. El VAN de este proyecto no es igual a cero no se realiza el análisis.

3. Diseño de mejoramiento y ampliación sistema de abastecimiento de agua cabecera municipal

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto se compone de una línea de conducción por gravedad con longitud de 732.00, m de tubería de PVC, luego de una línea de conducción por bombeo con longitud de 822.00 m de tubería HG, por último de una red de distribución consistente en ramales abiertos con longitud de 2,850.00 m, además se diseñó la captación y un tanque de distribución de 68.85 m³.

3.2. Fuente de agua

La fuente de agua es de origen subterránea la cual consiste en un manantial ubicada a 5 km, en dirección sur-oeste de la cabecera municipal de Olopa.

3.2.1. Aforo

El método a utilizado es el volumétrico, que consiste en determinar el tiempo en que se llena un recipiente. El aforo más reciente lo realizó en marzo del 2,013 la DMP, de la municipalidad de Olopa, el cual se obtuvo un caudal de 16.53 L/s.

3.2.2. Análisis de agua

Se obtuvo muestras de la fuente de agua con el fin de conocer las características físicas, químicas y bacteriológicas de la misma para el abastecimiento de agua.

3.2.2.1. Examen bacteriológico

Mediante el examen bacteriológico fue posible determinar el nivel de bacterias que se encuentran en el manantial.

Tabla XIX. Examen bacteriológico

Parámetros	Resultados	Valor de referencia
Coliformes totales	240.0 NMO/100 ml	3
Escherichia coli	460.0 NMO/100 ml	3
Coliformes fecales	460.0 NMO/100 ml	3

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de laboratorio realizada de la fuente determinó que, ésta posee la bacteria escherichia coli, en un nivel mayor al recomendable, 460.0 NMP/100 ml y el grupo coliforme fecal en cantidad superior, 460.0 NMP/100 ml. El valor recomendable para ambos es 3.0 NMP/100 ml o menor. Por lo anterior se recomienda la implementación de un sistema de desinfección.

3.2.2.2. Examen físico-químico

Ruiz (2007)

Análisis que determina cantidades de material orgánico que se encuentran en el agua y afectan a la misma.

Determina las características físicas del agua, las cuales son percibidas a través de los sentidos por medio del olor, color, sabor, el potencial hidrógeno, que determina la acidez o alcalinidad del agua; y la turbidez que indica el efecto óptico que es consecuencia de la

dispersión o interferencias de los rayos luminosos que pasan a través del agua, la que contiene pequeñas partículas en suspensión (p. 7).

Tabla XX. Examen físico-químico

Parámetros	Resultados	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Turbidez	1.28	5	15
Conductividad	329	-----	Menor de 1,500
Temperatura	22	15 a 25	34
Sólidos totales	300	500	1,000
Sólidos disueltos totales	210.56	-----	500
Oxígeno disuelto	7.69	8	4
Oxígeno disuelto %	103.1	-----	80 al 100
pH	7.57	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	2.530	0.5	1
Nitratos	6.0	-----	10
Nitritos	0.0950	-----	0.1
Sulfato	11	100	250
Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅	199.20	-----	25
Dureza	290	100	500

Fuente: Elaboración propia.

El análisis físico-químico, realizado en laboratorio, reveló un 103.1 % de saturación de oxígeno disuelto, el cual es superior al límite máximo permisible (80-100 %). Además de una demanda biológica de 199.20 mg/L, cuando debe ser menor o igual de 25 mg/L.

El análisis también mostró 2.53 mg/L de fosfatos, cuando el límite máximo permisible es de 1 mg/L. Esto se debe a que la fuente, por localizarse en un sector agrícola, los fertilizantes utilizados para los cultivos contaminan la misma.

Los límites permisibles, en el análisis realizado, se encuentran en las normas EPA (United States Environmental Protection Agency/ Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) debido a que las normas COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas) y las de la OMS (Organización Mundial de la Salud) no dan límites permisibles por lo que su presencia en el agua no es aceptable.

Se recomienda realizar un estudio agronómico para determinar las causas de la acumulación de fosfatos en la fuente de agua, **porque puede causar daño a la salud de los consumidores.**

3.2.3. Obra de captación

La estructura deberá garantizar seguridad, estabilidad, durabilidad y funcionamiento en todos los casos. La obra de captación deberá reducir el riesgo de contaminación de la fuente y evitará la entrada de elementos en suspensión y flotantes, de insectos y otros organismos indeseables al sistema, así como la proliferación de plantas y algas en las estructuras de la obra.

Se construirán de tal manera, que se garantice que el flujo de aforación pueda ser captado en un tanque de recolección, que deberá ser construido con material impermeable con completa protección sanitaria.

3.3. Parámetros de diseño

3.3.1. Período de diseño

INFOM y MSPAS (2011)

Es el tiempo para el cual se considera que el diseño de un acueducto o sistema de agua potable será funcional y cumplirá con su cometido (abastecer de agua a una comunidad) con eficiencia. Para determinarlo se tomarán en cuenta los factores siguientes:

- Vida útil de los materiales
- Calidad de los materiales y de las construcciones
- Costos y tasas de interés
- Futuras ampliaciones del sistema
- Comportamiento del sistema en sus primeros años.
- Población de diseño
- Caudal

Se establece para los efectos de la normativa lo siguiente:

- Obras civiles: 20 años
- Equipos mecánicos: 5 a 10 años
- En casos especiales se considerará un proyecto por etapas
- Considerar un tiempo de gestión aproximado de 2 años (p. 25).

Para el proyecto se utilizaron dos periodos de diseño distintos, para la línea de conducción, de la fuente hacia el tanque de succión es de 20 años, por tratarse de un sistema por gravedad, al igual que la red de distribución del barrio

Jesús y María; para la línea de bombeo se utilizó un periodo de diseño de 10 años considerando en ambos el tiempo de gestión que es de 2 años.

3.3.2. Población de diseño

El número de habitantes varía con el tiempo. Por lo general, la población se incrementa en la mayoría de las comunidades con el transcurso del tiempo, para determinarla, se debe considerar factores de crecimiento poblacional, tales como servicios existentes, facilidades de saneamiento, actividades productivas, comunicaciones, tasa natalidad y mortalidad, migración y emigración.

Debido, que en la mayoría de poblaciones se carece de registros anteriores, se ha desarrollado modelos de pronóstico para poder determinar la población futura. En Guatemala, generalmente se utiliza el modelo geométrico, por ser el método que más se aproxima para definir la población futura.

A continuación se describe el procedimiento para el cálculo de la población futura o de diseño por medio del modelo geométrico.

Se obtienen datos oficiales en estudio, consultando los censos de población.

Se investiga la población existente, en el año inicial del período de diseño o bien, la más cercana a inicio del periodo de diseño. Para el caso del casco urbano de Olopa se utilizó el censo realizado por la DMP y para el caso del barrio Jesús y María, se utilizó el censo de viviendas de la oficina de agua de la municipalidad.

3.3.2.1. Tasa de crecimiento

Según información proporcionada por la oficina del Instituto Nacional de Estadística, con base al último censo, la tasa de crecimiento en el municipio de Olopa es de 2.86%

- Población futura del casco urbano de Olopa

Se calcula la población futura o diseño con la siguiente fórmula:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población al final del periodo de diseño

Po = población en el año inicial del periodo de diseño

r = tasa de crecimiento (%)

n = período de diseño (años) + tiempo de gestión

Al aplicar la fórmula con los datos, para la población se obtiene:

$$Pf = 2,463(1 + 0.0286)^{22} = 4,580 \text{ habitantes}$$

- Población futura línea de bombeo

$$Pf = 2,463(1 + 0.0286)^{12} = 3,455 \text{ habitantes}$$

- Población futura del barrio Jesús y María

$$Pf = 210(1 + 0.0286)^{22} = 391 \text{ habitantes}$$

3.3.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día: L/hab/día. Según el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social –MSPAS- (2011), se pueden considerar las siguientes demandas de la población

- Servicio a base de llena cántaros exclusivamente: 30 a 60 L/hab/día.
- Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales: 60 a 90 L/hab/día
- Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 a 120 L/hab/día.
- Servicio de conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos por vivienda: 90 a 170 L/hab/día.
- Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual mínimo 20 L/hab/día.
- Servicio de aljibes 20 L/hab/día.

Para el proyecto se utilizó una dotación de 150 L/hab/día.

3.3.4. Factores de consumo

Las condiciones climáticas y los días de trabajo, por ejemplo, tienden a causar algunas variaciones en el consumo de agua. Durante la semana, el lunes se producirá el mayor consumo y el domingo el más bajo. En algunos meses se observará un promedio diario más alto que el promedio anual. Especialmente en el tiempo caluroso producirá una semana de máximo consumo y ciertos días superaran a otros en cuanto a demanda. También se producen demandas altas

cada mañana al empezar la actividad del día y un mínimo hacia las cuatro de la madrugada.

3.3.4.1. Factor hora máximo

El factor de hora máximo se compone de un límite inferior y uno superior, el primero se usará cuando las poblaciones sean muy grandes y el segundo cuando las poblaciones sean reducidas, debido a que debe compensar las horas de máximo consumo, por lo que se usará para determinar el caudal de distribución.

Según el INFOM y MSPAS, se recomienda utilizar un factor de 2.5 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 2 para mayores a 1,000 habitantes.

3.3.4.2. Factor día máximo

El factor de día máximo, al igual que el factor de la sección 3.3.4.1 se compone de un límite inferior y uno superior, el primero se usará cuando las poblaciones sean grandes y el segundo cuando las poblaciones sean reducidas, éste factor compensa los días de máximo consumo, así mismo determina el caudal de conducción.

Para el diseño se utilizó un factor de 1.3 ya que según el INFOM, se debe considerar un factor que va de 1.2 a 1.5 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 1.2 para mayores de 1,000 habitantes.

3.3.5. Caudales de diseño

“Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas en cada componente de

un abastecimiento de agua basados en la información básica, aforo y estudio poblacional” (INFOM y MSPAS, 2011, p. 26).

3.3.5.1. Caudal medio

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

$$Q_m = \frac{D * P}{86400 \text{ s}}$$

Donde:

D = dotación (L/hab/día)

P = número de habitantes futuros

86400 = segundos que tiene un día

Qm = caudal medio (L/s)

Con la ecuación dada se obtiene

$$Q_m = \frac{150L/hab/dia * 4580 \text{ hab}}{86400 \text{ s}} = 7.95 \text{ L/s}$$

El caudal medio para la línea de bombeo difiere por el período de diseño que varía por tratarse de equipo mecánico

$$Q_m = \frac{150L/hab/dia * 3,455 \text{ hab}}{86400 \text{ s}} = 6.00 \text{ L/s}$$

Se calcula el caudal medio para la red de distribución del barrio Jesús y María, ya que el número de habitantes es menor.

$$Q_m = \frac{150L/hab/dia * 391 hab}{86400 s} = 0.68 L/s$$

3.3.5.2. Caudal de día máximo

Es el máximo caudal producido en un día durante un período de observación de un año. Es el resultado de multiplicar el consumo medio diario por el factor de día máximo. Se utilizó factor de 1.2 por la población futura del casco urbano, que es mayor de 1,000 habitantes.

$$Qd_{max} = Qm * f_{dm}$$

Donde:

Qd_{max} = caudal de día máximo

Qm = caudal medio diario

f_{dm} = factor de día máximo

Entonces:

$$Qd_{max} = 7.95 L/s * 1.2 = 9.54 L/s$$

Para la línea de bombeo se calcula ya que el período de diseño es menor.

$$Qd_{max} = 6.00 L/s * 1.2 = 7.20 L/s$$

3.3.5.3. Caudal de hora máximo

Durante el día hay horarios en los que lo habitantes consumen mayor cantidad de agua y otros en los que no, para calcularlo se multiplica el caudal medio por el factor de hora máxima. El factor que se utilizó fue de 2.5, por la población futura del barrio Jesús y María, la cual es menor a 1,000 habitantes.

$$Qh_{max} = Qm * fhm$$

Donde:

Qh.max = caudal de hora máxima

Qm = caudal medio diario

fhm = factor de hora máximo

$$Q_{hmax} = 0.68 \text{ L/s} * 2.5 = 1.70 \text{ L/s}$$

3.3.5.4. Caudal de bombeo

Es la cantidad de agua requerida a impulsar hacia los puntos elevados del sistema de abastecimiento.

Para el diseño del proyecto, el tiempo de bombeo por día será de 18 horas, siendo lo recomendable según el INFOM, considerando el ciclo de vida útil.

Se debe tomar en cuenta que el período de diseño para la línea de bombeo es de 10 años por el ciclo de vida útil de la bomba más dos años de gestión.

El caudal de bombeo se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_b = \frac{Q_{dmax} * 24}{t_b}$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo

$Q_{d.max}$ = caudal de día máximo

t_b = periodo de bombeo (18 horas diarias)

Entonces se tiene para el caudal de bombeo

$$Q_b = \frac{7.20 \text{ L/s} * 24}{18} = 9.60 \text{ L/s}$$

3.4. Diseño hidráulico

3.4.1. Diseño de línea de conducción

Hay dos regímenes de conducción, que pueden ser: régimen libre, que se utiliza mediante canales o túneles y el régimen forzado, que es el de conducción por gravedad o por bombeo. Estos dos últimos, son los más utilizados para transportar el agua a los tanques de almacenamiento. Aunque es preferible utilizar la conducción por gravedad, por su costo el cual es más económico.

Según el INFOM y MSPAS, la velocidad mínima es de 0.4 m/s y la máxima es de 3.00 m/s

Cálculo del tramo de E-17 a E-48.

Tabla XXI. Parámetros para diseño de línea de conducción por gravedad, tramo E-17 a E-18

Periodo de diseño	20 (más 2 de gestión)
Población actual	2463 habitantes
Viviendas actuales	493 viviendas
Densidad Poblacional	5.00 hab/vivienda
Población futura	4580 habitantes
Dotación dom.	150 L/hab/día
Longitud de tubería	474.00 m
Coefficiente de tubería	150
Tasa de crecimiento	2.86%
Qm	7.95 L/s
Qdm	9.54 L/s

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tomar en consideración que las tuberías al estar enterradas siguen la pendiente del terreno, de manera que la longitud real es mayor, por lo que como seguridad adicional, se recomienda afectar la longitud por un factor entre 3% y 5%; para la línea de conducción se utiliza un factor de 3% por encontrarse en un terreno con topografía ondulada.

$$\text{Longitud de tubería} = \text{distancia de tramo} * 1.03$$

$$\text{Longitud de tubería} = 455.70 * 1.03 = 469.37$$

$$\frac{469.37}{6} = 78.23 = 79 \text{ tubos}$$

Se calcula el diámetro de la tubería con la fórmula de Hazen-Williams.

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

Donde:

Ø = diámetro

L = longitud

Qdm = caudal medio

C = coeficiente de rugosidad (PVC, 150)

Hf = cota piezométrica E-17 – cota de terreno E-48 – presión mínima (m)

$$\phi = \left(\frac{1743.811 * 474.00 * 9.54^{1.85}}{150^{1.85} * (1004.18 - 989.11 - 6)} \right)^{1/4.87} = 3.66''$$

El diámetro a utilizar para el tramo de E-17 a E-48 será de 4", para los siguientes cálculos se utiliza el diámetro real de la tubería.

Tabla XX. Diámetro real de tubería de 4"

Diámetro nominal	Diámetro real
4"	4.154"

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{1.974 * Q}{D^2}$$

$$V = \frac{1.974 * 9.54 \text{ m}^3/\text{s}}{(4.154 \text{ pulg})^2} = 1.09 \text{ m/s}$$

Se hace el cálculo de la pérdida de carga en el tramo.

$$Hf = \frac{1743.811 * L * Qdm^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}}$$

$$H_f = \frac{1743.811 * 474.00 * 9.54^{1.85}}{150^{1.85} * 4.154^{4.87}} = 4.92 \text{ m}$$

Luego se calcula la cota piezométrica final del tramo de la siguiente manera:

$$Cota \text{ piezométrica} = Ctp \text{ E17} - H_f$$

$$Cota \text{ piezométrica} = 1004.18 - 4.92 = 999.26 \text{ m}$$

Ahora se calculan las presiones dinámica y estática y se verifica si cumplen, según las normas del INFOM, la mínima es de 6.00 m.c.a.

$$Presión \text{ estática} = CT \text{ captación} - CT \text{ E48}$$

$$Presión \text{ estática} = 1004.51 - 989.11 = 15.40 \text{ m. c. a}$$

$$Presión \text{ dinámica} = CP \text{ E48} - CT \text{ E48}$$

$$Presión \text{ dinámica} = 999.26 - 989.11 = 10.15 \text{ m. c. a}$$

El diámetro de tubería a utilizar para el tramo de E-17 a E-48 es de 4" de PVC de 160 PSI.

3.4.1.1. Diseño de línea de bombeo

Debido a las condiciones topográficas, el tipo de conducción al tanque de distribución a utilizar será forzada por bombeo.

3.4.1.2. Diámetro económico

Para calcularlo, primero se debe determinar los posibles diámetros a utilizar, despejando el diámetro de la ecuación de continuidad y tomando en cuenta la velocidad máxima y mínima permitida las cuales son 2 m/s y 0.6 m/s, respectivamente.

$$d = \left(1.974 * \frac{Q}{v} \right)^{1/2}$$

Donde:

d = diámetro de la tubería

Q = caudal

v = velocidad

$$d_1 = \left(1.974 * \frac{9.60 \text{ L/s}}{0.6 \text{ m/s}} \right)^{1/2} = 5.62''$$

$$d_2 = \left(1.974 * \frac{9.60 \text{ L/s}}{2 \text{ m/s}} \right)^{1/2} = 3.08''$$

Se aproxima a diámetros comerciales, por lo que los diámetros analizar serán el de 3", 4" y 5".

- Amortización

Se calcula con la fórmula:

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

A = amortización

r = tasa de interés, 9.90 %

n = número de meses en los que se desea pagar la tubería

La tasa de interés, según las tasas promedio ponderada de cartera de créditos por actividad económica al 31/05/2015, de la Superintendencia de Bancos de Guatemala –SIB-.

La tubería se pagará durante el periodo de vida útil del proyecto, el cual es de 10 años, es decir 120 meses. Por lo cual:

$$A = \frac{\left(\frac{0.099}{12}\right) * \left(\frac{0.099}{12} + 1\right)^{120}}{\left[\left(\frac{0.099}{12}\right) + 1\right]^{120} - 1} = 0.013$$

- Número de tubos a utilizar

$$T = \frac{DH}{6} * S$$

Donde:

T = número de tubos

D.H. = distancia horizontal

s = factor de curvatura

El factor de curvatura para la línea de impulsión será de 1.05, por la topografía del terreno que es montañosa.

$$T = \frac{778.59}{6} * 1.05 = 137 \text{ tubos}$$

Entonces, la longitud de diseño para la línea de impulsión es:

$$\text{Longitud de diseño} = 137 \text{ tubos} * 6 \text{ m} = 822 \text{ metros}$$

Tabla XXIII. Precios de tubería HG de 700 PSI

Diámetro	Precio
3"	Q 875.00
4"	Q 1,013.60
5"	Q 1,508.75

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de tubería por mes: se obtiene al multiplicar la amortización por el precio de la tubería y luego por la cantidad de tubos.

Tabla XXIV. Costo mensual de tubería HG de 700 PSI

Diámetro	Amortización	Precio de Tubería	Cantidad de Tubos	Costo mensual
3"	0.013	Q. 875.00	137	Q.1,558.38
4"	0.013	Q. 1,013.60	137	Q.1,827.41
5"	0.013	Q. 1,508.75	137	Q.2,720.11

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de pérdidas de carga, se utilizará el diámetro medio interior de la tubería HG de 700 PSI.

Tabla XXV. Diámetro medio interior tubería HG de 700 PSI

Diámetro nominal	Diámetro medio interior
3"	3.088"
4"	4.026"
5"	5.047"

Fuente: Elaboración propia.

$$hf_{3"} = \frac{1743.811 * 822 * 9.60^{1.85}}{100^{1.85} * 3.088^{4.87}} = 77.37 \text{ m}$$

$$hf_{4"} = \frac{1743.811 * 822 * 9.60^{1.85}}{100^{1.85} * 4.026^{4.87}} = 21.26 \text{ m}$$

$$hf_{5"} = \frac{1743.811 * 822 * 9.60^{1.85}}{100^{1.85} * 5.047^{4.87}} = 7.07 \text{ m}$$

- Potencia de la bomba requerido para cada diámetro: se calcula con la fórmula siguiente:

$$P = \frac{Hf * Qb}{76 * e}$$

Donde:

P = potencia requerida para cada diámetro (HP)

Hf = pérdida de carga generada para cada diámetro (m)

Qb = caudal de bombeo (L/s)

e = eficiencia de la bomba, 60 %

Sustituyendo valores:

$$P3'' = \frac{77.37 * 9.60}{76 * 0.6} = 16.28 \text{ HP}$$

$$P4'' = \frac{21.26 * 9.60}{76 * 0.6} = 4.47 \text{ HP}$$

$$P5'' = \frac{7.07 * 9.60}{76 * 0.6} = 1.49 \text{ HP}$$

- Conversión a kilowatt (KW): para calcular el costo por mes, es necesario convertir la potencia a kilowatt, utilizando la relación 1 HP = 0.746 KW.

$$Pot\ 3'' = 16.28 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 12.15 \text{ KW}$$

$$Pot\ 4'' = 4.47 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 3.34 \text{ KW}$$

$$Pot\ 5'' = 1.49 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 1.11 \text{ KW}$$

- Horas de bombeo al mes: se obtiene multiplicando el tiempo de bombeo que son 18 horas por el tiempo de 30 días.

$$tb = \frac{18 \text{ horas}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 540 \text{ horas /mes}$$

- Energía requerida por mes: es el producto del tiempo de bombeo mensual con la potencia requerida en kilowatt.

$$\begin{aligned} Pot\ 3'' &= 12.15\ KW * 540\ horas / mes \\ &= 6,561.00\ KW\ horas / mes \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pot\ 4'' &= 3.34\ KW * 540\ horas / mes \\ &= 1,803.60\ KW\ horas / mes \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pot\ 5'' &= 1.11\ KW * 540\ horas / mes \\ &= 599.40\ KW\ horas / mes \end{aligned}$$

- Costo de energía por mes: para el trimestre de noviembre del 2,014 a enero del 2,015, según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica el precio del kilowatt-hora es en promedio Q 1.9235, por lo cual:

$$\begin{aligned} Q3'' &= 6,561.00\ kW\ horas / mes * 1.9235\ Q/kWh \\ &= 12,620.08 / mes \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q4'' &= 1,803.60\ kW\ horas / mes * 1.9235\ Q/kWh \\ &= 3,469.23 / mes \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q5'' &= 599.40\ kW\ horas / mes * 1.9235\ Q/kWh \\ &= 1,152.95 / mes \end{aligned}$$

- Costo total mensual: es la suma del costo de la tubería y el costo de la energía requerida con cada diámetro

$$\text{Costo total} = \text{Costo tubería} + \text{Costo energía}$$

$$\begin{aligned} Q\ 3'' &= Q. 1,558.38 /mes + Q\ 12,620.08/mes \\ &= Q. 14,178.46 \end{aligned}$$

$$Q\ 4'' = Q. 1,827.41 /mes + Q\ 3,469.23/mes = Q. 5,296.64$$

$$Q\ 5'' = Q. 2,687.08 /mes + Q\ 1,152.95/mes = Q. 3,840.03$$

El diámetro económico es el de 5" de HG tipo liviano, cédula 40 de 700 PSI (libra-fuerza por pulgada cuadrada).

3.4.1.3. Potencia de la bomba

El equipo de bombeo propuesto para el sistema, es de motor externo, ya que bombeara de un tanque de succión. Para calcular la potencia necesaria de esta bomba, se determina la carga dinámica total.

- Altura del nivel mínimo al eje de la bomba (Hs): 1.70 metros.
- Pérdida de carga en la línea de succión, se calcula con la fórmula de Hazen-Williams

$$H_{fs} = \frac{1743.811 * 1.70\ m * 9.60^{1.85}}{100^{1.85} * 5.047^{4.87}} = 0.014\ m$$

- Altura del eje de la bomba a la descarga, Hi = 156.13 m
- Pérdida de carga en la línea de impulsión (Hfi), se utiliza la fórmula de Hazen-Williams.

$$H_{fi} = \frac{1743.811 * 822.00 * 9.60^{1.85}}{100^{1.85} * 5.047^{4.87}} = 7.08 \text{ m}$$

- Pérdida de carga de velocidad

$$H_{fv} = \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

v = velocidad (m/s)

g = aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

La velocidad se obtiene a través de la ecuación de continuidad despejada y calibrada de la siguiente forma:

$$v = \frac{1.974 * Q}{\phi^2}$$

$$v = \frac{1.974 * 9.60}{5.047^2} = 0.74 \text{ m/s}$$

Por consiguiente:

$$H_{fv} = \frac{0.74^2}{2 * 9.81} = 0.038 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdidas de carga menores por accesorios: son relativamente pequeñas. Sin embargo, se recomienda calcularlas como el 10% de la pérdida de carga en la línea de impulsión.

$$H_m = 0.10 * 7.08 \text{ m. c. a} = 0.708 \text{ m. c. a.}$$

- Carga dinámica total: luego de obtener cada uno de los valores anteriores, se calcula la carga dinámica total.

$$CDT = 156.13 + 1.70 + 0.014 + 0.038 + 0.708 + 7.08 \\ = 165.67 \text{ m.c.a.}$$

$$Potencia = \frac{CDT * Q}{76e}.$$

Donde:

CDT= carga dinámica total

Q = caudal

e = eficiencia

$$P = \frac{165.67 * 9.60}{76 * 0.6} = 34.88 \text{ H.P.}$$

La bomba a utilizar será de 35 H.P.

3.4.1.4. Golpe de ariete

El golpe de ariete, genera una sobrepresión en las tuberías, cuando las válvulas o grifos son cerrados bruscamente. Es importante tomarlo en cuenta al momento de diseñar la línea de impulsión o bombeo, para verificar que la resistencia de la tubería sea suficiente para soportar esta sobrepresión y proteger el sistema.

Se calcula de la siguiente forma:

$$SP = \frac{a * v}{g}$$

Donde:

SP = sobre presión (m.c.a)

a = celeridad de onda (m/s)

v = velocidad de flujo en tubería

g = aceleración de la gravedad, 9.81 m / s²

El golpe de ariete es una onda de presión que se propagara con una velocidad llamada celeridad (a) que se calcula de la siguiente manera

$$a = \frac{1420}{\left(1 + \frac{k}{E} * \frac{D_i}{e}\right)^{1/2}}$$

Donde:

k = módulo de elasticidad volumétrica del agua (2.07*10⁴ kg/cm²)

E = módulo de elasticidad del material (para HG 2.05*10⁶ kg/cm²)

Di = diámetro interno de la tubería

e = espesor de la pared del tubo

Entonces:

$$a = \frac{1420}{\left(1 + \frac{2.07 * 10^4}{2.05 * 10^6} * \frac{5.047}{0.258}\right)^{1/2}} = 1,185.78 \text{ m/s}$$

Cálculo de sobrepresión:

$$SP = \frac{a * v}{g}$$

$$SP = \frac{1,185.78 \text{ m/s} * 0.74 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 89.45 \text{ m.c.a}$$

3.4.1.5. Clase de tubería

Aguilar (2007)

Toda tubería cuenta con tres características fundamentales, las cuales son, el diámetro, la clase y el tipo de tubería. Con respecto al diámetro, se debe mencionar que comercialmente a cada tubería se le asigna un diámetro nominal que no es el mismo diámetro interno del conducto. La clase de tubería se refiere a la norma que se usó para su fabricación, íntimamente relacionada con la presión de trabajo. También indica la razón entre el diámetro externo y el espesor de la pared de la tubería. Y por último el tipo de tubería se refiere al material de que está fabricada. Los materiales más comunes usados para las tuberías de acueductos son el cloruro de polivinilo –PVC- y el acero galvanizado -HG-.

El acero galvanizado tiene su principal aplicación cuando se encuentre sobre la superficie del terreno; si se entierra empieza a corroerse.

Según la ASTM (American Society for Testing and Materials), la tubería de acero galvanizado, debe cumplir con la norma ANSI-ASTM A 120-79. Las siglas ANSI se refieren a American National Standard Institute y 79 al año en que se puso en vigor la norma (p. 55).

Para la línea de bombeo, se calcula de la siguiente forma:

$$P_{max} = H_i + SP$$

Donde:

P_{max} = Presión máxima (m.c.a)

H_i = altura del tanque de succión hacia la descarga, 156.13 m.c.a

SP = sobrepresión causada por el golpe de ariete, 102.17 m.c.a

Sustituyendo valores:

$$P_{max} = 156.13 + 89.45 = 245.58 \text{ m. c. a.}$$

Convirtiendo a PSI

$$P_{max} = 245.58 \text{ m. c. a} * \frac{1.4142 \text{ PSI}}{1 \text{ m. c. a}} = 347.30 \text{ PSI}$$

La clase de tubería PVC que soporta mayor presión es 315 PSI, por lo cual deberá usarse tubería HG tipo liviano, de 5" cédula 40.

3.4.2. Diseño de red de distribución

Para el diseño de la red de distribución, del barrio Jesús y María se utilizó el método de redes abiertas debido a que las casas están dispersas.

Tabla XXVI. Parámetros de diseño para red de distribución.

Periodo de diseño	20 (más 2 de gestión)
Población actual	210 habitantes
Viviendas actuales	42 viviendas
Densidad Poblacional	5 hab/vivienda
Población futura	369 habitantes
Dotación dom.	150 L/hab/día
Longitud de tubería	2532 m
Coefficiente de tubería	150
Tasa de crecimiento	2.86%
Qm	0.64 L/s
Qdm	0.83 L/s
Qhm	1.60 L/s

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de ramales abiertos es necesario utilizar el caudal real que llevará cada uno de los tramos. Este se obtiene multiplicando el número de casas del tramo y de los que este alimentará, por el caudal unitario, el cual representa el volumen de agua por unidad de tiempo que se consumirá en cada vivienda durante el horario de máximo consumo a través de la fórmula:

$$Q_{unitario} = q = \frac{Q_{hm}}{\text{número de casas}}$$

El caudal unitario mínimo recomendado por el INFOM es de 0.02 L/s*viv, de resultar una cantidad menor que ésta, se utiliza el mínimo

$$q = \frac{1.69L/s}{42 \text{ casas}} = 0.0404 \text{ L/s}$$

Se calculará el tramo de E-28 a E-30, el cual abastecerá once viviendas, se cuenta con los siguientes datos.

- Cálculo del caudal del tramo E-28 a E-30

$$Q_{hm} = Q_v * \text{número de casas en tramo} = 0.0404 \text{ L/s} * 11 = 0.44 \text{ L/s}$$

- Cálculo de la longitud de tubería, para el diseño se utilizará un factor de curvatura de 1.03

$$\text{Longitud de tubería} = \text{distancia de tramo} * 1.03$$

$$\text{Longitud de tubería} = 307.60 * 1.03 = 316.83 \sim 317.00 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de tubos} = \frac{317}{6} = 52.83 \sim 53 \text{ tubos}$$

$$\text{longitud de tubería} = 53 * 6 = 318 \text{ m}$$

- Se calcula el diámetro de la tubería con la fórmula de Hazen-Williams.

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

Donde:

ϕ = diámetro

L = longitud de tubería

Q_{hm} = caudal hora máximo

C = coeficiente de rugosidad (PVC, 150)

H_f = cota piezométrica E-28 – cota de terreno E-30 – presión mínima (m)

$$\phi = \left(\frac{1743.811 * 318.00 * 0.44^{1.85}}{150^{1.85} * (956.21 - 929.54 - 10)} \right)^{1/4.87} = 0.9256''$$

- Pérdida de carga de tubería de 1"

$$Hf_{1''} = \left(\frac{1743.811 * 318.00 * 0.44^{1.85}}{150^{1.85} * 1.195^{4.87}} \right) = 4.89 \text{ m}$$

- Velocidad

$$V = \frac{1.974 * Q_{hm}}{D^2} = \frac{1.974 * 0.44}{1.195^2} = 0.61 \text{ m/s}$$

La velocidad cumple según lo mínimo establecido por el INFOM.

- Pérdidas reales en línea de distribución

Para el cálculo se utiliza la fórmula de Hazen-Williams.

$$Hf_{real} = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

$$Hf_{real} = \frac{1743.811 * 318.00 * 0.44^{1.85}}{150^{1.85} * 1.195^{4.87}} = 4.89 \text{ m}$$

Ahora se calcula la cota piezométrica y presiones dinámica y estática del tramo.

$$CP \text{ E30} = CP \text{ E28} - Hf_{real}$$

$$CP \text{ E30} = 956.21 - 4.89 = 951.33 \text{ m}$$

$$P_{dinámica} = CP \text{ E30} - CT \text{ E30}$$

$$P_{dinámica} = 951.33 - 929.54 = 21.79 \text{ m.c.a}$$

$$Pestática = CT E7 - CT E30$$

$$Pestática = 956.82 - 929.54 = 27.28 \text{ m.c.a}$$

La presión hidrostática se encuentra en los rangos de las presiones mínima (10 m.c.a) y máxima (60 m.c.a), según INFOM, por lo cual en el tramo de E-28 a E-30 se utilizará tubería de 1 pulgada de diámetro de 160 PSI.

3.4.3. Diseño de obras hidráulicas

3.4.3.1. Cajas de válvulas

Cumplen con la función de proteger las válvulas de objetos externos. Se construyen de ladrillo tayuyo, concreto ciclópeo, mixto block, mampostería y concreto armado.

3.4.3.2. Cajas rompe presión

Las cajas rompe presión se utilizan cuando en los tramos se encuentren pérdidas de carga mayores a las que las tuberías puedan soportar.

Para el proyecto fue necesario el diseño de una caja rompe presión en la línea de distribución, porque la tubería presenta pérdidas de carga mayores a las que soporta.

3.4.3.3. Paso aéreo

Los pasos aéreos se utilizan cuando es necesario atravesar un río, zanjones o accidentes geográficos en donde la tubería no pueda

ser enterrada, sin embargo en este proyecto no se encuentran los tramos que presenten estos tipos de obstáculos.

3.4.3.4. Tanque de succión

En este tanque se deposita el agua que proviene de la fuente, la cual es conducida por gravedad, en este punto del trayecto es necesario bombear hacia el tanque de distribución.

El tanque de succión con el que cuentan tiene una capacidad del 150 m³, el mismo está construido con losa y muros de mixto block.

Para el funcionamiento de la bomba es necesario la instalación de una acometida eléctrica trifásica de 440 voltios, actualmente ya cuenta con la misma.

El volumen del tanque de succión se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_c = V_d \left(1 - \frac{t_b}{24} \right)$$

Donde:

V_c = volumen de compensación (m³/día)

V_d = volumen de demanda (m³/día)

t_b = tiempo de bombeo (hora)

Sustituyendo los datos:

$$V_c = 7.95 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1,000 L} * \frac{86,400 s}{1 día} = 686.88 m^3/día$$

$$V_c = 686.88 \text{ m}^3/\text{día} * \left(1 - \frac{18}{24}\right) = 171.72 \text{ m}^3$$

Actualmente cuentan con un tanque de succión de 150 m³, por lo que se recomienda la elaboración de otro tanque en paralelo de 21.72 m³ para satisfacer el volumen de compensación.

3.4.3.5. Tanque de distribución

El volumen del tanque de distribución se debe considerar, según el INFOM, que debe estar entre un 25% y 40% del caudal medio diario.

Para el tanque de distribución del proyecto se consideró un 30%

$$V = 0.30 * \frac{7.95 \text{ L/s} * 86,400}{1000} = 206.064 \text{ m}^3$$

El proyecto cuenta con dos tanques de distribución, uno de 80 m³ y otro de 60 m³, por lo que es necesario un tanque en paralelo de 66.064 m³.

Se debe dimensionar tomando en cuenta la relación entre el ancho y el largo de 1:2 y se consideran 1.70 metros de altura del agua.

Tabla XXVII. Dimensiones de tanque de distribución

Volumen (V)	66.04 m ³
Área (A)	Ancho * largo
Altura (h)	1.70 m

Fuente: Elaboración propia.

$$V = A * h$$

$$66.04 \, m^3 = A * 1.70 \, m$$

$$A = \frac{66.04 \, m^3}{1.70 \, m} = 38.85 \, m^2$$

Considerando la relación 1:2,

$$A = a * 2a$$

$$A = 2a^2$$

$$38.85 \, m^2 = 2 \, a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{38.85}{2}} = 4.41 \, m$$

Por lo que las dimensiones son las siguientes:

$$\text{Ancho} = 4.41 \, m$$

$$\text{Largo} = 8.82 \, m$$

Por cuestiones de diseño las dimensiones del tanque serán las siguientes:

$$V = 4.50 \, m * 9.00 \, m * 1.70 \, m = 68.85 \, m^3$$

El diseño de la losa del tanque de distribución se realiza en base a las normas del Capítulo 13 del ACI.

W_c = peso específico del concreto, 2,400 kg/m³

f'_c = esfuerzo último del concreto, 210 kg/cm²

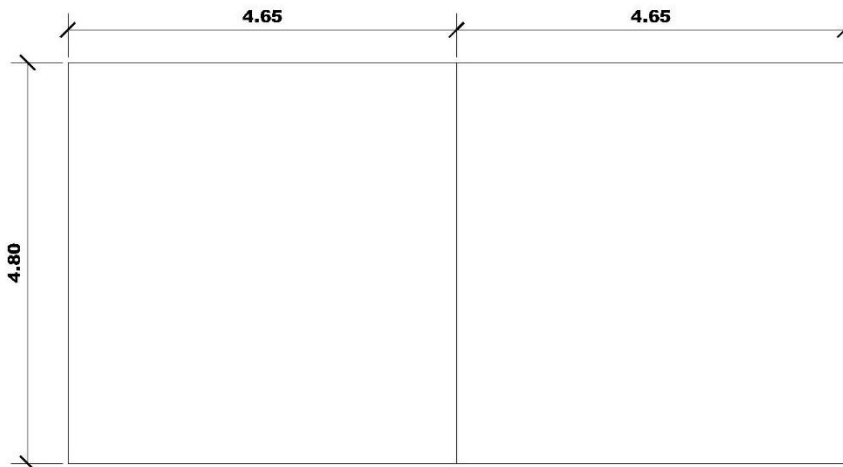
F_y = esfuerzo último del acero, 2,810 kg/cm²

- Dimensionamiento de losa: se utilizan las dimensiones propuestas de 4.50 X 9.00, más 0.30 m, por lado debido a que la losa se diseñará al eje de la viga de apoyo.

La luz es mayor de 5.00 m, por lo que debe dividirse en el sentido largo con una viga intermedia.

Las losas son simétricas, únicamente se procederá al diseño de una sola.

Figura 12. Dimensionamiento de losa



Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de espesor de losa -t-

$$a = \text{lado corto} = 4.65$$

$$b = \text{lado largo} = 4.80$$

$$t = \frac{a + b}{90}$$

$$t = \frac{4.65 + 4.80}{90} = 0.105$$

- Chequeo de reforzamiento en ambos sentidos

$$m = \frac{a}{b} \geq 0.50 \text{ losa reforzada en ambos sentidos}$$

$$m = \frac{a}{b} \leq 0.50 \text{ losa reforzada en un sentido}$$

$$m = \frac{4.65}{4.80} = 0.97 \geq 0.50$$

- Integración de cargas

- Carga muerta última -CMu-

La carga muerta está comprendida por el peso propio de la losa, más la sobrecarga, que para este caso se utilizará de 50 kg/m², como precaución el factor a utilizar será de 1.4.

$$CMu = 1.4(Wc * t + \text{sobrecarga})$$

$$CMu = 1.4(2,400 \frac{kg}{m^3} * 0.11 m + 50 \frac{kg}{m^2}) = 439.6 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva última -CVu-

Esta carga puede variar mucho, para este caso se considera de 100 kg/m². Se dificulta poder entrever esta carga, por lo que el factor a utilizar es de 1.7.

$$CVu = 1.7(CVu)$$

$$CVu = 1.7 \left(100 \frac{kg}{m^2} \right) = 170 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga última -CU-

Es la suma de la carga muerta con la carga viva.

$$CU = CMu + CVu$$

$$CU = 439.60 \frac{kg}{m^2} + 170 \frac{kg}{m^2} = 609.60 \frac{kg}{m^2}$$

- Momentos actuantes

Ambas losas tienen continuidad en el lado largo (b), por lo cual según el ACI es un Caso 6 (sólo un borde largo continuo, el resto discontinuos). Los coeficientes negativos y positivos debidos a las cargas viva y muerta se obtienen de las tablas de la American Concrete Institute –ACI-.

$$Ma(-) = Ca * Cu * a^2$$

$$Ma(-) = 0.075 * 609.60 \frac{kg}{m^2} * (4.65 m)^2 = 988.58 kg - m$$

$$Mb(-) = no\ existe$$

$$Ma(+) = Ca.Cm * CMu * a^2 + Ca.Cv * CVu * a^2$$

$$Ma (+) = \left[0.036 * 439.60 \frac{kg}{m^2} * (4.65 m)^2 \right] + \left[0.038 * 170 \frac{kg}{m^2} * (4.65 m)^2 \right]$$

$$Ma(+) = 481.87 kg - m$$

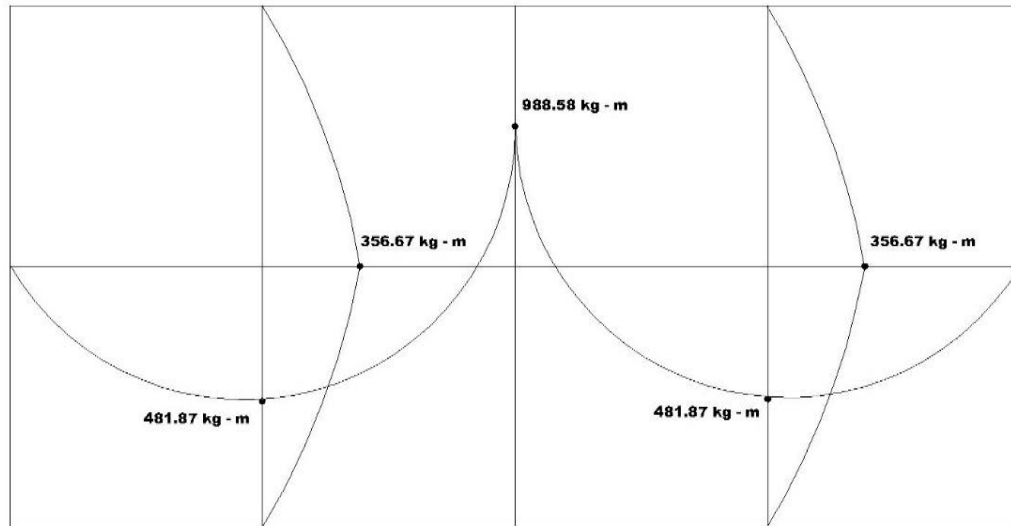
$$Mb(+) = Cb.Cm * CMu * b^2 + Cb.Cv * CVu * b^2$$

$$Mb (+) = \left[0.024 * 439.60 \frac{kg}{m^2} * (4.80 m)^2 \right] + \left[0.029 * 170 \frac{kg}{m^2} * (4.80 m)^2 \right]$$

$$Mb(+) = 356.67 kg - m$$

- Diagrama de momentos

Figura 13. Diagrama de momentos



Fuente: Elaboración propia.

No es necesario el balanceo de las losas ya que los momentos son los mismos en ambas.

- Cálculo del acero

La base (b) es de 1.00 m = 100.00 cm. El recubrimiento mínimo, recomendado por el ACI, es 2.50 cm. Asumiendo varillas de acero No. 3, con diámetro ($\emptyset$) 0.9525 cm y área de 0.71 cm², el peralte efectivo - d- será:

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

$$d = 11.00 \text{ cm} - 2.50 \text{ cm} - \frac{0.9525}{2} \text{ cm} = 8.02 \text{ cm}$$

- Acero mínimo

$$A_s \min = 0.40 * \left(\frac{14.1}{F_y} \right) * b * d$$

$$A_s \min = 0.40 * \left(\frac{14.1}{2,810} \right) * 100 * 8.02 = 1.61 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento -S min- para $A_s \min$

$$S \min = \frac{A_s \frac{3}{8}'' * b}{A_s \min}$$

$$S \min = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100.00}{1.61 \text{ cm}^2} = 44.10 \text{ cm}$$

El ACI indica que el espaciamento no debe exceder el triple del espesor de la losa

$$S \max = 3t$$

$$S \max = 3 * 13 \text{ cm} = 33.00 \text{ cm}$$

Por lo que el acero mínimo para un espaciamento de 33 cm es:

$$S \min = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100.00 \text{ cm}}{33.00 \text{ cm}} = 2.15 \text{ cm}^2$$

- Momento resistente -Mu- con $A_s \min$

$$Mu = 0.90 * \left[A_s \min * F_y * \left(d - \frac{A_s \min * F_y}{1.7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$Mu = 0.90 * \left[2.15 * 2810 * \left(8.02 - \frac{2.15 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right) \right] = 42,687.39 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$Mu = 426.87 \text{ Kg} - m$$

- Chequeo con los momentos de losa

El momento resistente con el acero mínimo debe ser mayor a los momentos de la losa.

$$Mu = 426.87 \text{ kg} - m < Ma(-) = 988.58 \text{ kg} - m, \quad \text{no chequea}$$

$$Mu = 426.87 \text{ kg} - m < Ma(+) = 356.67 \text{ kg} - m, \quad \text{no chequea}$$

$$Mu = 426.87 \text{ kg} - m > Mb(+) = 481.87 \text{ kg} - m, \quad \text{sí chequea}$$

Se debe calcular el área de acero requerida por el momento máximo, con la siguiente fórmula

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

$$As_{req} = \left[100.00 * 8.02 - \sqrt{(100 * 8.02)^2 - \frac{988.58 * 100.00}{0.003825 * 210}} \right] * 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right)$$

$$As_{req} = 5.13 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento requerido -S req-

Por uniformización del diseño, se utilizará S = 26.00 cm, para los momentos, lo cual representa el área de acero siguiente:

$$S_{req} = \frac{As \text{ 3/8" } * b}{S}$$

$$S_{req} = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{26 \text{ cm}} = 2.73 \text{ cm}^2$$

El momento resistente con $S = 26.00 \text{ cm}$ es

$$Mu = 0.90 * \left[As * Fy * \left(d - \frac{As * Fy}{1.7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$Mu = 0.90 * \left[2.73 * 2810 * \left(8.02 - \frac{2.73 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right) \right] = 53,887.86 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$Mu = 538.88 \text{ kg} - \text{m}$$

- Chequeo con momento $Ma(+)$ y $Mb(+)$

$$Mu = 538.88 \text{ kg} - \text{m} > Ma(+) = 356.67 \text{ kg} - \text{m}, \quad \text{si chequea}$$

$$Mu = 538.88 \text{ kg} - \text{m} > Mb(+) = 481.87 \text{ kg} - \text{m}, \quad \text{si chequea}$$

Tabla XXVIII. Áreas de acero y espaciamientos requeridos

Tipo de momento	Momento (kg-m)	Losa t (cm)	Peralte efectivo d (cm)	As req (cm ²)	S max (cm)
a (-)	988.58	11.00	8.02	5.13	13.00
a (+)	356.67	11.00	8.02	2.73	26.00
b (+)	481.87	11.00	8.02	2.73	26.00

Fuente: Elaboración propia.

- Verificación por corte -V-
- Corte máximo actuante

$$V_{act} = \frac{C_u * L}{2}$$

En el sentido largo –b- se da el corte máximo actuante, por lo cual se utiliza $L = 4.80 \text{ m}$

$$V_{act} = \frac{609.60 * 4.80}{2} = 1,493.52 \text{ kg} - m$$

- Corte máximo resistente

$$V_{res} = 45 * \sqrt{f'c} * t$$

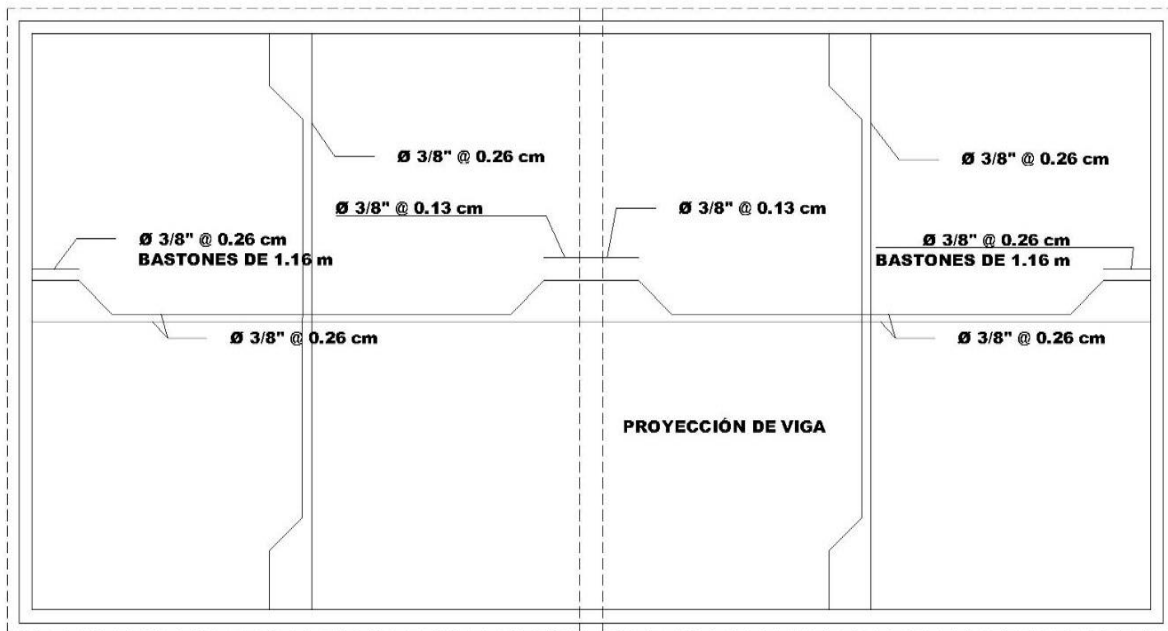
$$V_{res} = 45 * \sqrt{210} * 11.00 = 7,173.23 \text{ kg}$$

$$V_{res} > V_{act}$$

$$7,123.73 \text{ kg} - m > 1,493.52 \text{ kg} - m, \quad \text{si chequea}$$

- Armado final de losa

Figura 14. Armado final de losa



Fuente: Elaboración propia.

- Diseño viga

En el diseño de la viga utilizan las normas de la ACI de los capítulos 10, 11 y 13.

- Pre-dimensionamiento: depende la longitud de la viga, la cual en este caso es de 4.50 metros.

$$Altura = \frac{L}{16} = \frac{4.80}{16} = 0.30 \text{ m}$$

$$H = 8\% * luz libre$$

$$H = 0.08 * 4.65 \text{ m} = 0.37 \text{ m}$$

$$H_{prom} = \frac{0.37 + 0.30}{2} = 0.34 \text{ m}$$

$$base = \frac{H}{2} = \frac{0.34 \text{ m}}{2} = 0.17 \text{ m}$$

Para no tener complicaciones en armado y encofrado se propone que la viga sea de $H = 0.35 \text{ m}$ y $b = 0.20 \text{ m}$

- Peralte efectivo

Según el ACI, para vigas, recomienda un recubrimiento de 4 cm. El número de varilla a utilizar es No. 4, por lo que el peralte efectivo es:

$$d = H - rec - \frac{\phi}{2}$$

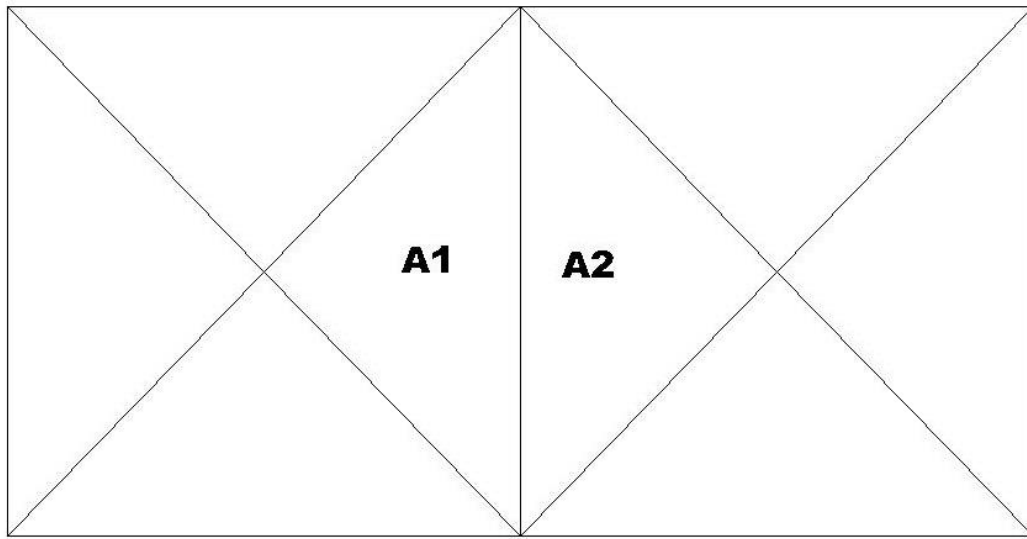
$$d = 35 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - \frac{1.27 \text{ cm}}{2} = 30.40 \text{ cm}$$

- Área tributaria

Paredes (1996)

El área tributaria de dos elementos portantes se separa por la bisectrices de los ángulos que éstos forman. Es decir, que las áreas tributarias en elemento (vigas) que trabajan en dos sentidos tendrán forma trapezoidal en dirección al lado más largo del elemento analizado y forma triangular en el sentido corto de dicho elemento. Cuando las losas son simétricas las áreas tributarias de las vigas serán triángulos (p. 26).

Figura 15. Área tributaria



Fuente: Elaboración propia.

$$A1 = \frac{1}{4} * Largo * ancho$$

$$A1 = \frac{1}{4} * 4.80 * 4.65 = 5.58 m^2$$

$$A1 = A2$$

$$\text{Área total} = 5.58 + 5.58 = 11.16 m^2$$

- Peso de losa sobre la viga

$$W_{losa} = \frac{Cu * A_{total}}{L}$$

$$W_{losa} = \frac{609.60 kg/m^2 * 11.16 m^2}{4.80 m} = 1,417.32 kg/m$$

- Peso propio de la viga

$$Wviga = 1.4 * (b * H * 2400 kg/m^3)$$

$$Wviga = 1.4 * \left(0.20 m * 0.3040 m * 2,400 \frac{kg}{m^3} \right) = 204.29 kg/m$$

- Carga total

$$Ct = Wlosa + Wviga$$

$$Ct = 1,417.32 kg/m + 204.29 kg/m = 1,621.61 kg/m$$

- Momento actuante

$$M(+) = \frac{Ct * L^2}{8}$$

$$M(+) = \frac{1,621.61 kg/m * 4.80^2}{8} = 4,670.24 kg - m$$

- Acero requerido (As req):

$$As req = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Ma(+) * b}{0.003825 * f'c}} \right] * .85 * \left(\frac{f'c}{Fy} \right)$$

$$\begin{aligned} As req &= \left[20 * 30.40 - \sqrt{(20 * 30.40)^2 - \frac{4,670.24 * 20}{0.003825 * 210}} \right] * .85 * \left(\frac{210}{2810} \right) \\ &= 6.65 cm^2 \end{aligned}$$

- Acero máximo -As máx-:

$$As_{max} = 0.5 * \left[\frac{(0.85)^2 * f'_c}{F_y} \right] * \left[\frac{6090}{F_y + 6090} \right] * b * d$$

$$As_{max} = 0.5 * \left[\frac{(0.85)^2 * 210}{2810} \right] * \left[\frac{6090}{2810 + 6090} \right] * 20 * 30.40 = 11.23 \text{ cm}^2$$

- Acero mínimo -As min-:

$$As_{min} = 0.40 * \left(\frac{14.1}{F_y} \right) * b * d$$

$$As_{min} = 0.40 * \left(\frac{14.1}{2810} \right) * 20 * 30.40 = 1.22 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} < As_{req} < As_{máx},$$

$$1.22 \text{ cm}^2 < 6.65 \text{ cm}^2 < 11.23 \text{ cm}^2, \quad \text{si chequea}$$

- Refuerzo por corte

El corte actuante es igual al corte último debido a que el área de acero fue calculada con la carga última.

$$V_{act} = V_u = \frac{Ct * L}{2}$$

$$V_u = \frac{1,621.61 \text{ kg/m} * 4.80 \text{ m}}{2} = 3,891.86 \text{ kg}$$

- Cálculo de espaciamiento:

$$S = \frac{2 * 0.85 * A_s \text{ 1/2" } * F_y * d}{V_{act}}$$

$$S = \frac{2 * 0.85 * 1.27 \text{ cm}^2 * 2810 \text{ kg/cm}^2 * 30.40 \text{ cm}^2}{3,891.86 \text{ kg}} = 47.39 \text{ cm}$$

- Espaciamiento máximo -S máx-:

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

$$S_{max} = \frac{30.40 \text{ cm}}{2} = 15.2 \text{ cm}$$

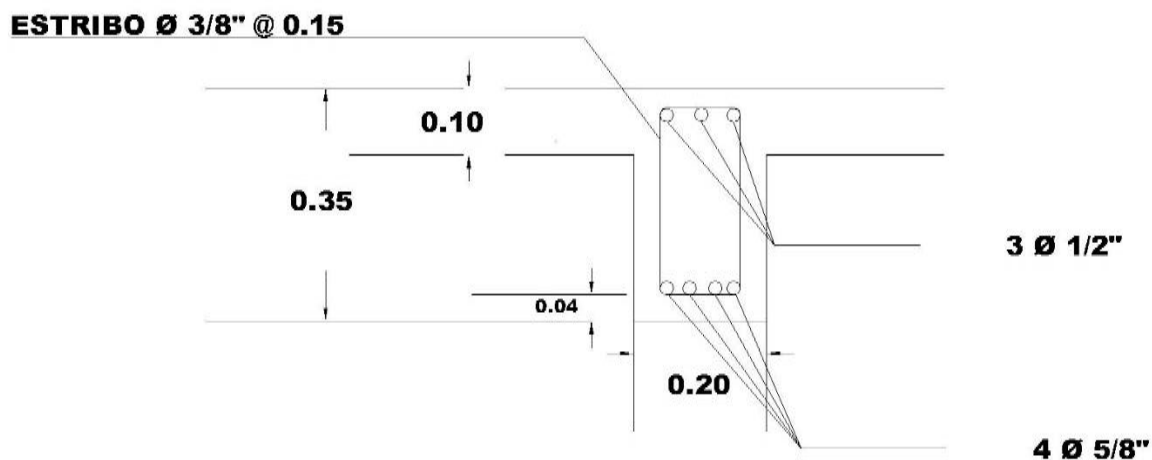
Para facilitar el proceso constructivo se debe utilizar Smax de 15.00 cm.

Tabla XXIX. Áreas de acero corrugado

No. de varilla	Ø nominal	Área (cm ²)
3	3/8	0.71
4	1/2	1.27
5	5/8	1.98

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Armado final de viga



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXX. Sumatoria de áreas de acero

No. de varilla	Área (cm ²)	Cantidad de varillas	Σ áreas de acero
4	1.27	3	3.81 cm ²
5	1.98	4	7.92 cm ²
Total			11.73 cm²

Fuente: Elaboración propia.

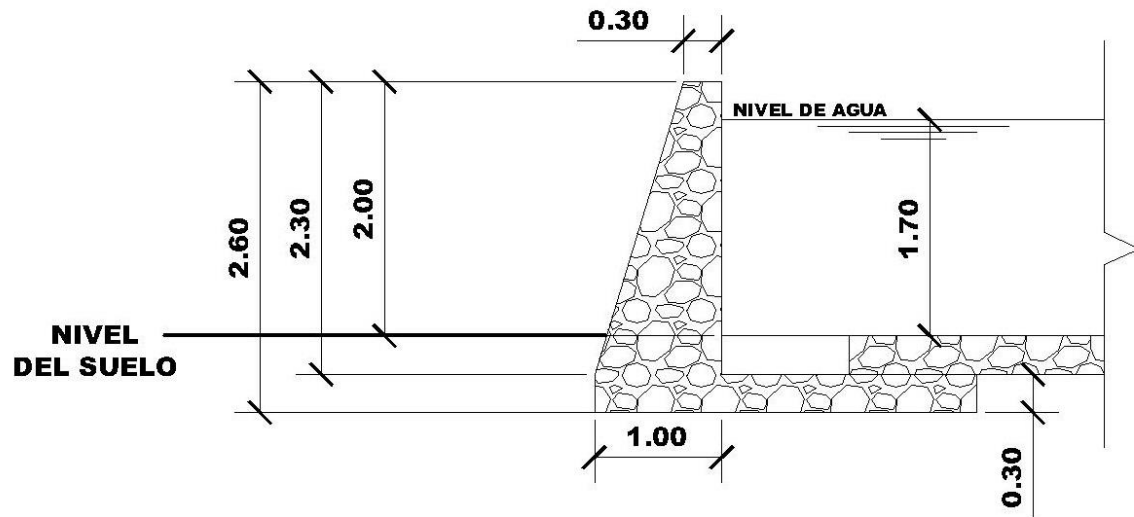
El armado propuesto cumple con el área de acero requerido para la viga.

- Diseño de muro

El diseño del muro se realiza según las normas del INFOM y de las normas ACI, capítulo 14.

Para el diseño del muro se proponen las siguientes medidas para realizar el chequeo de las mismas.

Figura 17. Medidas de muro de tanque de distribución



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXI. Diseño tanque de distribución

Peso específico del concreto, Wc	2,400 kg / m ³
Peso específico del agua, Wa	1,000 kg / m ³
Peso específico del suelo, Ws	1,400 kg / m ³
Angulo de fricción interna, Ø	30°
Valor soporte del suelo, Vs	20 ton / m ²
Altura de nivel del agua, H	1.70 m
Base, B	1.00 m
Base corona, b	0.30 m
Desplante, h	0.30 m

Fuente: Elaboración propia.

No se realizó estudios de suelos por lo que el valor de soporte del suelo que se consideró fue tomando en cuenta que se presentan suelos arcillosos

- Empuje activo –Pa-

$$Pa = \frac{1}{2} * Wa * H^2$$

$$Pa = \frac{1}{2} * 1,000 \frac{kg}{m^3} * (1.70m)^2 = 1,445.00 \frac{kg}{m}$$

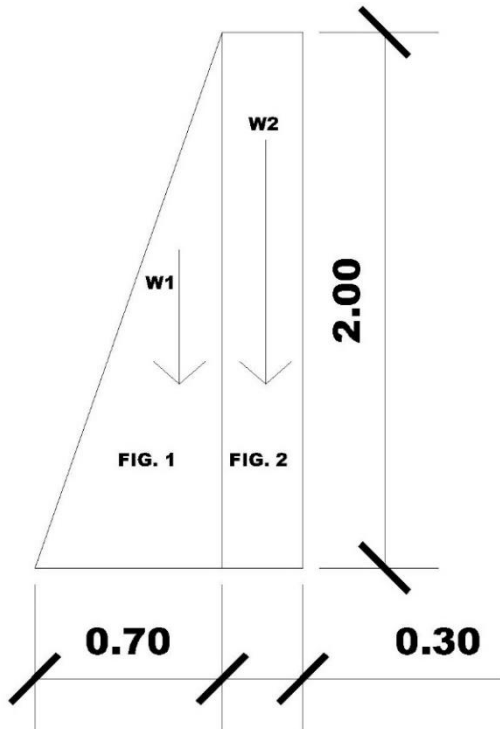
- Empuje pasivo -Pp-

$$Pp = \frac{1}{2} * Ws * h^2 * \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right)$$

$$Pp = \frac{1}{2} * 1,400 \frac{kg}{m^3} * (0.30 m)^2 * \left(\frac{1 + \sin 30^\circ}{1 - \sin 30^\circ} \right) = 189.00 \frac{kg}{m}$$

- Momentos actuantes

Figura 18. Cargas en los elementos del muro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXII. Sumatoria de momentos

Figura	Área (m ²)	Wc (Kg/m ³)	W (Kg/m)	Brazo (m)	Mact (kg-m)
1	0.70	2,400.00	1,680.00	$2/3 * 0.70 = 0.47$	789.60
2	0.60	2,400.00	1,440.00	$0.70 + 0.30 / 2 = 0.85$	1,224.00
		ΣW	3,120.00	$\Sigma Mact$	2,013.60

Fuente: Elaboración propia.

- Momentos al pie del muro

$$Ma = Pa * \frac{H}{3}$$

$$Ma = 1,445 \frac{kg}{m} * \frac{1.70 m}{3} = 818.83 kg - m$$

$$Mp = Pp * \frac{h}{3}$$

$$Mp = 189.00 \frac{kg}{m} * \frac{0.30 m}{3} = 18.90 kg - m$$

- Chequeo por estabilidad de volteo -Fsv-

$$Fsv > 1.50, \text{ chequeo}$$

$$Fsv = \frac{Mp + \Sigma Mact}{Ma}$$

$$Fsv = \frac{18.90 kg - m + 2,013.60 k - m}{818.83 kg - m} = 2.48$$

$$2.48 > 1.50, \quad Si \text{ chequea}$$

- Chequeo por estabilidad contra deslizamiento -Fsd-

$$Fsd > 1.50, \text{ chequeo}$$

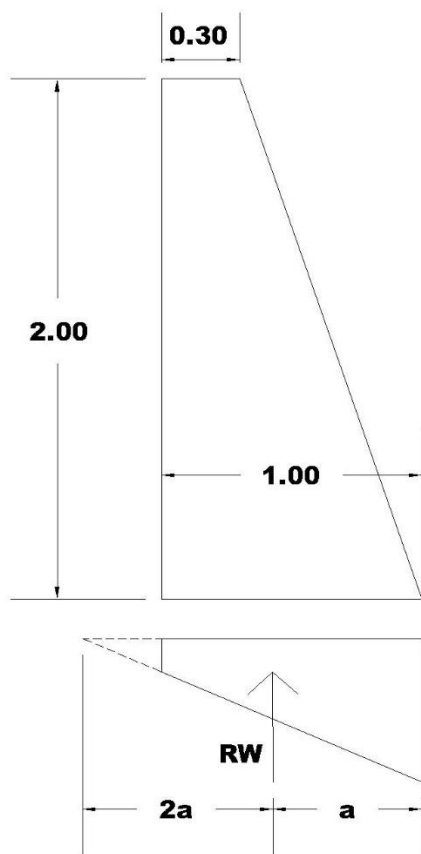
$$Fsd = \frac{Pp + (0.70 * \Sigma W)}{Pa}$$

$$Fsd = \frac{189.00 \frac{kg}{m} + (0.70 * 3,120.00 \frac{kg}{m})}{1445.00 kg/m} = 1.64$$

$$1.64 > 1.50, \quad Si \text{ chequea}$$

- Chequeo de presión máxima (Pmáx) bajo la base del muro

Figura 19. Punto de presión bajo el suelo del muro



Fuente: Elaboración propia

$$Excentricidad = e = \frac{L}{2} - a$$

$$a = \frac{\Sigma Mo}{W} = \frac{Mp + \Sigma Mact - Ma}{\Sigma W}$$

$$a = \frac{(18.90 \text{ kg} - m) + (2,013.60 \text{ kg} - m) - (818.83 \text{ kg} - m)}{3,120.00 \text{ kg/m}} = 0.39 \text{ m}$$

$$3a = 3 * 0.39 \text{ m} = 1.17 \text{ m}$$

$1.17 \text{ m} > L = 1.00 \text{ m}$, por lo que no existen presiones negativas

$$e = \frac{1.00 \text{ m}}{2} - 0.39 \text{ m} = 0.11 \text{ m}$$

- Presiones en el terreno

$$S = \text{módulo de sección por metro} = \frac{1}{6} * B * L^2$$

$$S = \frac{1}{6} * 1.00 \text{ m} * (1.00 \text{ m})^2 = 0.17 \text{ m}^3 - \text{m}$$

$$q = \frac{W}{L} \pm \frac{W * e}{S}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{3120.00 \text{ kg/m}}{1.00 \text{ m}} + \frac{3120.00 \text{ kg/m} * 0.11}{0.17 \text{ m}^3 - \text{m}} = 5,138.82 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{3120.00 \text{ kg/m}}{1.00 \text{ m}} - \frac{3120.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 0.11}{0.17 \text{ m}^3 - \text{m}} = 1,101.18 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{max}} = 5,138.82 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < V_s = 20,000.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}, \quad \text{si chequea}$$

$$q_{\text{min}} = 1,101.18 \text{ kg/m}^2 > 0, \quad \text{si chequea}$$

Habiendo revisado todos los aspectos del muro y cumpliendo con factores de seguridad, se concluye que las dimensiones que se dieron están correctas.

Altura = 2.00 m

Base = 1.00 m

Espesor = 0.30 m

3.5. Sistema de desinfección

La importancia de agregar cloro como desinfectante, ha fomentado el diseño y construcción de aparatos y sistemas de dosificadores. Entre éstos están los llamados hipocloradores, que utilizan como sistema de desinfección.

Los tanques de distribución, que actualmente se encuentran en funcionamiento, cuentan con sistema de desinfección por medio de cloración, el cual es diluido en los tanques por medio de goteo.

Se propone utilizar tabletas de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ con 65% de ingredientes activos.

Según la norma COGUANOR 29001, la cantidad mínima de cloro que se debe aplicar al agua es de 2 ppm, es decir 2 gramos de cloro por metro cúbico de agua. El flujo de cloro en gr/hora se calcula con la siguiente fórmula.

$$Fc = Qm * Dc$$

Donde:

Fc = flujo de cloro (gr/hora)

Qm = caudal medio (L/hora)

Dc = demanda de cloro (gr/L)

- Flujo de cloro para casco urbano de Olopa, se realiza la conversión

$$Qm = 7.20L/s * \frac{3600 s}{1 hora}$$

$$Qm = 25,920.00 L/hora$$

Es necesario la conversión de los gramos necesarios por metro cúbico a litro.

$$2gr/m^3 = \frac{1m^3}{1,000 L} = 0.002 gr/L$$

$$Fc = 25,920.00 L/hora * 0.002 gr/L = 51.84 gr/hora$$

Se calcula los gramos necesarios en el mes, por lo que se hace la conversión:

$$51.84 \frac{gr}{hora} * \frac{720 horas}{1 mes} = 37,324.80 gr/mes$$

El hipoclorito se comercializa en tabletas de 300 gr. Por lo que el número necesario al mes es de 124.42.

El modo de administrar las tabletas será por medio de hipocloradores que se construirán sobre los tanques de distribución.

3.6. Elaboración de planos

A continuación se presenta el listado de los planos constructivos, los cuales se encuentran en los apéndices.

1. Planta y perfil línea de conducción.
2. Planta y perfil línea de línea de bombeo
3. Planta y perfil línea de distribución 1.
4. Planta y perfil línea de distribución 2.
5. Plano acotado y plano de losa más detalles de tanque de distribución.
6. Secciones de tanque de distribución.
7. Captación.
8. Caja para válvulas.
9. Caseta de bombeo.
10. Conexión predial.
11. Hipoclorador.
12. Caja rompe presión.

3.7. Elaboración de presupuesto

El proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua de cabecera municipal tiene un costo total de ejecución de Q. 1, 308,039.73 (Un millón trescientos ocho mil treinta y nueve quetzales con 73/100), con precios actualizados del año 2015.

Tabla XXXI. Resumen del presupuesto por renglón

RESUMEN DE PRESUPUESTO					
No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Captación	Unidad	1.00	Q 37,462.04	Q 37,462.04
2	Línea de conducción	m	720.00	Q 359.93	Q 259,146.86
3	Equipo de bombeo	Unidad	1.00	Q110,880.00	Q 110,880.00
4	Línea de bombeo	m	822.00	Q 463.98	Q 381,391.85
5	Tanque de distribución	Unidad	1.00	Q138,940.30	Q 138,940.30
6	Linea de distribución	m	2,532.00	Q 86.72	Q 219,567.60
7	Caja rompe presión	Unidad	1.00	Q 12,965.08	Q 12,965.08
8	Hipoclorador	Unidad	3.00	Q 5,822.13	Q 17,466.40
9	Caseta de bombeo	m ²	4.10	Q 10,245.32	Q 42,005.80
10	Conexiones domiciliarias	Unidad	42.00	Q 1,729.23	Q 72,627.60
11	Válvula de compuerta	Unidad	3.00	Q 5,195.40	Q 15,586.20
			TOTAL	Q	1,308,039.73

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Cuantificación de materiales

Tabla XXXIV. Cuantificación de materiales

Cuantificación de materiales		
Materiales	Cantidad	Unidad
Acero liso diam. 1/4" grado 40	256	Varilla
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	438	Varilla
Acero corrugado diam. 1/2" grado 40	8	Varilla
Acero corrugado diam. 5/8" grado 40	5	Varilla
Adaptador macho PVC diam. 1/2"	3	Unidad
Adaptador macho PVC diam. 6"	2	Unidad
Adaptador macho PVC diam. 1/2"	84	Unidad
Adaptador hembra PVC diam. 1/2"	84	Unidad
Alambre de amarre	119	Lb
Alambre THW cal. 12	14	m

Arena de río	43	m ³
Armadura doble de baquelita	1	Unidad
Block de 0.15X0.20X0.40 m.	175	Unidad
Bombilla ahorradora de 60 watts	1	Unidad
Candado 50 mm	13	Unidad
Cemento solvente	2	Galón
Cemento UGC	522	Saco
Clavos	162	Lb
Codo de 45° diam. 1 1/2" PVC	5	Unidad
Codo de 45° diam. 1/2" PVC	4	Unidad
Codo de 45° diam. 4" PVC	15	Unidad
Codo de 45° diam. 6" HG	2	Unidad
Codo de 90° diam. 1 1/2" PVC	8	Unidad
Codo de 90° diam. 1/2" PVC	42	Unidad
Codo de 90° diam. 1/2" PVC con rosca	42	Unidad
Codo de 90° diam. 4" PVC	2	Unidad
Contador diam. 1/2" Br	42	Unidad
Copla diam. 1/2" HG	42	Unidad
Chorro diam. 1/2" Br	42	Unidad
Caja rectangular para empotrar	1	Unidad
Caja octagonal	1	Unidad
Interruptor sencillo de doble baquelita	1	Unidad
Ladrillo tayuyo de 0.065X0.11X0.23 m	50	Unidad
Madera rústica	1,250	Pie-tabla
Pichacha PVC diam 4 "	1	Unidad
Piedra bola	50	m ³
Piedrín triturado	37	m ³

Poliducto diam 1/2"	7	m
Poliducto diam 1/4"	5	m
Puerta metálica	1	Unidad
Plafonera	1	Unidad
Reductor bushing liso de 1 /12" a 1" diam. PVC	1	Unidad
Tee de diam. 1 1/2" PVC	1	Unidad
Tee reductora de diam. 1 1/2" a 1/2" PVC	31	Unidad
Tee reductora de diam. 1" a 1/2" PVC	11	Unidad
Tubería diam. 4" PVC 125 PSI	2	Unidad
Tubería diam. 4" PVC 160 PSI	87	Unidad
Tubería diam. 1/2" PVC 315 PSI	84	Unidad
Tubería diam. 6" PVC 160 PSI	35	Unidad
Tubería diam. 1 1/4" PVC 160 PSI	76	Unidad
Tubería diam. 1" PVC 160 PSI	64	Unidad
Tubería diam. 2" PVC 160 PSI	336	Unidad
Tubería diam. 5" HG 700 PSI	137	Unidad
Tubo conduit galvanizado de 1 1/4"	1	Unidad
Válvula de aire	8	Unidad
Válvula de compuerta de diam. 1/2" Br	45	Unidad
Válvula de compuerta de diam. 1 1/2" Br	2	Unidad
Válvula de compuerta de diam. 1" Br	1	Unidad
Válvula de compuerta de diam. 4" Br	1	Unidad
Válvula de compuerta de diam. 8" HG	2	Unidad
Válvula de limpieza	4	Unidad

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2. Integración de costos unitarios

Tabla XXXV. Captación

Captación			Cantidad	1	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Cemento UGC	Saco	78	Q 85.00	Q 6,630.00	
Arena de río	m³	11	Q 200.00	Q 2,200.00	
Piedrin	m³	8	Q 250.00	Q 2,000.00	
Piedra bola	m³	7	Q 150.00	Q 1,050.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	varilla	85	Q 32.00	Q 2,720.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40	varilla	54	Q 14.00	Q 756.00	
Alambre de amarre	Lb	10	Q 7.00	Q 70.00	
Madera	Pie-tabla	350	Q 6.00	Q 2,100.00	
Clavo	Lb	10	Q 7.00	Q 70.00	
Candado 50mm	unidad	2	Q 50.00	Q 100.00	
Tuberia PVC , diam . 4" 125 PSI drenaje	Unidad	1	Q 180.00	Q 180.00	
Codo 90° PVC diam 4" para drenaje	Unidad	1	Q 32.60	Q 32.60	
Adaptador macho PVC , diame 4"	Unidad	2	Q 45.00	Q 90.00	
Cemento solvente	Galón	1	Q 500.00	Q 500.00	
Tuberia PVC, diám. 6" 160 psi	Unidad	1	Q 1,420.00	Q 1,420.00	
Válvula de compuerta diam. 6" Br	Unidad	1	Q 1,730.00	Q 1,730.00	
Pichacha PVC diam 6"	Unidad	1	Q 800.00	Q 800.00	
Palas	Unidad	5	Q 60.00	Q 300.00	
Piochas	Unidad	3	Q 75.00	Q 225.00	
Martillo	Unidad	1	Q 45.00	Q 45.00	
Transporte materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total materiales					Q 24,768.60
Mano de obra					
Excavación	m³	3	Q 80.00	Q 240.00	
Muro de concreto ciclópeo	m³	2	Q 400.00	Q 800.00	
Losa de concreto de concreto reforzado	m²	4	Q 200.00	Q 800.00	
Tapadera de concreto reforzado	Unidad	1	Q 150.00	Q 150.00	
Total mano de obra					Q 1,990.00
Total					Q 26,758.60
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	24,768.60			
Mano de obra	Q	1,990.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	2,675.86			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	2,675.86			
Imprevistos 5%	Q	1,337.93			
Utilidad 15%	Q	4,013.79			
TOTAL	Q	37,462.04			
Precio unitario	Q	37,462.04			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXVI. Línea de conducción

Línea de conducción			Cantidad	720.00	m
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Tubería PVC diámetro 6", 160 psi	unidad	35	Q 1,420.00	Q 49,700.00	
Tubería PVC diámetro 4", 160 psi	Unidad	87	Q 655.00	Q 56,985.00	
Cemento solvente	Galón	1	Q 500.00	Q 500.00	
Codo 90° PVC diámetro 4" 160 psi	Unidad	2	Q 98.20	Q 196.40	
Codo 45° PVC diámetro 4" 160 psi	unidad	15	Q 125.90	Q 1,888.50	
Tranporte de materiales	Global	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00	
Palas	Unidad	8	Q 60.00	Q 480.00	
Piochas	Unidad	10	Q 75.00	Q 750.00	
Barreta de 5´	Unidad	3	Q 185.00	Q 555.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total materiales					Q 114,304.90
Mano de obra					
Excavación	m	720	Q 80.00	Q 57,600.00	
Colocación de tubería	Unidad	120	Q 20.00	Q 2,400.00	
Relleno	m	720	Q 15.00	Q 10,800.00	
Total mano de obra					Q 70,800.00
Total					Q 185,104.90
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q 114,304.90				
Mano de obra	Q 70,800.00				
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q 18,510.49				
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q 18,510.49				
Imprevistos 5%	Q 9,255.25				
Utilidad 15%	Q 27,765.74				
TOTAL	Q 259,146.86				
Precio unitario	Q 359.93				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXVII. Equipo de bombeo

Equipo de bombeo			Cantidad	1.00	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales y equipo					
Bomba centrífuga marca Berkeley 35 HP460V 3F	Unidad	1	Q 40,000.00	Q 40,000.00	
Panel de control con protector de fase arrancador magnético 3X90 Amp. Luz piloto y selector	Unidad	1	Q 5,000.00	Q 5,000.00	
Brida de succión	Unidad	1	Q 2,700.00	Q 2,700.00	
Electrodos	Unidad	3	Q 200.00	Q 600.00	
Guarda nivel de electrodos	Unidad	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00	
Cheque de paso de 5" Ø Flomatic	Unidad	1	Q 3,500.00	Q 3,500.00	
Cinta Scotch	Unidad	1	Q 150.00	Q 150.00	
Transporte de materiales y equipo	Km	205	Q 50.00	Q 10,250.00	
Total materiales					Q 63,700.00
Mano de Obra					
Instalación de equipo eléctrico y armado de tableros	Unidad	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00	
Instalación hidráulica y empalmes	Unidad	1	Q 7,500.00	Q 7,500.00	
Total mano de obra					Q 15,500.00
Total					Q 79,200.00
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales y equipo	Q 63,700.00				
Mano de Obra	Q 15,500.00				
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q 7,920.00				
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q 7,920.00				
Imprevistos 5%	Q 3,960.00				
Utilidad 15%	Q 11,880.00				
TOTAL	Q 110,880.00				
Precio unitario	Q 110,880.00				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Línea de bombeo

Línea de bombeo			Cantidad	822.00	m
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Tubería HG, diametro de 5"	Unidad	137	Q 1,508.75	Q 206,698.75	
Codo a 45° diametro de 5" HG	Unidad	20	Q 780.00	Q 15,600.00	
Cemento UGC	Saco	44	Q 85.00	Q 3,740.00	
Arena de río	m³	3	Q 200.00	Q 600.00	
Piedrín de 3/4"	m³	3	Q 250.00	Q 750.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	110	Q 32.00	Q 3,520.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40	Varilla	46	Q 14.00	Q 644.00	
Madera	Pie-tabla	250	Q 6.00	Q 1,500.00	
Alambre de amarre	lb	10	Q 7.00	Q 70.00	
Clavo	lb	10	Q 7.00	Q 70.00	
Palas	Unidad	8	Q 60.00	Q 480.00	
Piochas	Unidad	10	Q 75.00	Q 750.00	
Barreta de 5´	Unidad	3	Q 185.00	Q 555.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 236,727.75
Mano de obra					
Colocación de tubería	Unidad	137	Q 50.00	Q 6,850.00	
Excavación	m³	8	Q 80.00	Q 640.00	
Relleno	m³	8	Q 15.00	Q 120.00	
Armado de anclaje	Unidad	137	Q 150.00	Q 20,550.00	
Encofrado de anclaje	Unidad	137	Q 40.00	Q 5,480.00	
Desencofrado de anclaje	Unidad	137	Q 15.00	Q 2,055.00	
Total de mano de obra					Q 35,695.00
Total					Q 272,422.75
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q 236,727.75				
Mano de obra	Q 35,695.00				
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q 27,242.28				
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q 27,242.28				
Imprevistos 5%	Q 13,621.14				
Utilidad 15%	Q 40,863.41				
TOTAL	Q 381,391.85				
Precio unitario	Q 463.98				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXXIX. Tanque de distribución

Tanque de distribución				1	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Cemento UGC	Saco	338	Q 85.00	Q 28,730.00	
Arena de río	m ³	21	Q 200.00	Q 4,200.00	
Piedrin triturado	m ³	19	Q 250.00	Q 4,750.00	
Piedra bola	m ³	41	Q 150.00	Q 6,150.00	
Clavos	Lb	115	Q 7.00	Q 805.00	
Alambre de amarre	Lb	87	Q 7.00	Q 609.00	
Madera	Pie-tabla	1250	Q 6.00	Q 7,500.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	189	Q 32.00	Q 6,048.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40	Varilla	120	Q 14.00	Q 1,680.00	
Acero corrugado diam. 1/2" grado 40	Varilla	8	Q 43.00	Q 344.00	
Acero corrugado diam. 5/8" grado 40	Varilla	5	Q 66.00	Q 330.00	
Tubo HG diam. 5" 700 PSI	Unidad	2	Q 1,508.75	Q 3,017.50	
Codo HG 45° diam. 6"	Unidad	2	Q 840.00	Q 1,680.00	
Niple HG diam. 6" 0.30 m	Unidad	1	Q 2,053.33	Q 2,053.33	
Tubo PVC diam 4" 125 PSI	Unidad	1	Q 180.00	Q 180.00	
Codo PVC diam. 4" 90°	Unidad	1	Q 68.40	Q 68.40	
Adaptador macho PVC diam. 5"	Unidad	2	Q 338.00	Q 676.00	
Válvula de compuerta diam. 5"	Unidad	2	Q 1,730.00	Q 3,460.00	
Candado 50 mm	Unidad	4	Q 50.00	Q 200.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 74,231.23
Mano de obra					
Excavación	m ³	50	Q 80.00	Q 4,000.00	
Muro de concreto ciclópeo	m ³	8	Q 400.00	Q 3,200.00	
Viga de concreto reforzado	ml	18.9	Q 150.00	Q 2,835.00	
Losa de concreto reforzado	m ²	45	Q 200.00	Q 9,000.00	
Repello y cernido del muro	m ²	85	Q 60.00	Q 5,100.00	
Total de mano de obra					Q 24,135.00
Total					Q 98,366.23
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	74,231.23			
Mano de obra	Q	24,135.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	9,836.62			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	9,836.62			
Imprevistos 5%	Q	4,918.31			
Utilidad 15%	Q	14,754.93			
TOTAL	Q	137,712.72			
PRECIO UNITARIO	Q	137,712.72			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XL. Línea de distribución

Línea de distribución			Cantidad	2,532.00	m
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Tubería PVC diam. 1" 160 PSI	Unidad	64	Q 71.00	Q 4,544.00	
Tubería PVC diam. 1 1/4" 160 PSI	Unidad	64	Q 90.00	Q 5,760.00	
Tubería PVC diam. 2" 160 PSI	Unidad	336	Q 182.00	Q 61,152.00	
Cemento solvente	Galon	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
Reductor bushing liso de 2" a 1" diam. PVC	Unidad	2	Q 11.60	Q 23.20	
Tee de diam. 2" PVC	Unidad	1	Q 53.70	Q 53.70	
Codo 90° diam 1" PVC	Unidad	2	Q 7.30	Q 14.60	
Codo 45° diam. 1" PVC	Unidad	5	Q 10.30	Q 51.50	
Pala	Unidad	8	Q 60.00	Q 480.00	
Piocha	Unidad	12	Q 75.00	Q 900.00	
Barreta de 5´	Unidad	3	Q 185.00	Q 555.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 74,534.00
Mano de obra					
Colocación de tubería	Unidad	420	Q 15.00	Q 6,300.00	
Excavación	m³	800	Q 80.00	Q 64,000.00	
Relleno	m³	800	Q 15.00	Q 12,000.00	
Total de mano de obra					Q 82,300.00
Total					Q 156,834.00
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	74,534.00			
Mano de obra	Q	82,300.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	15,683.40			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	15,683.40			
Imprevistos 5%	Q	7,841.70			
Utilidad 15%	Q	23,525.10			
TOTAL	Q	219,567.60			
Precio unitario	Q	86.72			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLI. Caja rompe presión

Caja rompe presión			Cantidad	1.00	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Cemento UGC	Saco	11	Q 85.00	Q 935.00	
Arena de río	m³	1	Q 200.00	Q 200.00	
Piedrín triturado	m³	1	Q 250.00	Q 250.00	
Piedra bola	m³	1	Q 150.00	Q 150.00	
Madera rústica	Pie tabla	25	Q 6.00	Q 150.00	
Clavos	Lb	2	Q 7.00	Q 14.00	
Alambre de amarre	Lb	2	Q 7.00	Q 14.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	5	Q 32.00	Q 160.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40	Varilla	2	Q 14.00	Q 28.00	
Válvula de compuerta diam. 2" Br	Unidad	1	Q 280.00	Q 280.00	
Adaptador macho 2" Ø PVC	Unidad	2	Q 11.90	Q 23.80	
Adaptador hembra 2" Ø PVC	Unidad	1	Q 10.10	Q 10.10	
Pichacha 2" de Br.	Unidad	1	Q 100.00	Q 100.00	
Tubo de diam. 2" PVC 160 PSI	Unidad	1	Q 182.00	Q 182.00	
Tee de diam. 2" PVC	Unidad	1	Q 22.10	Q 22.10	
Codo 90° diam. 2" PVC	Unidad	3	Q 15.90	Q 47.70	
Candado	Unidad	1	Q 50.00	Q 50.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 4,366.70
Mano de obra					
Muro de concreto ciclópeo	m³	2	Q 400.00	Q 800.00	
Losa de concreto reforzado	m²	3	Q 200.00	Q 600.00	
Tapadera de losa de concreto reforzado	Unidad	1	Q 200.00	Q 200.00	
Instalación de valvulas y accesorios	Unidad	1	Q 175.00	Q 175.00	
Total de mano de obra					Q 1,775.00
Total					Q 6,141.70
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	4,366.70			
Mano de obra	Q	6,141.70			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	614.17			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	614.17			
Imprevistos 5%	Q	307.09			
Utilidad 15%	Q	921.26			
TOTAL	Q	12,965.08			
Precio unitario	Q	12,965.08			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLII. Hipoclorador

Hipoclorador			Cantidad	3.00	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	17	Q 32.00	Q 544.00	
Cemento UGC	Saco	27	Q 85.00	Q 2,295.00	
Arena de río	m ³	1	Q 200.00	Q 200.00	
Piedrin triturado	m ³	1	Q 250.00	Q 250.00	
Clavos	Lb	8	Q 7.00	Q 56.00	
Alambre de amarre	Lb	8	Q 7.00	Q 56.00	
Madera	Pie tabla	150	Q 6.00	Q 900.00	
Tee reductora de 6" a 1/2" PVC	Unidad	3	Q 250.00	Q 750.00	
Tubería PVC diam. 1/2" 315 PSI	Unidad	3	Q 30.00	Q 90.00	
Tubería HG diam. 1/2" 700 PSI	Unidad	3	Q 95.00	Q 285.00	
Codo 90° diam. 1/2" HG	Unidad	3	Q 10.00	Q 30.00	
Codo 45° diam. 1/2" HG	Unidad	3	Q 10.00	Q 30.00	
Válvula de compuerta de diam. 1/2" Br	Unidad	3	Q 70.00	Q 210.00	
Adaptador macho de diam. 1/2" PVC	Unidad	6	Q 5.00	Q 30.00	
Hipoclorito de calcio	Tableta	125	Q 10.00	Q 1,250.00	
Candado 50 mm	unidad	3	Q 50.00	Q 150.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 8,876.00
Mano de obra					
Losa de concreto reforzado	m ²	3	Q 200.00	Q 600.00	
Muro de concreto reforzado	m ²	12	Q 200.00	Q 2,400.00	
Tapadera de concreto reforzado	Unidad	3	Q 200.00	Q 600.00	
Total de mano de obra					Q 3,600.00
Total					Q 12,476.00
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	8,876.00			
Mano de obra	Q	3,600.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	1,247.60			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	1,247.60			
Imprevistos 5%	Q	623.80			
Utilidad 15%	Q	1,871.40			
TOTAL	Q	17,466.40			
Precio unitario	Q	5,822.13			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLIII. Caseta de bombeo

Caseta de bombeo				4.10	m²
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Block de 0.15X0.20X0.40 m.	Unidad	175	Q 4.00	Q 700.00	
Ladrillo tayuyo de 0.065X0.11X0.23 m	Unidad	50	Q 2.70	Q 135.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	13	Q 32.00	Q 416.00	
Acero liso diam 1/4" grado 40	Varilla	30	Q 14.00	Q 420.00	
Cemento UGC	Saco	33	Q 85.00	Q 2,805.00	
Arena de río	m ³	4	Q 200.00	Q 800.00	
Piedrin triturado	m ³	3	Q 250.00	Q 750.00	
Madera	Pie tabla	400	Q 6.00	Q 2,400.00	
Clavos	Lb	30	Q 7.00	Q 210.00	
Alambre de amarre	Lb	20	Q 7.00	Q 140.00	
Puerta metálica	Unidad	1	Q 950.00	Q 950.00	
Alambre THW cal. 12	m	14	Q 8.00	Q 112.00	
Poliducto diam 1/2"	m	7	Q 3.00	Q 21.00	
Poliducto diam 1 1/4"	m	5	Q 6.00	Q 30.00	
Armadura doble de baquelita	Unidad	1	Q 10.00	Q 10.00	
Interruptor sencillo de doble baquelita	Unidad	1	Q 20.00	Q 20.00	
Plafonera	Unidad	1	Q 8.00	Q 8.00	
Candado 50 mm	unidad	1	Q 50.00	Q 50.00	
Bombilla ahorradora de 60 watts	Unidad	1	Q 15.00	Q 15.00	
Caja rectangular para empotrar	Unidad	1	Q 6.00	Q 6.00	
Caja octagonal	Unidad	1	Q 6.00	Q 6.00	
Tubo conduit galvanizado de 1 1/4"	Unidad	1	Q 150.00	Q 150.00	
Socket	Unidad	1	Q 125.00	Q 125.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 12,029.00
Mano de obra					
Cimiento	m	11	Q 80.00	Q 880.00	
Columnas	m	14.1	Q 80.00	Q 1,128.00	
Solera de humedad	m	11	Q 80.00	Q 880.00	
Solera intermedia	m	11	Q 75.00	Q 825.00	
Solera de corona	m	11	Q 85.00	Q 935.00	
Viga de concreto	m	11	Q 60.00	Q 660.00	
Levantado de muro de block	m ²	15	Q 75.00	Q 1,125.00	
Losa de concreto	m ²	7	Q 200.00	Q 1,400.00	
Fundición de piso de torta de concreto	m ²	7	Q 150.00	Q 1,050.00	
Instalación eléctrica	Unidad	1	Q 500.00	Q 500.00	
Total de mano de obra					Q 9,383.00
Total					Q 21,412.00
RESUMEN DE COSTOS					
Directos					
Materiales	Q	12,029.00			
Mano de obra	Q	21,412.00			
Indirectos					
Gastos administrativos 10%	Q	2,141.20			
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q	2,141.20			
Imprevistos 5%	Q	1,070.60			
Utilidad 15%	Q	3,211.80			
TOTAL	Q	42,005.80			
PRECIO UNITARIO	Q	10,245.32			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLIV. Conexiones domiciliarias

Conexiones domiciliarias				Cantidad		42.00	Unidad
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario		Sub-total	Total
Materiales							
Tee reductor de diam. 1 1/2" a 1/2" PVC		Unidad	31	Q	30.00	Q 930.00	
Tee reductor de diam. 1 1/4" a 1/2" PVC		Unidad	11	Q	25.00	Q 275.00	
Tubo diam. 1/2" PVC 315 PSI		Unidad	84	Q	43.00	Q 3,612.00	
Adaptador macho diam. 1/2" PVC		Unidad	84	Q	2.00	Q 168.00	
Llave de paso diam 1/2" Br		Unidad	42	Q	150.00	Q 6,300.00	
Codo 90° diam. 1/2" PVC con rosca		Unidad	42	Q	3.50	Q 147.00	
Codo 90° diam. 1/2" PVC		Unidad	42	Q	2.00	Q 84.00	
Niple diam. 1/2" HG 1.00 m		Unidad	42	Q	20.00	Q 840.00	
Niple diam. 1/2 HG 0.15 m		Unidad	42	Q	5.00	Q 210.00	
Copla diam. 1/2" HG		Unidad	42	Q	2.00	Q 84.00	
Chorro diam. 1/2" Br		Unidad	42	Q	37.00	Q 1,554.00	
Tubo diam. 2" PVC 100 PSI		Unidad	7	Q	120.00	Q 840.00	
Medidor diam. 1/2" Br		Unidad	42	Q	150.00	Q 6,300.00	
Adaptador hembra diam. 1/2" PVC		Unidad	252	Q	3.00	Q 756.00	
Cemento UGC		Saco	9	Q	85.00	Q 765.00	
Arena de río		m³	2	Q	200.00	Q 400.00	
Piedrín		m³	2	Q	250.00	Q 500.00	
Caja para contador		Unidad	1	Q	60.00	Q 60.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40		Varilla	1	Q	14.00	Q 14.00	
Transporte de materiales		Km	35	Q	50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales							Q 25,589.00
Mano de obra							
Excavación		m³	18	Q	80.00	Q 1,440.00	
Relleno		m³	18	Q	15.00	Q 270.00	
Instalación de contadores y accesorios		Unidad	42	Q	150.00	Q 6,300.00	
Total de mano de obra							Q 8,010.00
Total							Q 33,599.00
RESUMEN DE COSTOS							
Directos							
Materiales		Q	25,589.00				
Mano de obra		Q	33,599.00				
Indirectos							
Gastos administrativos 10%		Q	3,359.90				
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)		Q	3,359.90				
Imprevistos 5%		Q	1,679.95				
Utilidad 15%		Q	5,039.85				
TOTAL		Q	72,627.60				
Precio unitario		Q	1,729.23				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLV. Válvula de compuerta

Válvula de compuerta			Cantidad	3.00	Unidad
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total	Total
Materiales					
Cemento UGC	Saco	2	Q 85.00	Q 170.00	
Arena de río	m ³	1	Q 200.00	Q 200.00	
Piedrín triturado	m ³	1	Q 250.00	Q 250.00	
Piedra bola	m ³	2	Q 150.00	Q 300.00	
Madera rústica	Pie tabla	20	Q 6.00	Q 120.00	
Clavos	Lb	5	Q 7.00	Q 35.00	
Alambre de amarre	Lb	5	Q 7.00	Q 35.00	
Acero corrugado diam. 3/8" grado 40	Varilla	24	Q 32.00	Q 768.00	
Acero liso diam. 1/4" grado 40	Varilla	35	Q 14.00	Q 490.00	
Válvula de compuerta diam. 2" Br	Unidad	2	Q 280.00	Q 560.00	
Válvula de compuerta diam. 1" Br	Unidad	2	Q 120.00	Q 240.00	
Adaptador macho 2" Ø PVC	Unidad	4	Q 11.90	Q 47.60	
Adaptador macho 1" Ø PVC	Unidad	4	Q 5.60	Q 22.40	
Candado	Unidad	3	Q 50.00	Q 150.00	
Transporte de materiales	Km	35	Q 50.00	Q 1,750.00	
Total de materiales					Q 5,138.00
Mano de obra					
Muro de concreto reforzado	m ²	6	Q 200.00	Q 1,200.00	
Tapadera de losa de concreto reforzado	Unidad	3	Q 200.00	Q 600.00	
Instalación de válvulas y accesorios	Unidad	3	Q 175.00	Q 525.00	
Total de mano de obra					Q 2,325.00
Total					Q 7,463.00

RESUMEN DE COSTOS	
Directos	
Materiales	Q 5,138.00
Mano de obra	Q 7,463.00
Indirectos	
Gastos administrativos 10%	Q 746.30
Impuestos 10% (IVA,ISR,ISO)	Q 746.30
Imprevistos 5%	Q 373.15
Utilidad 15%	Q 1,119.45
TOTAL	Q 15,586.20
Precio unitario	Q 5,195.40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLVI. Desglose de gastos administrativos y de dirección de campo

Gastos administrativos				
Plaza	Horas/día	Costo/hora	Costo mes (Q)	Subtotal (Q)
Gerente	1.00	350.00	Q 10,500.00	Q 52,500.00
Secretaria	0.50	60.00	Q 1,500.00	Q 7,500.00
Contador	1.00	20.00	Q 600.00	Q 3,000.00
Dibujante	1.00	60.00	Q 1,800.00	Q 9,000.00
			Total (Q)	Q 72,000.00
Alquileres y depreciaciones				
Plaza	Horas/día	Costo/hora	Costo mes Q.	Subtotal (Q)
Alquiler de local	1	50	Q 1,500.00	Q 7,500.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1	20	Q 600.00	Q 3,000.00
Depreciaciones de oficina	1	10	Q 300.00	Q 1,500.00
Mantenimiento en general	1	10	Q 300.00	Q 1,500.00
			Total (Q)	Q 13,500.00
Obligaciones y seguros				
Renglón	Costo/mes (Q)			Subtotal (Q)
I.G.S.S (15.50%)	Q	9,183.75		Q 45,918.75
Seguros varios	Q	1,000.00		Q 5,000.00
			Total (Q)	Q 50,918.75
Total (Q)				Q 136,418.75
% de costos directos				10%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XLVII. Desglose de impuestos

Desglose de impuestos	
Total de materiales	Q 645,142.02
Total mano de obra y equipo	Q 255,513.00
Total costos directos	Q 900,655.02
Descripción	Costos (Q)
Utilidad 15% (costos directos)	Q 135,098.25
Descripción	Costos (Q)
ISR 25% (de utilidad)	Q 33,774.56
IVA 12% (de utilidad y mano de obra)	Q 46,873.35
ISO 1% (de costos directos)	Q 9,006.55
Total de impuestos	Q 89,654.46
% de impuestos	10%

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tabla XLVIII. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																										
No.	Actividades	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub total	% de Inversi	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Captación	Unidad	1	Q 37,462.04	Q 37,462.04	2.86%																				
2	Línea de conducción	m	720.00	Q 359.93	Q 259,146.86	19.81%																				
3	Equipo de bombeo	Unidad	1	Q 110,880.00	Q 110,880.00	8.48%																				
4	Línea de bombeo	m	822	Q 463.98	Q 381,391.85	29.16%																				
5	Tanque de distribución	Unidad	1	Q 138,940.30	Q 138,940.30	10.62%																				
6	Línea de distribución	m	2,532.00	Q 86.72	Q 219,567.60	16.79%																				
7	Caja rompe presión	Unidad	1.00	Q 12,965.08	Q 12,965.08	0.99%																				
8	Hipoclorador	Unidad	3.00	Q 5,822.13	Q 17,466.40	1.34%																				
9	Caseta de bombeo	m2	1.00	Q 10,245.32	Q 42,005.80	3.21%																				
10	Conexiones domiciliare	Unidad	42.00	Q 1,729.23	Q 72,627.60	5.55%																				
11	Válvula de compuerta	Unidad	3.00	Q 5,195.40	Q 15,586.20	1.19%																				
			Total		Q1,308,039.73	100%																				

Fuente: Elaboración propia

3.8. Especificaciones técnicas

En el proyecto se debe realizar: la limpieza del terreno, zanjeo, construcción de tanques, colocación de la tubería, accesorios y válvulas, soportes y anclajes, prueba de presión, lavado y desinfección de la tubería y relleno de la zanja de acuerdo a lo indicado en los planos.

3.8.1. Trabajos

3.8.1.1. Limpieza, chapeo y desmonte

La línea para instalación de la tubería deberá en todo caso ser inicialmente limpiada de troncos, árboles, vegetación viva o muerta en un ancho mínimo de 1.50 m, 0.75 m, a cada lado del eje de instalación de la tubería.

El supervisor podrá ordenar la preservación de árboles u otro tipo de vegetación dentro del área de limpieza.

Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmonte, deberá ser conveniente dispuesto donde no se ocasione daño a las propiedades vecinas o incinerado.

3.8.1.2. Zanjeo

Las tuberías se emplazarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos, como lo señale el supervisor o las bases especiales.

El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería. En los casos que contengan piedras y pedruscos, se deberá remover todas las que aparezcan en

el fondo de la zanja rellenando los espacios con material suelto compactado para uniformar el fondo de la zanja.

El ancho mínimo de la zanja será de 0.40m, deberá ser suficiente para la correcta instalación de la tubería, así como para permitir una adecuada compactación del relleno a los lados de la misma.

Según el tipo de tubería, que se use, podrá ser necesario hacer ampliaciones de la zanja en los puntos de unión o de instalación de accesorios, para permitir una adecuada instalación de las uniones.

El ancho de la zanja, así como las dimensiones de las ampliaciones, deberán ser aprobadas por el supervisor, tomando en cuenta el método de zanjeo y el tipo de tubería a instalarse. En general, el ancho de la zanja a ser cortada por métodos manuales deberá ser de 0.40 m, más el diámetro exterior de la tubería.

3.8.1.3. Soportes para tubería

Cuando se requiera, que la tubería deba instalarse a nivel del terreno o sobre él, se deberá hacerlo sobre el soporte. Salvo que en los planos se indique otra cosa, los soportes serán de mampostería, concreto o en casos especiales de acero, de tal forma que aseguren la tubería firmemente contra movimiento en toda dirección.

El espaciamiento de soportes y sus dimensiones, serán los mostrados en los planos. En los casos que no se detalle el tipo de soportes, el contratista deberá diseñarlos colocando un mínimo de dos soportes por cada tubo y distribuidos para que no coincidan con las uniones, o como lo indique el supervisor.

3.8.1.4. Instalación de tubería de PVC

Se cortará la tubería a escuadra utilizando guías y luego se quitará la rebaba del corte y se limpiará el tubo de viruta interior y exteriormente. El tubo debe penetrar en el accesorio o campana de otro tubo sin forzarlo por lo menos un tercio de la longitud de la copla, si no es posible, debe afilarse o lijarse la punta del tubo.

Antes de aplicarse el cemento solvente, se debe quitar toda clase de suciedad que se encuentra en la parte que se va a aplicar, tanto en el exterior del tubo como en la superficie interior del accesorio, por medio de un trapo seco.

El cemento solvente, debe ser aplicado en una capa delgada y uniforme; puede usarse cepillo o brocha. Se deberá hacerlo rápidamente, debido a que el cemento seca en dos minutos aproximadamente. No se deberá exagerar el uso del solvente sino que solo darle un revestimiento a las dos piezas.

Para el ensamble se deberá hacer una rotación de $1/4$ de vuelta, presionando el tubo cuando las superficies todavía estén húmedas, debiéndose dejar fija la unión por lo menos 30 minutos.

Se deben dejar las inscripciones de la tubería hacia arriba.

La tubería se colocará en la zanja y se cubrirá dejando expuesta las uniones para hacer la prueba que más adelante se especifica.

Esta tubería deberá cubrirse en las primeras horas de la mañana cuando esté fría y no dilatada por la acción del calor.

3.8.1.5. Prueba de tuberías

Toda instalación de tubería deberá ser probada para resistencia, sometiéndola a presión interna por agua antes de hacer el relleno total de las zanjas. Se deberá rellenar previamente solo aquellas partes que se necesita soporte del suelo como anclaje de la tubería.

La tubería será sometida a la prueba de presión con agua, después de llenarla totalmente hasta expulsar todo el aire por los puntos altos. Los tramos a probar deberán ser de preferencia aislados por las válvulas instaladas y en tramos no mayores de 400 m, a menos que lo autorice el supervisor. La presión a aplicar será tal que se consiga 99 PSI o la presión máxima de trabajo (determinada por la presión estática más 20 %) según la que sea mayor y por un período mínimo de 2 horas, no debiendo fallar ninguna de las partes.

3.8.1.6. Relleno de zanjas

Las zanjas de instalación de tubería, deberán ser rellenadas después de la prueba de presión, tan pronto como se haya aprobado y aceptado la instalación.

El relleno se hará de la siguiente manera: abajo y a los lados de la tubería se deberá rellenar en capas de 0.07 m, perfectamente compactados hasta media altura de la tubería. De aquí hasta 0.30 m sobre el tubo, se deberá rellenar con capas no mayores de 0.15 m. El material para rellenar las zanjas, hasta este nivel, deberá ser cuidadosamente escogido para que esté libre de pedruscos o piedras y permita una buena compactación. Si el material que se extrajo de la

zanja no es adecuado, se hará el relleno con material seleccionado. De los 0.30 m, sobre el tubo al el nivel de relleno total, se hará en capas no mayores de 0.03 m y el material podrá contener piedras no mayores de 0.20 m, en su máxima dimensión a menos que se indique lo contrario. En los lugares donde el asentamiento del relleno no es de importancia, como en las líneas de conducción instaladas en poca pendiente, no será necesario hacer la compactación desde 0.30 m, sobre el tubo al nivel del terreno, debiendo colocarse todo el material excavado en la zanja y formar un camellón uniforme sobre el terreno.

3.8.1.7. Lavado y desinfección interior de la tubería

Antes de poner en servicio las tuberías instaladas deberá procederse a lavarlas y desinfectarlas interiormente.

Primero se procederá al lavado para lo que se hará circular agua a velocidad no menor de 0.75 m/s, por un período mínimo de 15 minutos o el tiempo necesario para que circule dos veces el volumen contenido por las tuberías, según el que sea mayor.

Para la desinfección se deberá comenzar por vaciar la tubería, llenándola después con agua que contenga 20 mg/l de cloro, que se mantendrá 24 horas en la tubería. Cuando no se pueda vaciar previamente la tubería, se introducirá un volumen dos veces mayor, que el de agua contenido, proporcionando escapes en todos los extremos durante la aplicación del agua clorada para desinfección.

Después de las 24 horas, se vaciarán las tuberías o se procederá a lavarlas haciendo circular agua en cantidad suficiente para eliminar la empleada para desinfección. El agua a emplearse

para el lavado final será de calidad igual a la que circulará por la tubería en su funcionamiento normal.

3.8.1.8. Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas, serán de fundición de concreto ciclópeo, para el tanque de distribución y de concreto reforzado para los anclajes y caja rompe presión.

La losa superior de todas las obras hidráulicas que se ejecuten para este proyecto, será de concreto reforzado con proporción 1:2:2, de cemento, arena de río y piedrín, respectivamente.

3.8.1.9. Preparación del concreto

Se debe de preparar en forma volumétrica utilizando un depósito de 1 pie cúbico exacto. El concreto acabado de colocar se protegerá de la acción de la lluvia, corrientes de agua y cualquier otro agente exterior que pudiera dañarlo.

Inmediatamente después, deberá mantenerse la estructura en condiciones de humedad, por lo menos durante los primeros siete días.

3.8.1.10. Colocación del concreto ciclópeo

Se utilizará como proporción 67% de piedra bola y 33% de concreto. Se deberá de preparar colocando piedra por piedra asegurándose que cada lado y/o arista de la misma tenga adherencia con el mortero y que ésta no sea mayor a 0.02 m, cualquier otra situación que amerita aumentar este valor, deberá ser solventado

colocando otra piedra de menor tamaño y que haga juego con los espacios de manera de garantizar la distancia indicada.

3.8.2. Materiales

3.8.2.1. Tubería y accesorios de PVC

La tubería de PVC será rígida, estabilizado con estaño y debe satisfacer la norma ASTM-D2467-67 y CS-25"3. Será para una presión de trabajo mínima de: para tubo de 1/2" 315 PSI, para tubo de 3/4" 250 PSI, para tubo de diámetro igual o mayor de 1" 160 PSI.

Los accesorios serán de la misma clase, para una presión mínima de 250 PSI, para tubos de diámetro mayor a 1", y 315 PSI para diámetros menores.

Los materiales serán almacenados en una forma que garantice la preservación de calidad y se colocarán, de manera que permita una fácil inspección.

3.8.2.2. Tubería HG

Son tubos de acero galvanizado, cuyas superficies exteriores e interiores han sido recubiertos de zinc, por cualquier procedimiento que satisfagan, como mínimo, las especificaciones contenidas en la norma ASTM A-120621 y que en su fabricación hayan sido soldados eléctricamente sin costura y galvanizados en caliente.

3.8.2.3. Agua

La que se utilice para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados, debe ser limpia y libre de sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

3.8.2.4. Cemento

Deberá UGC, con una resistencia de 4000 PSI. Para el almacenamiento y manejo del cemento se deberá cumplir con los siguientes requisitos

El cemento se deberá estibar sobre tarima situada como mínimo, a 0.20 m, sobre el suelo.

La altura de estibamiento máximo debe ser de 10 sacos sobre el suelo.

Ningún cemento deberá permanecer en la bodega por más de un mes.

3.8.2.5. Agregado grueso

Deberá ser triturado con un Ø no mayor a 3/4", para que garantice ser un material anguloso que propicie un concreto de alta resistencia. El agregado debe estar libre de elemento y piedras compuestos de otros materiales como piedra pómez o cascajo.

3.8.2.6. Agregado fino

Éste material estará formado por arena de río, que sea consistente, libre de arcilla u otro desecho orgánico y sales minerales que afecten la calidad del concreto. De contener materia orgánica, no podrá utilizarse en las fundiciones de obras, a menos que esta contaminación se pueda eliminar.

3.8.2.7. Acero de refuerzo

Se utilizará grado 40. Debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataforma, largueros, bloques u otros soportes de madera o material adecuado y ser protegido de la intemperie y ambientes corrosivos, así como de daños físicos que pudiera tener en su transporte y/o almacenaje.

3.8.2.8. Piedra

Deberá estar limpia, libre de materiales orgánicos, arenas, arcillas y limos. La piedra no debe contener grietas ni debe estar fragmentada. El tamaño de la misma estará limitado básicamente por el encofrado, de preferencia será entre 6" y 12".

3.9. Cálculo de tarifa

Se calcula el monto que deben pagar los beneficiarios del proyecto para costear los gastos cuando el sistema se encuentre en funcionamiento. El cálculo se hará en base al número de viviendas del casco urbano.

$$TAR = \frac{O + E + M + T + A + R}{\text{número de casas}}$$

Donde:

TAR = tarifa

O = costo de operación

E = costo de energía

M = costo de mantenimiento

T = costo de tratamiento

A = costo de administración

R = costo de reserva

- Costo de operación -O-: es el pago mensual para el desarrollo de actividades de limpieza, reconocimiento, inspección del sistema de abastecimiento y de la red de distribución. El salario diario mínimo, según el ministerio de Trabajo y Previsión Social, para el año 2015 es de Q. 78.72. Asumiendo que el fontanero recorra 3 km, de la línea al día y 20 conexiones domiciliarias al día, se estima con la siguiente fórmula:

$$O = \left(\frac{\text{longitud de linea}}{3} + \frac{\text{No. de conexiones}}{20} \right) * \text{salario minimo diario} * Fp$$

Donde:

No. de conexiones = 493

Longitud de línea = 4.057.00 Km.

Salario mínimo diario = Q. 78.72

Fp = factor de prestaciones, 1.60

Sustituyendo valores:

$$O = \left(\frac{4.057}{3} + \frac{493}{20} \right) * Q. 78.72 * 1.60 = Q. 3,275.06/mes$$

- Costo de energía –E-: es el costo de la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del equipo de bombeo.

$$E = 0.746 * Pbom * Hbom * Qkw * Dmes$$

Donde:

E = costo de energía (Q/mes)

Pbom = potencia de la bomba (HP)

Hbom = horas de bombeo diario (hora)

Qkw = costo kilowatt hora (Q)

Dmes = días del mes (30 días)

$$E = 0.746 * 35 \text{ HP} * 18 \text{ horas} * Q. 1.9235/\text{mes} * 30 \text{ días} = Q. 27,120.20/\text{mes}$$

- Costo de mantenimiento -M-: es el importe necesario para la compra de materiales o servicios necesarios para reparación o mejora del sistema.

$$M = \frac{0.005 * Ctp * (1 + IA)}{12}$$

Donde:

M = costo de mantenimiento (Q/mes)

Ctp = costo total del proyecto, Q. 1, 306,812.15

IA = inflación real anual oficial, 13%

$$M = \frac{0.005 * Q. 1,306,812.15 * (1 + 13\%)}{12} = Q. 615.29/\text{mes}$$

- Costo de tratamiento -T-: es el costo generado por la desinfección por cloración al sistema. Según el cálculo realizado se necesitan 125 tabletas al mes.

$$T = \# \text{ de tabletas al mes} * \text{costo por tableta}$$

$$T = 125 \text{ tabletas/mes} * Q10.00/\text{tab} = Q 1,250.00/\text{mes}$$

- Costo de administración –A-: se utiliza para la compra de insumos o viáticos de viajes en las gestiones pertinentes al proyecto, por parte de quien lo administre. Se estima como el 15% de la suma de los costos de operación y mantenimiento.

$$A = 0.15 * (O + M)$$

$$A = 0.15 * (Q.3,275.05 + Q.615.29) = Q.583.55/\text{mes}$$

- Costos de reserva -R-: es un monto destinado a sufragar cualquier necesidad inmediata del proyecto. Generalmente se calcula como un porcentaje de los costos de operación y mantenimiento, para este caso se utilizara el 10%.

$$R = 0.10 * (O + M)$$

$$R = 0.10 * (Q.3,275.05 + Q.615.29) = Q.389.03/\text{mes}$$

- Calculo de tarifa (TAR): es la suma de todos los costos dividida el número de conexiones.

$$TAR = \frac{O + E + T + M + A + R}{493}$$

$$TAR = \frac{Q.3,275.05 + Q. 27,120.20 + Q1,250.00 + Q.615.29 + Q.583.55 + Q.389.03}{493}$$

$$TAR = Q.67.41 /mes$$

3.10. Análisis de impacto ambiental

El ejecutor del proyecto deberá identificar los potenciales impactos ambientales, que puedan provocar las actividades y obras asociadas al proyecto.

Se deben tomar en cuenta para identificar los impactos ambientales las dos etapas del proyecto, la primera es la etapa de construcción y la segunda la etapa de operación.

3.10.1. Etapa de construcción

Los impactos generados en esta etapa son los siguientes:

- Emisiones a la atmosfera: la emisión de material particulado y polvo producidos por el transporte del material y retiro de materiales sobrantes. Además de materia fecal de los trabajadores.
- Limpieza y chapeo: corte de árboles y arbustos que se encuentren sobre el paso de la tubería.
- Residuos sólidos: en su mayor parte son los generados durante la excavación de la obra y los materiales desperdiciados.
- Ruidos y vibraciones: el incremento de los niveles de ruido generados al momento de la excavación por el uso de

herramientas, la misma producirá vibraciones en las áreas próximas al proyecto.

- Contaminación visual: se produce al depositar el material sobrante en lugares inapropiados, altera el paisaje.
- Población: alteración en el tráfico vehicular y peatonal durante la construcción de la línea de distribución en el casco urbano.

3.10.2. Etapa de operación

- Contaminación atmosférica: la bomba de motor externo generará gases y podrá derramar lubricantes.
- Contaminación auditiva: la bomba de motor externo generará ruido y vibraciones por el desgaste de sus cojinetes.

3.10.3. Medidas de mitigación

- Emisiones a la atmosfera: transportar los materiales cubiertos, por rutas establecidas y humedecer periódicamente las áreas de trabajo. Realizar los servicios a tiempo a la bomba de motor externo. Instalar letrinas para los trabajadores. Construir letrinas para los trabajadores.
- Limpieza y chapeo: corte de árboles y arbustos que se encuentren sobre el paso de la tubería.

- Residuos sólidos: recuperar y reutilizar la mayor parte de residuos de las excavaciones y retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes en lugares autorizados.
- Ruidos y vibraciones: realizar los trabajos en horarios adecuados y mantener el equipo y maquinaria en perfectas condiciones. Bombear en horario diurno.
- Contaminación visual: depositar el material en lugares adecuados y al finalizar retirar dejar de igual forma que previos a los procesos constructivos.
- Población: señalar e identificar vías alternas para el tráfico vehicular.

3.11. Análisis socioeconómico

Este análisis ayuda a evaluar el rendimiento económico del proyecto.

3.11.1. Valor actual neto

Iturrioz (2001)

El Valor Actualizado Neto (VAN), es un método de valoración de inversiones, que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas (p. 125).

La interpretación del VAN se realiza mediante los siguientes parámetros:

Si $VAN > 0$; el proyecto es económicamente rentable

Si $VAN < 0$; el proyecto no es económicamente rentable

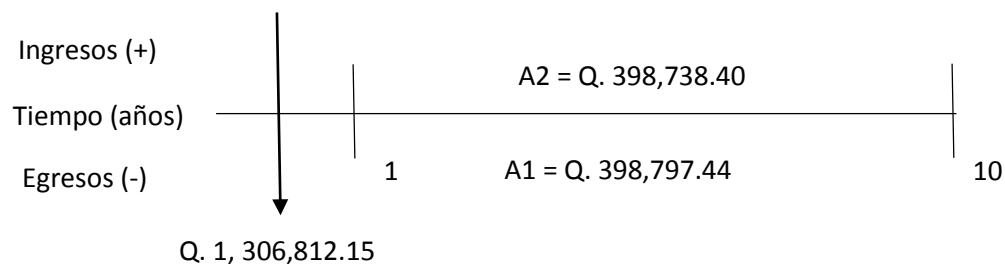
Si $VAN = 0$; el proyecto no produce ganancias ni pérdidas

Como tasa de descuento se utiliza la tasa de interés líder actual que proporciona el Banco de Guatemala, la cual es de 3.00%.

Los ingresos y egresos que generará el proyecto son los siguientes

- Inversión del proyecto: Q. 1,306,812.15
- Durante la vida útil del proyecto (10 años) generará un costo mensual de Q. 33,233.12 lo cual se convierte en una anualidad de Q. 398,797.44
- La tarifa mensual propuesta es de Q 67.41, por lo que por las 493 viviendas genera una mensualidad de Q 33,228.20 y una anualidad de Q. 398,738.40.

Figura 20. Diagrama de flujo de caja



Fuente: Elaboración propia.

$$VAN = -P * (P/F, i, t) - A1 * (P/A, i, t) + A2 * (P/A, i, t)$$

Donde:

Pi = inversión inicial del proyecto

F = futuro

i = tasa de interés, 3%

t = periodo de vida útil, 10 años

P = tiempo presente

A = anualidad

Sustituyendo:

$$VAN = -Q.1,306,812.15 * (0.7441) - Q.398,797.44 * (8.5302) + Q.398,738.40 * (8.5302) = -Q.972,902.54$$

El Valor Actual Neto (VAN) es menor que cero, el proyecto no es económicamente rentable. Sin embargo, el mismo es de carácter social, por lo que su objetivo primordial es aumentar la calidad de vida del casco urbano, no el generar ganancias económicas.

3.11.2. Tasa interna de retorno

La TIR de la inversión, es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos es igual al de los beneficios, es decir, cuando el VAN es igual a cero. Se utiliza para determinar la conveniencia de las inversiones, entre mayor ser la TIR de un proyecto este será más deseable llevarlo a cabo. Debido a que el VAN de este proyecto no es igual a cero no se realiza el análisis.

CONCLUSIONES

1. Los diseños de los proyectos: apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas a El Rodeo y mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, presentan alternativas de solución, a las necesidades de infraestructura social del municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.
2. Los estudios realizados permitieron el diseño del tramo carretero que une las aldeas Las Palmas y El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula, presentando la mejor alternativa técnica y financiera.
3. El diseño del mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento agua para la cabecera municipal de Olopa, departamento Chiquimula, se logró satisfactoriamente por el apoyo de la municipalidad y los actores intervinientes en el proceso respectivo.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la carreras de Ingeniería, sirvió como medio de proyección, de la unidad académica del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, para la ejecución de los diseños propuestos por el COCODE y la municipalidad de Olopa; los que servirán para gestionar los recursos económicos necesarios para la ejecución de los mismos.

RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Olopa y COCODE, realizar las gestiones correspondientes, para obtener los recursos financieros necesarios para la ejecución de ambos proyectos, en el menor tiempo posible.
2. Seguir las indicaciones de los planos constructivos y especificaciones técnicas, para que la construcción de los proyectos diseñados, sea, de manera adecuada y que garantice el buen funcionamiento en el período de tiempo para el cual fueron planificados.
3. Implementar estrictamente las medidas de mitigación ambiental y seguridad en obra, para que la construcción de los proyectos presente las condiciones adecuadas que permitan efectuar todas las actividades sin causar daños al medio ambiente.
4. Implementar un plan de mantenimiento y limpieza de cunetas y drenajes transversales para el proyecto de apertura de tramo carretero, antes del invierno, para permitir la libre evacuación de las aguas de lluvia.
5. Elaborar documento legal, en el cual los propietarios firman estar de acuerdo con el paso del tramo carretero, por sus terrenos.
6. En el proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, es de importancia que se realice el procedimiento de desinfección por medio de hipoclorito de calcio, pues de lo contrario podría ponerse en riesgo la salud de los consumidores. La tarifa propuesta deberá revisarse periódicamente, pues la misma podría variar dependiendo las necesidades que presente el proyecto o la fluctuación de precios en los insumos necesarios para su operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agudelo Ospina, John Jairo (2002). *Diseño geométrico de vías. Ajustado al manual colombiano*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
2. Aguilar Ruiz, Pedro (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
3. American Concrete Institute –ACI- (2008). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario*. USA.
4. Blázquez, Luis & García, José (2000). *Manual de carreteras. Volumen I. Elementos y proyectos*. Universidad de Alicante. España.
5. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San carlos. Guatemala. Facultad de Ingeniería.
6. Cárdenas Grisales, James (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá, Colombia. Ecoe Ediciones.
7. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Olopa, Chiquimula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial (2010). *Plan de Desarrollo Olopa, Chiquimula*. Guatemala.
8. Dirección General de Caminos –DGC-, (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala.
9. Dirección Municipal de Planificación –DMP-, (2013). *Censo del municipio de Olopa*. Municipalidad de Olopa, Chiquimula, Guatemala.

10. Hernández Canales, Juan Carlos (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos. Guatemala. Facultad de Ingeniería.
11. Instituto de Fomento Municipal –INFOM- y Ministerio de salud pública –MSPAS- (2011). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala.
12. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala*. Guatemala.
13. Mendoza Dueñas, Jorge (2010). *Topografía técnicas modernas*. Lima, Perú.
14. Ministerio de trabajo y previsión social (2014). Acuerdo gubernativo número 470-2014, 23 de diciembre de 2014. *Diario de Centro América tomo 301*.
15. Navarro Hudiel, Sergio Junior (2008). Manual de topografía – planimetría. Recinto Universitario Augusto C. Sandino. Nicaragua.
16. Oficina Forestal Municipal (2013). *Diagnóstico con enfoque de ambiente y política de uso y manejo de los recursos naturales en el municipio de Olopa Chiquimula, Guatemala*. Municipalidad de Olopa.
17. Paredes Ruiz, Paola Anaitee (1996). *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
18. Salazar Rodríguez, Aurelio, (1997). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. México.
19. Secretaría de comunicación y transporte –SCT-, (1991). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. México.

20. Súper Intendencia de bancos de Guatemala. Tasas promedio ponderada de cartera de créditos por actividad económica moneda nacional al 31/05/2015. <http://infpb.sib.gob.gt/ConsultaDinamica/?cons=21>.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arreaga España, Héctor Amilcar (1996). *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
2. Berducido Santizo, Guillermo Novel (2006). *Técnicas de promoción, organización comunitaria y de construcción, para el saneamiento del medio rural*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
3. Carreteras destapadas. Nociones de diseño, construcción y mantenimiento de obras de drenaje (2007). Correa Albarracín, Nydia Elizabeth y Alvarado Guerrero, Héctor Efraín. <http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/44.pdf>.
4. Dirección municipal de planificación –DMP-, (2014). *Aforo fuente El Regadío*. Municipalidad de Olopa, Chiquimula, Guatemala.
5. Guerra Flores, Gilberto de Jesús (2014). *Diseño de alcantarillado pluvial, cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable, aldea El Chagüite, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula*. (Trabajo de graduación). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
6. Hernández Hernández, Walther José (2011). *Apertura de tramo carretero del caserío Agua Fría, aldea El Volcán, Camotán, Chiquimula e introducción de servicio de agua potable al caserío Pinalito, aldea Morola, Camotán, Chiquimula*. (Trabajo de graduación). Universidad de San Carlos. Guatemala. Facultad de Ingeniería

7. Lemus Arroyo, Edy Aroldo (2015). *Diseño de pavimento rígido tramo carretero de caserío Montesinas hacia predio de basurero municipal y sistema alcantarillado sanitario de la 3ª avenida zona 1 ciudad de Esquipulas, municipio de Esquipulas* (Trabajo de graduación). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
8. Manual de carreteras del Paraguay (2011). *Normas para obras de drenaje vial*. Tomo 3 volumen 1. Ministerio de obras públicas y comunicaciones. Paraguay.
9. Navarro Hudiel, Sergio Junior, (2011). *Diseño y calculo geométrico de viales: alineamiento horizontal*. Recinto Universitario Augusto C. Sandino. Nicaragua.
10. Navarro Hudiel, Sergio Junior, (2011). *Diseño y calculo geométrico de viales: alineamiento vertical*. Recinto Universitario Augusto C. Sandino. Nicaragua.

APÉNDICES

Apéndice A	Libreta topográfica, proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.
Apéndice B	Planos constructivos, proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.
Apéndice C	Libreta topográfica, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua de cabecera municipal, Olopa, departamento de Chiquimula.
Apéndice D	Diseño hidráulico, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua cabecera municipal de Olopa, departamento de Chiquimula.
Apéndice E	Planos constructivos, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.

Apéndice A

Tabla A1: Libreta topográfica, proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.

PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z
0	251528.6333	1623943.294	1274.84
1	251528.6333	1623943.294	1274.14
2	251547.6333	1623952.294	1272.55
3	251547.6333	1623952.294	1272.55
4	251563.6333	1623956.294	1267.40
5	251563.6333	1623956.294	1267.40
6	251588.6333	1623955.294	1261.25
7	251588.6333	1623955.294	1261.25
8	251603.6333	1623957.294	1259.95
9	251603.6333	1623957.294	1259.95
10	251618.6333	1623947.294	1258.88
11	251618.6333	1623947.294	1258.88
12	251625.6333	1623940.294	1258.99
13	251625.6333	1623940.294	1258.99
14	251617.6333	1623925.294	1256.13
15	251617.6333	1623925.294	1256.13
16	251612.6333	1623903.294	1252.71
17	251612.6333	1623903.294	1252.71
18	251619.6333	1623885.294	1246.01
19	251619.6333	1623885.294	1246.01
20	251620.6333	1623864.294	1243.19
21	251620.6333	1623864.294	1243.19
22	251627.6333	1623836.294	1237.35
23	251627.6333	1623836.294	1237.35
24	251635.6333	1623815.294	1232.22
25	251635.6333	1623815.294	1232.22
26	251645.6333	1623787.294	1223.26
27	251645.6333	1623787.294	1223.26
28	251663.6333	1623757.294	1215.00
29	251663.6333	1623757.294	1215.00
30	251684.6333	1623735.294	1217.18
31	251684.6333	1623735.294	1217.18

Continuación tabla A1

32	251716.6333	1623718.294	1219.58
33	251716.6333	1623718.294	1219.58
34	251747.6333	1623706.294	1218.59
35	251747.6333	1623706.294	1218.59
36	251773.6333	1623692.294	1206.75
37	251773.6333	1623692.294	1206.75
38	251804.6333	1623687.294	1207.06
39	251804.6333	1623687.294	1207.06
40	251838.6333	1623692.294	1210.52
41	251838.6333	1623692.294	1210.52
42	251867.6333	1623678.294	1213.95
43	251867.6333	1623678.294	1213.95
44	251906.6333	1623666.294	1215.27
45	251906.6333	1623666.294	1215.27
46	251942.6333	1623682.294	1215.58
47	251942.6333	1623682.294	1215.58
48	251965.6333	1623706.294	1220.07
49	251965.6333	1623706.294	1220.07
50	251992.6333	1623722.294	1214.70
51	251992.6333	1623722.294	1214.70
52	252009.6333	1623701.294	1211.11
53	252009.6333	1623701.294	1211.11
54	252032.6333	1623676.294	1204.73
55	252032.6333	1623676.294	1204.73
56	252047.6333	1623654.294	1199.00
57	252047.6333	1623654.294	1199.00
58	252060.6333	1623635.294	1194.13
59	252060.6333	1623635.294	1194.13
60	252067.6333	1623605.294	1184.19
61	252067.6333	1623605.294	1184.19
62	252081.6333	1623577.294	1175.08
63	252081.6333	1623577.294	1175.08
64	252104.6333	1623554.294	1171.00
65	252104.6333	1623554.294	1171.00
66	252139.6333	1623571.294	1170.25
67	252139.6333	1623571.294	1170.25
68	252150.6333	1623597.294	1165.00
69	252150.6333	1623597.294	1165.00
70	252150.6333	1623597.294	1165.00
71	252150.6333	1623597.294	1165.00

Continuación tabla A1

72	252161.6333	1623621.294	1157.48
73	252161.6333	1623621.294	1157.48
74	252181.6333	1623638.294	1152.26
75	252181.6333	1623638.294	1152.26
76	252206.6333	1623657.294	1145.80
77	252206.6333	1623657.294	1145.80
78	252225.6333	1623668.294	1140.25
79	252225.6333	1623668.294	1140.25
80	252257.6333	1623670.294	1138.98
81	252257.6333	1623670.294	1138.98
82	252287.6333	1623671.294	1139.00
83	252287.6333	1623671.294	1139.00
84	252319.6333	1623665.294	1136.00
85	252319.6333	1623665.294	1136.00
86	252339.6333	1623652.294	1132.00
87	252339.6333	1623652.294	1132.00
88	252357.6333	1623638.294	1130.00
89	252357.6333	1623638.294	1130.00
90	251527.6333	1623950.294	1274.10
91	251527.6333	1623950.294	1274.10
92	251547.6333	1623960.294	1270.74
93	251547.6333	1623960.294	1270.74
94	251567.6333	1623961.294	1266.65
95	251567.6333	1623961.294	1266.65
96	251587.6333	1623962.294	1260.40
97	251587.6333	1623962.294	1260.40
98	251603.6333	1623963.294	1256.80
99	251603.6333	1623963.294	1256.80
100	251622.6333	1623952.294	1256.00
101	251622.6333	1623952.294	1256.00
102	251631.6333	1623941.294	1255.84
103	251631.6333	1623941.294	1255.84
104	251620.6333	1623926.294	1253.68
105	251620.6333	1623926.294	1253.68
106	251618.6333	1623904.294	1248.00
107	251618.6333	1623904.294	1248.00
108	251625.6333	1623887.294	1243.00
109	251625.6333	1623887.294	1243.00
110	251628.6333	1623862.294	1241.18
111	251628.6333	1623862.294	1241.18

Continuación tabla A1

112	251633.6333	1623839.294	1234.00
113	251633.6333	1623839.294	1234.00
114	251643.6333	1623820.294	1228.68
115	251643.6333	1623820.294	1228.68
116	251650.6333	1623792.294	1220.00
117	251650.6333	1623792.294	1220.00
118	251668.6333	1623763.294	1214.98
119	251668.6333	1623763.294	1214.98
120	251690.6333	1623741.294	1218.00
121	251690.6333	1623741.294	1218.00
122	251718.6333	1623723.294	1218.59
123	251718.6333	1623723.294	1218.59
124	251748.6333	1623713.294	1215.00
125	251748.6333	1623713.294	1215.00
126	251775.6333	1623699.294	1206.00
127	251775.6333	1623699.294	1206.00
128	251806.6333	1623693.294	1204.00
129	251806.6333	1623693.294	1204.00
130	251840.6333	1623695.294	1207.53
131	251840.6333	1623695.294	1207.53
132	251870.6333	1623684.294	1209.94
133	251870.6333	1623684.294	1209.94
134	251903.6333	1623673.294	1209.00
135	251903.6333	1623673.294	1209.00
136	251934.6333	1623692.294	1209.21
137	251934.6333	1623692.294	1209.21
138	251962.6333	1623712.294	1214.00
139	251962.6333	1623712.294	1214.00
140	251992.6333	1623726.294	1213.30
141	251992.6333	1623726.294	1213.30
142	252012.6333	1623708.294	1208.49
143	252012.6333	1623708.294	1208.49
144	252035.6333	1623680.294	1202.00
145	252035.6333	1623680.294	1202.00
146	252051.6333	1623657.294	1195.00
147	252051.6333	1623657.294	1195.00
148	252064.6333	1623634.294	1190.00
149	252064.6333	1623634.294	1190.00
150	252070.6333	1623606.294	1182.00
151	252070.6333	1623606.294	1182.00

Continuación tabla A1

152	252086.6333	1623577.294	1174.13
153	252086.6333	1623577.294	1174.13
154	252107.6333	1623561.294	1171.72
155	252107.6333	1623561.294	1171.72
156	252133.6333	1623577.294	1170.28
157	252133.6333	1623577.294	1170.28
158	252143.6333	1623601.294	1164.00
159	252143.6333	1623601.294	1164.00
160	252156.6333	1623625.294	1156.00
161	252156.6333	1623625.294	1156.00
162	252178.6333	1623641.294	1150.57
163	252178.6333	1623641.294	1150.57
164	252178.6333	1623641.294	1150.57
165	252178.6333	1623641.294	1150.57
166	252201.6333	1623661.294	1142.00
167	252201.6333	1623661.294	1142.00
168	252224.6333	1623675.294	1138.00
169	252224.6333	1623675.294	1138.00
170	252256.6333	1623675.294	1135.00
171	252256.6333	1623675.294	1135.00
172	252286.6333	1623680.294	1135.00
173	252286.6333	1623680.294	1135.00
174	252318.6333	1623674.294	1132.00
175	252318.6333	1623674.294	1132.00
176	252342.6333	1623658.294	1131.00
177	252342.6333	1623658.294	1131.00
178	252359.6333	1623644.294	1127.00
179	252359.6333	1623644.294	1127.00
180	252388.6333	1623613.294	1122.94
181	252388.6333	1623613.294	1122.94
182	252067.6333	1623663.294	1187.00
183	252067.6333	1623663.294	1187.00
184	252079.6333	1623632.294	1181.00
185	252079.6333	1623632.294	1181.00
186	252082.6333	1623608.294	1175.00
187	252082.6333	1623608.294	1175.00
188	252095.6333	1623581.294	1169.00
189	252095.6333	1623581.294	1169.00
190	252110.6333	1623572.294	1170.00
191	252110.6333	1623572.294	1170.00

Continuación tabla A1

192	252124.6333	1623582.294	1167.00
193	252124.6333	1623582.294	1167.00
194	252135.6333	1623612.294	1163.00
195	252135.6333	1623612.294	1163.00
196	252148.6333	1623635.294	1156.00
197	252148.6333	1623635.294	1156.00
198	252169.6333	1623652.294	1148.00
199	252169.6333	1623652.294	1148.00
200	252406.6333	1623596.294	1121.00
201	252406.6333	1623596.294	1121.00
202	252197.6333	1623673.294	1137.00
203	252197.6333	1623673.294	1137.00
204	252225.6333	1623688.294	1133.00
205	252225.6333	1623688.294	1133.00
206	252252.6333	1623684.294	1131.00
207	252252.6333	1623684.294	1131.00
208	252283.6333	1623689.294	1133.00
209	252283.6333	1623689.294	1133.00
210	252319.6333	1623684.294	1130.00
211	252319.6333	1623684.294	1130.00
212	252346.6333	1623666.294	1129.00
213	252346.6333	1623666.294	1129.00
214	252371.6333	1623653.294	1123.00
215	252371.6333	1623653.294	1123.00
216	252428.6333	1623580.294	1113.80
217	252428.6333	1623580.294	1113.80
218	252401.6333	1623624.294	1116.00
219	252401.6333	1623624.294	1116.00
220	252408.6333	1623628.294	1114.00
221	252408.6333	1623628.294	1114.00
222	252420.6333	1623607.294	1113.00
223	252420.6333	1623607.294	1113.00
224	252425.6333	1623611.294	1112.00
225	252425.6333	1623611.294	1112.00
226	252440.6333	1623593.294	1112.00
227	252440.6333	1623593.294	1112.00
228	252444.6333	1623598.294	1112.00
229	252444.6333	1623598.294	1112.00
230	252461.6333	1623576.294	1109.00
231	252461.6333	1623576.294	1109.00

Continuación de tabla A1

232	252465.6333	1623583.294	1109.00
233	252465.6333	1623583.294	1109.00
234	252478.6333	1623568.294	1107.00
235	252478.6333	1623568.294	1107.00
236	252479.6333	1623572.294	1106.00
237	252479.6333	1623572.294	1106.00
238	252448.6333	1623567.294	1111.40
239	252448.6333	1623567.294	1111.40
240	252496.6333	1623560.294	1107.00
241	252496.6333	1623560.294	1107.00
242	252497.6333	1623564.294	1106.00
243	252497.6333	1623564.294	1106.00
244	252515.6333	1623551.294	1103.00
245	252515.6333	1623551.294	1103.00
246	252517.6333	1623557.294	1102.00
247	252517.6333	1623557.294	1102.00
248	252538.6333	1623547.294	1101.00
249	252538.6333	1623547.294	1101.00
250	252540.6333	1623552.294	1099.00
251	252540.6333	1623552.294	1099.00
252	252554.6333	1623547.294	1098.00
253	252554.6333	1623547.294	1098.00
254	252553.6333	1623551.294	1097.00
255	252553.6333	1623551.294	1097.00
256	252577.6333	1623550.294	1094.00
257	252577.6333	1623550.294	1094.00
258	252578.6333	1623554.294	1092.00
259	252578.6333	1623554.294	1092.00
260	252470.6333	1623550.294	1111.00
261	252470.6333	1623550.294	1111.00
262	252596.6333	1623561.294	1091.00
263	252596.6333	1623561.294	1091.00
264	252595.6333	1623566.294	1087.00
265	252595.6333	1623566.294	1087.00
266	252611.6333	1623577.294	1083.00
267	252611.6333	1623577.294	1083.00
268	252614.6333	1623571.294	1086.00
269	252614.6333	1623571.294	1086.00
270	252627.6333	1623587.294	1084.00
271	252627.6333	1623587.294	1084.00

Continuación de tabla A1

272	252631.6333	1623583.294	1085.00
273	252631.6333	1623583.294	1085.00
274	252631.6333	1623583.294	1184.00
275	252631.6333	1623583.294	1184.00
276	252643.6333	1623601.294	1080.00
277	252643.6333	1623601.294	1080.00
278	252640.6333	1623606.294	1075.00
279	252640.6333	1623606.294	1075.00
280	252493.6333	1623543.294	1109.00
281	252493.6333	1623543.294	1109.00
282	252659.6333	1623618.294	1080.00
283	252659.6333	1623618.294	1080.00
284	252654.6333	1623622.294	1077.00
285	252654.6333	1623622.294	1077.00
286	252657.6333	1623641.294	1171.00
287	252657.6333	1623641.294	1171.00
288	252657.6333	1623641.294	1170.00
289	252657.6333	1623641.294	1170.00
290	252657.6333	1623641.294	1169.00
291	252657.6333	1623641.294	1169.00
292	252657.6333	1623641.294	1169.00
293	252657.6333	1623641.294	1169.00
294	252657.6333	1623641.294	1169.00
295	252657.6333	1623641.294	1169.00
296	252657.6333	1623641.294	1169.00
297	252657.6333	1623641.294	1169.00
298	252663.6333	1623638.294	1076.00
299	252663.6333	1623638.294	1076.00
300	252658.6333	1623639.294	1072.00
301	252658.6333	1623639.294	1072.00
302	252512.6333	1623538.294	1106.35
303	252512.6333	1623538.294	1106.35
304	252679.6333	1623633.294	1083.00
305	252679.6333	1623633.294	1083.00
306	252696.6333	1623653.294	1085.00
307	252696.6333	1623653.294	1085.00
308	252692.6333	1623658.294	1086.00
309	252692.6333	1623658.294	1086.00
310	252712.6333	1623667.294	1082.00
311	252712.6333	1623667.294	1082.00

Continuación de tabla A1

312	252710.6333	1623671.294	1083.00
313	252710.6333	1623671.294	1083.00
314	252535.6333	1623530.294	1106.00
315	252535.6333	1623530.294	1106.00
316	252707.6333	1623682.294	1085.00
317	252707.6333	1623682.294	1085.00
318	252698.6333	1623684.294	1082.00
319	252698.6333	1623684.294	1082.00
320	252724.6333	1623689.294	1074.00
321	252724.6333	1623689.294	1074.00
322	252715.6333	1623701.294	1072.00
323	252715.6333	1623701.294	1072.00
324	252734.6333	1623711.294	1067.00
325	252734.6333	1623711.294	1067.00
326	252733.6333	1623717.294	1067.00
327	252733.6333	1623717.294	1067.00
328	252751.6333	1623716.294	1062.00
329	252751.6333	1623716.294	1062.00
330	252752.6333	1623720.294	1060.00
331	252752.6333	1623720.294	1060.00
332	252775.6333	1623719.294	1055.00
333	252775.6333	1623719.294	1055.00
334	252779.6333	1623725.294	1053.00
335	252779.6333	1623725.294	1053.00
336	252555.6333	1623531.294	1103.00
337	252555.6333	1623531.294	1103.00
338	252806.6333	1623717.294	1051.00
339	252806.6333	1623717.294	1051.00
340	252810.6333	1623722.294	1050.00
341	252810.6333	1623722.294	1050.00
342	252829.6333	1623716.294	1046.00
343	252829.6333	1623716.294	1046.00
344	252833.6333	1623723.294	1044.00
345	252833.6333	1623723.294	1044.00
346	252852.6333	1623708.294	1041.00
347	252852.6333	1623708.294	1041.00
348	252855.6333	1623711.294	1041.00
349	252855.6333	1623711.294	1041.00
350	252872.6333	1623702.294	1041.00
351	252872.6333	1623702.294	1041.00

Continuación de tabla A1

352	252875.6333	1623706.294	1039.00
353	252875.6333	1623706.294	1039.00
354	252895.6333	1623698.294	1038.00
355	252895.6333	1623698.294	1038.00
356	252896.6333	1623706.294	1036.00
357	252896.6333	1623706.294	1036.00
358	252578.6333	1623533.294	1100.00
359	252578.6333	1623533.294	1100.00
360	252920.6333	1623686.294	1034.00
361	252920.6333	1623686.294	1034.00
362	252925.6333	1623691.294	1032.00
363	252925.6333	1623691.294	1032.00
364	252943.6333	1623668.294	1029.00
365	252943.6333	1623668.294	1029.00
366	252948.6333	1623670.294	1028.00
367	252948.6333	1623670.294	1028.00
368	252954.6333	1623643.294	1027.00
369	252954.6333	1623643.294	1027.00
370	252576.6333	1623539.294	1098.00
371	252576.6333	1623539.294	1098.00
372	252601.6333	1623543.294	1096.26
373	252601.6333	1623543.294	1096.26
374	252620.6333	1623552.294	1094.00
375	252620.6333	1623552.294	1094.00
376	252635.6333	1623572.294	1088.00
377	252635.6333	1623572.294	1088.00
378	252641.6333	1623569.294	1091.45
379	252641.6333	1623569.294	1091.45
380	252659.6333	1623587.294	1090.00
381	252659.6333	1623587.294	1090.00
382	252674.6333	1623609.294	1087.61
383	252674.6333	1623609.294	1087.61
384	252691.6333	1623625.294	1085.93
385	252691.6333	1623625.294	1085.93
386	252699.6333	1623625.294	1082.32
387	252699.6333	1623625.294	1082.32
388	252705.6333	1623629.294	1082.32
389	252705.6333	1623629.294	1082.32
390	252703.6333	1623637.294	1083.52
391	252703.6333	1623637.294	1083.52

Continuación de tabla A1

392	252718.6333	1623642.294	1081.60
393	252718.6333	1623642.294	1081.60
394	252727.6333	1623654.294	1078.48
395	252727.6333	1623654.294	1078.48
396	252732.6333	1623663.294	1080.00
397	252732.6333	1623663.294	1080.00
398	252735.6333	1623672.294	1080.00
399	252735.6333	1623672.294	1080.00
400	252726.6333	1623678.294	1082.00
401	252726.6333	1623678.294	1082.00
402	252737.6333	1623675.294	1076.00
403	252737.6333	1623675.294	1076.00
404	252735.6333	1623701.294	1072.00
405	252735.6333	1623701.294	1072.00
406	252738.6333	1623698.294	1072.00
407	252738.6333	1623698.294	1072.00
408	252755.6333	1623697.294	1065.00
409	252755.6333	1623697.294	1065.00
410	252777.6333	1623701.294	1060.00
411	252777.6333	1623701.294	1060.00
412	252803.6333	1623700.294	1055.00
413	252803.6333	1623700.294	1055.00
414	252825.6333	1623695.294	1050.00
415	252825.6333	1623695.294	1050.00
416	252848.6333	1623693.294	1047.47
417	252848.6333	1623693.294	1047.47
418	252869.6333	1623684.294	1044.35
419	252869.6333	1623684.294	1044.35
420	252887.6333	1623679.294	1042.67
421	252887.6333	1623679.294	1042.67
422	252914.6333	1623671.294	1039.30
423	252914.6333	1623671.294	1039.30
424	252932.6333	1623660.294	1035.70
425	252932.6333	1623660.294	1035.70
426	252941.6333	1623639.294	1030.00
427	252941.6333	1623639.294	1030.00
428	251524.6333	1623959.294	1273.86
429	251524.6333	1623959.294	1273.86
430	251544.6333	1623967.294	1270.50
431	251544.6333	1623967.294	1270.50

Continuación de tabla A1

432	251569.6333	1623967.294	1265.21
433	251569.6333	1623967.294	1265.21
434	251589.6333	1623968.294	1259.92
435	251589.6333	1623968.294	1259.92
436	251589.6333	1623968.294	1259.20
437	251589.6333	1623968.294	1259.20
438	251609.6333	1623968.294	1255.84
439	251609.6333	1623968.294	1255.84
440	251627.6333	1623958.294	1255.12
441	251627.6333	1623958.294	1255.12
442	251643.6333	1623938.294	1248.00
443	251643.6333	1623938.294	1248.00
444	251636.6333	1623924.294	1245.00
445	251636.6333	1623924.294	1245.00
446	251633.6333	1623900.294	1242.00
447	251633.6333	1623900.294	1242.00
448	251638.6333	1623884.294	1233.00
449	251638.6333	1623884.294	1233.00
450	251638.6333	1623862.294	1233.00
451	251638.6333	1623862.294	1233.00
452	251644.6333	1623843.294	1232.29
453	251644.6333	1623843.294	1232.29
454	251654.6333	1623824.294	1228.20
455	251654.6333	1623824.294	1228.20
456	251665.6333	1623794.294	1217.63
457	251665.6333	1623794.294	1217.63
458	251678.6333	1623771.294	1213.54
459	251678.6333	1623771.294	1213.54
460	251700.6333	1623748.294	1220.27
461	251700.6333	1623748.294	1220.27
462	251723.6333	1623732.294	1215.94
463	251723.6333	1623732.294	1215.94
464	251755.6333	1623723.294	1207.29
465	251755.6333	1623723.294	1207.29
466	251784.6333	1623709.294	1202.97
467	251784.6333	1623709.294	1202.97
468	251807.6333	1623708.294	1199.00
469	251807.6333	1623708.294	1199.00
470	251843.6333	1623713.294	1199.00
471	251843.6333	1623713.294	1199.00

Continuación de tabla A1

472	251882.6333	1623691.294	1202.00
473	251882.6333	1623691.294	1202.00
474	251902.6333	1623689.294	1200.08
475	251902.6333	1623689.294	1200.08
476	251926.6333	1623701.294	1200.00
477	251926.6333	1623701.294	1200.00
478	251955.6333	1623722.294	1197.00
479	251955.6333	1623722.294	1197.00
480	251998.6333	1623742.294	1202.97
481	251998.6333	1623742.294	1202.97
482	252027.6333	1623716.294	1195.76
483	252027.6333	1623716.294	1195.76
484	252055.6333	1623691.294	1188.00
485	252055.6333	1623691.294	1188.00
486	252076.6333	1623664.294	1186.00
487	252076.6333	1623664.294	1186.00
488	252088.6333	1623631.294	1178.00
489	252088.6333	1623631.294	1178.00
490	252089.6333	1623607.294	1173.17
491	252089.6333	1623607.294	1173.17
492	252100.6333	1623585.294	1166.20
493	252100.6333	1623585.294	1166.20
494	252110.6333	1623577.294	1169.00
495	252110.6333	1623577.294	1169.00
496	252120.6333	1623586.294	1166.00
497	252120.6333	1623586.294	1166.00
498	252130.6333	1623616.294	1164.00
499	252130.6333	1623616.294	1164.00
500	252146.6333	1623642.294	1156.00
501	252146.6333	1623642.294	1156.00
502	252166.6333	1623659.294	1144.00
503	252166.6333	1623659.294	1144.00
504	252191.6333	1623679.294	1136.00
505	252191.6333	1623679.294	1136.00
506	252224.6333	1623693.294	1130.00
507	252224.6333	1623693.294	1130.00
508	252250.6333	1623692.294	1129.00
509	252250.6333	1623692.294	1129.00
510	252280.6333	1623697.294	1131.00
511	252280.6333	1623697.294	1131.00

Continuación de tabla A1

512	252324.6333	1623690.294	1129.00
513	252324.6333	1623690.294	1129.00
514	252350.6333	1623669.294	1129.00
515	252350.6333	1623669.294	1129.00
516	252377.6333	1623658.294	1120.00
517	252377.6333	1623658.294	1120.00
518	251525.6333	1623954.294	1274.84
519	251525.6333	1623954.294	1274.84
520	251545.6333	1623964.294	1271.21
521	251545.6333	1623964.294	1271.21
522	251566.6333	1623963.294	1264.94
523	251566.6333	1623963.294	1264.94
524	251586.6333	1623965.294	1259.61
525	251586.6333	1623965.294	1259.61
526	251608.6333	1623964.294	1254.78
527	251608.6333	1623964.294	1254.78
528	251625.6333	1623953.294	1255.00
529	251625.6333	1623953.294	1255.00
530	251634.6333	1623942.294	1253.00
531	251634.6333	1623942.294	1253.00
532	251624.6333	1623924.294	1248.84
533	251624.6333	1623924.294	1248.84
534	251623.6333	1623905.294	1244.07
535	251623.6333	1623905.294	1244.07
536	251629.6333	1623885.294	1237.00
537	251629.6333	1623885.294	1237.00
538	251631.6333	1623863.294	1238.26
539	251631.6333	1623863.294	1238.26
540	251636.6333	1623839.294	1233.89
541	251636.6333	1623839.294	1233.89
542	251645.6333	1623822.294	1226.83
543	251645.6333	1623822.294	1226.83
544	251653.6333	1623794.294	1219.96
545	251653.6333	1623794.294	1219.96
546	251672.6333	1623765.294	1216.02
547	251672.6333	1623765.294	1216.02
548	251694.6333	1623742.294	1218.44
549	251694.6333	1623742.294	1218.44
550	251719.6333	1623726.294	1215.54
551	251719.6333	1623726.294	1215.54

Continuación de tabla A1

552	251749.6333	1623716.294	1210.00
553	251749.6333	1623716.294	1210.00
554	251776.6333	1623702.294	1203.00
555	251776.6333	1623702.294	1203.00
556	251807.6333	1623698.294	1198.00
557	251807.6333	1623698.294	1198.00
558	251839.6333	1623699.294	1202.00
559	251839.6333	1623699.294	1202.00
560	251874.6333	1623686.294	1203.54
561	251874.6333	1623686.294	1203.54
562	251903.6333	1623679.294	1202.00
563	251903.6333	1623679.294	1202.00
564	251937.6333	1623690.294	1202.88
565	251937.6333	1623690.294	1202.88
566	251962.6333	1623716.294	1207.58
567	251962.6333	1623716.294	1207.58
568	251994.6333	1623730.294	1210.77
569	251994.6333	1623730.294	1210.77
570	252017.6333	1623710.294	1203.27
571	252017.6333	1623710.294	1203.27
572	252040.6333	1623685.294	1197.00
573	252040.6333	1623685.294	1197.00
574	252059.6333	1623660.294	1191.35
575	252059.6333	1623660.294	1191.35
576	252071.6333	1623634.294	1186.00
577	252071.6333	1623634.294	1186.00
578	252077.6333	1623607.294	1178.00
579	252077.6333	1623607.294	1178.00
580	252090.6333	1623578.294	1171.56
581	252090.6333	1623578.294	1171.56
582	252106.6333	1623566.294	1171.00
583	252106.6333	1623566.294	1171.00
584	252130.6333	1623578.294	1165.56
585	252130.6333	1623578.294	1165.56
586	252139.6333	1623605.294	1161.94
587	252139.6333	1623605.294	1161.94
588	252154.6333	1623629.294	1155.00
589	252154.6333	1623629.294	1155.00
590	252172.6333	1623645.294	1146.00
591	252172.6333	1623645.294	1146.00

Continuación de tabla A1

592	252200.6333	1623666.294	1136.87
593	252200.6333	1623666.294	1136.87
594	252224.6333	1623682.294	1134.00
595	252224.6333	1623682.294	1134.00
596	252253.6333	1623679.294	1133.00
597	252253.6333	1623679.294	1133.00
598	252283.6333	1623684.294	1134.00
599	252283.6333	1623684.294	1134.00
600	252318.6333	1623677.294	1130.00
601	252318.6333	1623677.294	1130.00
602	252344.6333	1623660.294	1130.00
603	252344.6333	1623660.294	1130.00
604	252364.6333	1623649.294	1123.00
605	252364.6333	1623649.294	1123.00
606	252400.6333	1623621.294	1118.03
607	252400.6333	1623621.294	1118.03
608	252396.6333	1623617.294	1120.44
609	252396.6333	1623617.294	1120.44
610	252414.6333	1623604.294	1114.66
611	252414.6333	1623604.294	1114.66
612	252410.6333	1623601.294	1117.67
613	252410.6333	1623601.294	1117.67
614	252434.6333	1623588.294	1111.55
615	252434.6333	1623588.294	1111.55
616	252432.6333	1623583.294	1112.16
617	252432.6333	1623583.294	1112.16
618	252456.6333	1623573.294	1108.24
619	252456.6333	1623573.294	1108.24
620	252451.6333	1623569.294	1110.00
621	252451.6333	1623569.294	1110.00
622	252474.6333	1623561.294	1106.55
623	252474.6333	1623561.294	1106.55
624	252474.6333	1623555.294	1108.86
625	252474.6333	1623555.294	1108.86
626	252497.6333	1623554.294	1105.15
627	252497.6333	1623554.294	1105.15
628	252496.6333	1623549.294	1106.97
629	252496.6333	1623549.294	1106.97
630	252515.6333	1623546.294	1104.26
631	252515.6333	1623546.294	1104.26

Continuación de tabla A1

632	252514.6333	1623542.294	1104.91
633	252514.6333	1623542.294	1104.91
634	252537.6333	1623541.294	1101.18
635	252537.6333	1623541.294	1101.18
636	252537.6333	1623535.294	1102.79
637	252537.6333	1623535.294	1102.79
638	252554.6333	1623537.294	1100.04
639	252554.6333	1623537.294	1100.04
640	252556.6333	1623542.294	1097.61
641	252556.6333	1623542.294	1097.61
642	252577.6333	1623544.294	1094.89
643	252577.6333	1623544.294	1094.89
644	252602.6333	1623547.294	1092.37
645	252602.6333	1623547.294	1092.37
646	252601.6333	1623552.294	1090.75
647	252601.6333	1623552.294	1090.75
648	252618.6333	1623563.294	1086.57
649	252618.6333	1623563.294	1086.57
650	252619.6333	1623556.294	1090.30
651	252619.6333	1623556.294	1090.30
652	252632.6333	1623576.294	1085.48
653	252632.6333	1623576.294	1085.48
654	252652.6333	1623596.294	1082.79
655	252652.6333	1623596.294	1082.79
656	252656.6333	1623591.294	1085.72
657	252656.6333	1623591.294	1085.72
658	252667.6333	1623612.294	1082.82
659	252667.6333	1623612.294	1082.82
660	252672.6333	1623609.294	1086.20
661	252672.6333	1623609.294	1086.20
662	252676.6333	1623632.294	1080.67
663	252676.6333	1623632.294	1080.67
664	252670.6333	1623635.294	1078.08
665	252670.6333	1623635.294	1078.08
666	252688.6333	1623627.294	1086.30
667	252688.6333	1623627.294	1086.30
668	252692.6333	1623624.294	1086.46
669	252692.6333	1623624.294	1086.46
670	252703.6333	1623645.294	1084.09
671	252703.6333	1623645.294	1084.09

Continuación de tabla A1

672	252718.6333	1623658.294	1080.92
673	252718.6333	1623658.294	1080.92
674	252726.6333	1623668.294	1080.90
675	252726.6333	1623668.294	1080.90
676	252722.6333	1623679.294	1081.63
677	252722.6333	1623679.294	1081.63
678	252740.6333	1623682.294	1071.00
679	252740.6333	1623682.294	1071.00
680	252748.6333	1623670.294	1067.00
681	252748.6333	1623670.294	1067.00
682	252734.6333	1623706.294	1068.00
683	252734.6333	1623706.294	1068.00
684	252752.6333	1623702.294	1065.00
685	252752.6333	1623702.294	1065.00
686	252753.6333	1623708.294	1063.25
687	252753.6333	1623708.294	1063.25
688	252778.6333	1623708.294	1058.61
689	252778.6333	1623708.294	1058.61
690	252777.6333	1623711.294	1057.17
691	252777.6333	1623711.294	1057.17
692	252805.6333	1623705.294	1055.00
693	252805.6333	1623705.294	1055.00
694	252805.6333	1623709.294	1051.59
695	252805.6333	1623709.294	1051.59
696	252827.6333	1623706.294	1046.00
697	252827.6333	1623706.294	1046.00
698	252827.6333	1623701.294	1047.94
699	252827.6333	1623701.294	1047.94
700	252853.6333	1623703.294	1043.08
701	252853.6333	1623703.294	1043.08
702	252851.6333	1623699.294	1044.02
703	252851.6333	1623699.294	1044.02
704	252869.6333	1623695.294	1042.00
705	252869.6333	1623695.294	1042.00
706	252869.6333	1623688.294	1042.00
707	252869.6333	1623688.294	1042.00
708	252892.6333	1623690.294	1038.00
709	252892.6333	1623690.294	1038.00
710	252889.6333	1623684.294	1040.00
711	252889.6333	1623684.294	1040.00

Continuación de tabla A1

712	252916.6333	1623680.294	1033.00
713	252916.6333	1623680.294	1033.00
714	252915.6333	1623675.294	1035.00
715	252915.6333	1623675.294	1035.00
716	252936.6333	1623662.294	1030.26
717	252936.6333	1623662.294	1030.26
718	252941.6333	1623666.294	1029.78
719	252941.6333	1623666.294	1029.78
720	252948.6333	1623641.294	1028.00
721	252948.6333	1623641.294	1028.00
722	251635.6333	1623863.294	1234.00
723	251635.6333	1623863.294	1234.00
724	251642.6333	1623843.294	1232.53
725	251642.6333	1623843.294	1232.53
726	251651.6333	1623823.294	1225.00
727	251651.6333	1623823.294	1225.00
728	251660.6333	1623793.294	1217.63
729	251660.6333	1623793.294	1217.63
730	251675.6333	1623769.294	1214.74
731	251675.6333	1623769.294	1214.74
732	251696.6333	1623746.294	1218.00
733	251696.6333	1623746.294	1218.00
734	251722.6333	1623729.294	1215.70
735	251722.6333	1623729.294	1215.70
736	251753.6333	1623720.294	1208.73
737	251753.6333	1623720.294	1208.73
738	251781.6333	1623708.294	1202.97
739	251781.6333	1623708.294	1202.97
740	251807.6333	1623703.294	1199.84
741	251807.6333	1623703.294	1199.84
742	251841.6333	1623706.294	1202.25
743	251841.6333	1623706.294	1202.25
744	251877.6333	1623689.294	1202.00
745	251877.6333	1623689.294	1202.00
746	251904.6333	1623685.294	1202.25
747	251904.6333	1623685.294	1202.25
748	251930.6333	1623699.294	1202.97
749	251930.6333	1623699.294	1202.97
750	251957.6333	1623718.294	1199.00
751	251957.6333	1623718.294	1199.00

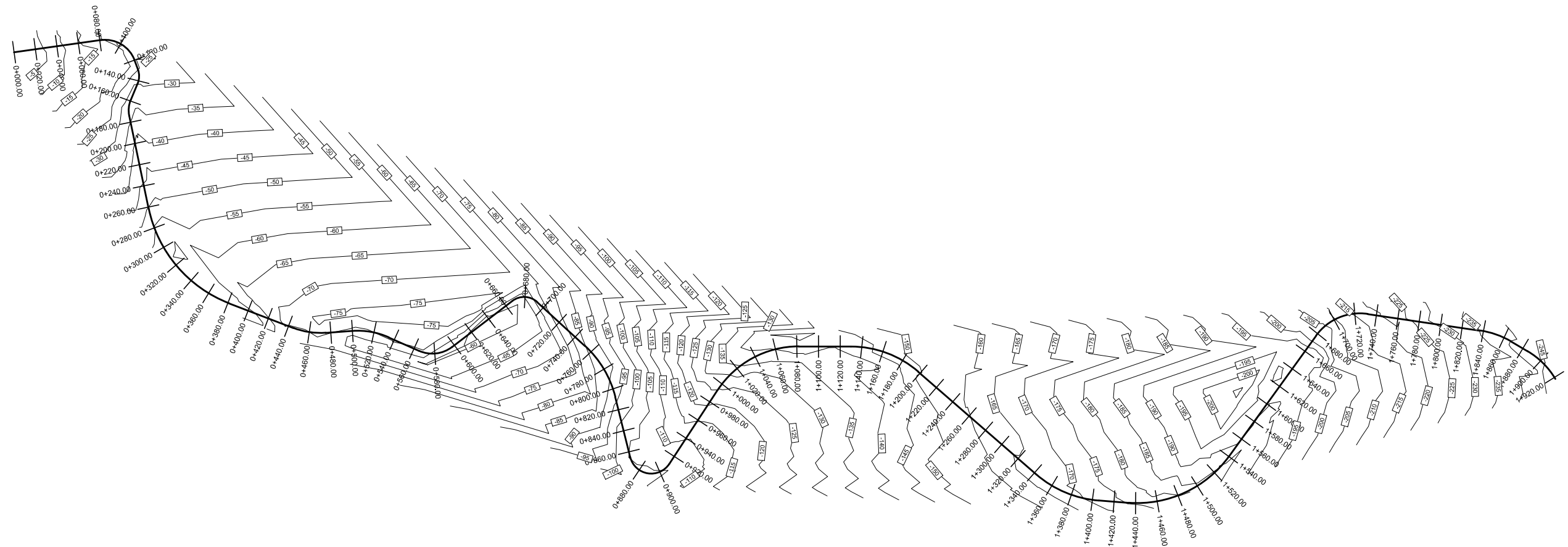
Continuación de tabla A1

752	251992.6333	1623736.294	1205.61
753	251992.6333	1623736.294	1205.61
754	252021.6333	1623713.294	1198.40
755	252021.6333	1623713.294	1198.40
756	251522.6333	1623964.294	1275.79
757	251522.6333	1623964.294	1275.79
758	251546.6333	1623974.294	1271.70
759	251546.6333	1623974.294	1271.70
760	251565.6333	1623971.294	1264.97
761	251565.6333	1623971.294	1264.97
762	251588.6333	1623974.294	1258.72
763	251588.6333	1623974.294	1258.72
764	251607.6333	1623971.294	1252.47
765	251607.6333	1623971.294	1252.47
766	251629.6333	1623964.294	1253.68
767	251629.6333	1623964.294	1253.68
768	252046.6333	1623688.294	1192.00
769	252046.6333	1623688.294	1192.00
770	251640.6333	1623940.294	1251.00
771	251640.6333	1623940.294	1251.00
772	251629.6333	1623924.294	1250.00
773	251629.6333	1623924.294	1250.00
774	251627.6333	1623903.294	1243.82
775	251627.6333	1623903.294	1243.82
776	251635.6333	1623885.294	1237.81
777	251635.6333	1623885.294	1237.81
778	251633.6333	1623956.294	1254.00
779	251633.6333	1623956.294	1254.00
780	251785.6333	1623701.294	1202.00
781	251785.6333	1623701.294	1202.00
782	251810.6333	1623687.294	1199.00
783	251810.6333	1623687.294	1199.00
784	251879.6333	1623680.294	1203.00
785	251879.6333	1623680.294	1203.00
786	251941.6333	1623689.294	1250.00
787	251941.6333	1623689.294	1265.00
788	252182.6333	1623646.294	1254.00
789	252182.6333	1623646.294	1255.00

Fuente: elaboración propia.

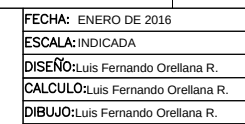
Apéndice B

Planos constructivos, proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula



PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE
UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO

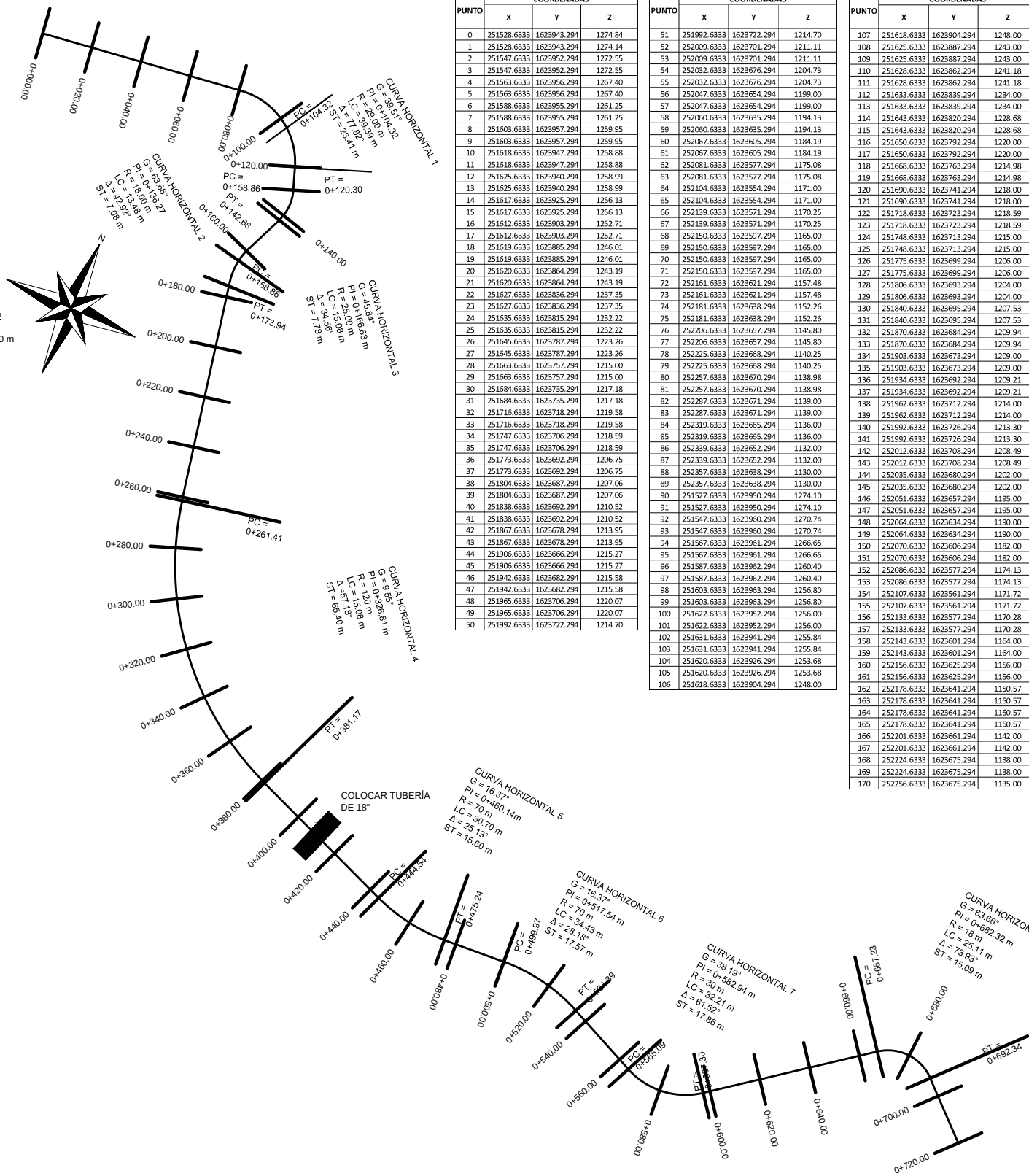
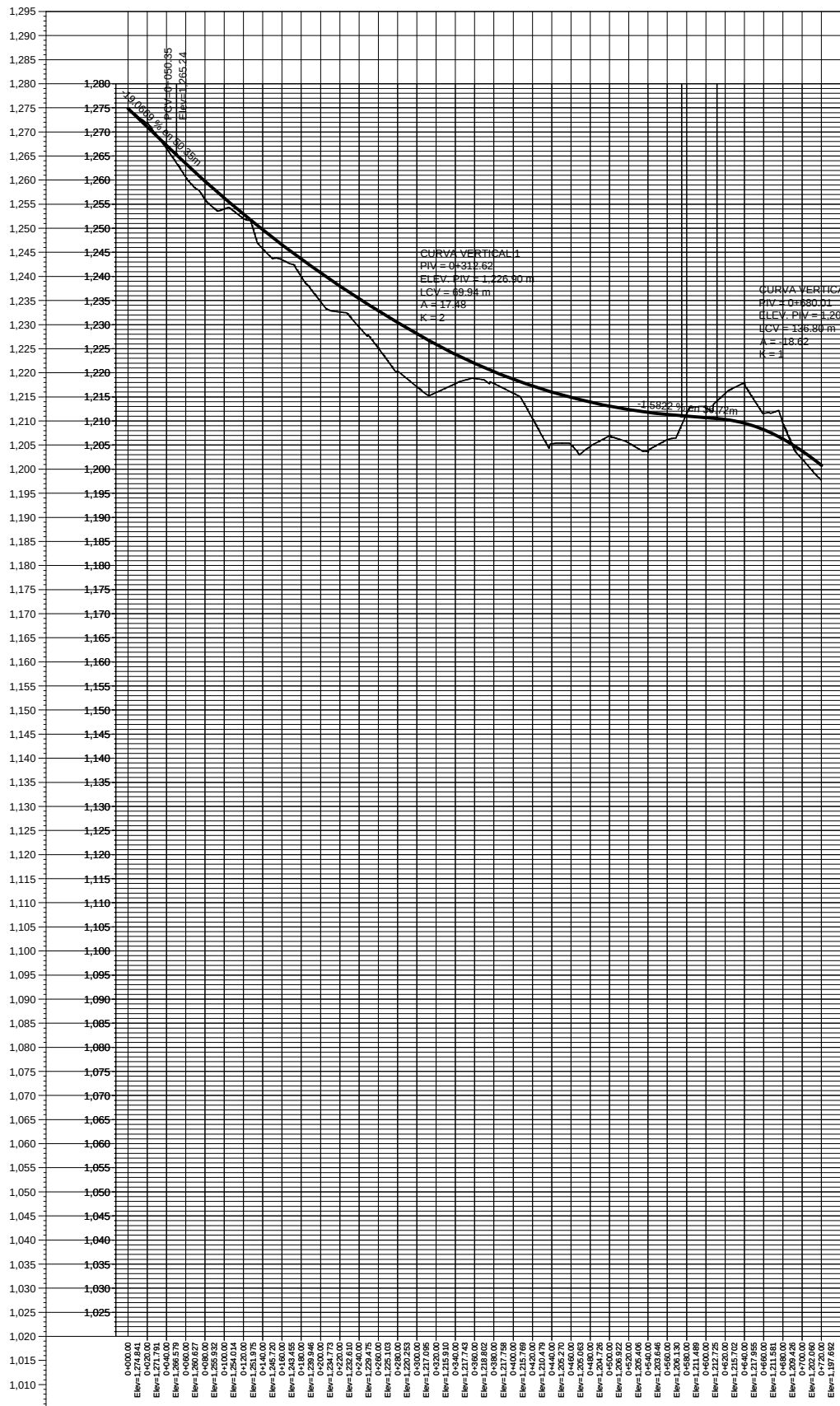
UBICACION	OLOPA, CHIQUIMULA
PLANO DE:	PLANTA DE CURVAS



No. HOJA:

1 /

2)

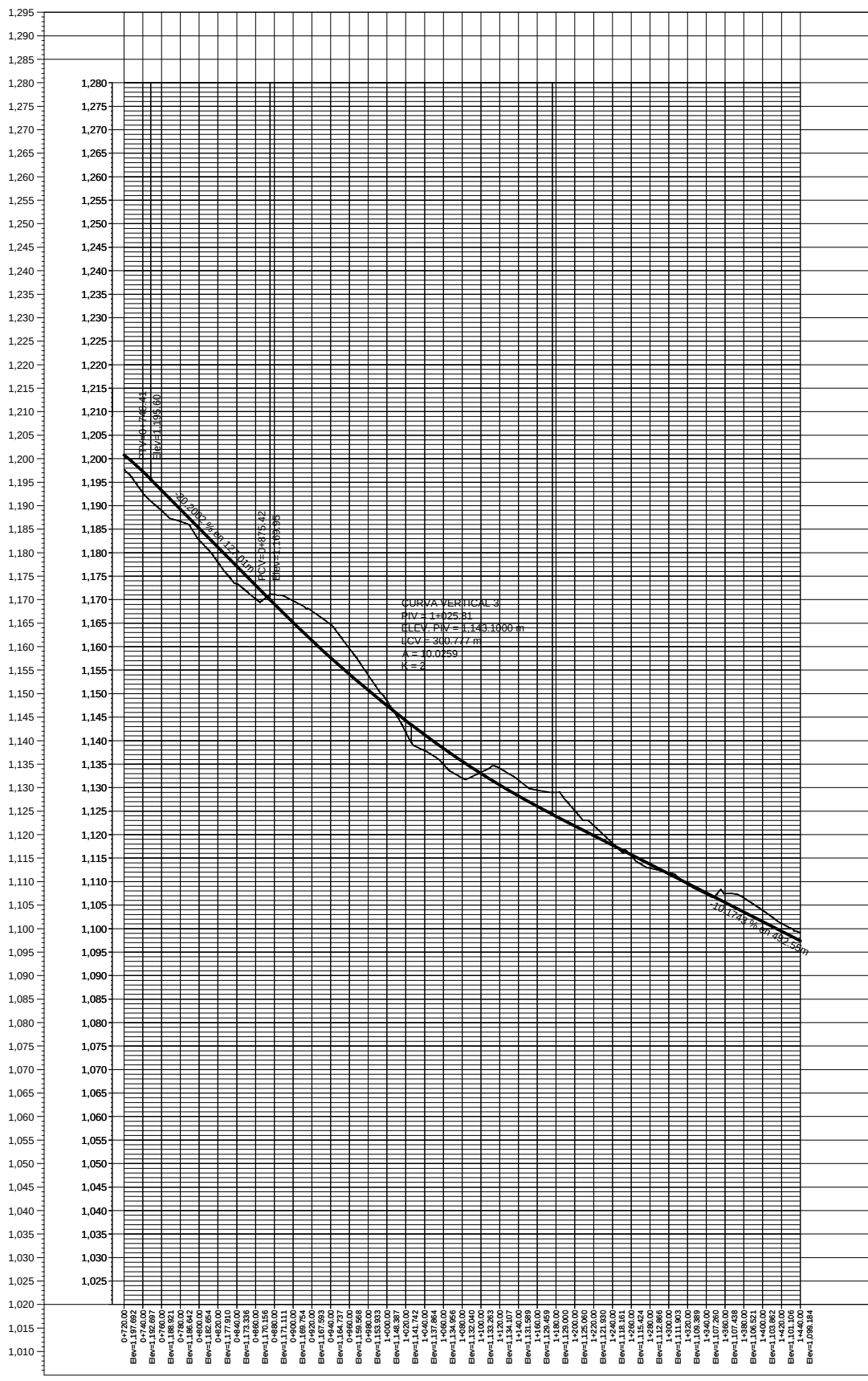


PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z
0	251528.6333	1623943.294	1274.84
1	251528.6333	1623943.294	1274.14
2	251547.6333	1623952.294	1272.55
3	251547.6333	1623952.294	1272.55
4	251563.6333	1623956.294	1267.40
5	251563.6333	1623956.294	1267.40
6	251588.6333	1623955.294	1261.25
7	251588.6333	1623955.294	1261.25
8	251603.6333	1623957.294	1259.95
9	251603.6333	1623957.294	1259.95
10	251618.6333	1623947.294	1258.88
11	251618.6333	1623947.294	1258.88
12	251625.6333	1623940.294	1258.99
13	251625.6333	1623940.294	1258.99
14	251617.6333	1623925.294	1256.13
15	251617.6333	1623925.294	1256.13
16	251612.6333	1623903.294	1252.71
17	251612.6333	1623903.294	1252.71
18	251619.6333	1623885.294	1246.01
19	251619.6333	1623885.294	1246.01
20	251620.6333	1623864.294	1243.19
21	251620.6333	1623864.294	1243.19
22	251627.6333	1623836.294	1237.35
23	251627.6333	1623836.294	1237.35
24	251635.6333	1623815.294	1232.22
25	251635.6333	1623815.294	1232.22
26	251645.6333	1623787.294	1223.26
27	251645.6333	1623787.294	1223.26
28	251663.6333	1623757.294	1215.00
29	251663.6333	1623757.294	1215.00
30	251684.6333	1623735.294	1217.18
31	251684.6333	1623735.294	1217.18
32	251716.6333	1623718.294	1219.58
33	251716.6333	1623718.294	1219.58
34	251747.6333	1623706.294	1218.59
35	251747.6333	1623706.294	1218.59
36	251773.6333	1623692.294	1206.75
37	251773.6333	1623692.294	1206.75
38	251804.6333	1623687.294	1207.06
39	251804.6333	1623687.294	1207.06
40	251838.6333	1623692.294	1210.52
41	251838.6333	1623692.294	1210.52
42	251867.6333	1623678.294	1213.95
43	251867.6333	1623678.294	1213.95
44	251906.6333	1623666.294	1215.27
45	251906.6333	1623666.294	1215.27
46	251942.6333	1623682.294	1215.58
47	251942.6333	1623682.294	1215.58
48	251965.6333	1623706.294	1220.07
49	251965.6333	1623706.294	1220.07
50	251992.6333	1623722.294	1214.70

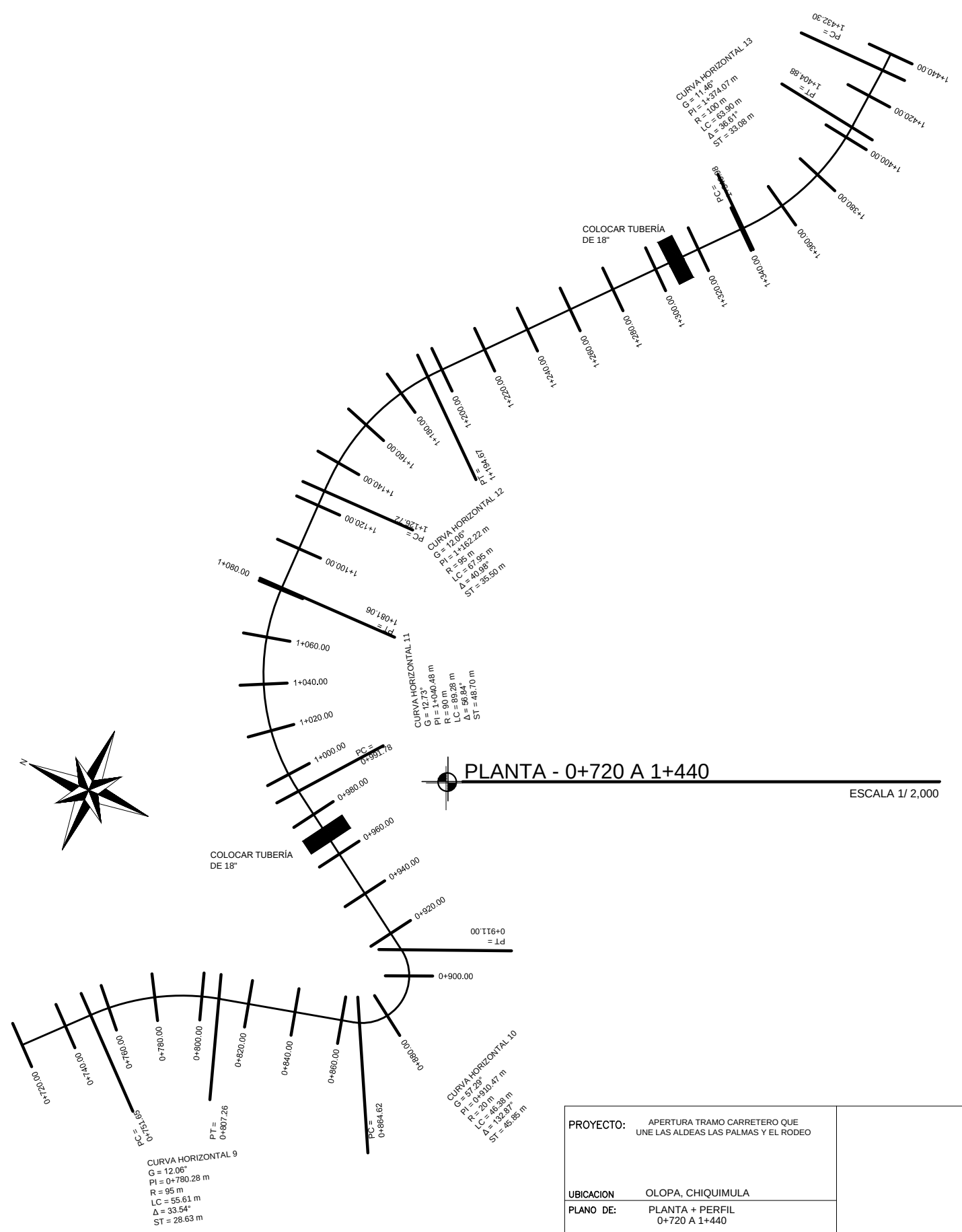
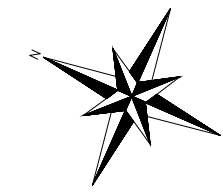
PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z
51	251992.6333	1623722.294	1214.70
52	252009.6333	1623701.294	1211.11
53	252009.6333	1623701.294	1211.11
54	252032.6333	1623676.294	1204.73
55	252032.6333	1623676.294	1204.73
56	252047.6333	1623654.294	1199.00
57	252047.6333	1623654.294	1199.00
58	252060.6333	1623635.294	1194.13
59	252060.6333	1623635.294	1194.13
60	252067.6333	1623605.294	1184.19
61	252067.6333	1623605.294	1184.19
62	252081.6333	1623577.294	1175.08
63	252081.6333	1623577.294	1175.08
64	252104.6333	1623554.294	1171.00
65	252104.6333	1623554.294	1171.00
66	252139.6333	1623571.294	1170.25
67	252139.6333	1623571.294	1170.25
68	252150.6333	1623597.294	1165.00
69	252150.6333	1623597.294	1165.00
70	252150.6333	1623597.294	1165.00
71	252150.6333	1623597.294	1165.00
72	252161.6333	1623621.294	1157.48
73	252161.6333	1623621.294	1157.48
74	252181.6333	1623638.294	1152.26
75	252181.6333	1623638.294	1152.26
76	252206.6333	1623657.294	1145.80
77	252206.6333	1623657.294	1145.80
78	252225.6333	1623668.294	1140.25
79	252225.6333	1623668.294	1140.25
80	252257.6333	1623670.294	1138.98
81	252257.6333	1623670.294	1138.98
82	252287.6333	1623671.294	1139.00
83	252287.6333	1623671.294	1139.00
84	252319.6333	1623665.294	1136.00
85	252319.6333	1623665.294	1136.00
86	252339.6333	1623652.294	1132.00
87	252339.6333	1623652.294	1132.00
88	252357.6333	1623638.294	1130.00
89	252357.6333	1623638.294	1130.00
90	251527.6333	1623950.294	1274.10
91	251527.6333	1623950.294	1274.10
92	251547.6333	1623960.294	1270.74
93	251547.6333	1623960.294	1270.74
94	251567.6333	1623961.294	1266.65
95	251567.6333	1623961.294	1266.65
96	251587.6333	1623962.294	1260.40
97	251587.6333	1623962.294	1260.40
98	251603.6333	1623963.294	1256.80
99	251603.6333	1623963.294	1256.80
100	251622.6333	1623952.294	1256.00
101	251622.6333	1623952.294	1256.00
102	251631.6333	1623941.294	1255.84
103	251631.6333	1623941.294	1255.84
104	251620.6333	1623926.294	1253.68
105	251620.6333	1623926.294	1253.68
106	251618.6333	1623904.294	1248.00

PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z
107	251618.6333	1623904.294	1248.00
108	251625.6333	1623887.294	1243.00
109	251625.6333	1623887.294	1243.00
110	251628.6333	1623862.294	1241.18
111	251628.6333	1623862.294	1241.18
112	251633.6333	1623839.294	1234.00
113	251633.6333	1623839.294	1234.00
114	251643.6333	1623820.294	1228.68
115	251643.6333	1623820.294	1228.68
116	251650.6333	1623792.294	1220.00
117	251650.6333	1623792.294	1220.00
118	251668.6333	1623763.294	1214.98
119	251668.6333	1623763.294	1214.98
120	251680.6333	1623741.294	1218.00
121	251680.6333	1623741.294	1218.00
122	251718.6333	1623723.294	1218.59
123	251718.6333	1623723.294	1218.59
124	251748.6333	1623713.294	1215.00
125	251748.6333	1623713.294	1215.00
126	251775.6333	1623699.294	1206.00
127	251775.6333	1623699.294	1206.00
128	251806.6333	1623693.294	1204.00
129	251806.6333	1623693.294	1204.00
130	251840.6333	1623695.294	1207.53
131	251840.6333	1623695.294	1207.53
132	251870.6333	1623684.294	1209.94
133	251870.6333	1623684.294	1209.94
134	251903.6333	1623673.294	1209.00
135	251903.6333	1623673.294	1209.00
136	251934.6333	1623692.294	1209.21
137	251934.6333	1623692.294	1209.21
138	251962.6333	1623712.294	1214.00
139	251962.6333	1623712.294	1214.00
140	251992.6333	1623726.294	1213.30
141	251992.6333	1623726.294	1213.30
142	252012.6333	1623708.294	1208.49
143	252012.6333	1623708.294	1208.49
144	252035.6333	1623680.294	1202.00
145	252035.6333	1623680.294	1202.00
146	252051.6333	1623657.294	1195.00
147	252051.6333	1623657.294	1195.00
148	252064.6333	1623634.294	1190.00
149	252064.6333	1623634.294	1190.00
150	252070.6333	1623606.294	1182.00
151	252070.6333	1623606.294	1182.00
152	252086.6333	1623577.294	1174.13
153	252086.6333	1623577.294	1174.13
154	252107.6333	1623561.294	1171.72
155	252107.6333	1623561.294	1171.72
156	252133.6333	1623577.294	1170.28
157	252133.6333	1623577.294	1170.28
158	252143.6333	1623601.294	1164.00
159	252143.6333	1623601.294	1164.00
160	252156.6333	1623625.294	1156.00
161	252156.6333	1623625.294	1156.00
162	252178.6333	1623641.294	1150.57
163	252178.6333	1623641.294	1150.57
164	252178.6333	1623641.294	1150.57
165	252178.6333	1623641.294	1150.57
166	252201.6333	1623661.294	1142.00
167	252201.6333	1623661.294	1142.00
168	252224.6333	1623675.294	1138.00
169	252224.6333	1623675.294	1138.00
170	252256.6333	1623675.294	1135.00

PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z
171	252226.6333	1623675.294	1135.00
172	252286.6333	1623680.294	1135.00
173	252286.6333	1623680.294	1135.00
174	252318.6333	1623674.294	1132.00
175	252318.6333	1623674.294	1132.00
176	252342.6333	1623658.294	1131.00
177	252342.6333	1623658.294	1131.00
178	252359.6333	1623644.294	1127.00
179	252359.6333	1623644.294	1127.00
180	252388.6333	1623613.294	1122.94
181	252388.6333	1623613.294	1122.94
182	252066.6333	1623663.294	1187.00
183	252066.6333	1623663.294	1187.00
184	252076.6333	1623632.294	1181.00
185	252076.6333	1623632.294	1181.00
186	252082.6333	1623608.294	1175.00
187	252082.6333	1623608.294	1175.00
188	252095.6333	1623581.294	1169.00
189	252095.6333	1623581.294	1169.00
190	252110.6333	1623572.294	1170.00
191	252110.6333	1623572.294	1170.00
192	252124.6333	1623582.294	1167.00
193	252124.6333	1623582.294	1167.00
194	252135.6333	1623612.294	1163.00
195	252135.6333	1623612.294	1163.00
196	252148.6333	1623635.294	1156.00
197	252148.6333	1623635.294	1156.00
198	252169.6333	1623652.294	1148.00
199	252169.6333	1623652.294	1148.00
200	252406.6333	1623996.294	1121.00
201	252406.6333	1623996.294	1121.00
202	252197.6333	1623673.294	1137.00
203	252197.6333	1623673.294	1137.00
204	252225.6333	1623688.294	1133.00
205	252225.6333	1623688.294	1133.00
206	252522.6333	1623684.294	1131.00
207	252522.6333	1623684.294	1131.00
208	252283.6333	1623689.294	1133.00
209	252283.6333	1623689.294	1133.00
210	252319.6333	1623684.294	1130.00
211	252319.6333	1623684.294	1130.00
212	252346.6333	1623666.294	1129.00
213	252346.6333	1623666.294	1129.00
214	252371.6333	1623653.294	1123.00
215	252371.6333	1623653.294	1123.00
216	252428.6333	1623580.294	1113.80
217	252428.6333	1623580.294	1113.80
218	252401.6333	1623624.294	1116.00
219	252401.6333	1623624.294	1116.00
220	252408.6333	1623628.294	1114.00
221	252408.6333	1623628.294	1114.00
222	252420.6333	1623607.294	1113.00
223	252420.6333	1623607.294	1113.00
224	252425.6333	1623611.294	1112.00
225	252425.6333	1623611.294	1112.00
226	252440.6333	1623593.294	1112.00
227	252440.6333	1623593.294	1112.00
228	252444.6333	1623598.294	1112.00
229	252444.6333	1623598.294	1112.00
230	252461.6333	1623576.294	1109.00
231	252461.6333	1623576.294	1109.00
232	252465.6333	1623583.294	1109.00
233	252465.6333	1623583.294	1109.00
234	252478.6333	1623568.294	1107.00
235	252478.6333	1623568.294	1107.00
236	252479.6333	1623572.294	1106.00
237	252479.6333	1623572.294	1106.00
238	252448.6333	1623567.294	1111.40
239	252448.6333	1623567.294	1111.40
240	252496.6333	1623560.294	1107.00
241	252496.6333	1623560.294	1107.00
242	252497.6333	1623564.294	1106.00
243	252497.6333	1623564.294	1106.00
244	252515.6333	1623551.294	1103.00

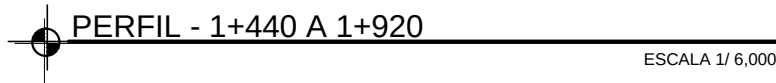


PERFIL - 0+720 A 1+440
ESCALA 1/ 6,000



PLANTA - 0+720 A 1+440
ESCALA 1/ 2,000

PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO		
UBICACION	OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE:	PLANTA + PERFIL 0+720 A 1+440	
	FECHA: ENERO DE 2016	No. HOJA: 3 12
	ESCALA: INDICADA	
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
	CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	



PROYECTO: APERTURA DE LA CARRETERA ENTRE LAS ALDEAS DE SAN JUAN Y SAN PEDRO

UBICACION: OLOPA, MUNICIPIO DE SAN JUAN, ESTADO DE GUATEMALA

PLANO DE: PLANTA DE LA CARRETERA 1+440 A 1+920

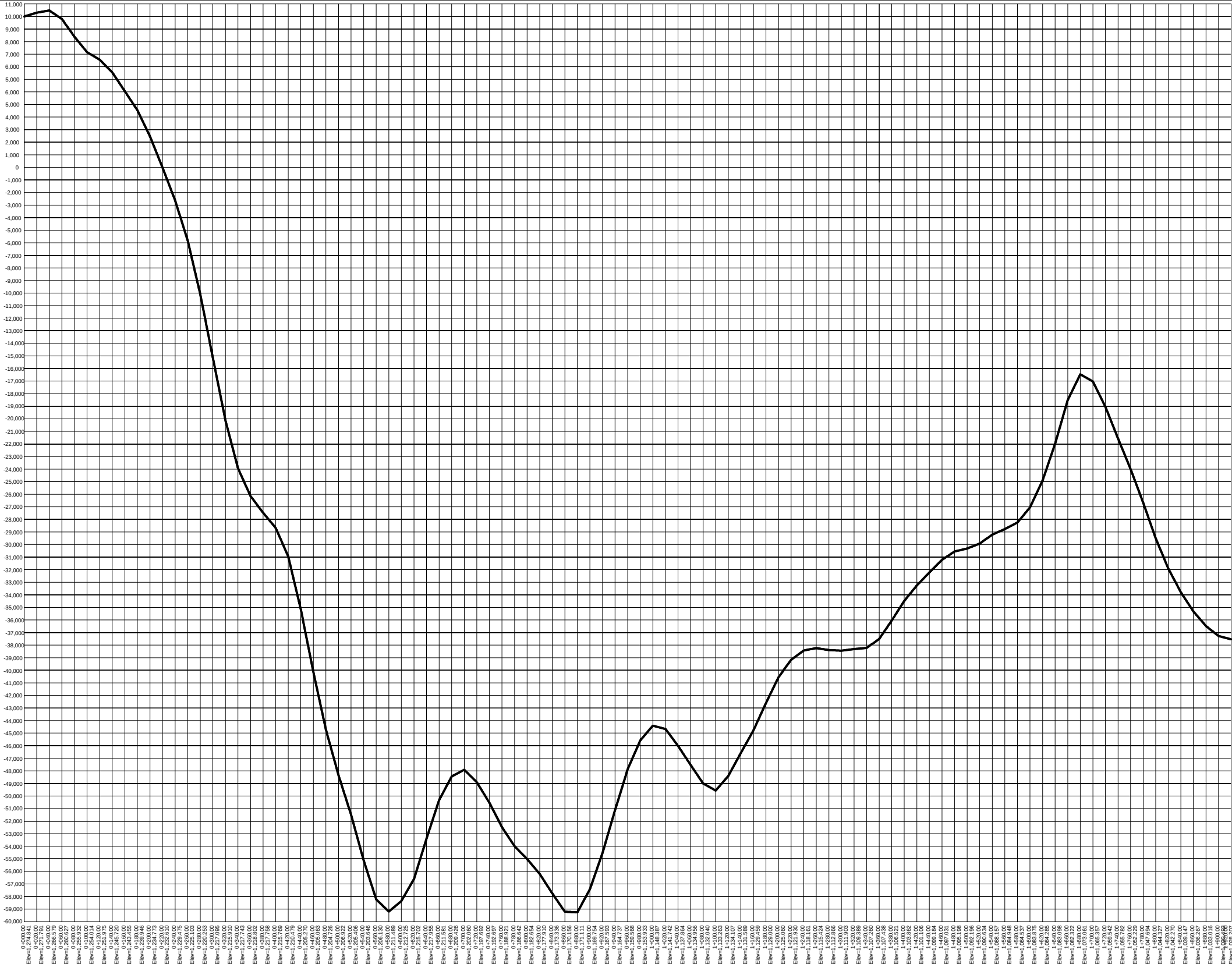
ESCALA: 1/2,000

TÍTULO: PLANTA - 1+440 A 1+920

FECHA:	ENERO DE 2016
ESCALA:	INDICADA
DISEÑO:	Luis Fernando Orellana R.
CALCULO:	Luis Fernando Orellana R.
DIBUJO:	Luis Fernando Orellana R.

4

ELEVACION	ESPESOR	VOLUMEN	TIPO DE MATERIAL			
			FACTORES DE ABUNDAMIENTO	FACTORES DE COMPACTACION		
ORDENADAS DE LA CURVA MASA						
TERRENO	SUBRASANTE	TERRAPLEN	CORTE			
		TERRAPLEN	CORTE			
1.274.84	1.274.84	0.00	0.00	10.000		
1.271.78	1.271.03	0.76	121.53	0.00	10.122	
1.266.95	1.267.21	0.63	110.81	41.72	10.191	
1.260.63	1.263.42	2.79	0.00	272.46	9.918	
1.255.03	1.259.76	3.83	0.00	563.96	9.395	
1.254.01	1.256.26	2.24	0.00	460.53	8.884	
1.251.96	1.259.90	0.92	29.89	266.75	8.627	
1.245.72	1.249.67	3.95	29.89	433.07	8.224	
1.243.46	1.246.58	3.12	0.00	600.17	7.634	
1.239.95	1.243.61	3.66	0.00	604.46	7.019	
1.234.77	1.240.75	5.98	0.00	629.71	6.190	
1.232.05	1.238.01	5.40	0.00	665.72	5.193	
1.229.47	1.235.38	5.91	0.00	1.040.48	4.132	
1.225.10	1.232.86	7.78	0.00	1.274.34	2.878	
1.220.25	1.229.44	10.19	0.00	1.707.43	1.171	
1.217.09	1.226.11	11.02	0.00	2.019.63	849	
1.215.91	1.225.89	9.98	0.00	1.993.11	2.842	
1.212.74	1.222.84	6.09	0.00	1.526.45	4.369	
1.218.66	1.221.95	3.15	0.00	889.00	5.258	
1.217.76	1.220.24	2.48	0.00	531.34	5.789	
1.215.77	1.218.68	2.91	0.00	479.95	6.269	
1.210.46	1.217.27	6.78	0.00	909.49	7.178	
1.205.41	1.216.01	10.74	0.00	1.695.02	8.863	
1.205.06	1.214.89	9.83	0.00	1.893.88	10.867	
1.203.65	1.211.79	6.15	0.00	1.444.34	14.140	
1.206.41	1.212.37	6.95	0.00	1.262.02	15.502	
1.203.65	1.211.79	8.14	0.00	1.447.93	16.849	
1.206.13	1.211.34	5.71	0.00	1.241.93		
1.211.49	1.211.00	0.49	141.42	526.97	18.477	
1.212.72	1.210.69	2.04	367.98	32.83	18.142	
1.215.70	1.210.33	5.38	700.09	0.00	17.442	
1.217.95	1.209.54	8.41	2.85	22	0.00	16.666
1.211.58	1.209.21	3.38	1.23	18	0.00	14.633
1.209.42	1.206.24	3.18	753.90	0.00	14.190	
1.202.06	1.202.72	1.66	382.91	168.43	13.965	
1.197.09	1.200.76	3.07	40.98	437.92	14.362	
1.192.70	1.197.26	4.57	0.00	662.46	15.015	
1.188.92	1.193.26	4.34	0.00	777.04	15.792	
1.186.44	1.189.22	2.58	0.00	605.40	16.307	
1.182.05	1.185.18	2.53	0.00	407.85	16.695	
1.177.64	1.181.14	3.23	0.00	474.78	17.290	
1.173.34	1.177.10	3.77	0.00	616.70	17.897	
1.170.16	1.173.06	2.91	0.00	595.17	18.482	
1.171.11	1.169.03	2.09	226.62	246.72	18.592	
1.169.75	1.165.09	4.66	740.00	0.00	17.762	
1.167.99	1.161.30	6.29	1.51	14	0.00	16.611
1.164.74	1.157.65	7.09	3.86	46	0.00	15.342
1.159.57	1.152.12	5.45	1.29	57	0.00	13.949
1.153.93	1.150.71	3.22	916.21	0.00	13.033	
1.148.39	1.147.42	0.97	469.31	0.00	12.564	
1.141.74	1.144.24	2.50	113.27	248.99	12.066	
1.137.66	1.141.19	3.32	0.00	534.73	13.262	
1.131.99	1.129.16	3.43	732.68	0.00	13.431	
1.126.41	1.125.96	3.50	716.87	0.00	12.715	
1.128.00	1.128.88	5.12	872.37	0.00	11.862	
1.125.96	1.121.65	3.71	823.69	0.00	11.019	
1.121.95	1.119.81	2.12	548.74	0.00	10.470	
1.118.16	1.117.78	0.39	307.04	7.69	10.170	
1.115.42	1.115.71	0.29	322.03	47.57	10.096	
1.111.90	1.111.67	0.23	42.03	62.28	10.177	
1.108.39	1.109.64	0.25	60.16	8.85	10.126	
1.107.44	1.107.60	0.34	59.81	11.75	10.090	
1.106.52	1.103.53	2.99	598.27	0.00	-9.219	
1.103.96	1.101.50	2.46	663.33	0.00	-8.592	
1.101.11	1.099.46	1.64	492.43	0.00	-8.100	
1.099.18	1.097.43	1.76	411.75	0.00	-7.688	
1.097.03	1.095.39	1.64	401.11	0.00	-7.287	
1.095.00	1.092.38	1.94	269.25	0.00	-7.021	
1.092.29	1.091.32	0.67	176.46	12.93	-6.926	
1.090.03	1.089.29	1.35	190.27	32.75	-6.769	
1.088.16	1.087.25	0.90	264.84	0.71	-6.685	
1.084.96	1.082.27	0.27	220.61	52.11	-6.396	
1.084.94	1.081.18	1.35	262.03	155.99	-6.100	
1.083.07	1.081.15	2.73	486.15	3.48	-5.617	
1.084.29	1.079.11	5.17	854.02	0.00	-4.793	
1.082.32	1.077.08	6.02	1.175	96	0.00	-3.990
1.073.06	1.072.42	0.64	820.12	0.00	-3.384	
1.066.36	1.068.75	3.39	66.16	293.97	-3.111	
1.064.53	1.065.07	5.53	0.00	1.138.08	-6.604	
1.059.54	1.061.40	5.61	0.00	1.003.94	-3.424	
1.052.23	1.057.72	5.49	0.00	974.89	-4.398	
1.047.09	1.056.05	6.36	0.00	1.607.19	-5.466	
1.044.53	1.050.37	5.64	0.00	1.138.08	-6.604	
1.042.27	1.046.69	4.42	0.00	950.17	-7.564	
1.039.15	1.043.02	3.87	0.00	755.89	-8.320	
1.036.27	1.039.24	3.08	0.00	610.47	-9.590	
1.033.02	1.035.67	2.46	0.00	462.84	-9.393	
1.030.46	1.031.99	1.50	0.00	318.17	-9.711	
1.028.71	1.029.32	0.61	29.88	127.32	-9.815	



PERFIL DE CURVAS MASA

ESCALA HORIZONTAL 1 : 6500
ESCALA VERTICAL 1 : 1300
TOTAL VOLUMEN CORTE = 25,324.04m3
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -45,138.78m3

PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO

UBICACION OLOPA, CHICHIMULA

PLANO DE: PERFIL



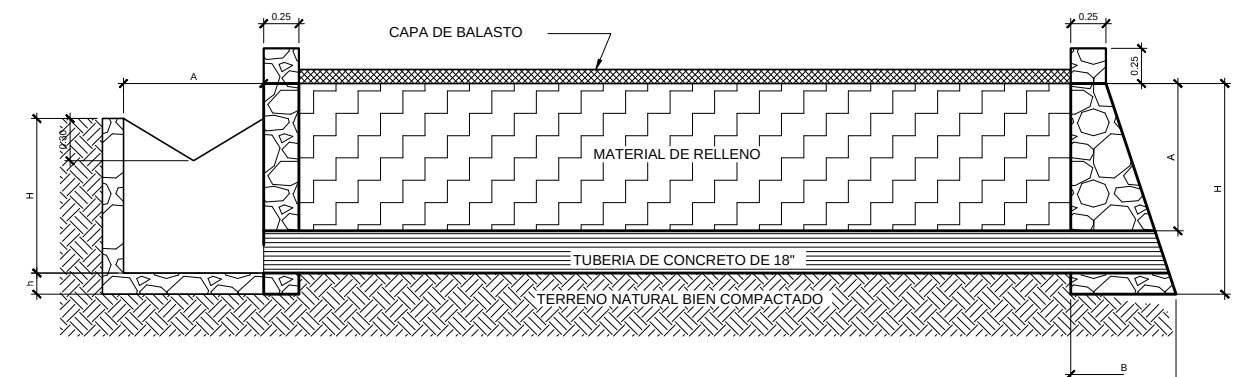
FECHA: ENERO DE 2016

ESCALA INDICADA

DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.

No. HOJA
5

12



SIN ESCALA

CONCRETO CICLOPEO
SE UTILIZA EL 60% DE PIEDRA BOLA DE 15 A 20cms. DE DIAMETRO Y
EL RESTANTE EL 40% DE CONCRETO CLASE 17.8 (2500 psi).

MAMPOSTERIA
COLOCACION DE PIEDRA NO MAYOR A 25 cms. UNIDOS CON
MORTERO.
EL MORTERO A USAR SERA HECHO POR Y UNA PARTE DE CEMENTO
HIDRAULICO Y POR TRES PARTES DE AGREGADO FINO (1:3 cemento,
arena de rio) PROPORCION EN PESO

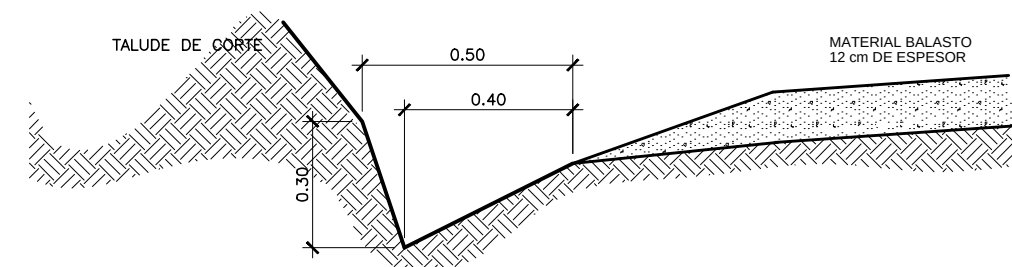
PIEDRA: LA PIEDRA PUEDE SER DE CANDO RODADO O MATERIAL
CANTERO LABRADO O NO LABRADO. LA PIEDRA DEBE SER DURA,
SANA Y LIBRE DE DEFECTOS QUE TIENEDEN A REDUCIR RESISTENCIA
ALA INTERPERIE.
PESO MINIMO DE 1390 KG/M3

TUBO:
TUBO DE CONCRETO DE 8" DE DIAMETRO

EL RELLENO SE HARA A UNA ALTURA NO MENOR DE 660mm SOBRE LA CORANO DE LA ALCANTARILLA O MATERIAL DE RELLENO.
EL MATERIAL DE RELLENO SE DEBE COMPROBAR POR MEDIO DE COMPACTADORES MECANICOS O DE MANO APROPIADOS EN CASOS QUE NO EXCEDA LOS 160mm DE ESPESOR, DEBIENDO SER COLOCADOS EN AMBOS LADOS DE LA ALCANTARILLA PARA QUE NO PRODUZCAN PRESIONES DESIGUALES

SIN ESCALA

Dimensiones de drenajes transversales							
Ubicación	H (m)	h (m)	B (m)	P %	A (m)	Diámetro (pulg)	No. de tubos
0+420	1.50	1.25	1.00	3.00	1.04	18	1
0+980	1.50	1.25	1.00	3.00	1.04	18	1
1+500	1.50	1.25	1.00	3.00	1.04	18	1
1+320	1.50	1.25	1.00	3.00	1.04	18	1



SIN ESCALA

CARRETERA TIPO "F" CON UN ANCHO DE CALZADA DE 5.50m LOS TERRAPLENES SE DEBEN DE COMPACTAR COMO MINIMO AL 90% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO AASTHO T180 Y LOS ULTIMOS 300mm SE DEBEN COMPACTAR COMO MINIMO EL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO CITADO.

EL BALASTO DEBE SER CALIDA UNIFORME Y ESTAR EXCENTO DE RESIDUOS DE MADERA, RAICES O CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRAÑO. EL MATERIAL DE BALSTO DEBE TENER UN PESO UNITARIO SUELTO NO MENOR O 1450 kg/m3 (90 lb/pie3)

LAS CUNETAS SE CONSTRUIRAN EN FORMA TRIANGULAR CON LAS DIMENSIONES QUE SE INDICAN EN LOS PLANOS.

FUENTE: ESPECIFICACIONES DEL LIBRO AZUL Y ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERA TIPO "F" DE LA D.G.C. DE GUATEMALA.

SIN ESCALA

PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO

UBICACION	OLOPA, CHIQUIMULA
-----------	-------------------

PLANO DE:	DRENAJE TRANSVERSAL
-----------	---------------------



FECHA: ENERO DE 2016

ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.

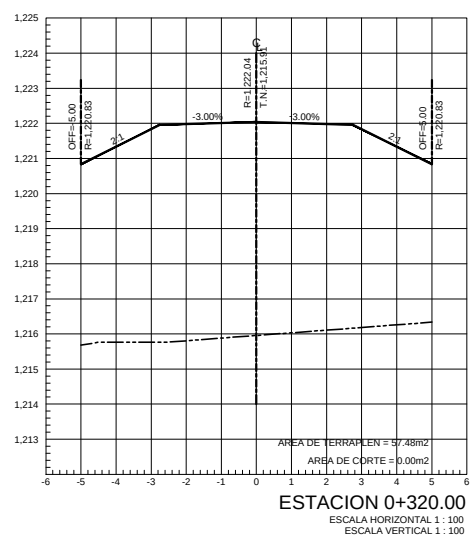
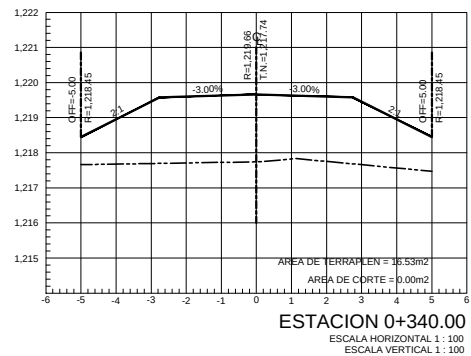
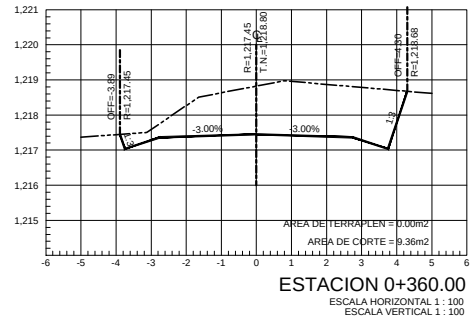
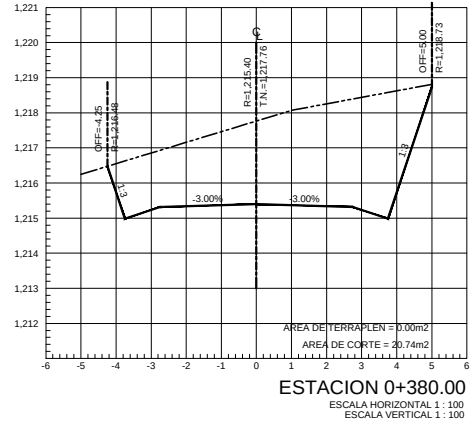
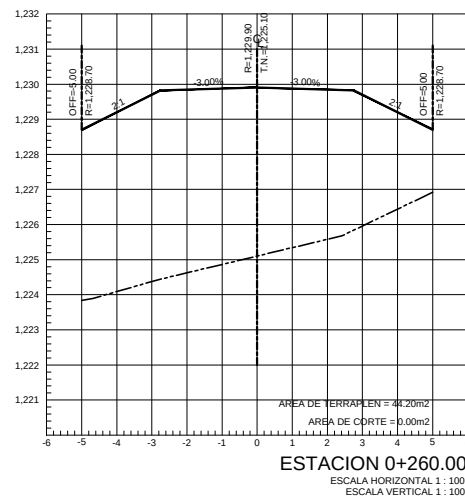
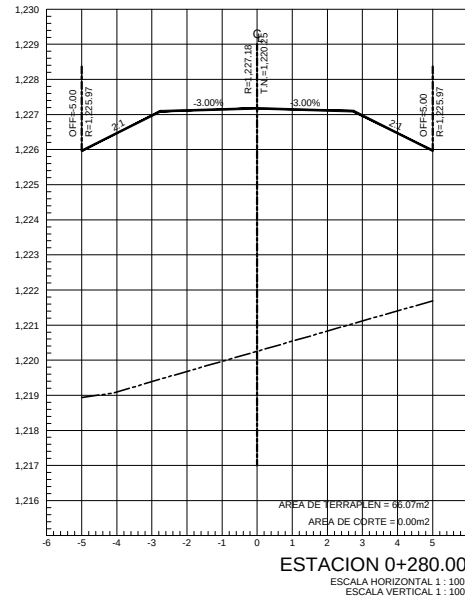
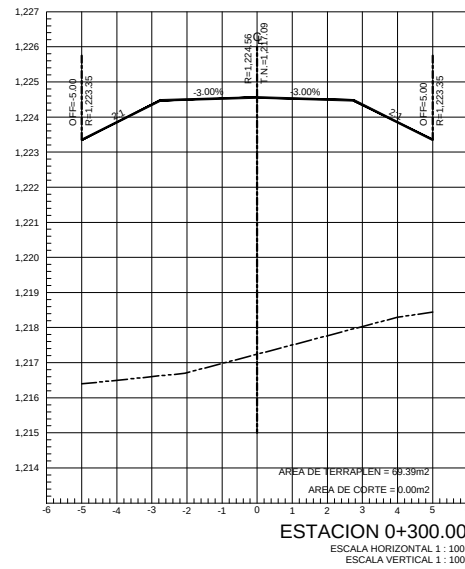
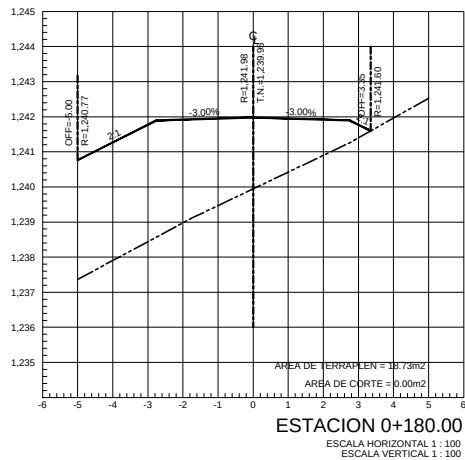
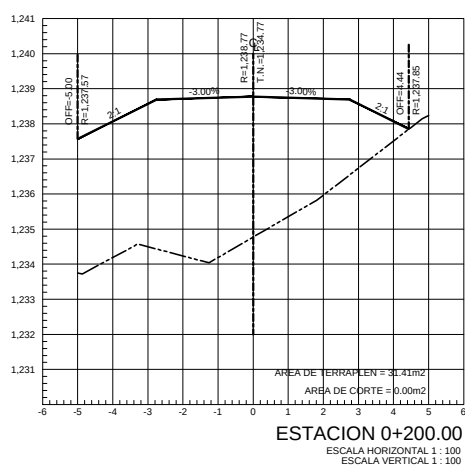
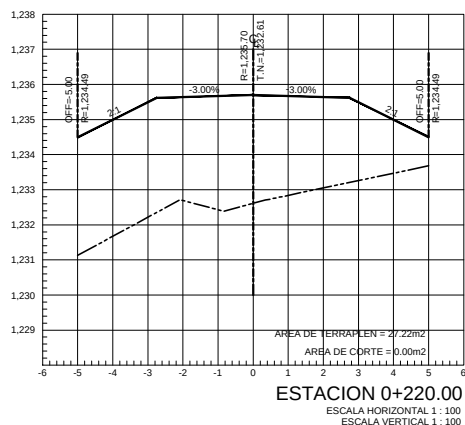
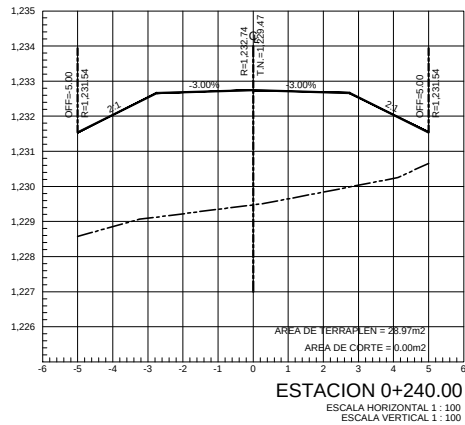
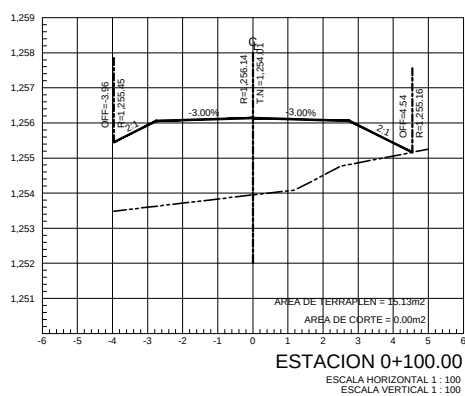
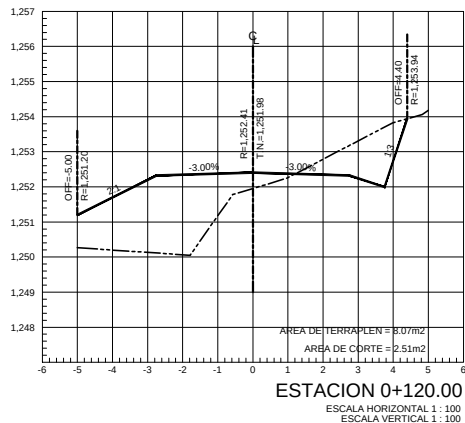
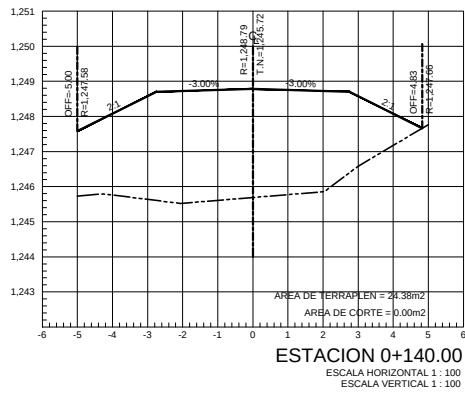
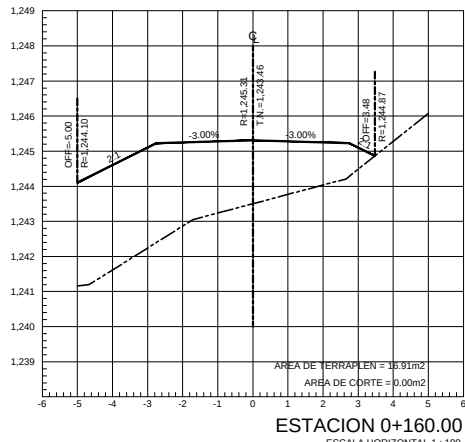
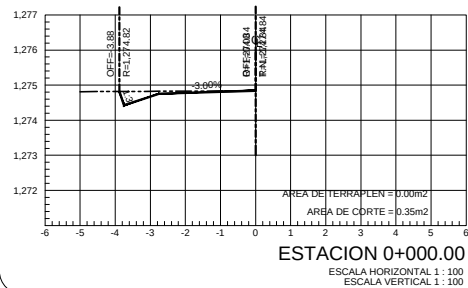
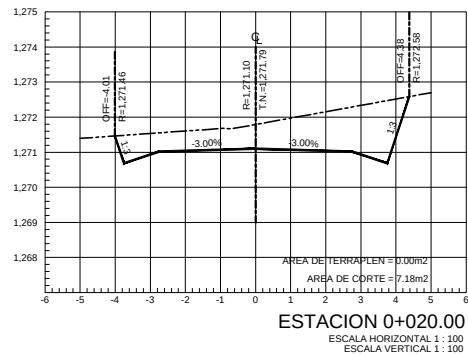
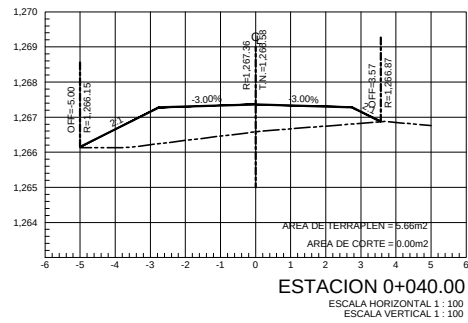
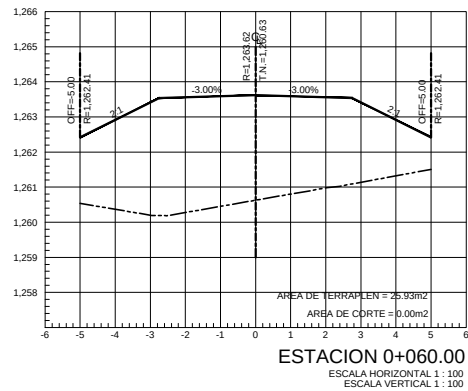
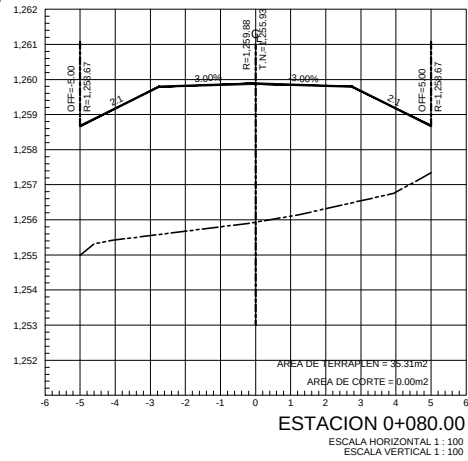
CALCULO:Luis Fernando Orellana R.

DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.

No. HOJA:

64

12 J



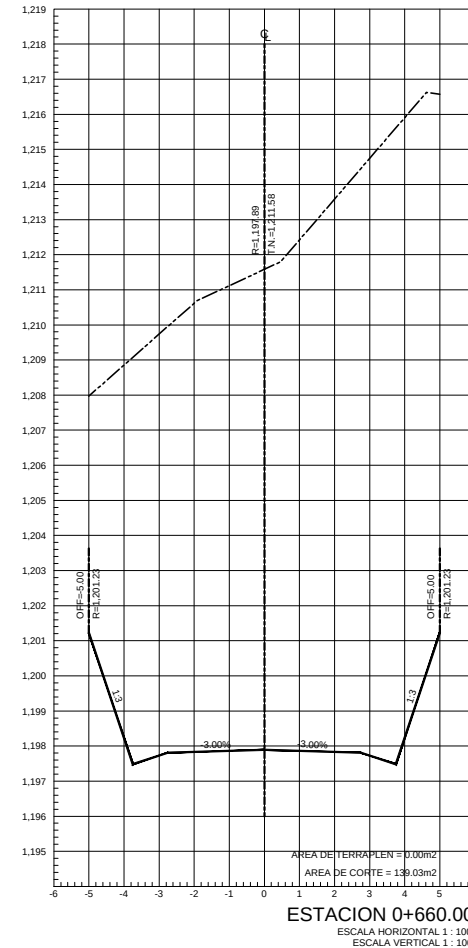
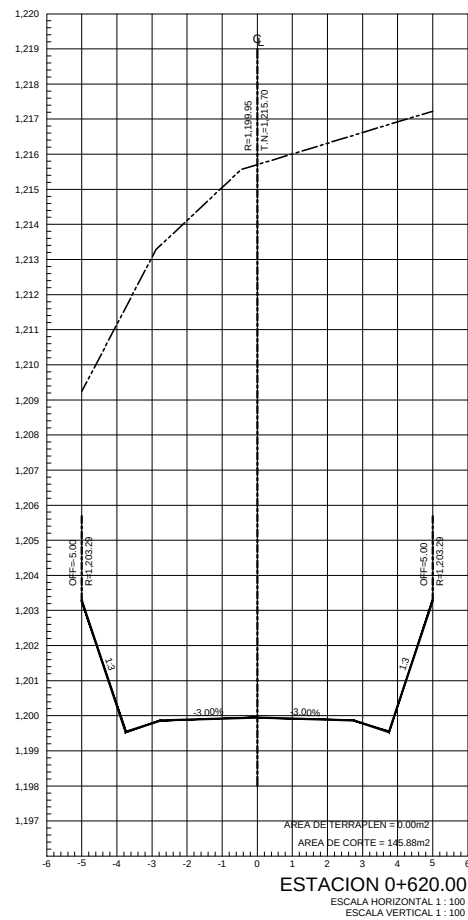
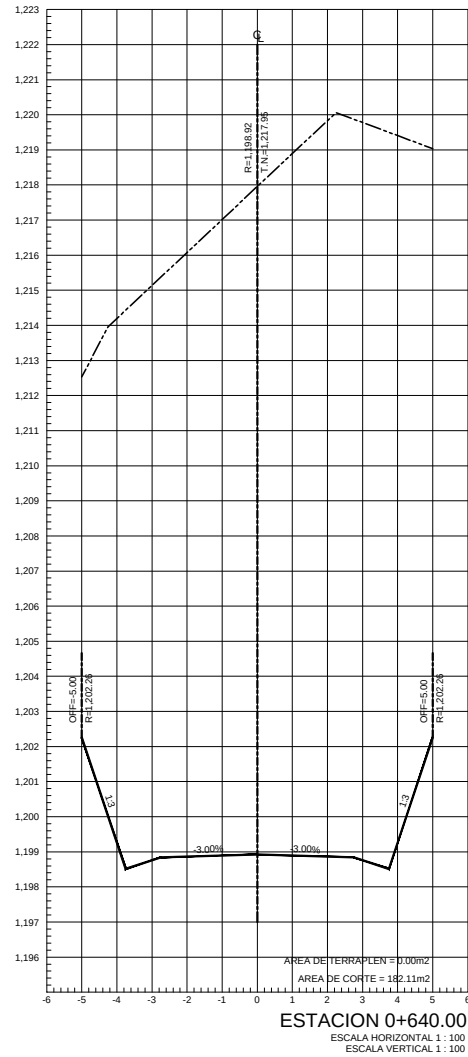
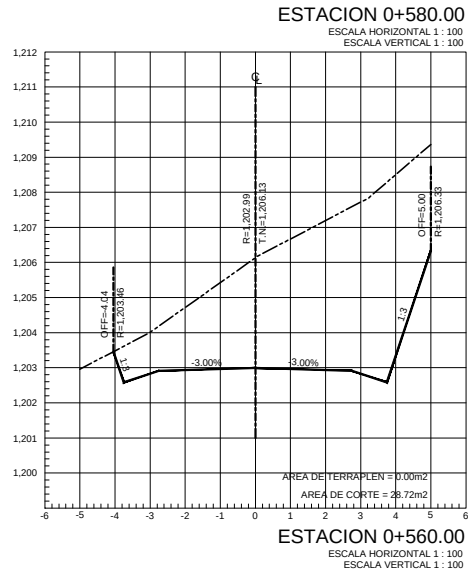
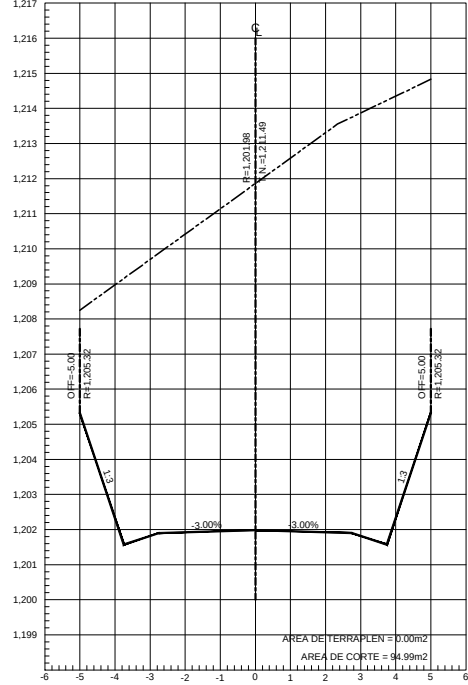
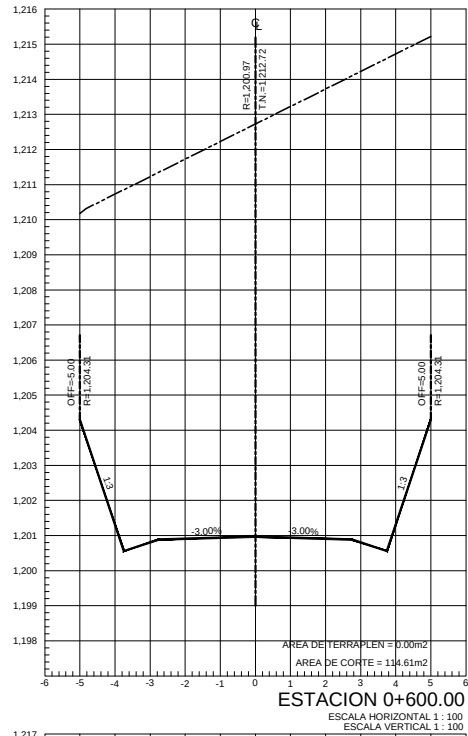
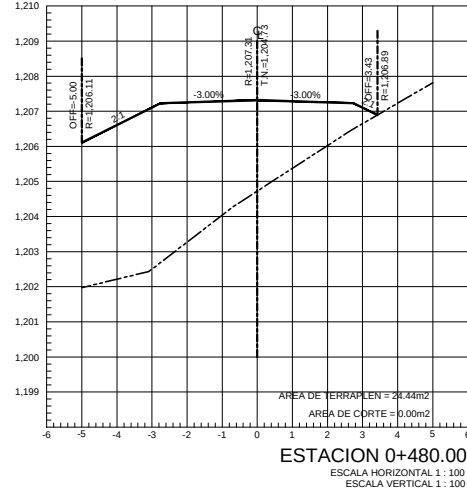
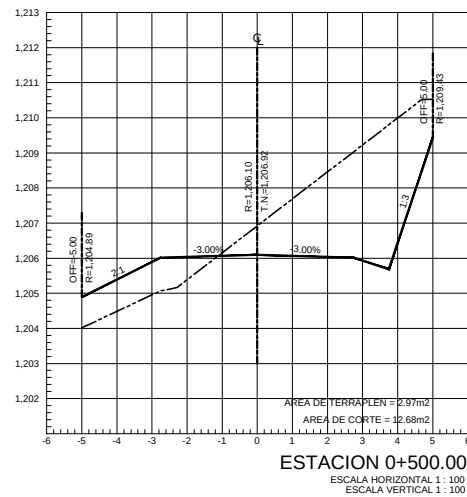
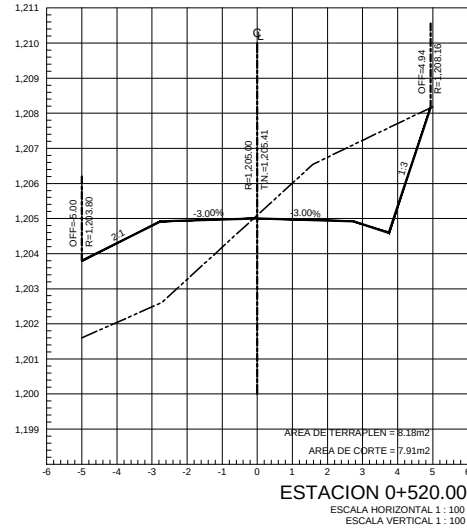
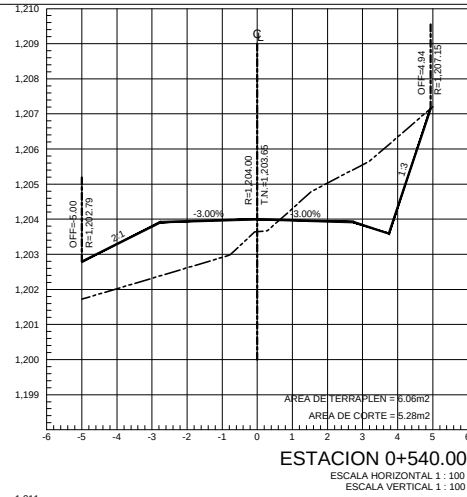
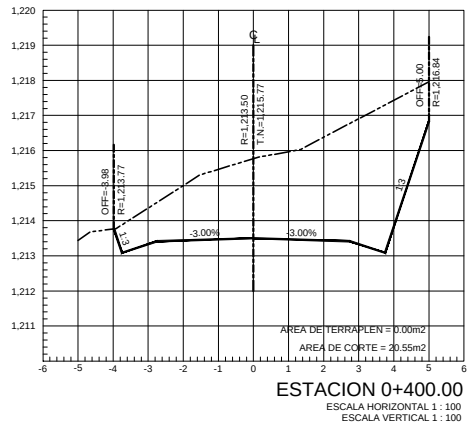
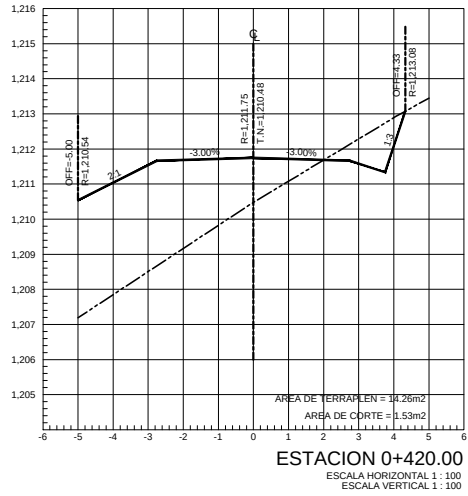
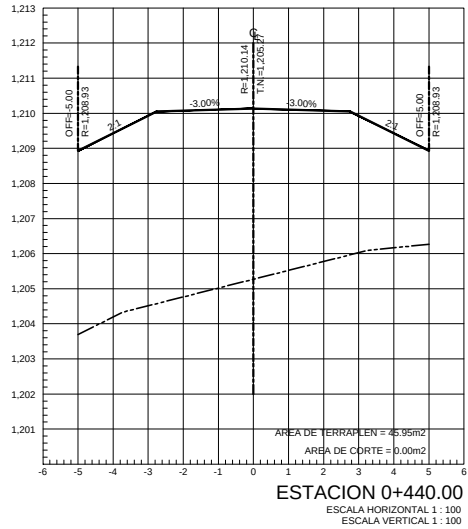
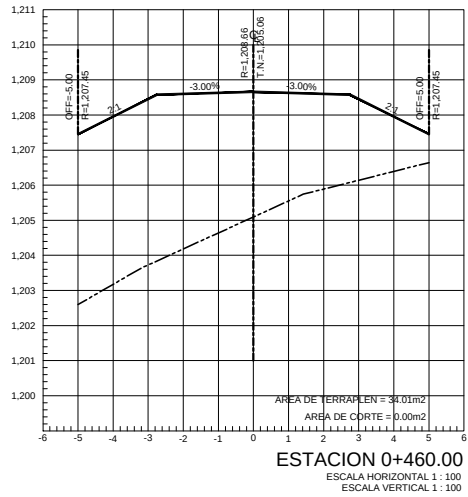
PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO

UBICACION OLOPA, CHIQUIMULA
PLANO DE: SECCIONES

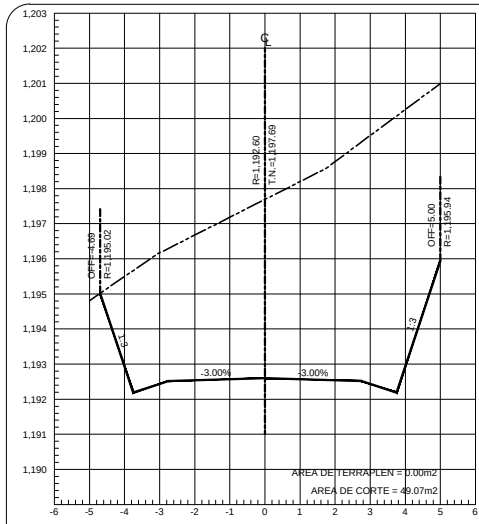


FECHA: ENERO DE 2016
ESCALA: INDICADA
DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.
CÁLCULO: Luis Fernando Orellana R.
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.

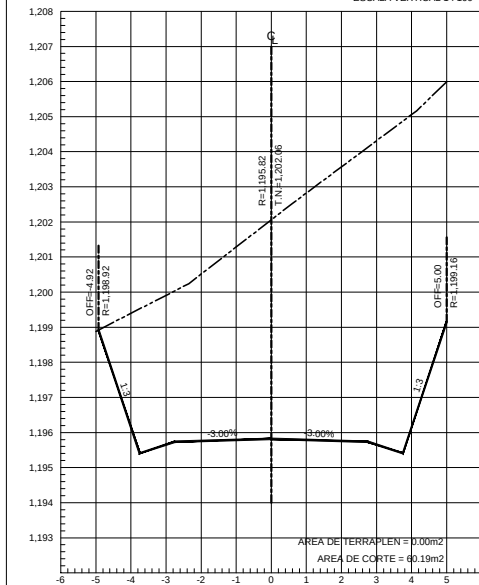
No. HOJA:
7
12



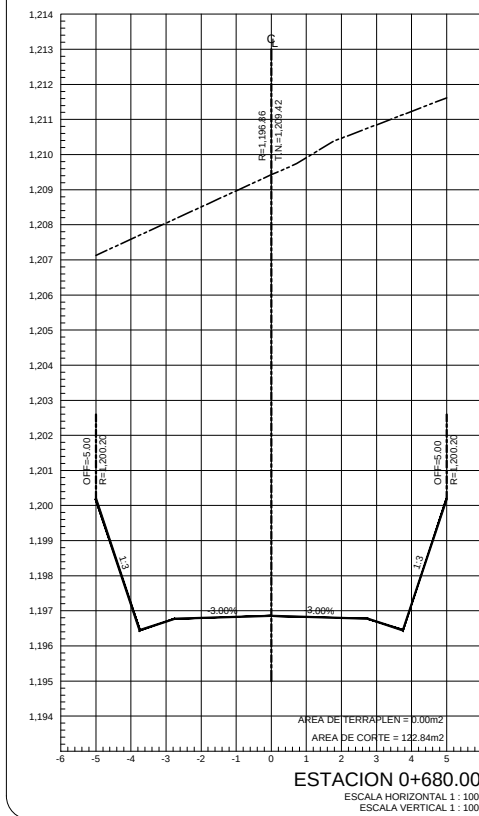
PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO	
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE: SECCIONES	
FECHA: ENERO DE 2016	
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
No. HOJA: 8	
12	



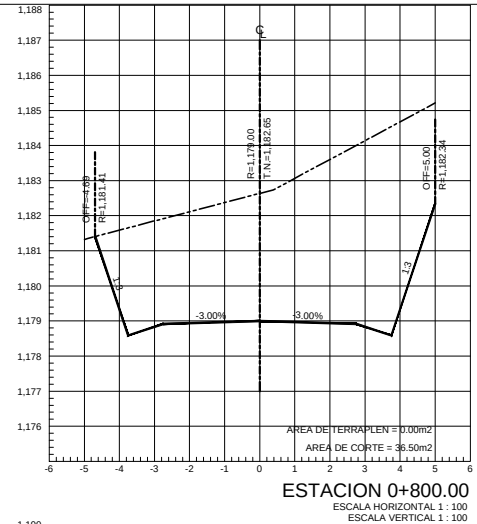
ESTACION 0+720.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



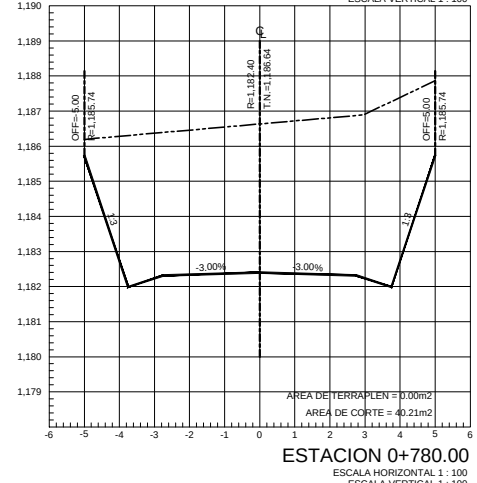
ESTACION 0+700.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



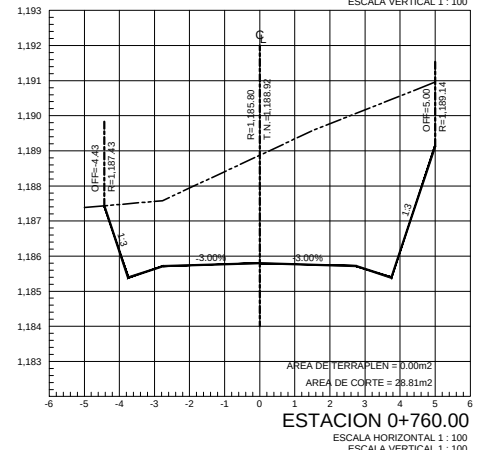
ESTACION 0+680.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



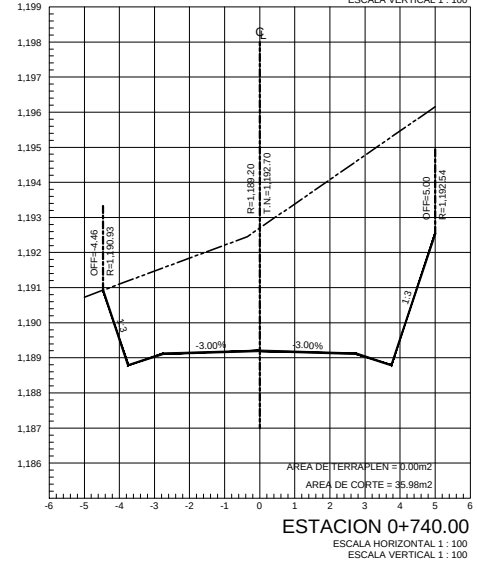
ESTACION 0+800.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



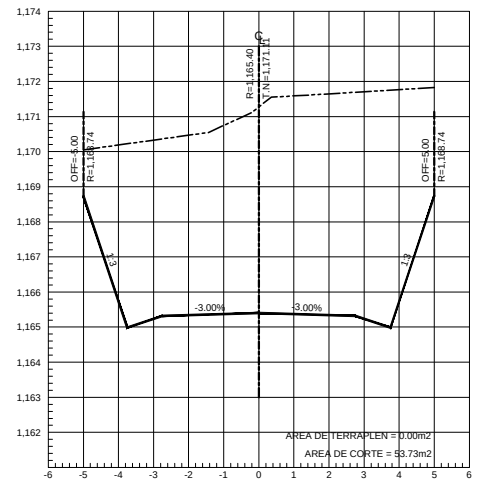
ESTACION 0+780.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



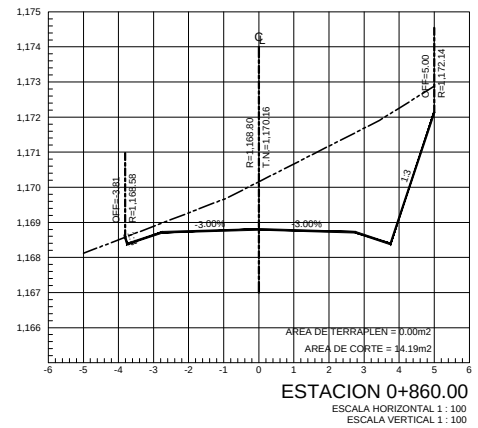
ESTACION 0+760.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



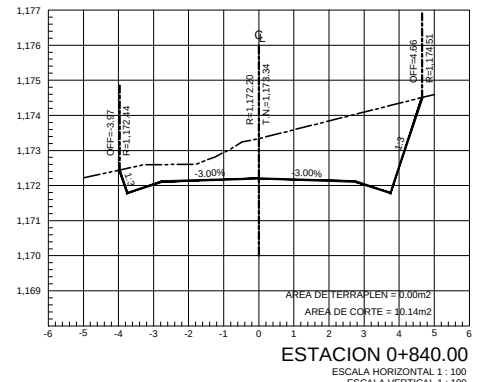
ESTACION 0+740.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



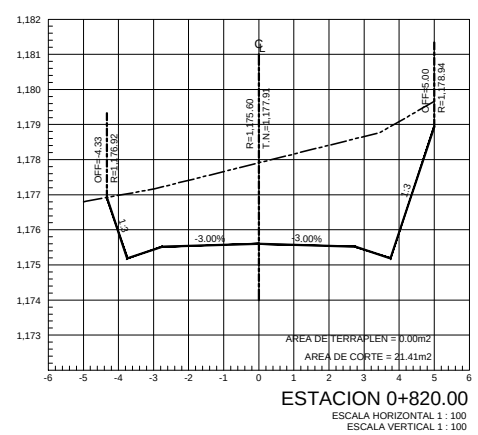
ESTACION 0+880.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



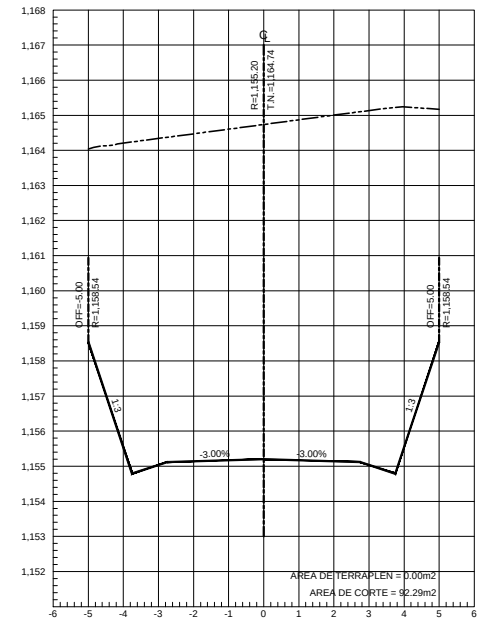
ESTACION 0+860.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



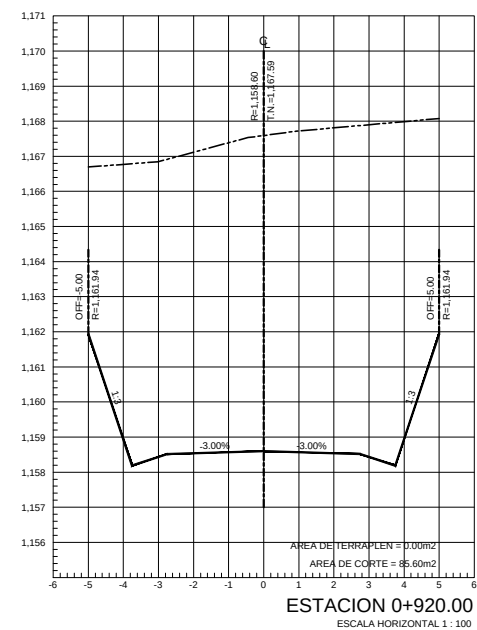
ESTACION 0+840.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



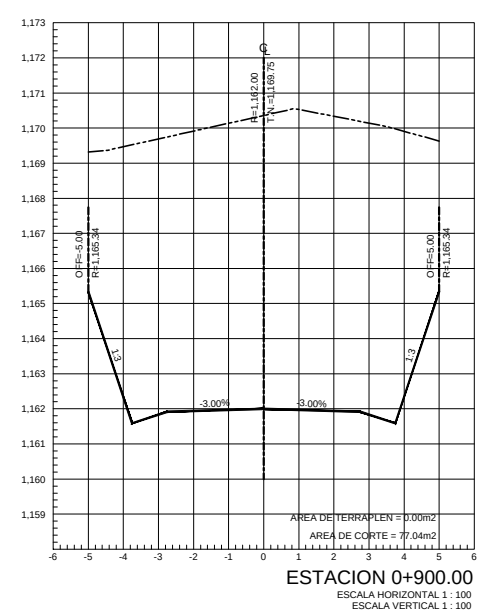
ESTACION 0+820.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



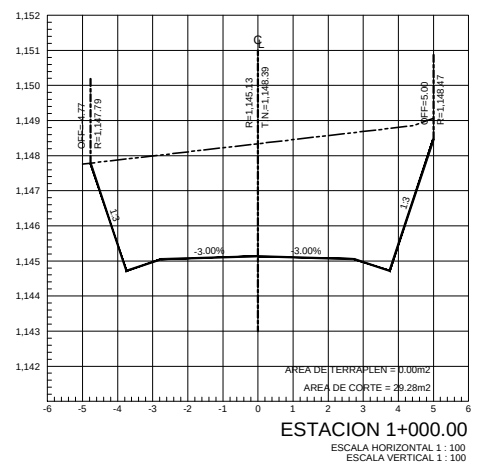
ESTACION 0+940.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



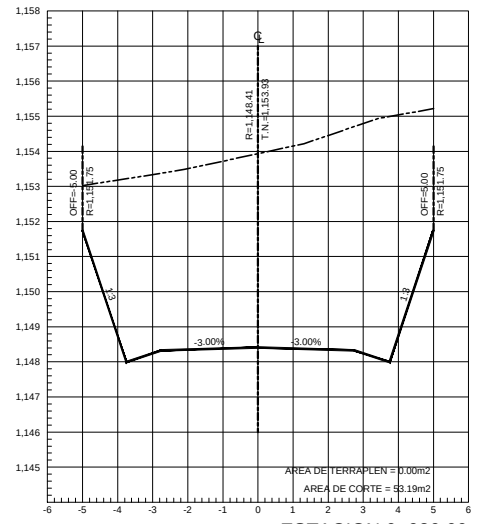
ESTACION 0+920.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



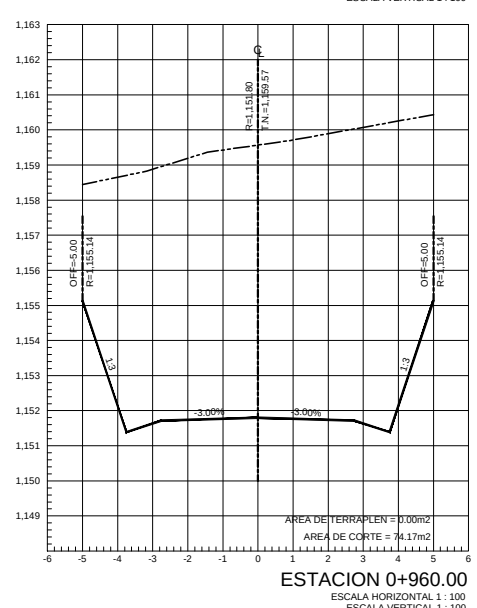
ESTACION 0+900.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 1+000.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

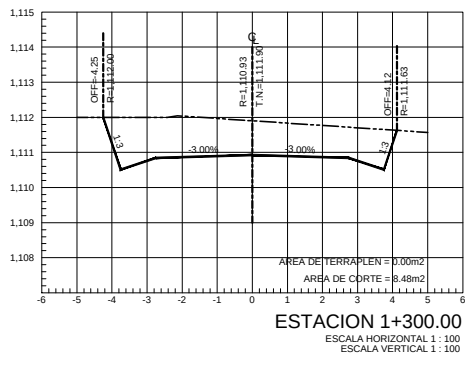
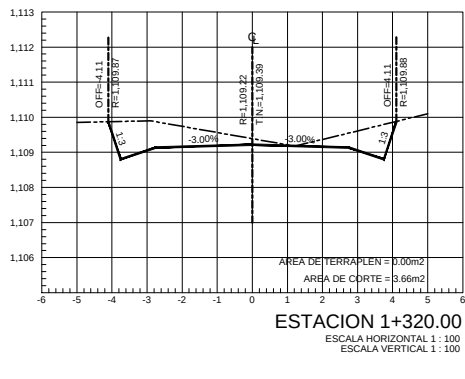
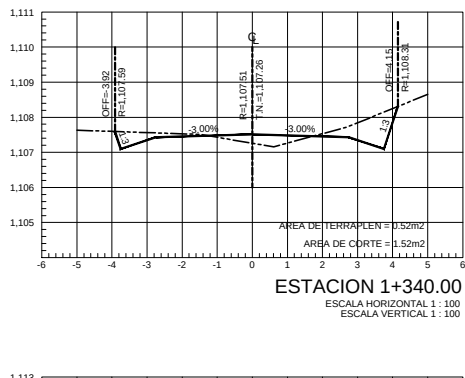
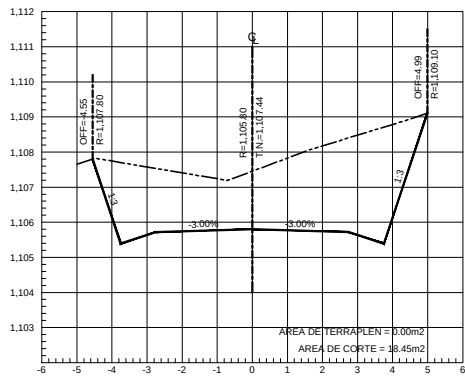
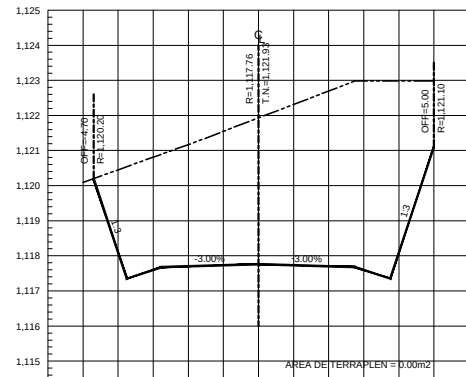
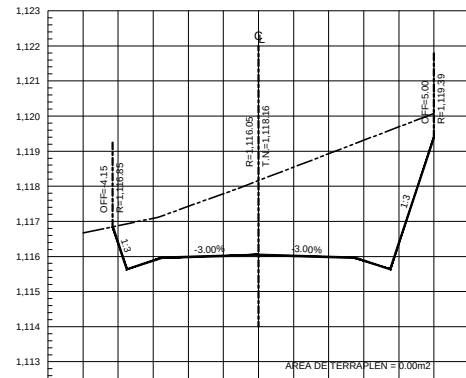
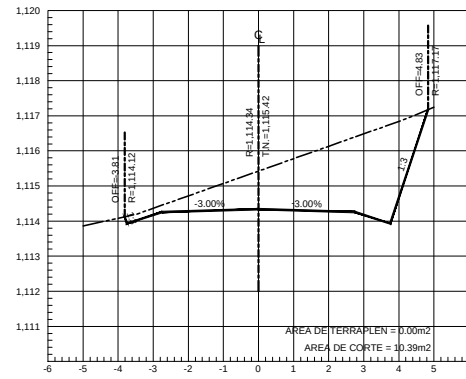
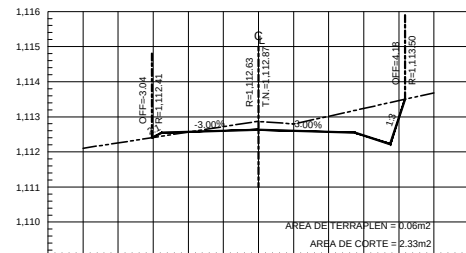
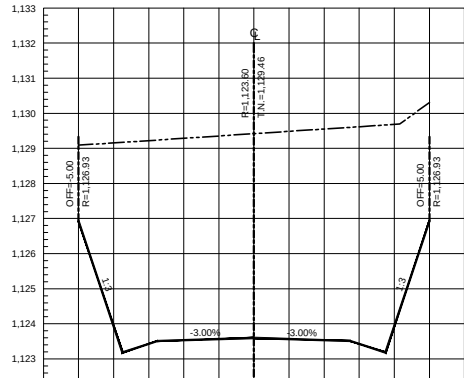
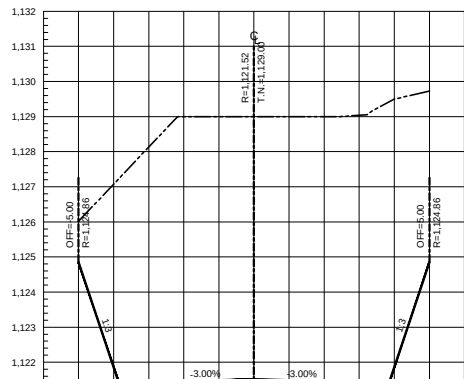
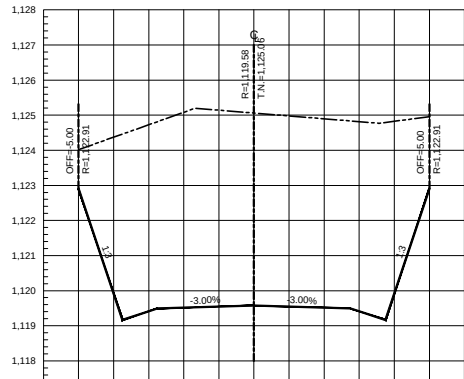
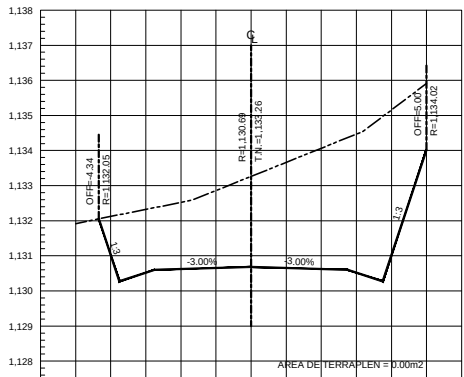
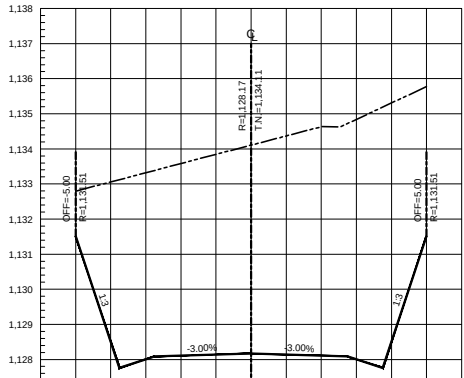
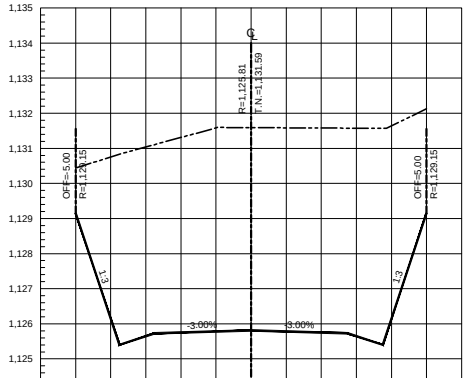
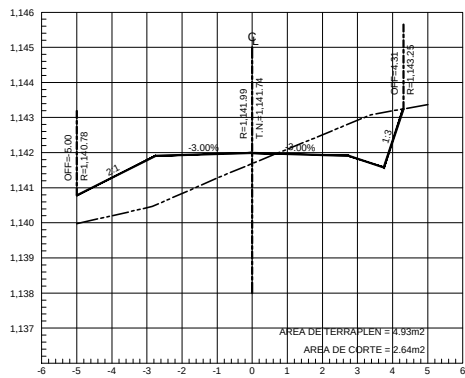
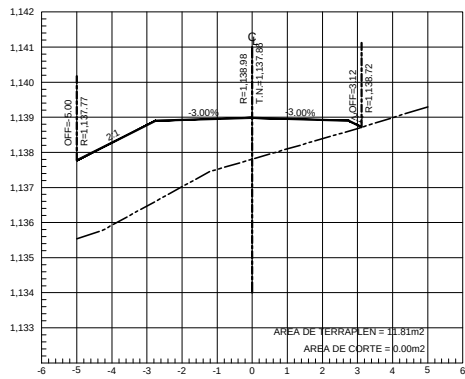
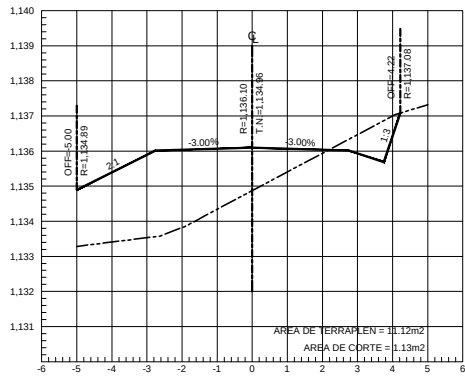
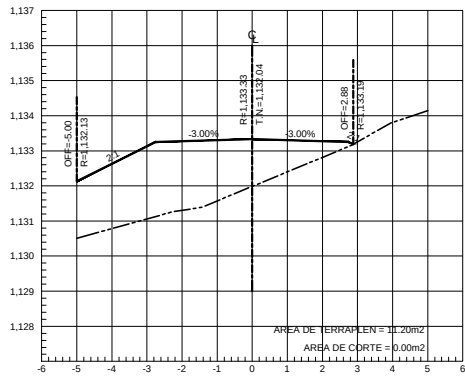


ESTACION 0+980.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

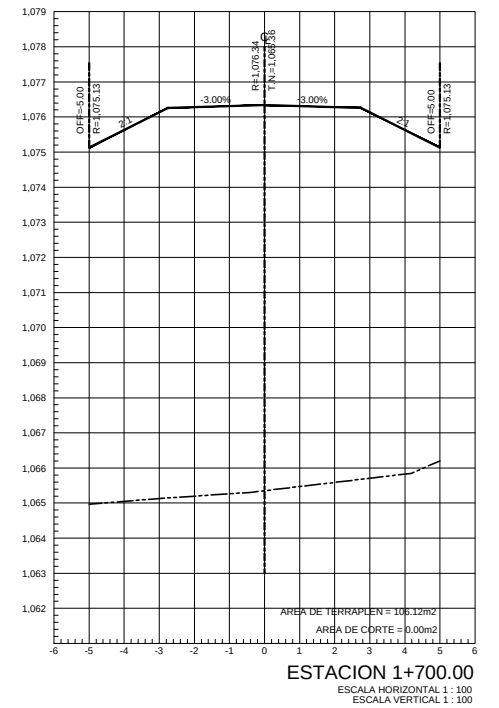
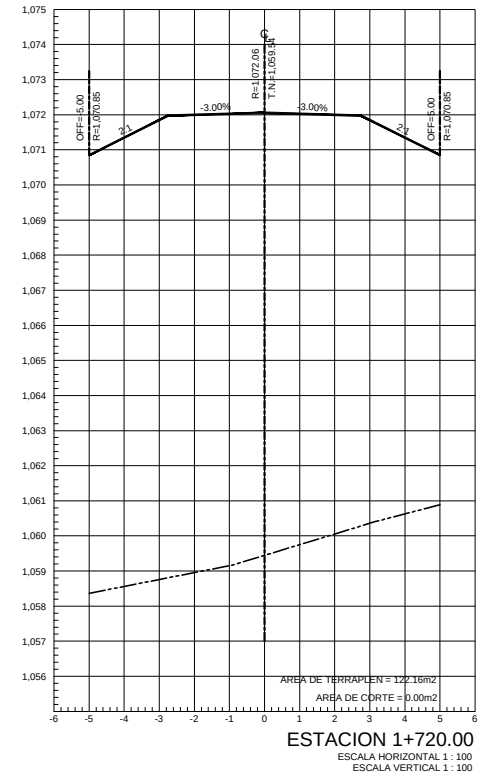
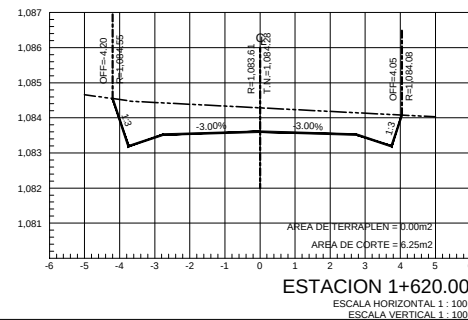
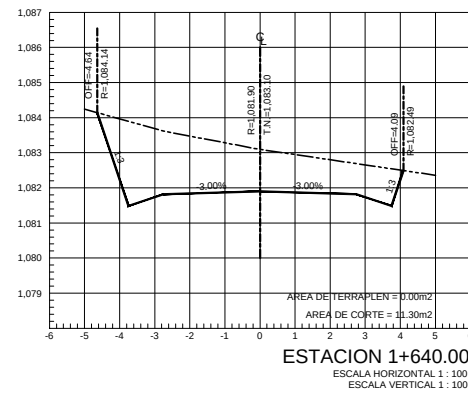
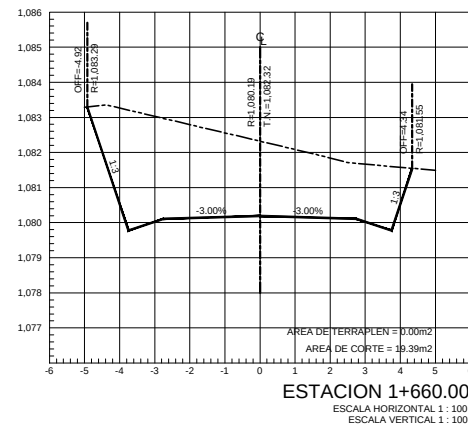
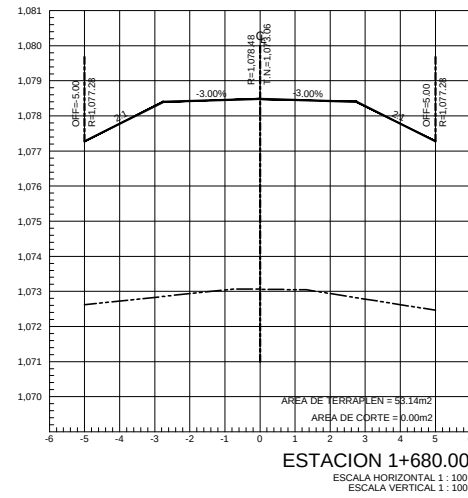
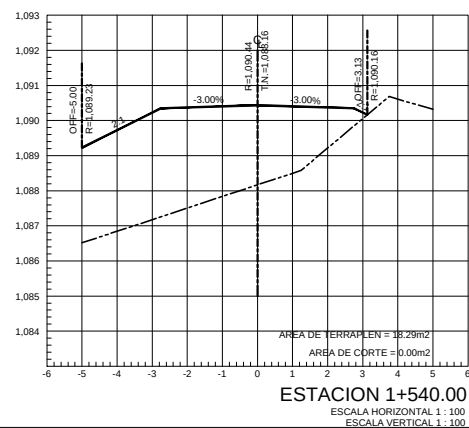
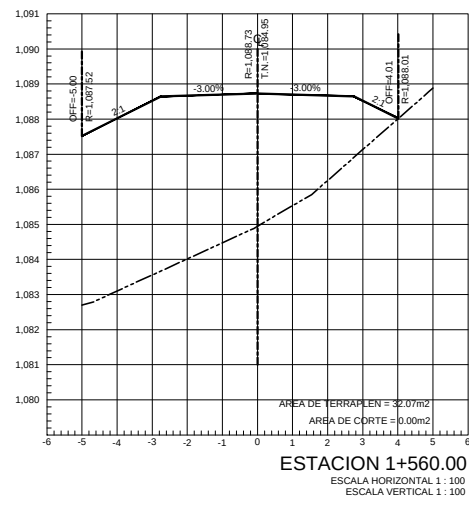
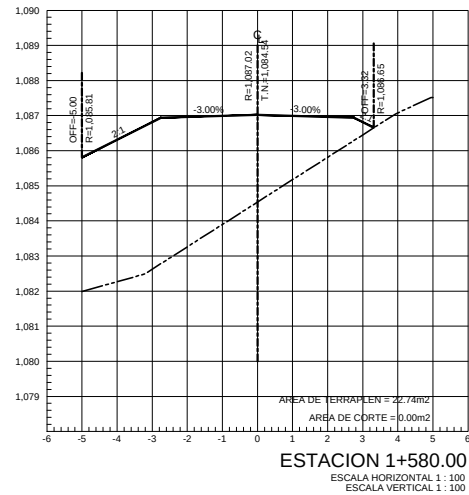
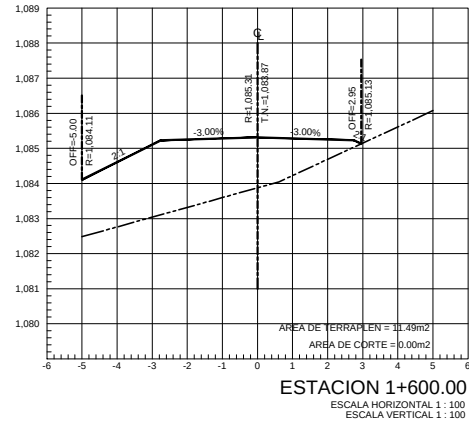
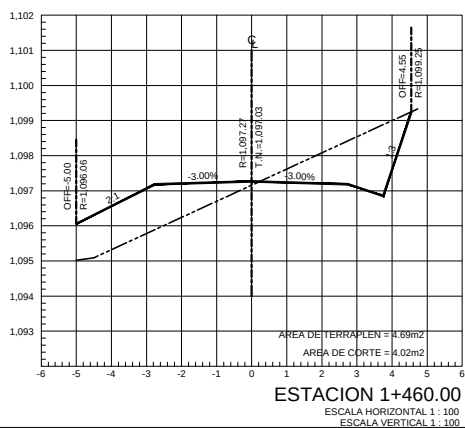
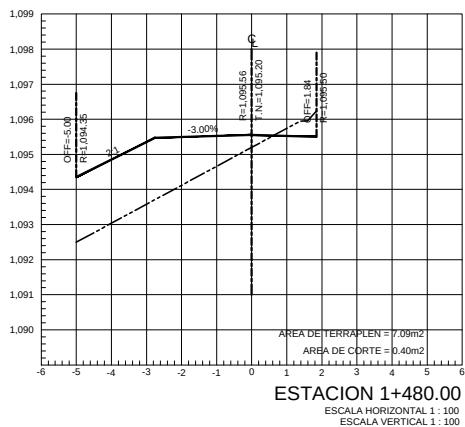
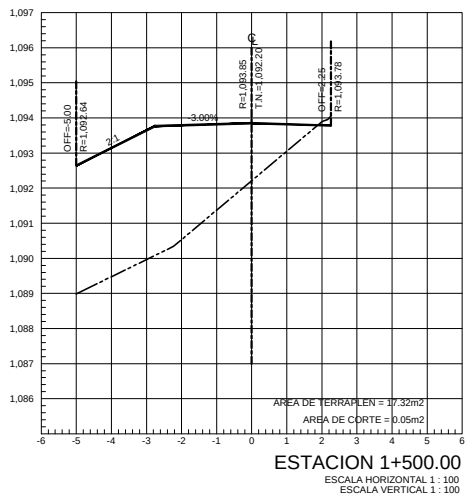
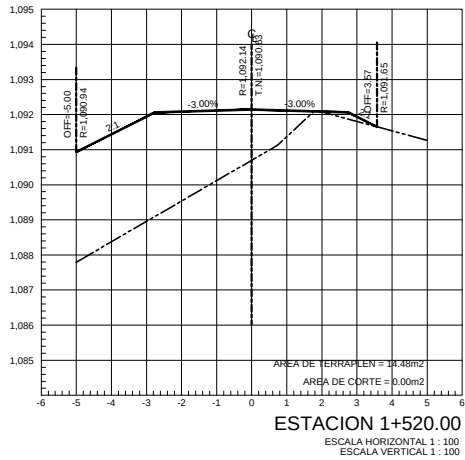
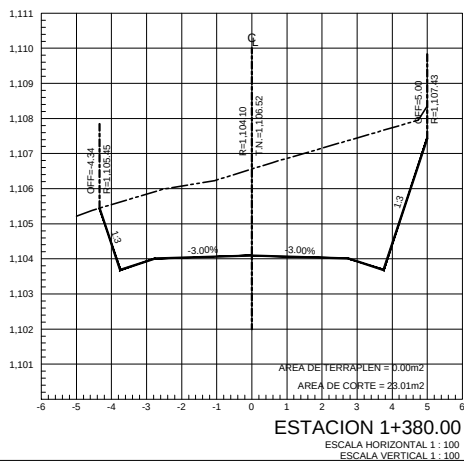
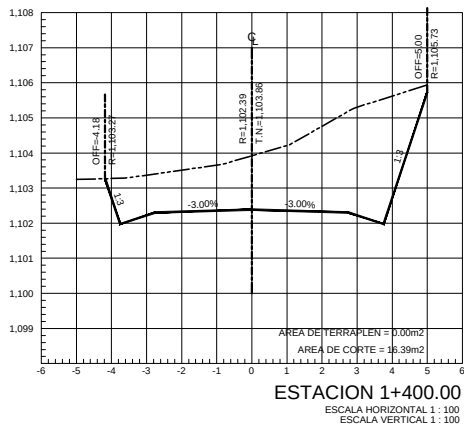
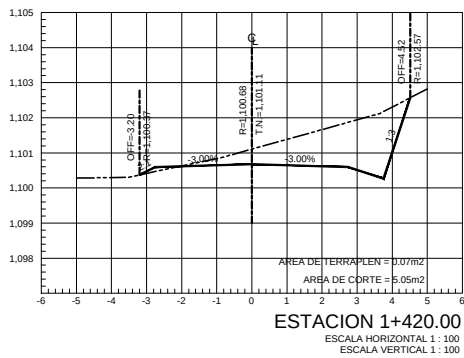
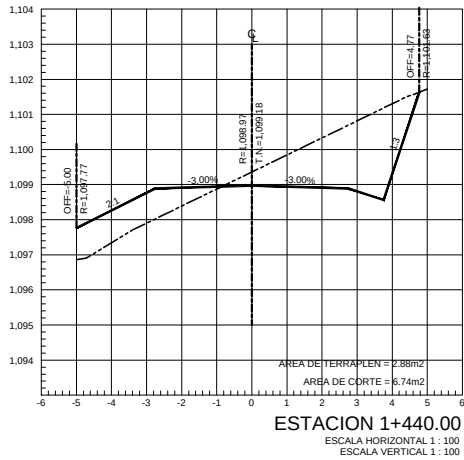


ESTACION 0+960.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

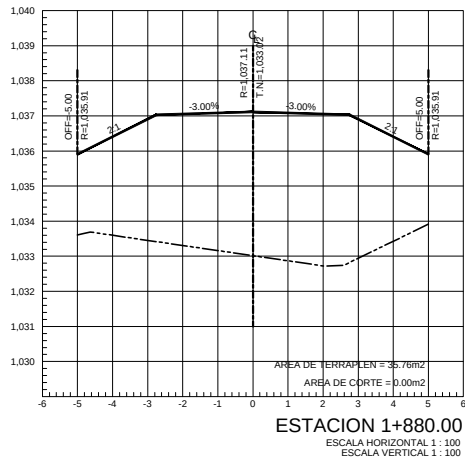
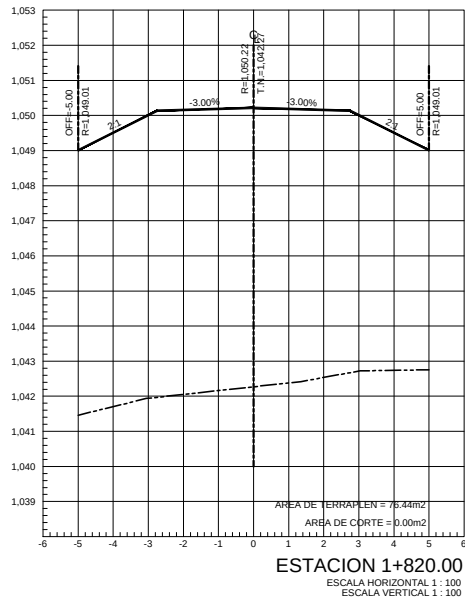
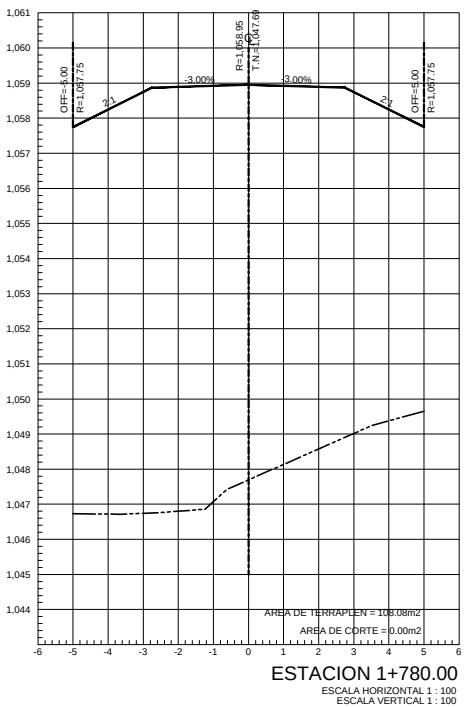
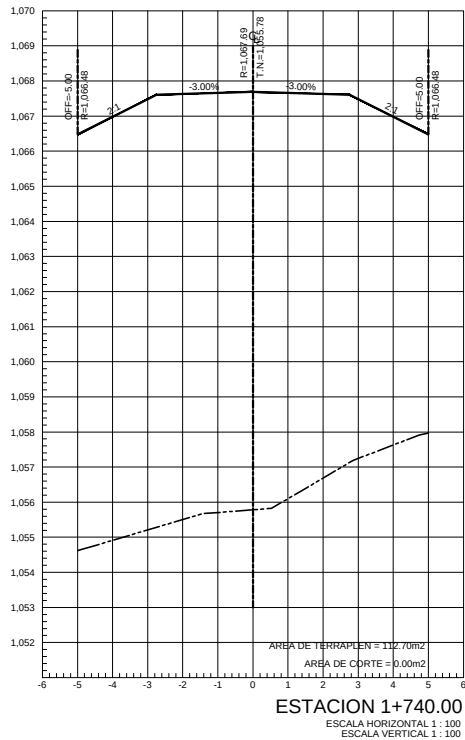
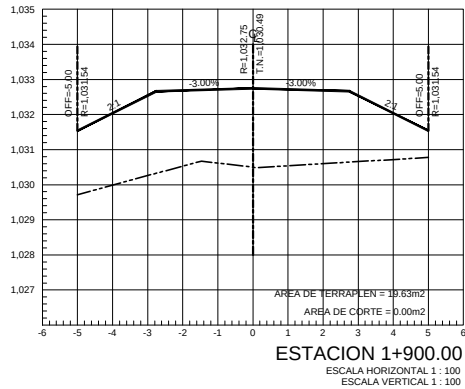
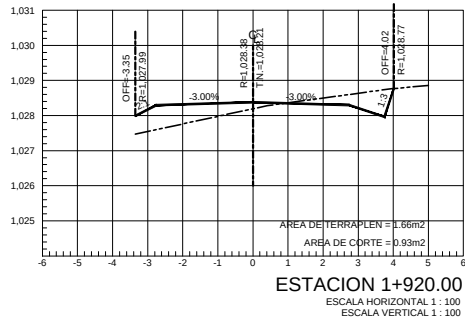
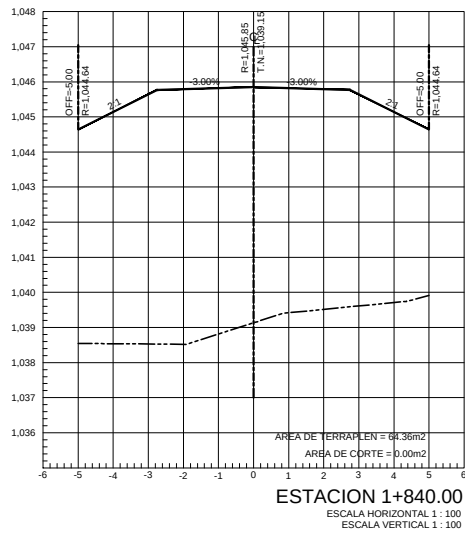
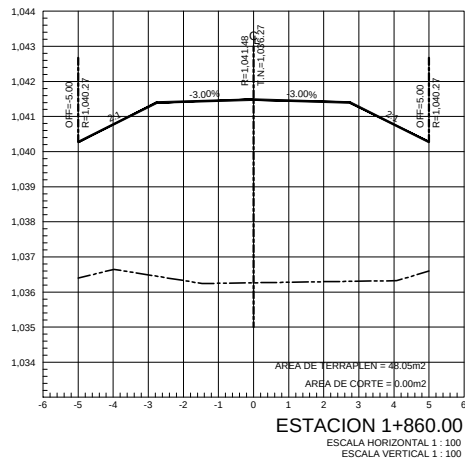
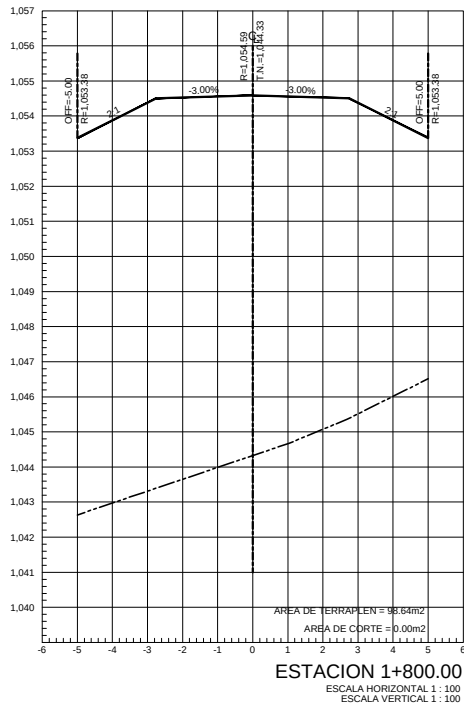
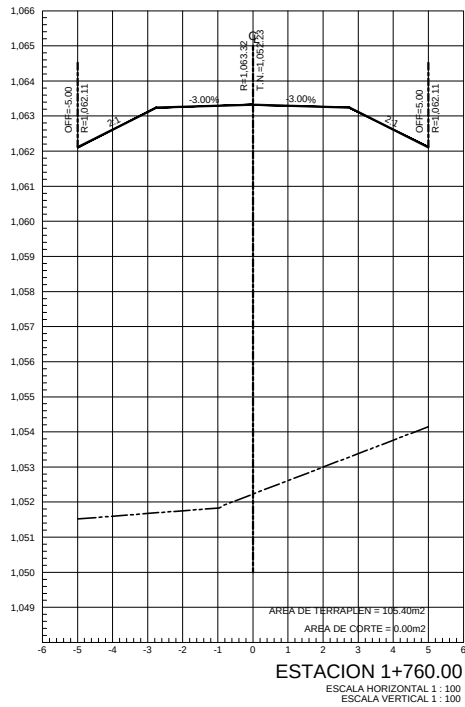
PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO	
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE: SECCIONES	
FECHA: ENERO DE 2016	
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
No. H.O.M.	
9	
12	



PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO		FECHA: ENERO DE 2016	
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA		ESCALA: INDICADA	
PLANO DE: SECCIONES		DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
		CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
		DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
		No. H.O.M.	
		10	
		12	



PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO		FECHA: ENERO DE 2016	
UBICACION OLOPA, CHIQUIMULA		ESCALA: INDICADA	
PLANO DE: SECCIONES		DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
		CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
		DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
		No. HOJA: 11	
		12	



PROYECTO: APERTURA TRAMO CARRETERO QUE UNE LAS ALDEAS LAS PALMAS Y EL RODEO			
UBICACION OLOPA, CHIQUIMULA		FECHA: ENERO DE 2016	
PLANO DE: SECCIONES		ESCALA: INDICADA	
		DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
		CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
		DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
		No. HOJA: 12	
		12	

Apéndice C

Tabla C1: Libreta topográfica, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.

TOPOGRAFÍA LINEA DE CONDUCCIÓN						
Pinicial	Pfinal	Distancia (m)	Cota de terreno		Coordenadas	
			Inicio	Final	X	Y
E1	E2	1.44	1004.51	1003.39	1021.1	994
E2	E3	2.14	1003.39	1002.96	1019.4	995.34
E3	E4	12.18	1002.96	1001.66	1009.2	1002
E4	E5	5.77	1001.66	1001.45	1006.1	1006.8
E5	E6	8.79	1001.45	1000.83	1006.5	1015.6
E6	E7	16.47	1000.83	1000.63	1010.4	1031.6
E7	E8	22.86	1000.63	999.81	999.2	1051.6
E8	E9	12.30	999.81	998.77	995.34	1063.3
E9	E10	16.11	998.77	998.21	996.41	1079.3
E10	E11	18.10	998.21	997.56	1002.5	1096.4
E11	E12	18.74	997.56	997.01	1017.3	1107.9
E12	E13	18.39	997.01	996.28	1035.7	1106.6
E13	E14	14.49	996.28	996.28	1040.2	1092.8
E14	E15	7.09	996.28	999.00	1045.8	1088.5
E15	E16	8.59	999.00	999.74	1054.4	1087.9
E16	E17	15.95	999.74	996.95	1070.3	1089.5
E17	E18	19.66	996.95	995.44	1081.2	1105.8
E18	E19	12.57	995.44	997.60	1087	1117
E19	E20	21.87	997.60	996.64	1090.6	1135.4
E20	E21	11.15	996.64	995.02	1097.8	1147.5
E21	E22	23.41	995.02	993.11	1118.3	1158.9
E22	E23	22.81	993.11	992.76	1138.4	1169.6
E23	E24	8.67	992.76	995.83	1145.9	1174
E24	E25	22.22	995.83	996.57	1163.6	1187.4
E25	E26	12.71	996.57	996.47	1175.4	1192.1
E26	E27	9.35	996.47	994.08	1184.5	1194.2
E27	E28	8.45	994.08	993.40	1192.7	1196.1
E28	E29	18.21	993.40	993.64	1210.5	1200.2

Continuación tabla C1

E29	E30	15.71	993.64	994.58	1224.8	1206.6
E30	E31	5.89	994.58	994.47	1230.5	1208.3
E31	E32	13.51	994.47	991.61	1240.1	1217.7
E32	E33	8.09	991.61	989.66	1246	1223.2
E33	E34	7.34	989.66	988.50	1250.9	1228.7
E34	E35	18.71	988.50	986.86	1258.9	1245.6
E35	E36	12.57	986.86	985.11	1260.3	1258.1
E36	E37	12.92	985.11	985.18	1263.3	1270.6
E37	E38	17.56	985.18	985.77	1268.5	1287.4
E38	E39	4.75	985.77	984.26	1271.3	1291.3
E39	E40	19.30	984.26	983.54	1281	1308
E40	E41	30.15	983.54	981.87	1298.6	1332.5
E41	E42	18.24	981.87	980.91	1307.9	1348.1
E42	E43	8.52	980.91	981.87	1302.5	1354.8
E43	E44	15.19	981.87	983.42	1304.4	1369.8
E44	E45	19.40	983.42	984.36	1314.6	1386.4
E45	E46	10.80	984.36	985.88	1321.2	1394.9
E46	E47	16.56	985.88	989.97	1337.7	1396.3
E47	E48	9.44	989.97	989.11	1343.9	1403.5
E48	E49	14.51	989.11	987.00	1353.7	1414.1
E49	E50	16.99	987.00	987.47	1364.9	1426.9
E50	E51	10.94	987.47	987.33	1371.2	1435.8

Fuente: elaboración propia

Tabla C2: Libreta topográfica, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula

TOPOGRAFÍA LINEA DE BOMBEO						
Pinicial	Pfinal	Distancia (m)	Cota de terreno		Coordenadas	
			Inicio	Final	X	Y
TS	E53	11.78	984.19	984.88	1392.28	1454.95
E53	E54	3.46	984.88	984.34	1394.23	1457.81
E54	E55	7.46	984.34	983.90	1399.24	1463.34
E55	E56	5.73	983.90	983.26	1403.70	1466.94
E56	E57	14.85	983.26	983.29	1417.78	1471.65
E57	E58	14.95	983.29	984.25	1422.19	1485.94
E58	E59	16.89	984.25	988.81	1438.04	1491.78
E59	E60	25.21	988.81	997.24	1462.55	1497.69
E60	E61	11.72	997.24	998.69	1473.95	1500.40
E61	E62	13.97	998.69	999.66	1487.36	1504.34
E62	E63	10.86	999.66	1003.81	1498.05	1506.22
E63	E64	11.17	1003.81	1007.99	1508.98	1508.50
E64	E65	17.87	1007.99	1014.97	1526.60	1511.50
E65	E66	9.63	1014.97	1017.09	1536.14	1512.84
E66	E67	14.60	1017.09	1002.84	1550.73	1512.37
E67	E68	13.34	1002.84	1023.43	1563.94	1514.26
E68	E69	12.79	1023.43	1018.62	1576.37	1517.27
E69	E70	16.56	1018.62	1016.75	1592.47	1521.13
E70	E71	15.55	1016.75	1017.95	1607.96	1522.51
E71	E72	7.56	1017.95	1018.03	1615.46	1523.43
E72	E73	9.92	1018.03	1020.09	1625.38	1523.28
E73	E74	15.36	1020.09	1031.25	1640.31	1519.62
E74	E75	18.07	1031.25	1041.32	1658.38	1519.50
E75	E76	17.00	1041.32	1049.61	1675.13	1522.39
E76	E77	18.33	1049.61	1055.43	1692.57	1528.05
E77	E78	16.52	1055.43	1057.73	1708.42	1532.71
E78	E79	37.23	1057.73	1059.62	1745.48	1529.18
E79	E80	26.65	1059.62	1060.61	1771.98	1526.31
E80	E81	27.70	1060.61	1068.23	1796.73	1513.87
E81	E82	16.91	1068.23	1068.55	1812.88	1508.86
E82	E83	37.66	1068.55	1071.40	1849.50	1500.07
E83	E84	23.67	1071.40	1082.12	1871.20	1490.61
E84	E85	40.90	1082.12	1098.12	1910.29	1478.56

Continuación tabla C2						
E85	E86	28.50	1098.12	1101.45	1936.37	1467.07
E86	E87	24.53	1101.45	1100.67	1959.60	1459.21
E87	E88	30.27	1100.67	1093.90	1988.37	1449.77
E88	E89	14.02	1093.90	1094.37	1992.60	1463.14
E89	E90	0.86	1094.37	1095.90	1992.40	1463.97
E90	E91	26.38	1095.90	1107.23	1999.68	1489.33
E91	E92	36.19	1107.23	1120.88	2014.44	1522.37
E92	E93	20.24	1120.88	1131.13	2022.02	1541.14
E93	E94	20.38	1131.13	1138.39	2038.60	1552.99
E94	E95	13.87	1138.39	1140.32	2050.24	1560.52

Fuente: elaboración propia

Tabla C3: Libreta topográfica, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula

TOPOGRAFÍA LINEA DE DISTRIBUCIÓN						
Pinicial	Pfinal	Distancia (m)	Cota de terreno		Coordenadas	
			Inicio	Final	X	Y
TD	E-1	24.97	1000	999.9	9.99	-22.89
E-1	E-2	27.68	999.9	997.58	-22.15	16.61
E-2	E-3	26.55	997.58	994.19	-24.44	43.057
E-3	E-4	71.98	994.19	995.65	-95.88	51.851
E-4	E-5	90.67	995.65	985.93	-13.72	90.193
E-5	E-6	62.61	985.93	973.82	48.856	92.274
E-6	E-7	128.04	973.82	956.82	153.03	166.72
E-7	E-8	207.37	956.82	947.41	213.71	218.06
E-8	E-9	155.91	947.41	945.75	297.32	349.66
E-9	E-10	89.66	945.75	938.12	381.56	380.36
E-10	E-11	74.9	938.12	934.48	445.25	419.77
E-11	E-12	28.69	934.48	931.79	460.67	443.96
E-12	E-13	36.76	931.79	929.93	479.32	475.64
E-13	E-14	109.59	929.93	925.43	517.21	537.84
E-14	E-15	29.93	925.43	924.62	543.69	551.79
E-15	E-16	94.97	924.62	923.33	603.02	578.56
E-16	E-17	94.75	923.33	913.15	697	590.54
E-17	E-18	88.6	913.15	902.17	766.24	645.82
E-18	E-19	105.43	902.17	889.19	865.11	682.4
E-19	E-20	39.82	889.19	887.3	899.88	662.98
E-20	E-21	119.72	887.3	894.88	984.38	692.76
E-21	E-22	64.75	894.88	899	1048.2	681.82
E-22	E-23	39.77	899	908.52	1067.5	716.61
E-23	E-24	44.08	908.52	915.52	1100	746.39
E-24	E-25	19.52	915.52	916.54	1106.1	764.92
E-25	E-26	99.87	916.54	909.1	1135.3	836.67
E-26	E-27	47.7	909.1	919.09	1182.4	829.32
E-27	E-28	17.42	919.09	911.56	1191.5	814.37
E-28	E-29	59.61	911.56	906.99	1216.1	760.08
E-28	E30	307.06	911.56	929.54	1400.9	1067.3
E-30	E-31	31.23	929.54	933.41	1637.4	1335.9

Fuente: elaboración propia.

Apéndice D

Tabla D1. Diseño hidráulico línea de conducción, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.

Pinicial	Pfinal	Distancia (m)	Longitud tubería (m)	Clase de tubería	Qdía máximo	Φ interno (plg)	Velocidad (m/s)	Hf (m)	Cota de terreno		Cota piezométrica		Presiones trabajo (m.c.a)	
									Inicio	Final	Inicio	Final	Estática	Dinámica
E-1	E-17	199.40	210.00	150	9.54	6.115	0.504	0.33	1004.5	997	1004.51	1004	7.56	7.23
E-17	E-48	455.70	474.00	150	9.54	4.154	1.091	4.92	996.95	989.11	1004.18	999.26	15.40	10.15
E-48	E-51	42.44	48.00	150	9.54	4.154	1.091	0.50	989.11	987.47	999.26	998.76	17.04	11.29

Fuente: elaboración propia

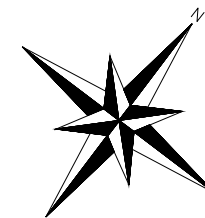
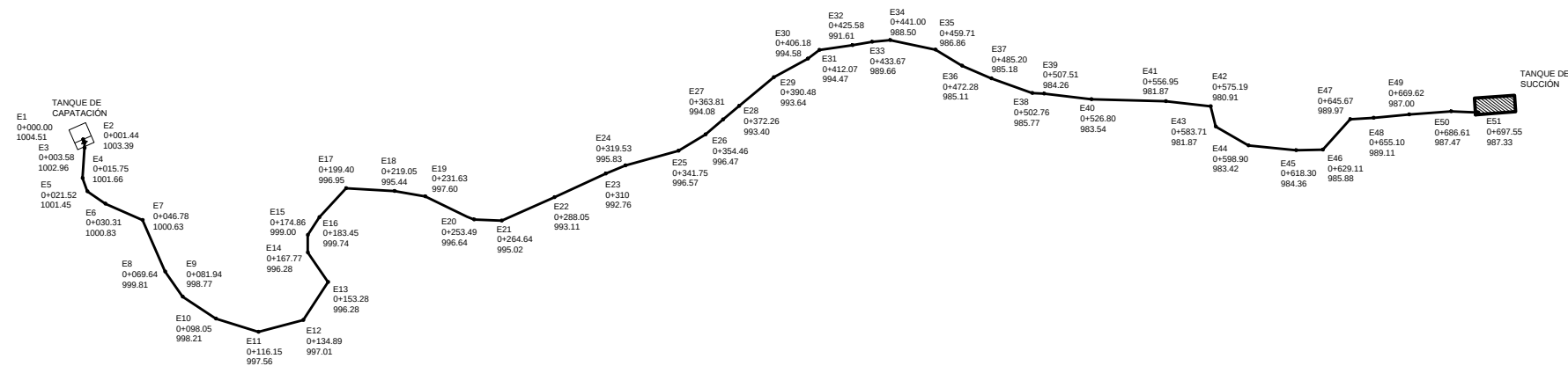
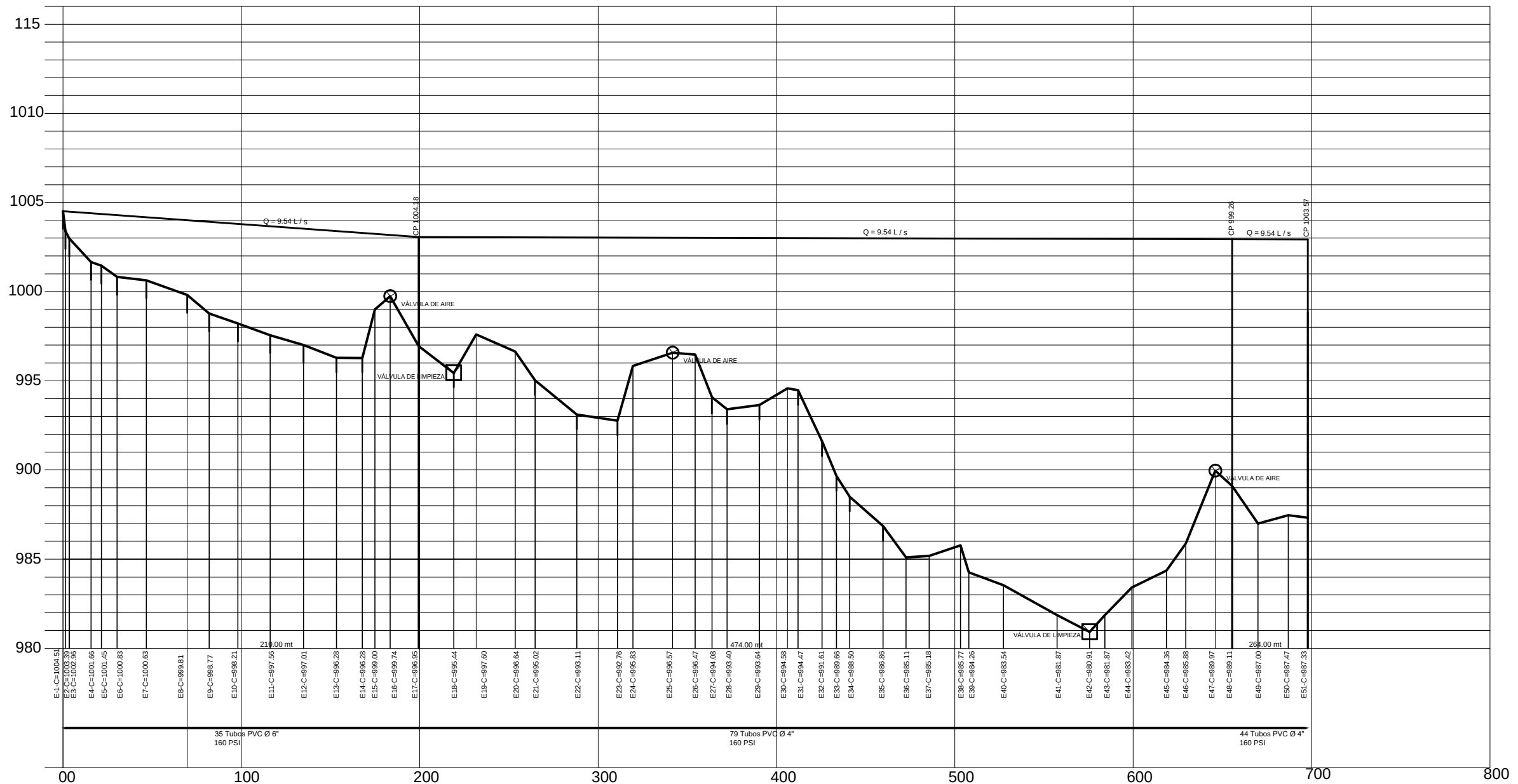
Tabla D2. Diseño hidráulico red de distribución, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula.

Pinicial	Pfinal	Distancia (m)	Casas	Longitud tubería (m)	Clase de tubería	Qhora máximo	Qacumulado	Φ nominal (plg)	Φ interno (plg)	Velocidad (m/s)	Hf (m)	Cota de terreno		Cota piezométrica		Presiones trabajo (m.c.a)		Observaciones
												Inicio	Final	Inicio	Final	Estática	Dinámica	
TD	E-7	960.33	0	450	150	1.69	1.69	1 1/4	1.532	1.4	24.59	1000.00	956.82	1000.00	975.41	0.00	0.00	CR
E-7	E-22	813.01	0	1386.00	150	1.69	1.69	2	2.193	0.7	13.20	956.82	899.00	975.41	962.21	57.82	63.21	
E-22	E-28	268.36	16	630.00	150	0.65	1.69	2	2.193	0.70	6.00	899.00	911.56	962.21	956.21	45.26	44.65	
E-28	E-29	59.61	15	66.00	150	0.61	1.05	1	1.195	1.45	4.98	911.56	906.99	956.21	951.24	49.83	44.25	
E-28	E-30	307.60	11	318.00	150	0.44	0.44	1	1.195	0.61	4.89	911.56	929.54	956.21	951.33	27.28	21.79	

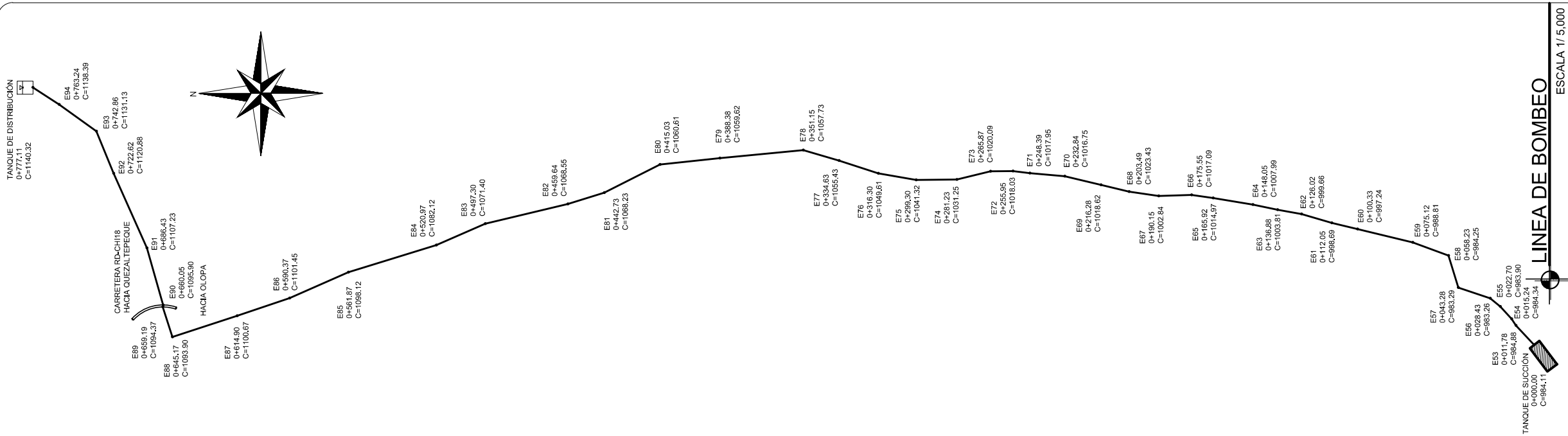
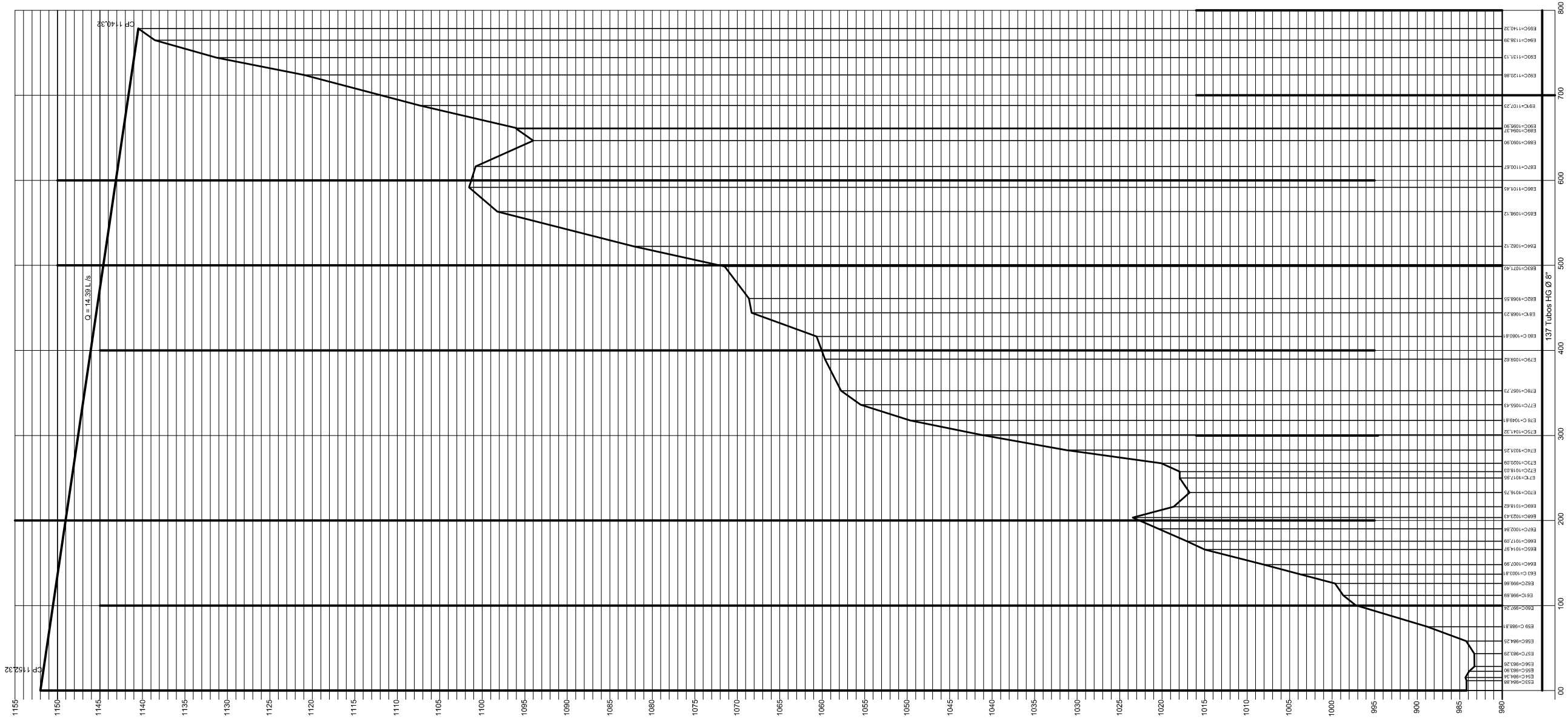
Fuente: elaboración propia

Apéndice F

Planos constructivos, proyecto de mejoramiento y ampliación de sistema de abastecimiento de agua, cabecera municipal, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula

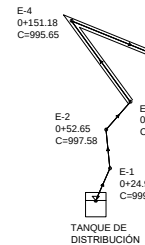
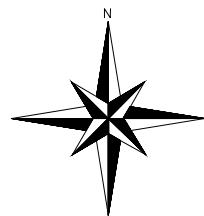


PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL		
UBICACION	OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE:	PLANTA + PERFIL LINEA DE CONDUCCION	
	FECHA: ENERO DE 2016	No. HOJA: 1 12
	ESCALA: INDICADA	
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
	CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	



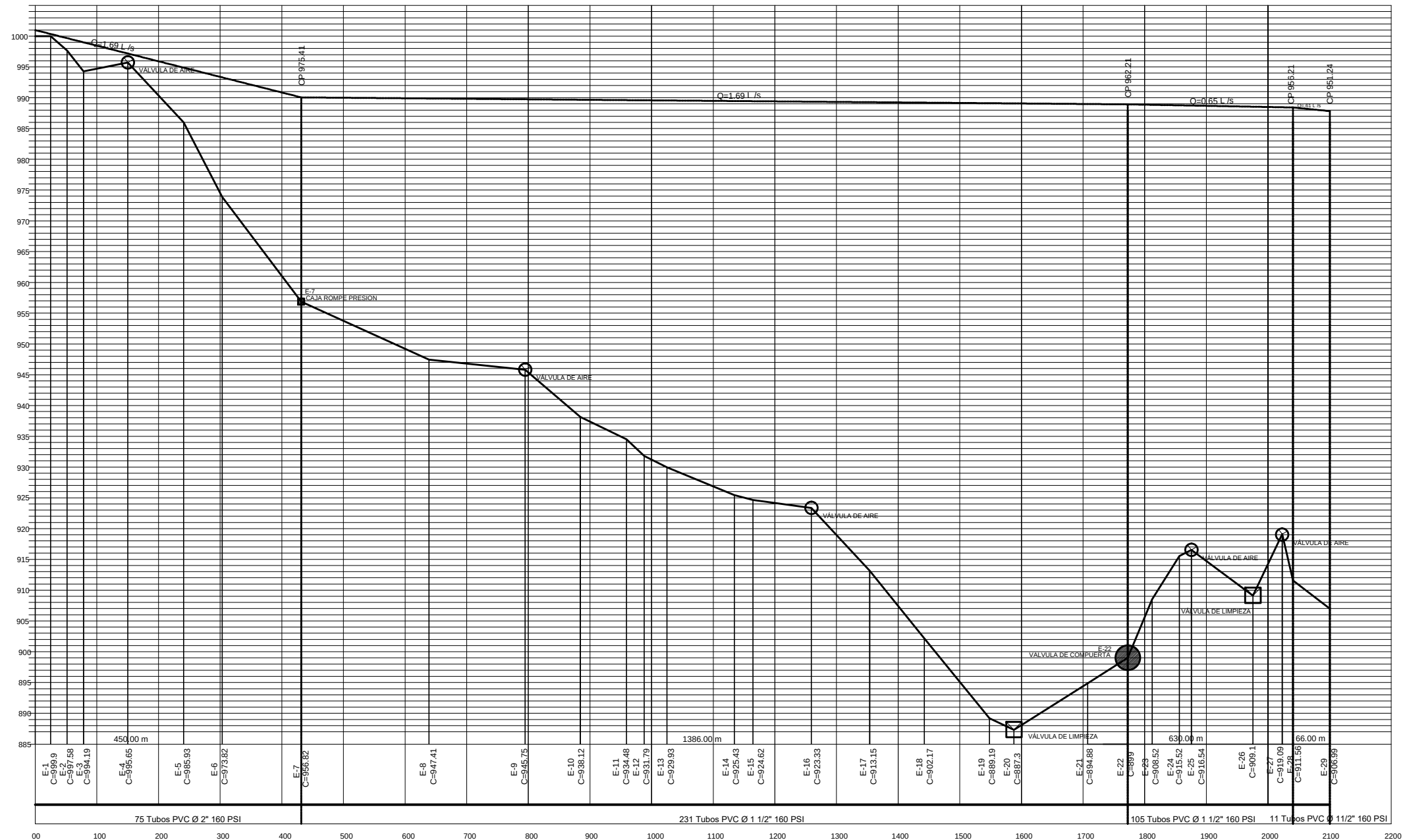
LINEA DE BOMBEO

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL	
UBICACION	OLOPA, CHIKHIMULA
PLANO DE:	PLANTA + PERFIL LINEA DE BOMBEO
FECHA: ENERO DE 2016	
ESCALA INDICADA	
DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	
No. HOJA: 2	
12	



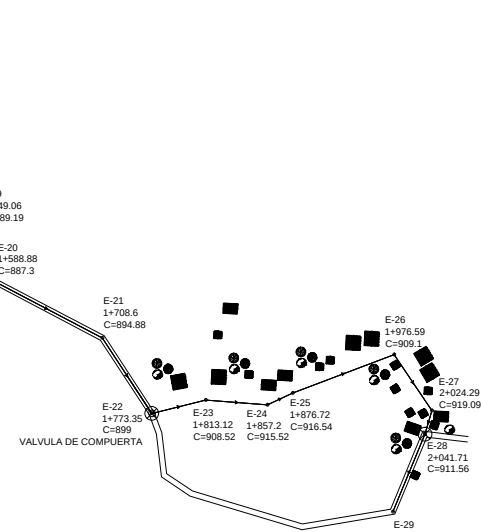
LINEA DE DISTRIBUCION

ESCALA 1/ 5,000



PERFIL DE LINEA DE DISTRIBUCION

ESCALA VERTICAL: 1/ 1,500
ESCALA HORIZONTAL: 1/ 7,500



PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL

UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA

PLANO DE: PLANTA + PERFIL LINEA DE DISTRIBUCION



FECHA: ENERO DE 2016

ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.

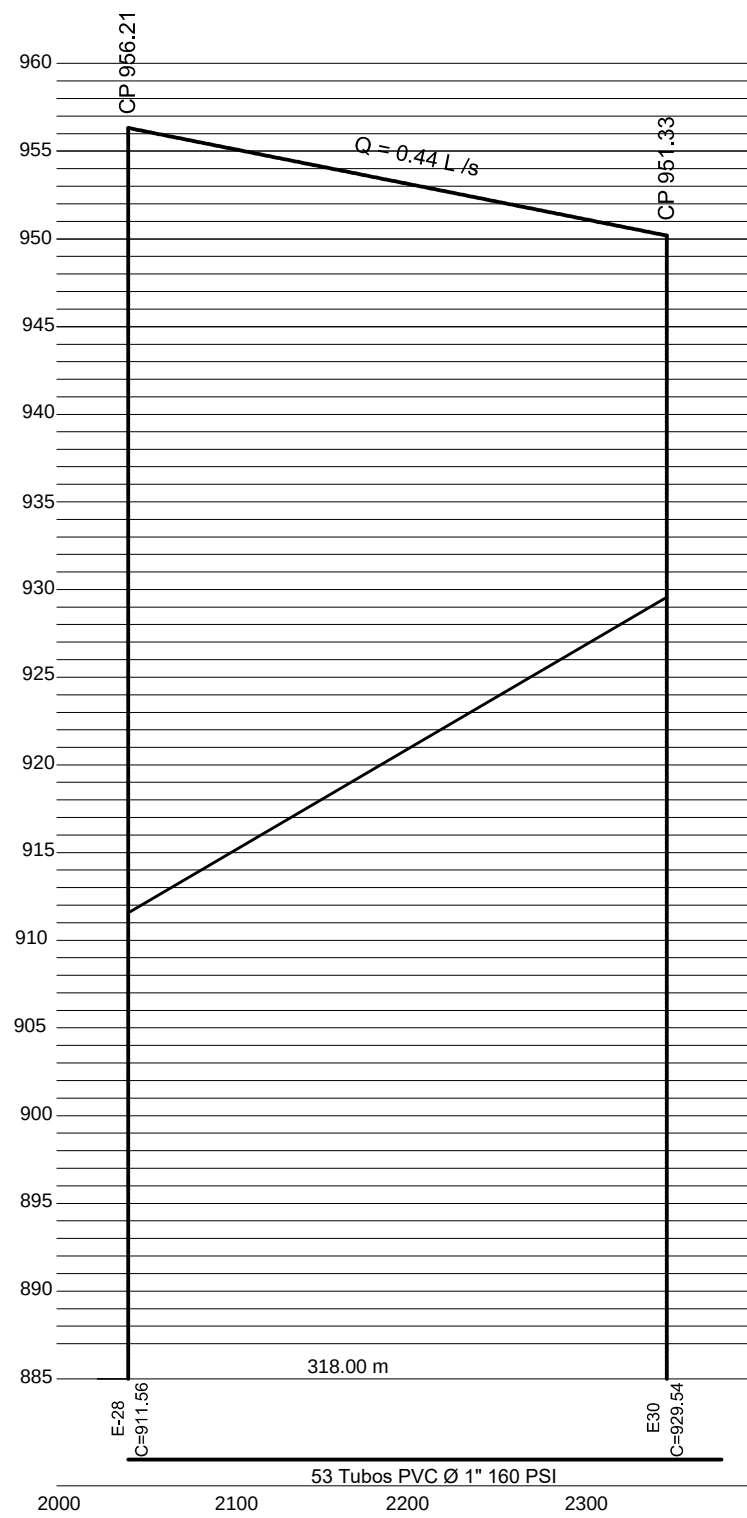
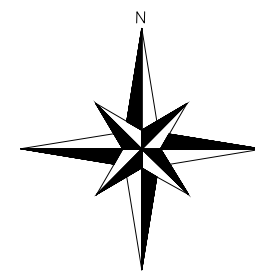
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.

DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.

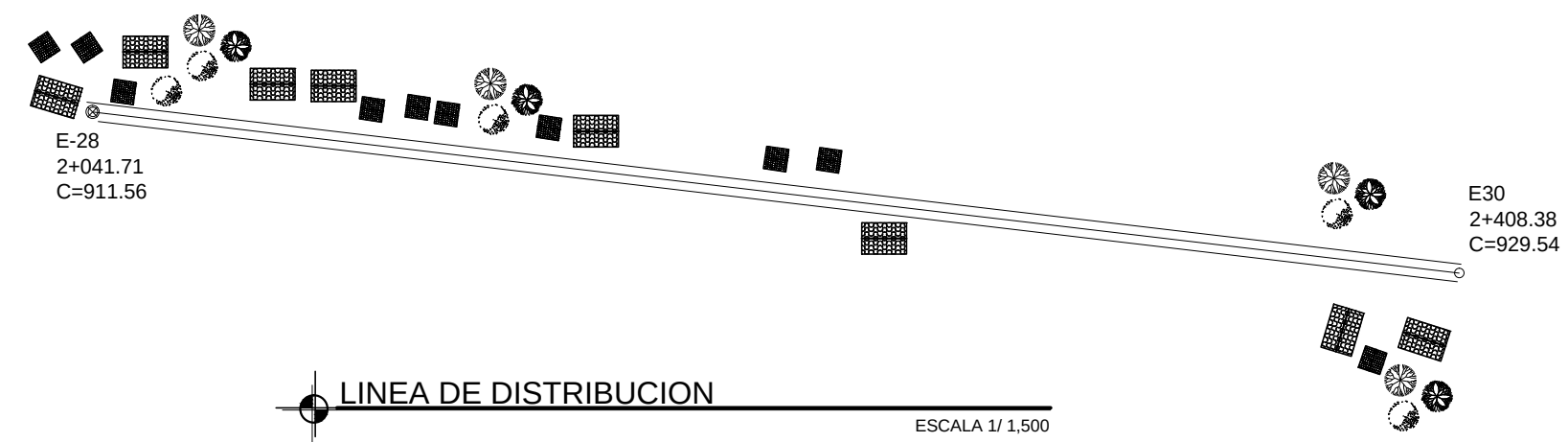
No. HOJA:

3

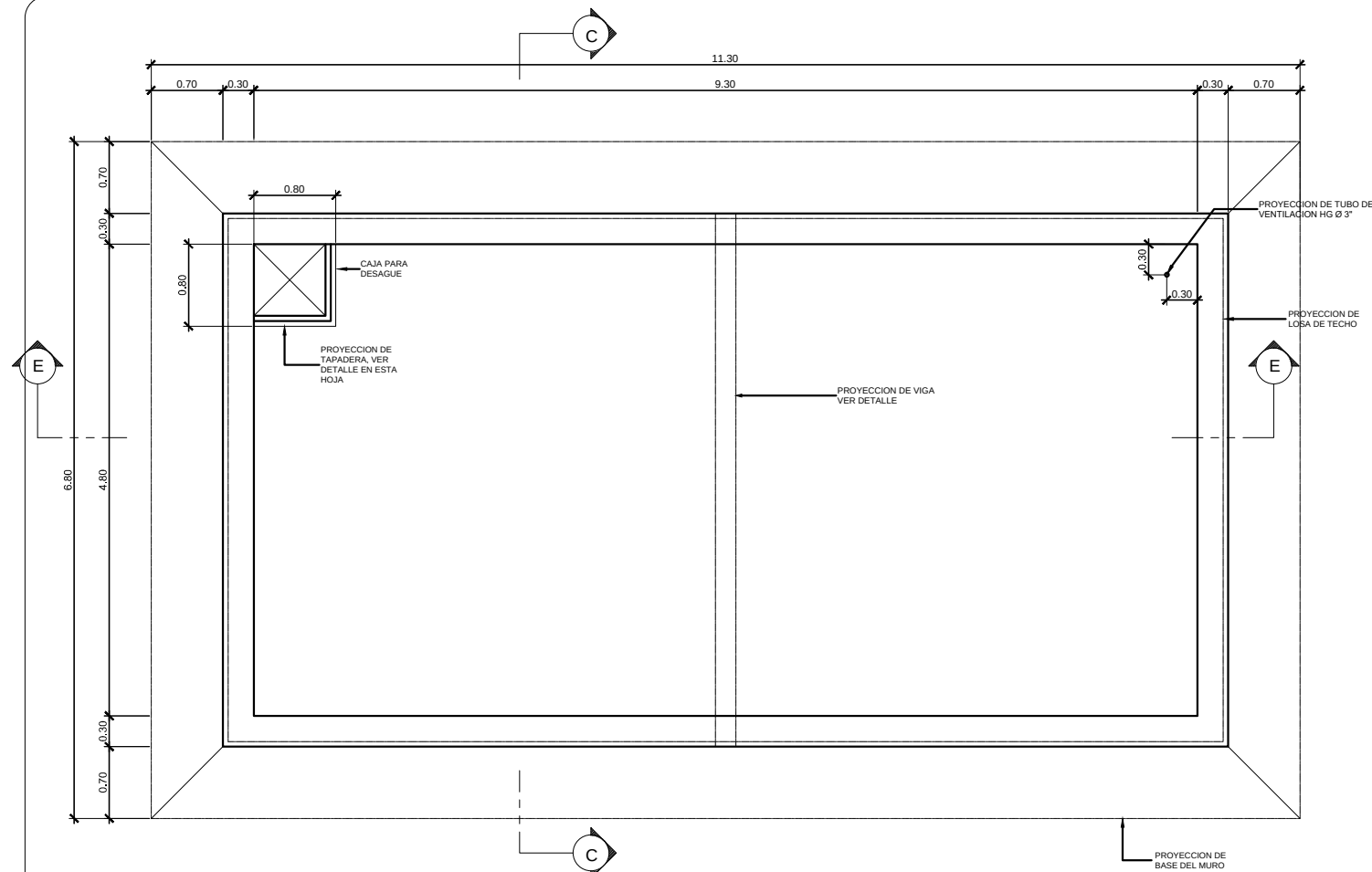
12



PERFIL DE LINEA DE DISTRIBUCION
ESCALA VERTICAL: 1/ 800
ESCALA HORIZONTAL: 1/ 4,000

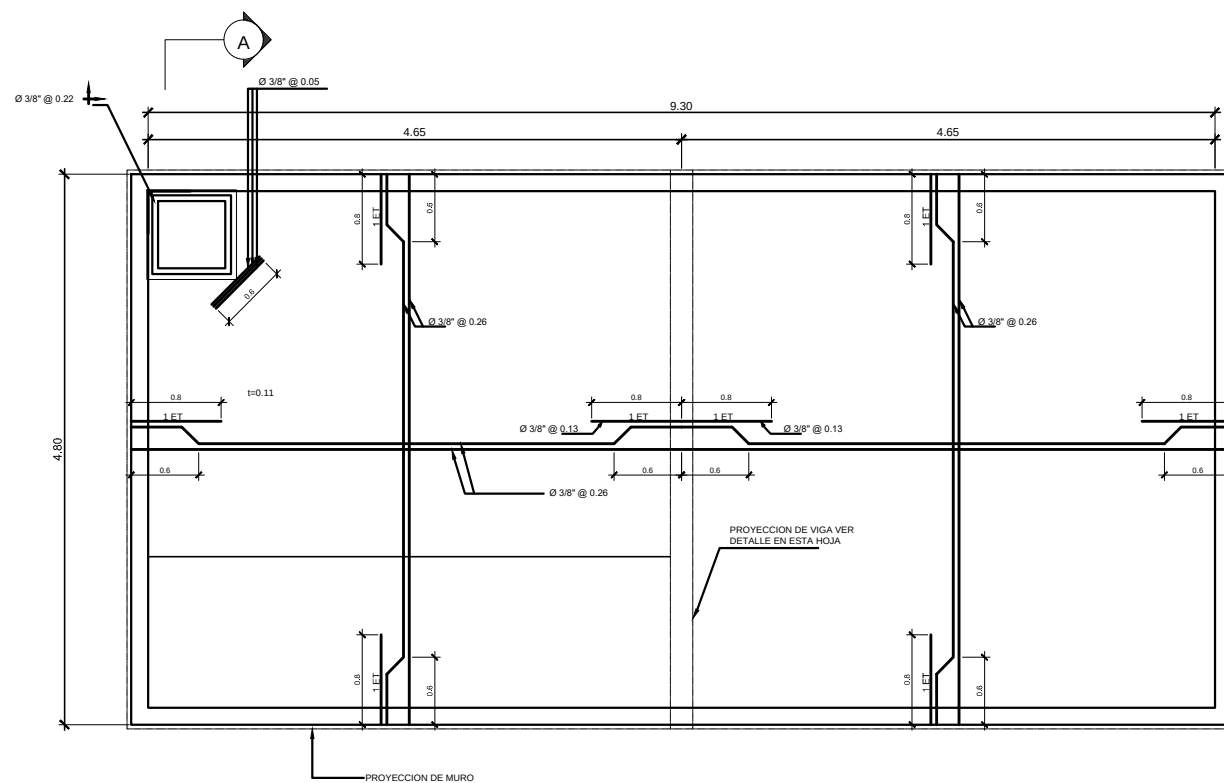


PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL			FECHA: ENERO DE 2016	ESCALA: INDICADA	No. HOJA: 4 / 12
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA			DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.		
PLANO DE: PLANTA + PERFIL LINEA DE DISTRIBUCION			CALCULO: Luis Fernando Orellana R.		
		DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.			



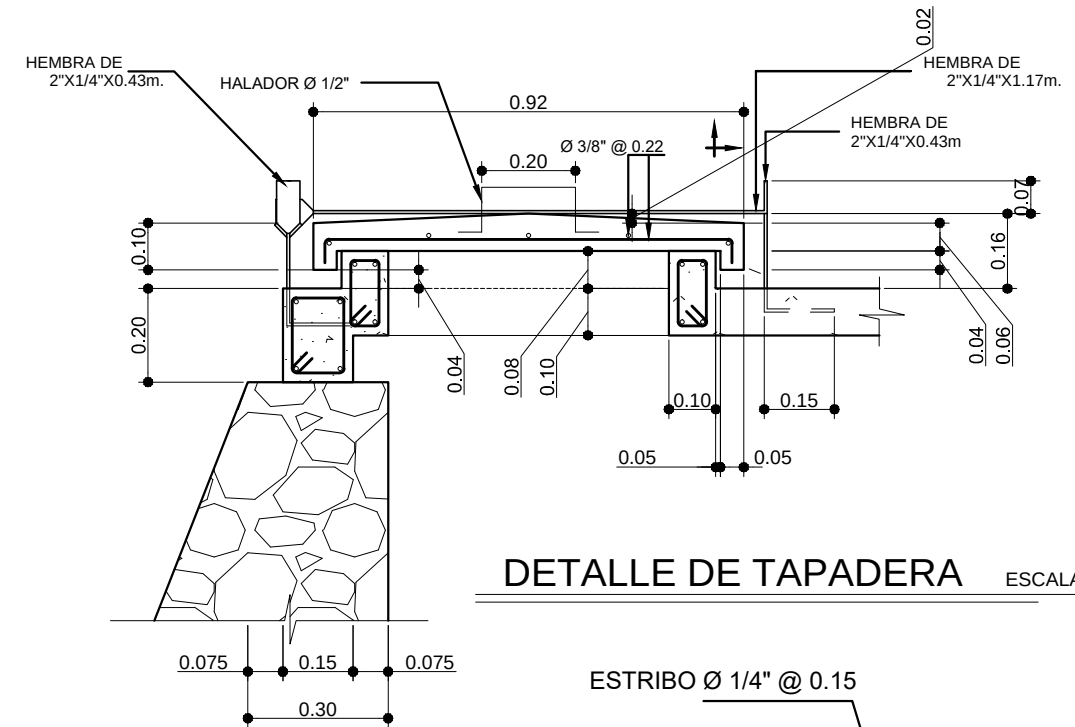
PLANTA DE TANQUE

ESCALA 1:125



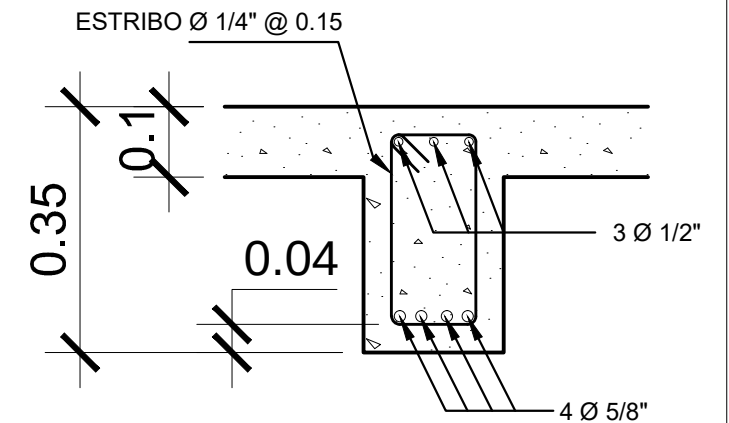
PLANTA DE LOSA DE TECHO

ESCALA 1:125



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:15



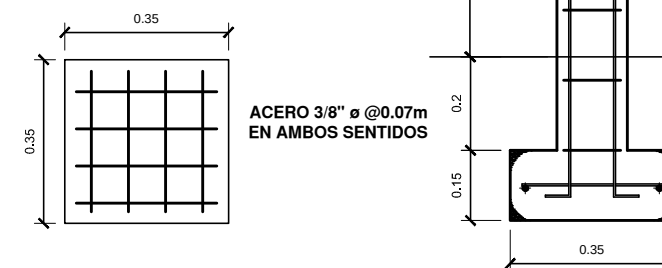
DETALLE DE VIGA

ESCALA 1:10

NOTAS GENERALES

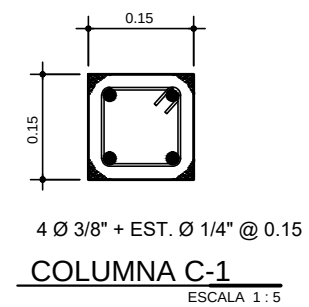
MATERIALES

- 1° CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm² (3000 lb/Pig²) A LOS 28 DIAS DDD
- 2° ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy = 2810 Kg/cm² (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615 DDD
- 3° VARIOS:
 - LOS MUROS ESTAN DISENADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
 - 4° TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - 5° LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
 - 6° EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
 - 7° LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
 - 8° LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEZBILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2). DEBIDAMENTE ALISADA.
 - 9° LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
 - 10° LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2
 - 11° EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.



DETALLES DE ANCLAJES

ESCALA 1:15



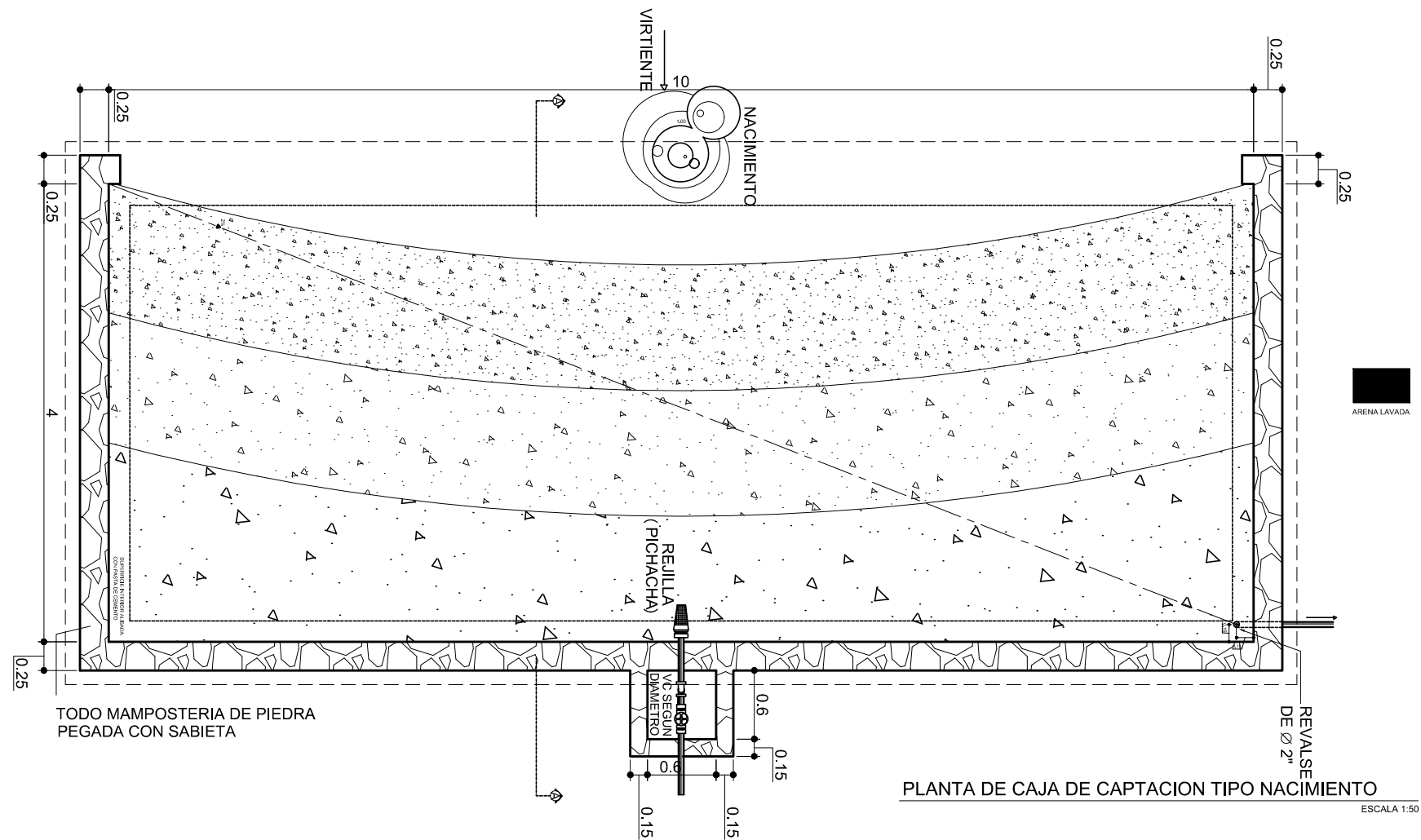
COLUMNA C-1

ESCALA 1:5

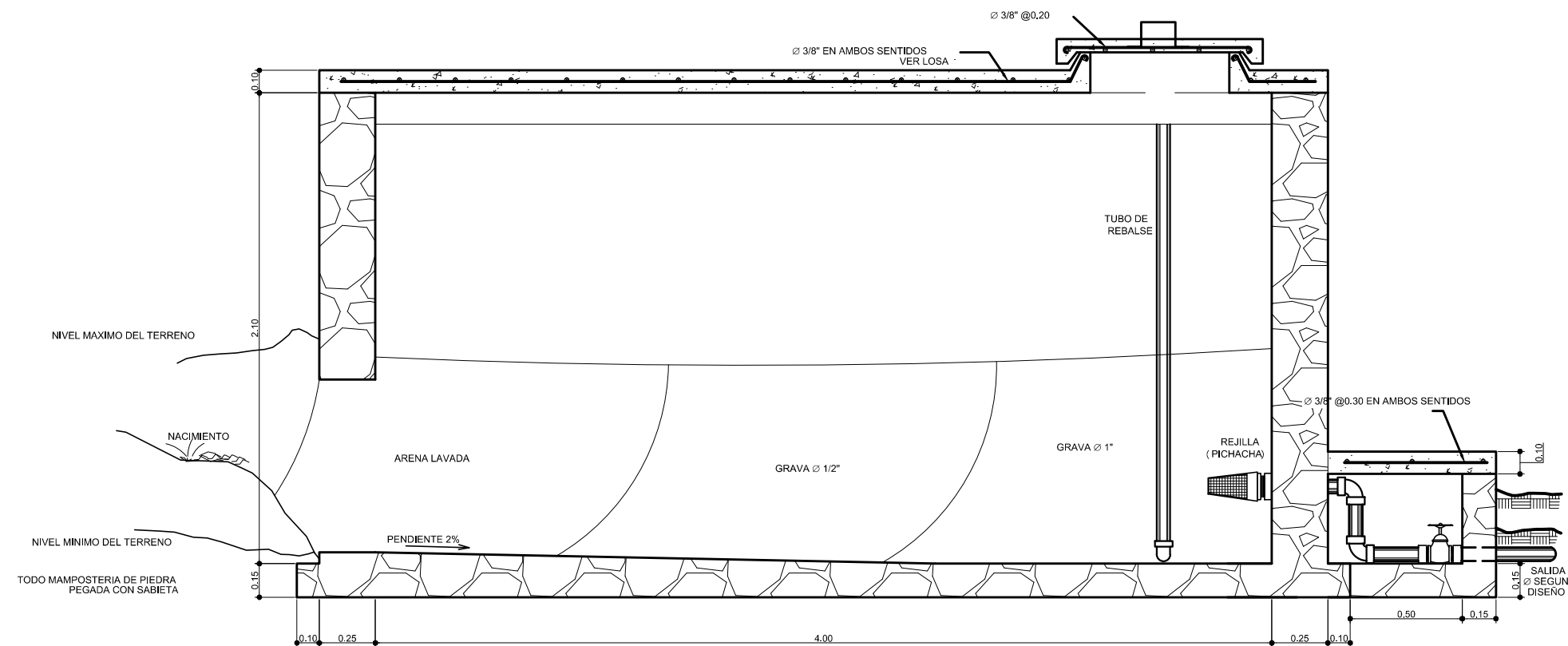
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL	
UBICACION:	OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE:	PLANO ACOTADO Y PLANO DE LOSA + DETALLES TANQUE DE DISTRIBUCION	
	FECHA: ENERO DE 2016	
	ESCALA: INDICADA	
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	No. HOJA:
	CÁLCULO: Luis Fernando Orellana R.	5
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	12



12

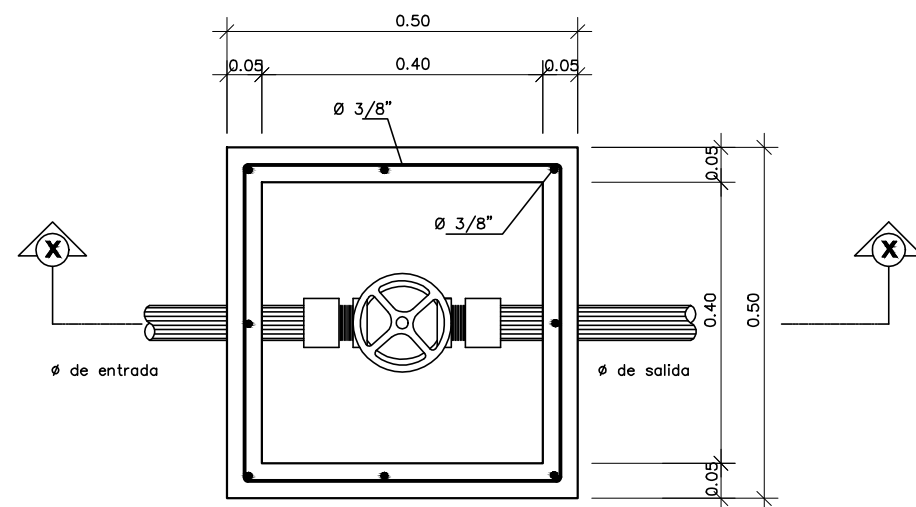


PLANTA DE CAJA DE CAPTACION TIPO NACIMIENTO
ESCALA 1:50

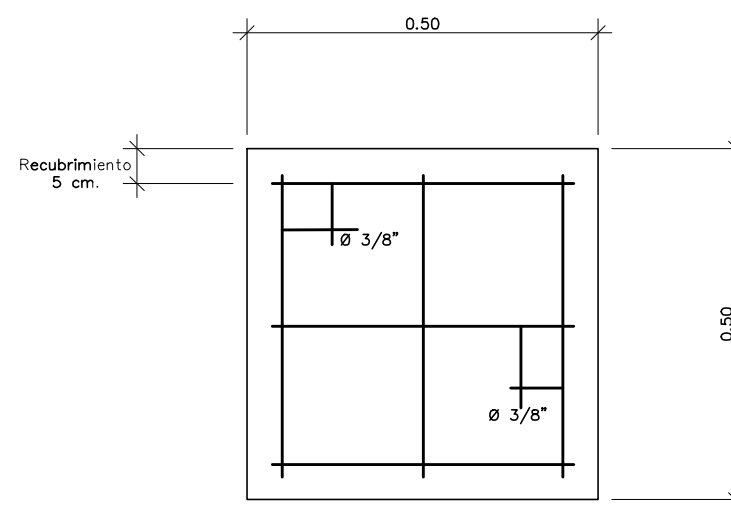


SECCION A-A
ESCALA 1:25

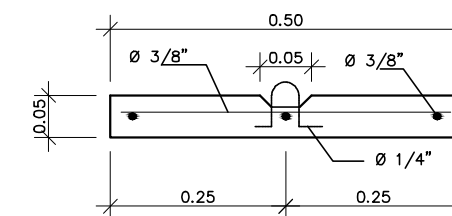
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL			
UBICACION OLOPA, CHIQUIMULA			
PLANO DE: CAPTACIÓN			
	FECHA: ENERO DE 2016		No. HOJA: 7 12
	ESCALA: INDICADA		
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.		
	CÁLCULO: Luis Fernando Orellana R.		
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.		



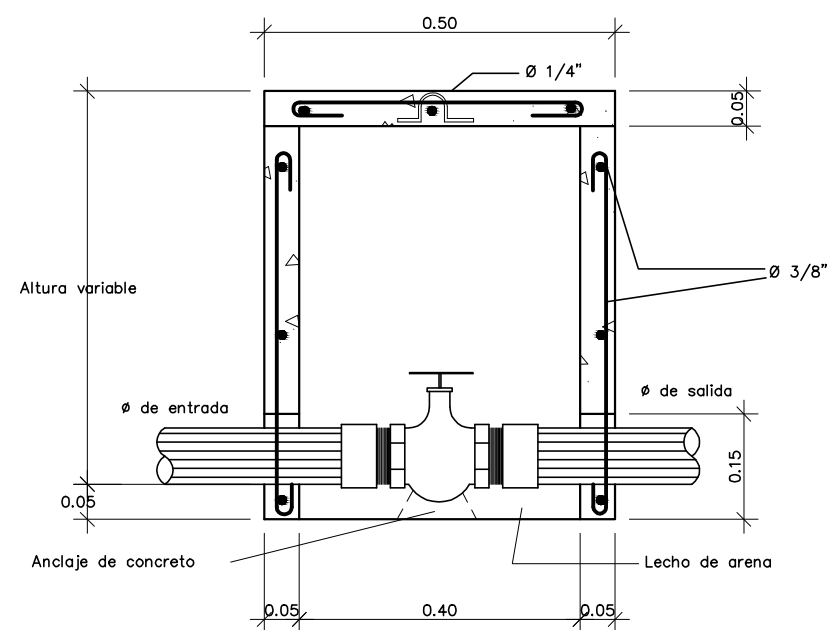
PLANTA
Escala 1:10



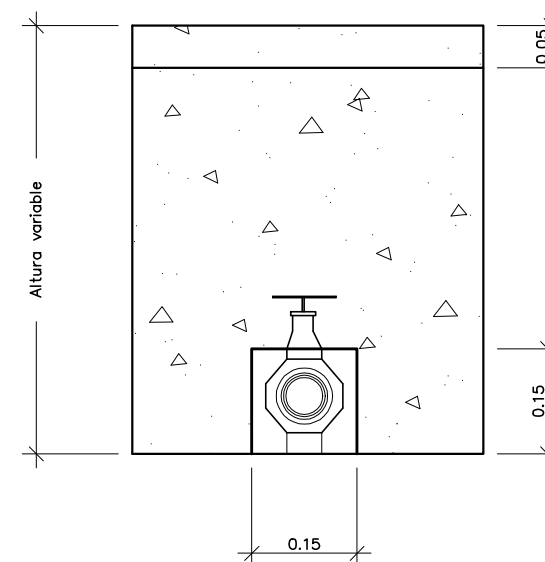
PLANTA
Escala 1:10



DETALLE DE TAPADERA
Escala 1:10



CORTE X-X
Escala 1:10

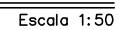
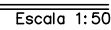
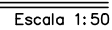
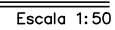


ELEVACIÓN
Escala 1:10

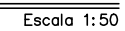
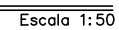
NOTA:
Válida para válvulas de Ø de 2" a 1".

Concreto= $F'_c = 3 \text{ Ksi}$
Acero de refuerzo = $F_y = 40 \text{ Ksi}$

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL			No. Hoja: 8
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA			
PLANO DE: CAJAS PARA VALVULAS			
FECHA: ENERO DE 2016		ESCALA: INDICADA DISEÑO: Luis Fernando Orellana R. CALCULO: Luis Fernando Orellana R. DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	

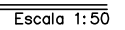


Plantilla de columnas		
Tipo	Medidas	Refuerzo
CA	0.15X0.15	4 #3/8" + EST.#1/4" @ 0.20
CB	0.15X.015	2 #3/8" + ESL.#1/4" @ 0.20

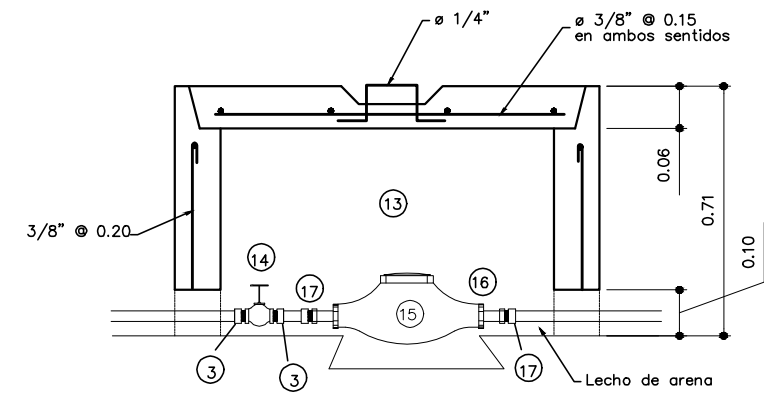
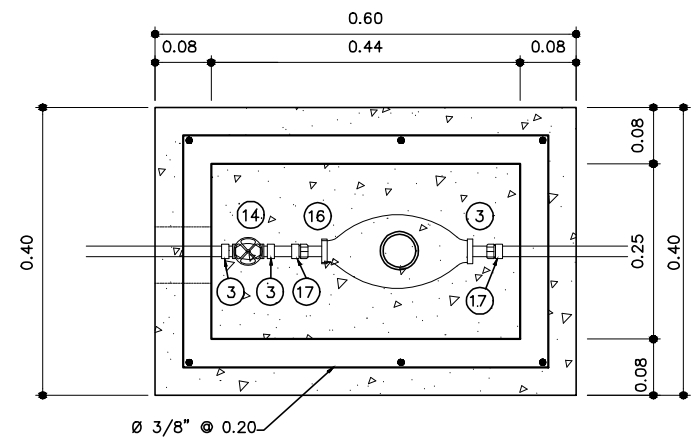


Escala 1:20

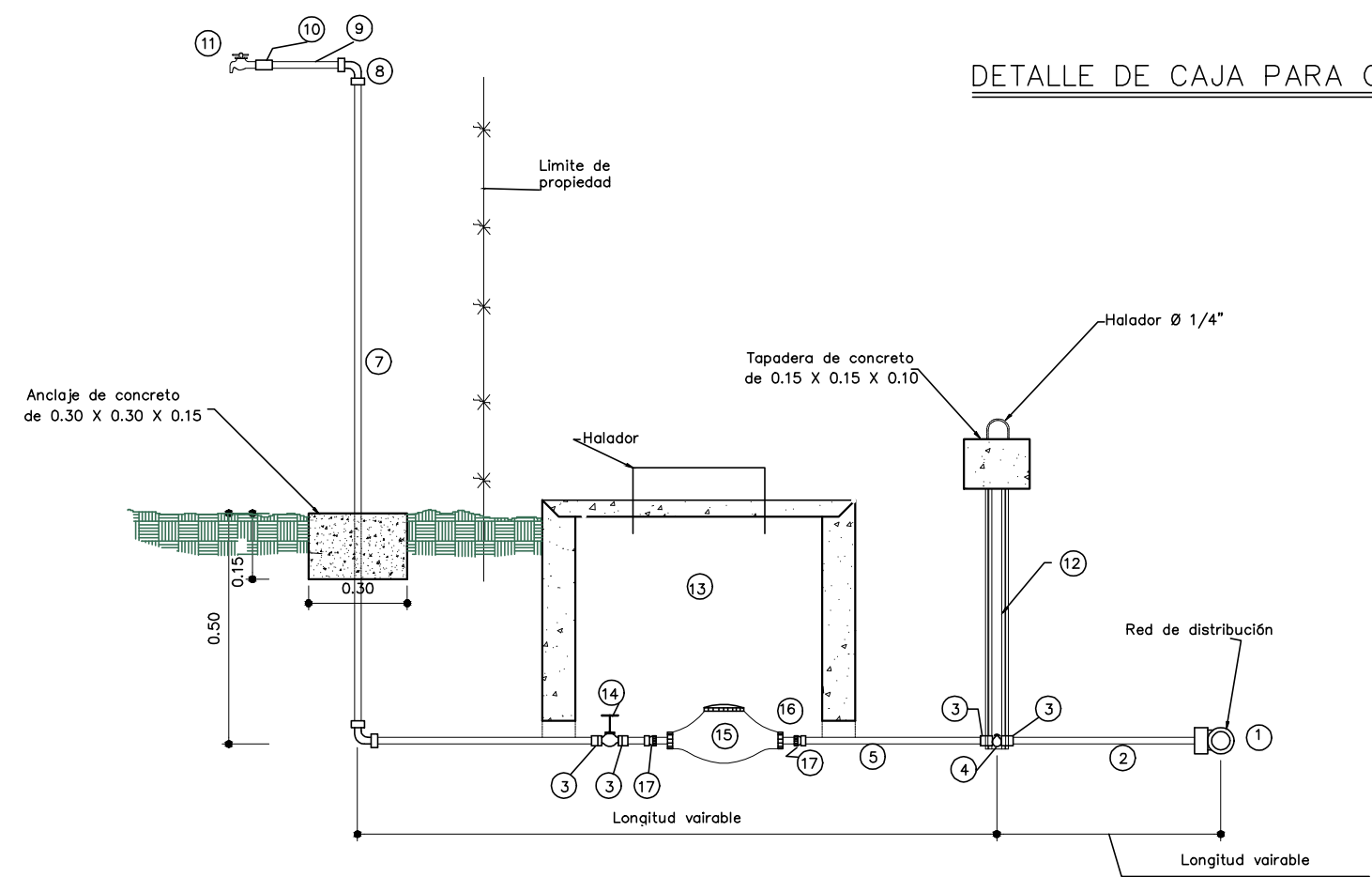
Escala 1:50

12

Concreto= F'c = 3 Ksi
Acero de refuerzo = Fy = 40 Ksi



DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA
Escala 1:10



CONEXIÓN DOMICILIAR TIPICA CON CONTADOR
Escala 1: 10

- Referencia de materiales
1. Tee reducida PVC ϕ tubería principal X 1/2" 315 PSI
 2. Niple (tubo) PVC longitud variable ϕ 1/2" 315 PSI
 3. Adaptador macho PVC ϕ 1/2"
 4. Llave de paso de bronce ϕ 1/2"
 5. Tubo PVC longitud variable ϕ 1/2" 315 PSI
 6. Codo PVC 90° ϕ 1/2" con rosca
 7. Niple HG 1.50 m ϕ 1/2"
 8. Codo HG 90° ϕ 1/2"
 9. Niple HG 0.15 ϕ 1/2"
 10. Copla HG ϕ 1/2"
 11. Chorro de bronce ϕ 1/2"
 12. Tubería PVC ϕ 2" 100 PSI
 13. Caja de concreto para contador
 14. Llave de compuerta de bronce ϕ 1/2"
 15. Contador de bronce ϕ 1/2"
 16. Niple PVC conector de contador ϕ 1/2" 315 PSI
 17. Adaptador hembra PVC ϕ 1/2"

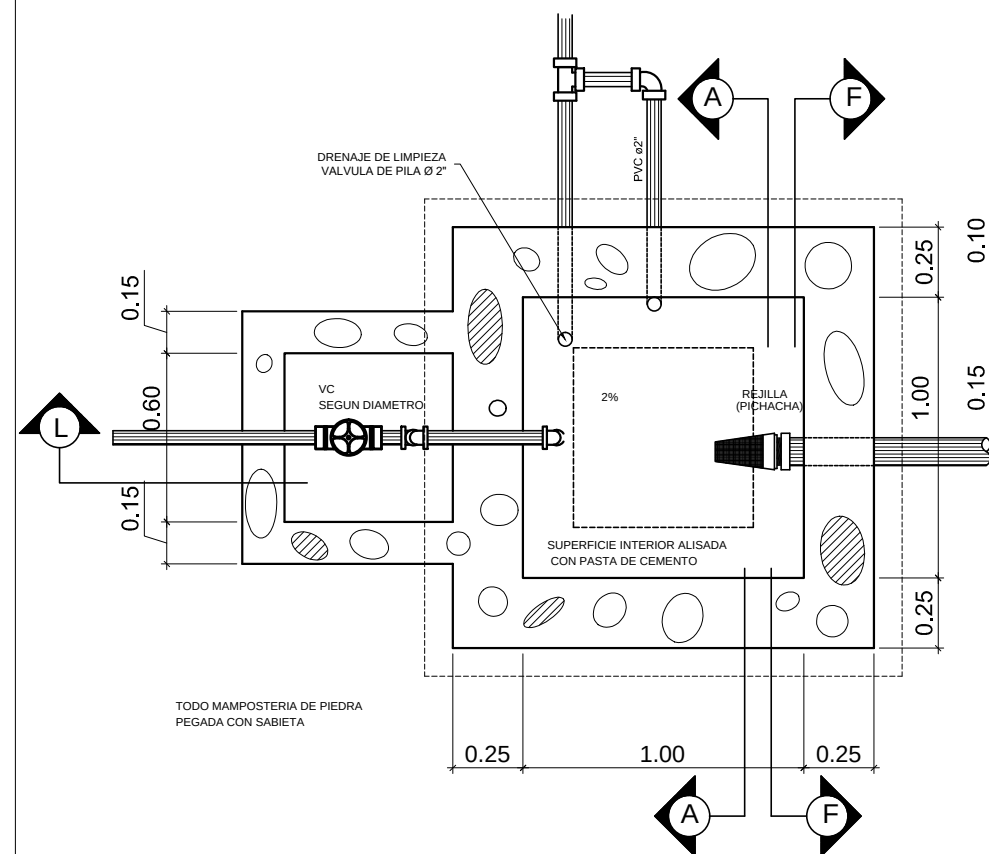
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL	
UBICACION:	OLOPA, CHIQUIMULA	
PLANO DE:	CONEXION PREDIAL	
	FECHA: ENERO DE 2016	
	ESCALA: INDICADA	
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	No. HOJA:
	CÁLCULO: Luis Fernando Orellana R.	10
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	12



TABLA No. 1

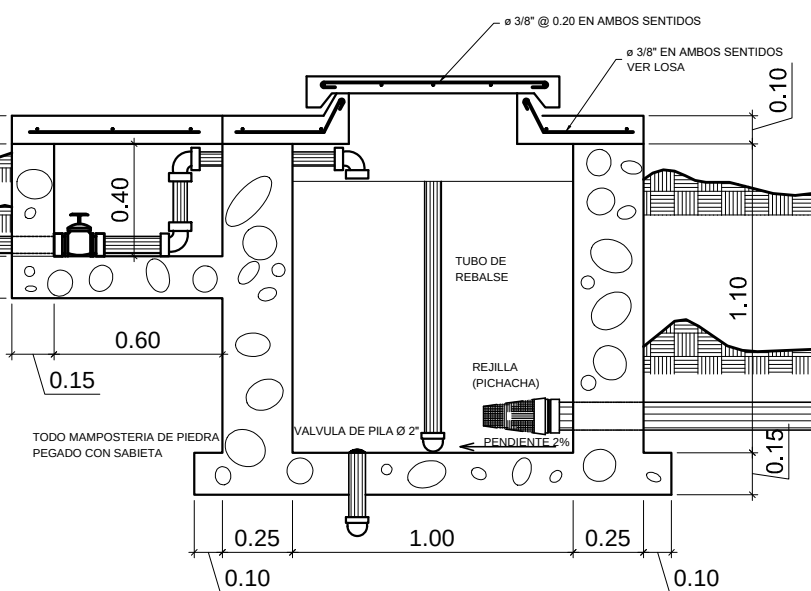
- 1.- PREPARAR LA SOLUCION CONCENTRADA DE HIPOCLORITO DE SODIO EN OTRO TANQUE O DEPOSITO MEZCLandola PERFECTAMENTE. LA TABLA 1 INDICA LA CANTIDAD DE CLOROGENO NECESARIA PARA PREPARAR UNA SOLUCION AL 0.10% (1000p.p.m)
- 2.- DEJAR SEDIMENTAR LA SOLUCION. EL LIQUIDO CLARO PASARLO AL DEPOSITO DEL HIPOCLORADOR EL SEDIMENTO DESECHARLO YA QUE ES INACTIVO Y PRODUCE TAPONAMIENTOS EN LA TUBERIA
- 3.- LA TABLA 2 INDICA EL VOLUMEN DE SOLUCION AL 0.1% RESPECTIVAMENTE NECESARIA PARA APLICAR DURANTE DOS DIAS COMO MINIMO PARA DIFERENTES CAUDALES DE DISEÑO
- 4.- PARA VERIFIAR LA DOSIFICACION GRADUAR EL CAUDAL CON LOS RESPECTIVAMENTE, NECESARIA PARA
- 5.- LA CAIDA DE LA SOLUCION DE HIPOCLORITO AL TANQUE DEBERA SER NORMAL A LA ENTRADA DE AGUA PROCEDENTE DE LA CONDUCCION, O EN OTROS PALABRAS, DEBERA CAER LA SOLUCION DE HIPOCLORITO SOBRE EL CHORRO DE AGUA QUE ENTRA AL TANQUE PROCEDENTE DE LA CONDUCCION, CON EL OBJETO DE LOGRAR UNA BUENA MEZCLA EN UN TIEMPO RELATIVAMENTE
- 6.- EL PERIODO DE CONTACTO EN EL TANQUE DE DISTRIBUCION SERA COMO MINIMO DE DOS HORAS. TIEMPO DURANTE EL CUAL EL AGUA NO PASARA A LA RED DE DISTRIBUCION. ESTO SOLO SE HACE CUANDO SE INICIA EL PROCESO DE CLORACION

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL		
UBICACION OLOPA, CHIQUIMULA		
PLANO DE: DETALLES DE HIPOCLORADOR		
	FECHA: ENERO DE 2016	No. HOJA: 11 12
	ESCALA: INDICADA	
	DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.	
	CALCULO: Luis Fernando Orellana R.	
	DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.	



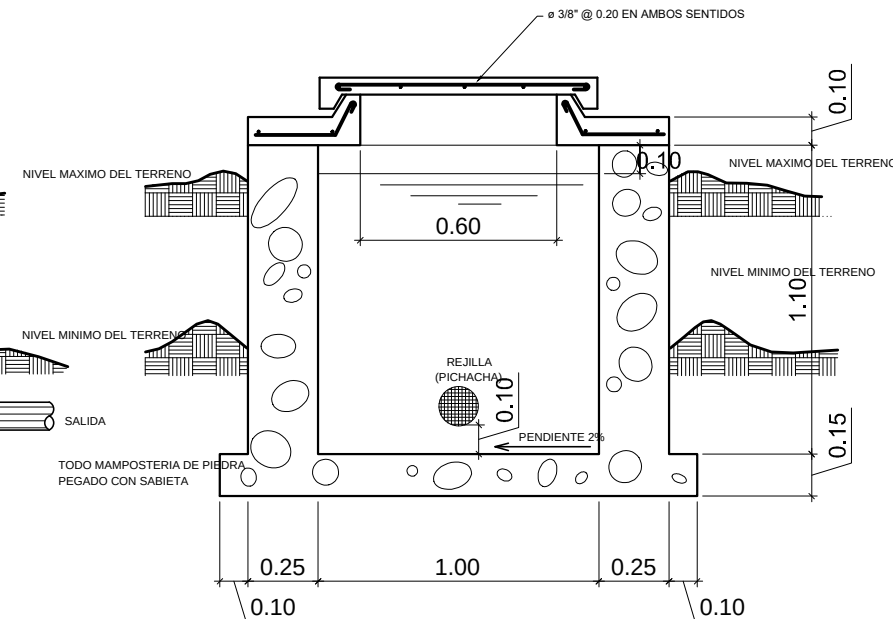
PLANTA CAJA ROMPEPRESION

ESCALA 1:25



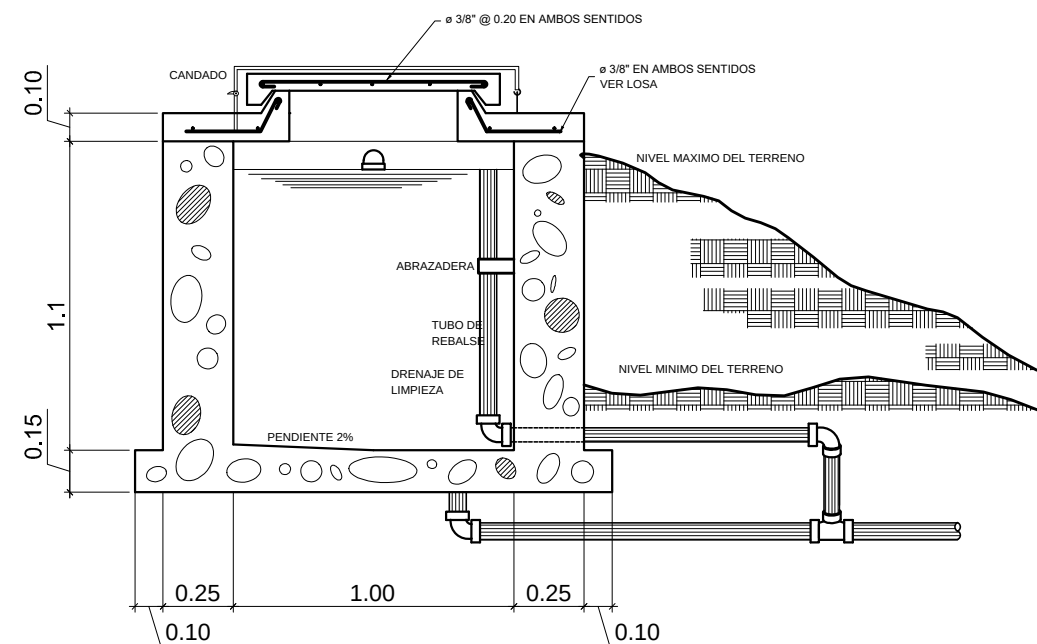
SECCION L-L

ESCALA 1:25



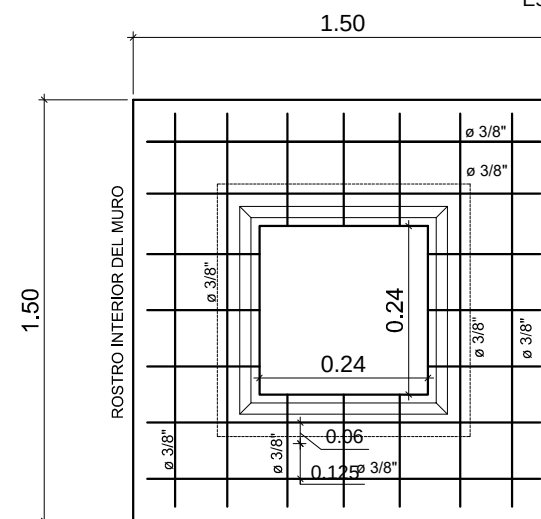
SECCION F-F

ESCALA 1:25



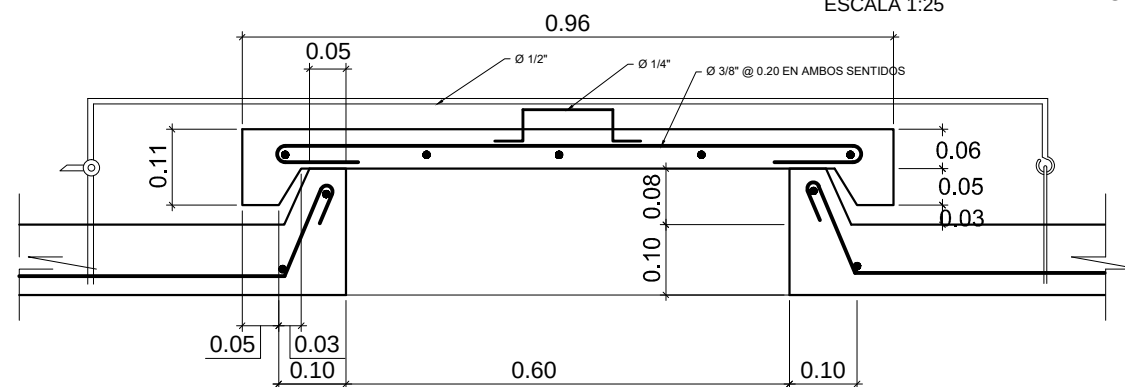
SECCION A-A

ESCALA 1:25



DETALLE DE LOSA

ESCALA 1:25



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10

NOTAS:

MAMPOSTERIA 67% PIEDRA
33% SABIETA 1: CONCRETO
2 ARENA DE RIO
CONCRETO = F'c 3 Ksi
ACERO DE REFUERZO Fy = 40 Ksi

LISTA DE MATERIALES		
ACCESORIOS DE ENTRADA (SEGUN DISEÑO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VALVULA DE COMPUERTA (Br)	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	3	U
ACCESORIOS DE SALIDA (SEGUN DISEÑO)		
PICHACHA (Br)	1	U
ADAPTADORES MACHO (PVC)	1	U
ACCESORIOS DE DRENAJE Y REBALSE		
TEE PVC (SEGUN CASO)	1	U
CODOS DE 90° PVC	3	U
VALVULA DE PILA Br Ø 2"	1	U
CEMENTO	11	sacos
PIEDRA	1	m³
ARENA DE RIO	1	m³
MADERA RUSTICA	25	PT
CLAVO	2	lbs.
ALAMBRE DE AMARRE	2	lbs.
HIERRO 3/8"	5	var.
HIERRO 1/2"	2	m.

NOTAS:

EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE
SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA
DE ENTRADA Y EL MINIMO SER 2"

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CABECERA MUNICIPAL
UBICACION: OLOPA, CHIQUIMULA
PLANO DE: DETALLES DE HIPOCLORADOR



FECHA: ENERO DE 2016
ESCALA: INDICADA
DISEÑO: Luis Fernando Orellana R.
CALCULO: Luis Fernando Orellana R.
DIBUJO: Luis Fernando Orellana R.

No. HOJA:
12
12

ANEXOS

Anexo A	Características para el diseño geométrico de las carreteras en Guatemala, según la D.G.C.
Anexo B	Valores de “k” para longitud de curvas verticales cóncavas y convexas
Anexo C	Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la sub-base del proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula
Anexo D	Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la base del proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula
Anexo E	Resultados de laboratorio de análisis físico-químico y bacteriológico.
Anexo F	Constancia de aforo de fuente El Regadío.
Anexo G	Valores de coeficientes para diseño de losas macizas método ACI.

Anexo A

Tabla A1. Características para el diseño geométrico de las carreteras en Guatemala, según la D.G.C.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE REGIÓN	VELOCIDAD DE DISEÑO (km/hr)	RADIO DE CURVA MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (%)
A	LLANA	100	375	3
A	ONDULADA	80	225	4
A	MONTAÑOSA	60	110	5
B	LLANA	80	225	6
B	ONDULADA	60	115	7
B	MONTAÑOSA	40	47	8
C	LLANA	80	225	6
C	ONDULADA	60	110	7
C	MONTAÑOSA	40	47	8
D	LLANA	80	225	6
D	ONDULADA	60	110	7
D	MONTAÑOSA	40	47	8
E	LLANA	50	75	8
E	ONDULADA	40	47	9
E	MONTAÑOSA	30	30	10
F	LLANA	40	47	10
F	ONDULADA	30	30	12
F	MONTAÑOSA	20	18	14

Fuente: Dirección General de Camino. Especificaciones para carreteras.

Anexo B

Tabla B1. Valores de “k” para longitud de curvas verticales cóncavas y convexas.

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

Fuente: Dirección General de Camino. Especificaciones para carreteras.

Anexo C

Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la sub-base del proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula

Anexo C-1 Análisis granulométrico de la muestra de la sub-base.

Anexo C-2 Ensayo de Limites de Atterberg de la muestra de la sub-base

Anexo C-3 Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la sub-base

Anexo C-4 Ensayo de compactación de la muestra de la sub-base.

Anexo C-1 Análisis granulométrico de la muestra de la sub-rasante.



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



INFORME No. 145 S.S.

O.T. No. 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

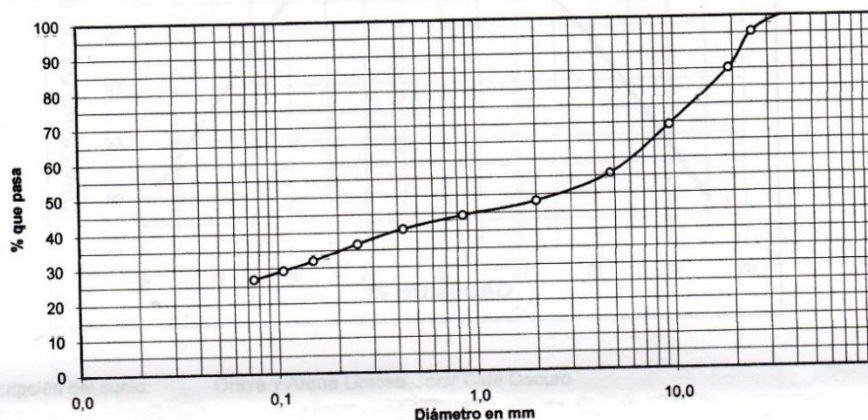
Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014

Muestra: 1

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,49	10	2.00 mm	48,18
2"	50 mm	100,49	20	850 μ m	44,41
1 1/2"	37.5 mm	100,49	40	425 μ m	40,77
1"	25 mm	95,47	60	250 μ m	36,69
3/4"	19.0 mm	85,19	100	150 μ m	32,03
3/8"	9.5 mm	69,32	140	106 μ m	29,36
4	4.75 mm	55,72	200	75 μ m	26,98



Descripción del suelo: Grava y Arena Limosa Color Café Oscuro

Clasificación:

S.C.U.: GM
P.R.A.: A-2-7

% de Grava: 44,28

% de Arena: 28,74

% de finos: 26,98

D10: *

D30: 0,11 mm

D60: 0,60 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para SUB-BASE.

* Diámetro efectivo no aplica

Atentamente

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Anexo C-2 Ensayo de Limites de Atterberg de la muestra de la sub-base.



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



INFORME No. 144 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

FECHA: Viernes, 07 de Marzo de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	44,9	13,0	ML	Grava y Arena Limosa Color Café Oscuro

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para SUB-BASE.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala

Anexo C-3 Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la sub-base



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

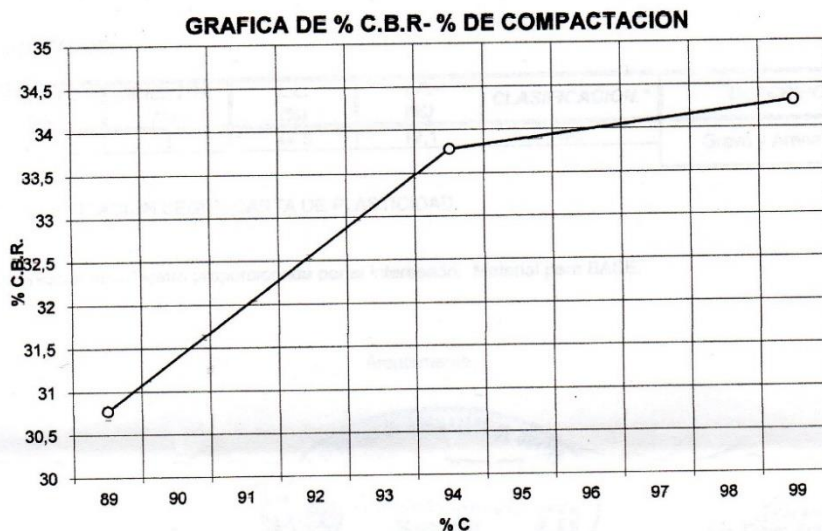


INFORME No. 147 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"
Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula
Descripción del suelo: Grava y Arena Limosa Color Café Oscuro
Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	21,75	90,29	89,6	0,41	30,78
2	30	21,75	95,12	94,4	0,76	33,78
3	65	21,75	100,19	99,4	0,65	34,31



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para SUB-BASE.

Atentamente,



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala

Anexo C-4 Ensayo de compactación de la muestra de la sub-base.



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



INFORME No. 146 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

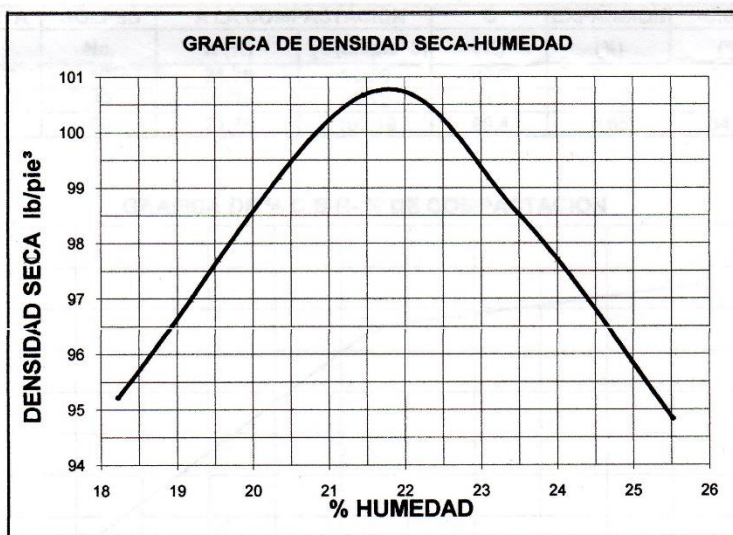
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las
Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de
Olopa, Depto. De Chiquimula"

Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

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



Descripción del suelo: Grava y Arena Limosa Color Café Oscuro

Densidad seca máxima γ_d : 1.614,82 Kg/m³ 100,80 lb/pie³

Humedad óptima Hop.: 21,75 %

Observaciones: Material para SUB-BASE.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Magrino Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería —CII—. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo D

Resultados de laboratorio obtenidos de la muestra de la base del proyecto de apertura de tramo carretero de las aldeas Las Palmas al El Rodeo, municipio de Olopa, departamento de Chiquimula

Anexo D-1 Análisis granulométrico de la muestra de la base.

Anexo D-2 Ensayo de Limites de Atterberg de la muestra de la base.

Anexo D-3 Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la base.

Anexo D-4 Ensayo de compactación de la muestra de la base.

Anexo D-1 Análisis granulométrico de la muestra de la base.



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



INFORME No. 141 S.S.

O.T. No. 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

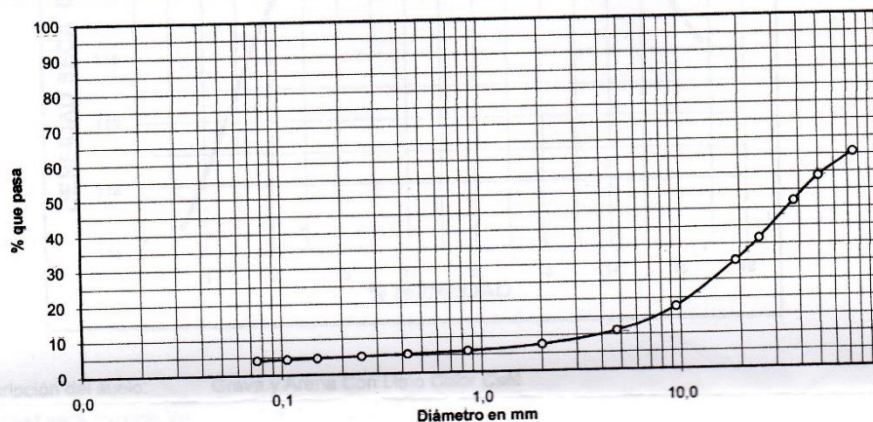
Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014

Muestra: 1

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	60,66	10	2.00 mm	7,54
2"	50 mm	53,87	20	850 μ m	6,02
1 1/2"	37.5 mm	47,01	40	425 μ m	5,39
1"	25 mm	36,57	60	250 μ m	4,99
3/4"	19.0 mm	30,26	100	150 μ m	4,62
3/8"	9.5 mm	17,68	140	106 μ m	4,40
4	4.75 mm	11,07	200	75 μ m	4,19



Descripción del suelo: Grava y Arena con Limo Color Café

Clasificación:

S.C.U.: GW
P.R.A.: A-2-7

% de Grava: 88,93
% de Arena: 6,87
% de finos: 4,19

D10: 4,00 mm
D30: 19,0 mm
D60: 75,0 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para BASE.

* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo D-2 Ensayo de Limites de Atterberg de la muestra de la base.



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



INFORME No. 140 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

FECHA: Viernes, 07 de Marzo de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	44,5	12,1	ML	Grava y Arena con Limo Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para BASE.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo D-2 Ensayo de Limites de Atterberg de la muestra de la base.



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



INFORME No. 140 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

FECHA: Viernes, 07 de Marzo de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	44,5	12,1	ML	Grava y Arena con Limo Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para BASE.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo D-3 Ensayo de Razón Soporte California (CBR) de la muestra de la base.



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

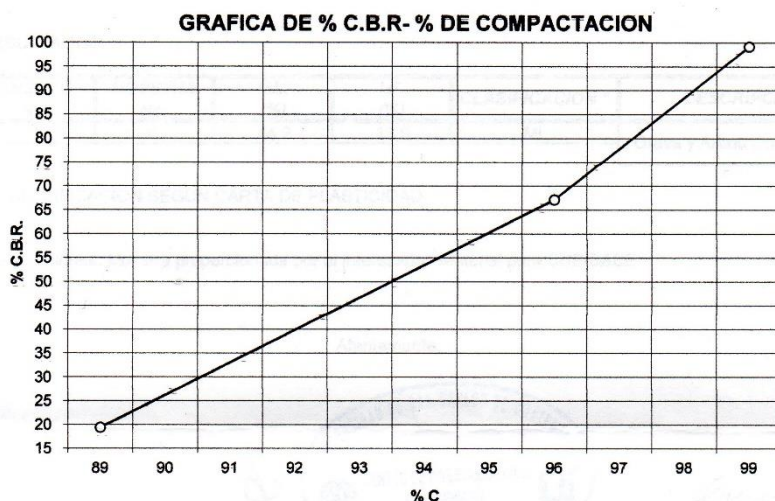


INFORME No. 143 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"
Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula
Descripción del suelo: Grava y Arena Con Limo Color Café
Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	11,50	104,13	89,5	0,31	19,43
2	30	11,50	112,30	96,6	0,26	67,16
3	65	11,50	115,99	99,7	0,26	99,20



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado. Material para BASE:

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Mesraño Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería —CII—. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo D-4 Ensayo de compactación de la muestra de la base.



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



INFORME No. 142 S.S.

O.T.: 32.437

Interesado: Luis Fernando Orellana Recinos

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

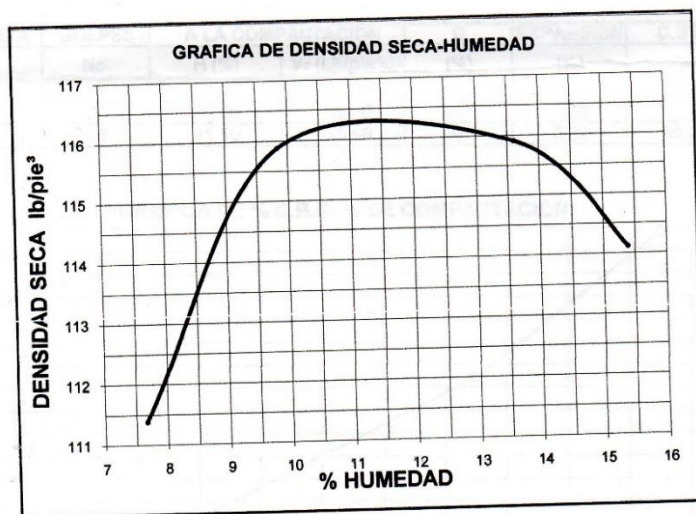
Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera de Aldea Las Palmas Hacia Aldea El Rodeo, Municipio de Olopa, Depto. De Chiquimula"

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

Ubicación: Municipio de Olopa, Departamento de Chiquimula

Fecha: Viernes, 07 de Marzo de 2014



Descripción del suelo: Grava y Arena Con Limo Color Café

Densidad seca máxima γ_d : 1.863,13 Kg/m³ 116,30 lb/ft³

Humedad óptima Hop.: 11,50 %

Observaciones: Material para BASE.

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente



Ing. Omar Enrique Madrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo E. Resultados de laboratorio de análisis físico-químico y bacteriológico.



LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL
 Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
 Tel. 78730300



Referido por:	Luis Fernando Orellana Recinos	No. Muestra:	01
Identificación de la Muestra:	El Regadio	Fecha:	20/03/2014
Localización:	Olopa, Chiquimula		
Tipo de Fuente:	Nacimiento		
Uso de Agua:	Consumo Humano		
Telefono:			

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA				
PARAMETROS		RESULTADOS	Limite Maximo Aceptable	Limite Máximo Permissible
Turbidez	NTU	1.28	5	15
Conductividad	µS/cm	329	---	menor de 1,500
Temperatura*	°C	22	15 a 25	34
Solidos Totales	mg/l	300	500	1000
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	210.56	---	500
Oxigeno Disuelto	mg/l	7.69	8	4
Oxigeno Disuelto	% Sat.	103.1	---	80 a 100
pH	Unidades	7.57	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	mg/l	2.530	0.5	1
Nitratos	mg/l	6.0	---	10
Nitritos	mg/l	0.0950	---	0.1
Sulfato	mg/l	11.00	100	250
Demanda Biológica de Oxígeno DBO ₅	mg/l	199.20	---	25
Dureza	mg/l CaCO ₃	290	100	500

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA		
PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	240.0 NMP/100 ml	3
ESCHERICHIA COLI	460.0 NMP/100 ml	3
COLIFORMES FECALES	460.0 NMP/100 ml	3

Licda. Vilma Leticia Ramos Lopez
 Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Fuente: Laboratorio Ambiental Centro Universitario de Oriente (CUNORI).

Anexo F1. Constancia de aforo de fuente El Regadío

BOLETA

Nombre del Encuestador: Silas Alonzo

Fecha (dd/mm/aa): 25/02/14

Institución Responsable: Manco Coban Chorti

Departamento/Unidad: Infraestructura

Hora Inicio: 9:30

SECCIÓN A
Parte I: Datos Generales

1. Departamento: Chiquimula

2. Municipio: Olopa

3. Comunidad/Finca: Cabeceza Municipal

SECCIÓN B
Parte I: Ubicación de la fuente

4. Coordenadas UTM: x: _____ y: _____

5. Modelo de GPS: _____

6. Altitud: _____

7. Nombre de la Fuente: El Regadillo

Parte II: Datos del tipo de fuente

8. Tipo de la fuente

☐ Manantial/nacimiento
☐ Río

☐ Lago
☐ Pozo perforado con máquina

☐ Laguna
☐ Pozo excavado

☐ Embalse

9. Método de aforo

☐ Flotador

☐ Molinete
 Adjuntar aforo

☐ Otro

Distancia (mts)	Ancho (mts)	Tiempo	Profundidad (mts)
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5

Tiempo	Volumen
1	16
2	32
3	48
4	64
5	80

☒ Cubeta
 Volumen: 30
 Tiempo: 1.41

10. Observaciones:

11. Caudal promedio: 16.53 ☐ m³/s ☒ l/s ☐ gpm

12. Tipo de usuario

☐ Privado/particular
☐ Comunal

☒ Municipal

☐ Estatal

13. Estructura de protección en la fuente _____

14. ¿Tiene cobertura vegetal? ☒ No ☐ Si

15. ¿Actualmente la fuente está en uso? ☒ No ☐ Si

16. Estatus legal de la fuente

☒ Con escritura pública
☐ Mala

☐ Con escritura registrada
☐ Regular

☐ Acta municipal
☒ Buena

☐ Convenios verbales

17. Condiciones de la fuente

Parte III: Si la fuente es un pozo mecánico

18. Volumen de extracción _____ ☐ m³/s ☐ l/s ☐ gpm

19. Potencia de la bomba _____ HP

20. Horas de uso _____

21. La bomba es

☐ eléctrica
☐ gasolina

☐ diesel

SECCIÓN C: Usos de la Fuente (No continúe si la fuente no está en uso)

Tomas y caudales

22. Tipo de captación

☐ Embalse
☐ Toma

☐ Caja
☐ Tanque

23. Cuadro No. 1

Toma #	Toma #	Toma #
Coordenadas de salida: x: _____ y: _____	Coordenadas de salida: x: _____ y: _____	Coordenadas de salida: x: _____ y: _____
Elevación de la salida: _____	Elevación de la salida: _____	Elevación de la salida: _____
Tipo de sección: ☐ T☐ CS☐ CR☐ CT	Tipo de sección: ☐ T☐ CS☐ CR☐ CT	Tipo de sección: ☐ T☐ CS☐ CR☐ CT
Esquema y medidas:	Esquema y medidas:	Esquema y medidas:
Materiales:	Materiales:	Materiales:
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Anexo F2. Constancia de aforo de fuente El Regadío

f Tipo de sección: T = Tubería CS = Canal semicircular CR = Canal rectangular CT = Canal trapezoidal, en caso triangular base 0.

() Si su uso es doméstico, llene únicamente sección D. Si la pregunta no aplica a su situación coloque "NA".
() Si su uso es para irrigación, llene únicamente la sección E. Si la pregunta no aplica a su situación coloque "NA".
() Si su uso es para hidroeléctrica, llene únicamente la sección F. Si la pregunta no aplica a su situación coloque "NA".
() Si su uso es industrial, recreativo, pecuario u otro, llene únicamente la sección G. Si la pregunta no aplica coloque "NA".

SECCIÓN D. Uso doméstico

24. Nombre de la población beneficiada Olopa Cabecera.

25. Número de población beneficiada 464 Familias

26. Tipo de servicio ☒ Domiciliar
☐ Predial
☐ Pública (llena cantaros, pozos comunes, pilas, etc.)

27. ¿Se descarga el agua utilizada? ☒ No ☐ Sí
Coordenadas UTM de dónde descarga ☐ Si ☐ No x _____ y _____
¿Tiene planta de tratamiento? ☐ Si ☐ No

SECCIÓN E. Irrigación

28. Nombre del usuario _____

29. Área total de riego _____ Unidades _____

30. Tipo de riego utilizado
☐ Por cubeta
☐ Por manguera
☐ Por goteo
☐ Por gravedad
☐ Aspersión
☐ Otros _____

31. Cuadro No. 2

Nombre (s) cultivo(s):	Nombre(s) cultivo(s):
Periodo de riego anual	Periodo de riego anual
Meses	Meses
Turnos de riego	Turnos de riego
Duración	Duración
Frecuencia	Frecuencia

32. Estructura hidráulica con la que cuenta _____

SECCIÓN F. Hidroeléctrica

33. Nombre del usuario _____

34. Potencia de generación _____ ☐ MW ☐ KW

35. Caudal de generación _____ ¿Existe curva de descarga? ☐ Si ☐ No

36. Tipo de operación
☐ Fila de agua
☐ Embalse horario
☐ Diario
☐ Mensual
☐ Anual

37. ¿Usa embalse? ☐ Si ☐ No Si su respuesta es afirmativa, conteste lo siguiente: Volumen del embalse _____
Altura de la presa _____
Longitud del embalse _____

SECCIÓN G. Industrial, Recreativo, Pecuario y Otros

Parte I

38. Nombre del usuario _____

39. Volumen de agua utilizado en el proceso _____ ☐ gpm ☐ L/s ☐ m³/s

40. Periodo de tiempo que el agua es utilizada _____ horas

41. Época del año que es utilizada el agua ☐ Meses ☐ Todo el año

42. ¿Se descarga el agua utilizada? ☐ Si ☐ No Coordenadas UTM de donde descarga ☐ Si ☐ No x _____ y _____
¿Tiene planta de tratamiento? ☐ Si ☐ No

43. Listar los usos del agua y las cantidades consumidas:
a) _____
b) _____
c) _____
d) _____

Parte II: Si es pecuario

44. Tipo de ganado ☐ Vacuno ☐ Porcino ☐ Ovino ☐ Aviar ☐ Caballar ☐ Otro _____

45. Número de animales _____

Hora final: 10:10
Tiempo: _____
Código de fotografía _____