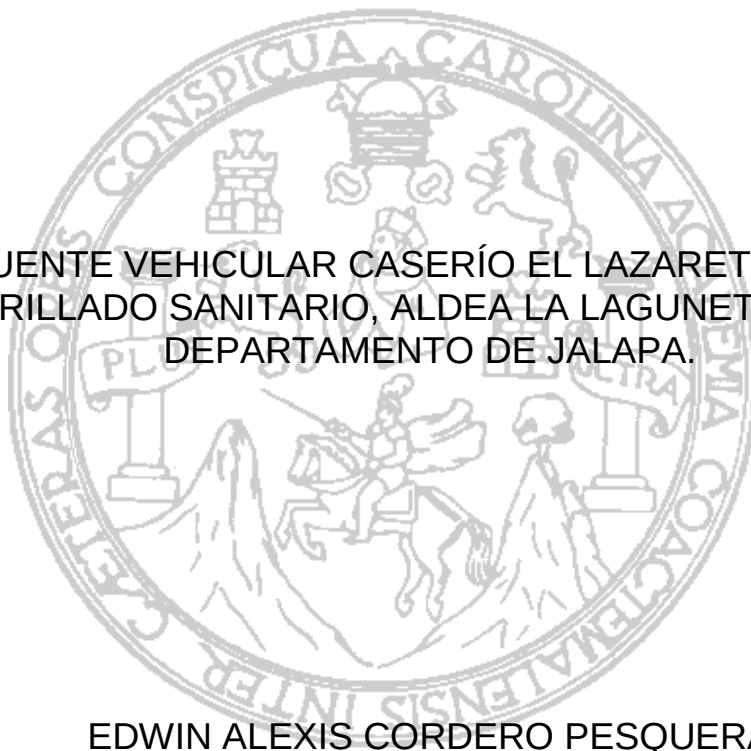


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y
DEPARTAMENTO DE JALAPA.



EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

CHIQUMULA, GUATEMALA, MARZO DE 2017

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

DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y
DEPARTAMENTO DE JALAPA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, MARZO DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERIA 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 Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza.

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza.
Secretario:	Ing. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
Ing. Mario Nephtalí Morales Solís
M.Sc. Mario Augusto Rodas Chactún



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



MNMS.01.17

Chiquimula, 27 de enero de 2017.

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: **"DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA"**, presentado por el estudiante **EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA**.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Mario N. Morales Solís
Ingeniero Asesor - Revisor



C.c. archivo



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



LFQB.01.17

Chiquimula, 27 de enero de 2017.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador de EPS de la Carrera de Ingeniería Civil

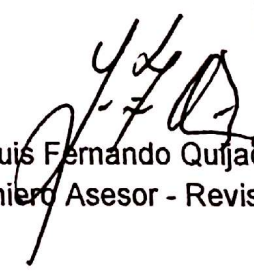
CUNORI - USAC

Respetado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA"**, presentado por el estudiante **EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA**.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Civil Luis Fernando Quijada Beza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



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



ALTG.01.17

Chiquimula, 22 de marzo de 2017.

Ingeniero Civil

Luis Fernando Quijada Beza

Coordinador Carreras de Ingenierías

CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

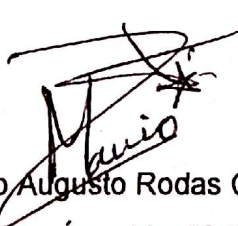
El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de investigación titulado **"DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA"**; elaborado por el estudiante **EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA**.

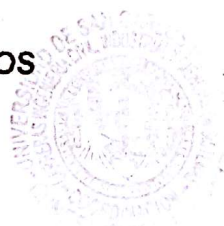
El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Mario Augusto Rodas Chactún
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



CEPSIC.01.2017

Chiquimula, 9 de marzo de 2017.

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: **"DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA"**, elaborado por el estudiante **EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Luis Fernando Quijada Beza y Mario N. Morales Solís.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Edwin Alexis Cordero Pesquera**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Elder Avila 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



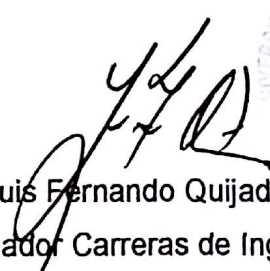
TGIC.01-2017
Chiquimula, 23 de marzo de 2017.

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. Luis Fernando Quijada Beza, Ing. Mario N. Morales Solís y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil 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 Edwin Alexis Cordero Pesquera, titulado: **"DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de investigación y recomendando la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

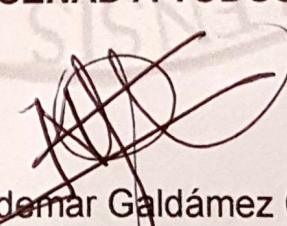

MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

C.c. archivo

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 **EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA** titulado “**DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERÍO EL LAZARETO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA**”, 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 veintisiete de marzo de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



c.c. Archivo

NWGC/ars

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por una vida llena de bendiciones.
Mis padres	Por el apoyo, amor, consejos para poder alcanzar esta meta.
Mi hermana	Por su apoyo en todo momento.
Municipalidad de Jalapa	Por la oportunidad para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado.
Mis amigos	Por los apoyo brindado en la formación profesional.
Universidad de San Carlos de Guatemala	En especial al Centro Universitario de Oriente CUNORI.
Carrera de Ingeniería Civil	Por la formación profesional y dar los conocimientos en el área de ingeniería civil.
Mis asesores	Ing. Mario Morales e Ing. Luis Fernando Quijada, por el apoyo y colaboración

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la vida y la mayor bendición que es mi familia.
Mis padres	Erwin Cordero y Mayra Lissteh de Cordero, ser el ejemplo a seguir y sin ellos no podría finalizar esta meta.
Mi hermana	Mayra Lisseth, por el apoyo, motivación y ser un ejemplo para conseguir todo lo que se propone.
Mi familia	Ustedes han sido de gran ayuda con sus palabras de apoyo, especialmente a tía Marleny, tía Floricelda, tía Julia, tía Pita, abuelas Maminohelia y Mamamila, gracias por nunca dejarme solo cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
TABLAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Reseña histórica	2
1.1.2 Localización y ubicación geográfica	3
1.1.3 Extensión territorial	6
1.1.4 Límites y colindancias	6
1.1.5 Vías de acceso	6
1.1.6 Suelo y topografía	7
1.1.7 Clima	8
1.1.8 Población e idioma	8
1.1.9 Servicios públicos	10
1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos y de infraestructura	10
2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERIO EL LAZARETO MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA	
2.1 Definición, clasificación y tipos de puentes	13
2.2 Descripción del proyecto	13

2.3	Levantamiento topográfico	14
2.4	Estudio hidrológico e hidráulico	15
2.4.1	Método racional	15
2.4.1.1	Intensidad de lluvia	16
2.4.1.2	Área de la cuenca	18
2.4.1.3	Coeficiente de escorrentía	19
2.4.1.4	Caudal de diseño	21
2.4.1.5	Tirante de diseño	21
2.5	Evaluación de la calidad del suelo por medio del ensayo a compresión triaxial	24
2.5.1	Determinación del valor soporte del suelo	25
2.6	Especificaciones de diseño	27
2.7	Pre dimensionamiento de los elementos estructurales	29
2.7.1	Losa	29
2.7.2	Vigas	30
2.7.3	Diafragmas	30
2.7.4	Cortina	31
2.7.5	Viga de apoyo	31
2.8	Diseño de la superestructura	32
2.8.1	Diseño de losa	32
2.8.1.1	Integración de cargas	33
2.8.1.2	Cálculo de momentos	34
2.8.1.3	Cálculo del refuerzo	37
2.8.2	Diseño de barandal	40
2.8.3	Diseño de banquetas	40
2.8.4	Bombeo y drenaje	41
2.8.5	Diseño de vigas	42
2.8.5.1	Diseño de viga intermedia	42
2.8.5.2	Diseño de viga exterior	58

2.8.6	Diseño de diafragmas	66
2.8.6.1	Diseño de diafragma externo	66
2.8.6.2	Diseño de diafragma interior	68
2.9	Diseño de la subestructura	70
2.9.1	Diseño de cortina	70
2.9.2	Diseño de la viga de apoyo	76
2.9.3	Diseño de apoyo elastomérico	78
2.9.4	Diseño de estribos	81
2.10	Especificaciones técnicas	88
2.11	Elaboración de planos constructivos	92
2.12	Presupuesto	93
2.13	Evaluación de impacto ambiental	118
2.14	Evaluación socio-económica	122
2.14.1	Valor presente neto	122
2.14.2	Tasa interna de retorno	124

3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA

3.1	Descripción del proyecto	125
3.2	Levantamiento topográfico	125
3.2.1	Planimetría	125
3.2.2	Altimetría	126
3.3	Diseño del sistema	126
3.3.1	Descripción del sistema a utilizar	126
3.3.2	Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning	127
3.3.3	Período de diseño	131
3.3.4	Población de diseño	131
3.3.5	Dotación	133

3.3.6	Factor de Harmon	134
3.3.7	Integración de caudal de diseño	134
3.3.7.1	Caudal domiciliario	134
3.3.7.2	Caudal de infiltración	135
3.3.7.3	Caudal por conexiones ilícitas	135
3.3.7.4	Caudal comercial	137
3.3.7.5	Caudal industrial	138
3.3.7.6	Caudal medio	138
3.3.7.7	Factor de caudal medio	139
3.3.7.8	Caudal de diseño	139
3.3.8	Cálculo de pendientes	140
3.3.9	Relación hidráulica para tirante	141
3.3.10	Relación hidráulica para velocidades	141
3.3.11	Cálculo de diámetro de la tubería	142
3.3.12	Cotas Invert	142
3.3.13	Altura de pozos de visita	143
3.3.14	Conexiones domiciliarias	144
3.3.15	Profundidad de tubería	145
3.4	Ejemplo del diseño de un tramo de 7.2 a 7	146
3.5	Diseño del sistema de drenaje sanitario	154
3.6	Propuesta de tratamiento sanitario	155
3.6.1	Planta de tratamiento	155
3.6.1.1	Diseño de planta de tratamiento	155
3.6.2	Planta de tratamiento prefabricada	156
3.7	Especificaciones técnicas	157
3.8	Elaboración de planos constructivos	163
3.9	Presupuesto	164
3.10	Evaluación de impacto ambiental	176
3.11	Evaluación socio-económica	178

3.11.1	Valor Presente Neto	178
3.11.2	Tasa Interna de Retorno	181
CONCLUSIONES		183
RECOMENDACIONES		185
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		187
APÉNDICE		191
ANEXOS		215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del caserío el Lazareto	4
Figura 2.	Ubicación de aldea la Laguneta	5
Figura 3.	Área de la cuenca y cauce principal	19
Figura 4.	Perímetro mojado y área de sección transversal	22
Figura 5.	Geometría de superestructura	32
Figura 6.	Modelo de camión AASHTO HL-93	35
Figura 7.	Refuerzo longitudinal y transversal de losa	40
Figura 8.	Armado de banqueteta y barandal	41
Figura 9.	Diagrama del área tributaria para viga intermedia	42
Figura 10.	Diagrama de momento de diafragma	43
Figura 11.	Diagrama de carga viva sobre viga	44
Figura 12.	Líneas de influencia de camión HL-93	45
Figura 13.	Líneas de influencia de corte máximo	54
Figura 14.	Relación corte para viga	56
Figura 15.	Armado longitudinal de viga intermedia	57
Figura 16.	Armado final viga intermedia corte D-D' y corte E-E'	58
Figura 17.	Sección de viga exterior	59
Figura 18.	Armado longitudinal de viga externa	65
Figura 19.	Armado final de viga externa corte F-F' y corte G-G'	66
Figura 20.	Armado diafragma interior	68
Figura 21.	Armado diafragma exterior	70
Figura 22.	Sección cortina y viga de apoyo	71
Figura 23.	Fuerzas que actúan sobre la cortina	72

Figura 24.	Armado de cortina y viga de apoyo	77
Figura 25.	Detalle de neopreno	81
Figura 26.	Diagrama de presiones y geometría del estribo	83
Figura 27.	Flujo de ingresos y egresos económicos del diseño de puente vehicular	123
Figura 28.	Sección parcialmente llena	129
Figura 29.	Cota invert	143
Figura 30.	Flujo de ingreso y egresos económicos de sistema de alcantarillado sanitario	180

TABLAS

Tabla 1.	Estadísticas demográficas de Jalapa, caserío el Lazareto y aldea la Laguneta	9
Tabla 2.	Estadísticas del idioma que habla la población	9
Tabla 3.	Parámetros de ajuste para intensidad de lluvia	16
Tabla 4.	Valores del coeficiente de escorrentía C	20
Tabla 5.	Coeficientes de rugosidad	23
Tabla 6.	Parámetros de diseño de puente vehicular	29
Tabla 7.	Estudio de tráfico	32
Tabla 8.	Factores de presencia múltiple AASHTO 3.6.1.12-1	48
Tabla 9.	Empuje y momento de volteo del estribo	82
Tabla 10.	Momento estabilizante del estribo	84
Tabla 11.	Resumen de presupuesto del diseño puente vehicular caserío el Lazareto	93
Tabla 12.	Resumen gastos administrativos del diseño puente vehicular caserío el Lazareto	94
Tabla 13.	Resumen de impuesto del diseño puente vehicular caserío el Lazareto	95
Tabla 14.	Costos unitarios trabajos preliminares	96
Tabla 15.	Costo unitario replanteo topográfico	97
Tabla 16.	Costos unitarios excavación estructural	98
Tabla 17.	Costos unitarios estribos de concreto ciclópeo	99
Tabla 18.	Costo unitario cortina y viga de apoyo	101
Tabla 19.	Costo unitario neopreno	102
Tabla 20.	Costos unitarios diafragma exterior e interior	103
Tabla 21.	Costos unitarios viga exterior	105
Tabla 22.	Costos unitarios viga interior	107
Tabla 23.	Costo unitario losa	109

Tabla 24.	Costo unitario acera	111
Tabla 25.	Costo unitario barandal	113
Tabla 26.	Costo unitarios movimiento de tierra	115
Tabla 27.	Cronograma físico financiero del diseño puente vehicular caserío el Lazareto	117
Tabla 28.	Impacto ambiental negativo generados durante la construcción del puente vehicular	120
Tabla 29.	Impactos ambientales negativos generados durante la operación del puente vehicular	121
Tabla 30.	Factores de rugosidad	129
Tabla 31.	Profundidades mínimas para colectores	145
Tabla 32.	Sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	154
Tabla 33.	Resumen de presupuesto general sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	164
Tabla 34.	Resumen gastos administrativos de sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	165
Tabla 35.	Resumen de impuesto de sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	166
Tabla 36.	Costos unitario trabajos preliminares	167
Tabla 37.	Costo unitario replanteo topográfico	168
Tabla 38.	Costo unitario línea de construcción principal	169
Tabla 39.	Costo unitario línea de ramales	170
Tabla 40.	Costos unitarios pozos de visita	171
Tabla 41.	Costos unitarios conexiones domiciliarias	173
Tabla 42.	Costo unitario planta de tratamiento	175
Tabla 43.	Cronograma físico financiero del sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	176
Tabla 44.	Cálculo del VPN de sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta	178

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\emptyset$ varilla	Diámetro de varilla
θ	Factor de reducción para flexión
β_1	Coefficiente de resistencia del concreto
$\Delta Temp$	Deformación unitaria
Δs	Movimiento máximo horizontal en mm
σ	Esfuerzo a compresión
$\emptyset$	Diámetro
ΔP	Sobre presión
@	Á cada
γ	Peso específico del suelo
γ_{conc}	Peso del concreto
$\gamma_{asfalto}$	Peso del asfalto
ACI	American Concrete Institute
AASHTO	Ámerican Association of State Higway and Transportation Officials
A_s	Área de acero
A_{sl}	Refuerzo longitudinal
A_{sMax}	Acero máximo
A_{sTemp}	Acero por temperatura
A_t	Área tributaria de sección transversal del río
B	Base
b_{dia}	Base de diafragma
b_{viga}	Base de viga

C	Coeficiente de escorrentía
CM	Carga muerta
Cm	Centímetro
Cp	Momento por la carga puntual
CU	Carga última
Cu	Cohesión del suelo
CV	Carga viva
D	Dotación
d	Peralte efectivo
E	Empuje
E_{Total}	Empuje total
e	Excentricidad
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Es	Empuje del suelo
E_s	Módulo de Young del acero
Esob	Empuje de sobrecarga
f'c	Esfuerzo de fluencia del concreto
f'y	Esfuerzo admisible del acero
F.H	Factor de Harmon
FL	Fuerza longitudinal
FS	Factor de seguridad
F.R	Factor de retorno
Fy	Módulo de fluencia del acero
H	Altura
Ha	Hectáreas
hab	Habitante
H_{viga}	Altura de viga
H_{V.P}	Altura de pozo
I	Intensidad de lluvia

IGN	Instituto Geográfico Nacional
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
Kg	Kilógramo
km	Kilómetro
Kw	Kilovatio
L	Longitud
Lb	Libra
m	Metro
Max	Máximo
MCM	Momento debido a la carga muerta
MCV	Momento de la carga viva
MESob	Momento estabilizante de sobrecarga
Min	Mínimo
mm/h	Milímetros por hora
Mu	Momento último
Mv	Momento por volteo
MVMAX	Momento máximo por carga viva
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
n	Periodo de diseño
Nc	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
Nq	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
Nw	Factor de capacidad de carga debido al suelo
Po	Población actual
Pf	Población futura (población de diseño)
Pm	Perímetro mojado de la sección del río en metros
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
PSuelo	Presión del Suelo
PViva	Peso del camión

Q	Caudal
Qcom	Caudal comercial
Qdom	Caudal domiciliar
QC.I	Caudal por conexiones ilícitas
Qin	Caudal industrial
Qinf	Caudal de infiltración
Qmed	Caudal medio
r	Tasa de crecimiento poblacional
Ra	Reacción
Rh	Radio hidráulico de la sección del río en metros
s	Segundo
S max	Espaciamiento máximo
S min	Espaciamiento mínimo
S	Espaciamiento entre vigas
t	Peralte
TIR	Tasa interna de retorno
ton	Tonelada
v	Velocidad
Vacero	Corte resistente del acero
Vact	Corte actuante
VCM	Corte por carga muerta
Vcr	Corte resistente del concreto
Vol	Volumen
VPN	Valor presente neto
W	Carga

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
ACI	American Concrete Institute.
Aguas residuales	Tipo de agua contaminada, proveniente de una vivienda, comercial o industria, después de haber sido utilizada.
Alcantarillado	Conjunto de tuberías, accesorios o conductos cerrados, que trabajan normalmente como canales y que conducen agua residual o pluvial.
Área	Es un concepto métrico que permite asignar una medida a la extensión de una superficie.
Azimut	Ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado de forma astronómica.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.

Cauce	Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, arroyo o canal.
Caudal	Cantidad de fluido medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.
Censo	Es el recuento de la población en determinado lugar.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Cohesión del suelo	Es la fuerza que une y que mantiene juntas las partículas del suelo.
Colector	Conducto que colecta el agua residual o de lluvia y lo conduce a un desfogue o planta de tratamiento.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce el agua de la red principal hacia cada vivienda.
Cuenca	Espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal.
DMP	Dirección Municipal de Planificación.

Diafragma	Elemento que sirve de unión entre las vigas principales del puente dándole rigidez.
Dotación	Es la cantidad de agua que se le asigna a cada habitante, comprendiendo todos los consumos de los servicios que hacen en un día.
Escorrentía	Es el agua procedente de la lluvia que circula por la superficie y se concentra en los cauces.
Estribo	Elementos estructurales que sirven de apoyo en los extremos del puente.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Losa	Estructura plana horizontal de hormigón reforzado que sirve como cubierta de los tanques y cajas.
Neopreno	Material elaborado con caucho altamente resistente.
Pendiente	Relación entre la altura y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Precipitación	Es todo tipo de caída del agua hacia la tierra.
Subestructura	Está formada por elementos estructurales destinados a transmitir la carga que proviene de la superestructura hacia el terreno donde se edifica la obra.

Suelo	Parte superficial de la corteza terrestre que resiste toda carga transmitida por los elementos estructurales.
Superestructura	Está compuesta de elementos estructurales como los diafragmas exteriores e interiores, vigas, banquetas laterales, barandal y losa.
Tirante de agua	Es la altura máxima o mínima de agua en el cauce del río.
Topografía	Conjunto de técnicas y conocimientos que se utilizan para describir y delinear gráficamente la superficie de un terreno.
Tramo	Parte comprendida entre dos puntos para su estudio.
Triaxial	Método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-compresión del suelo.
Viga	Elemento estructural generalmente horizontal que transmite las cargas hacia los elementos de apoyo.

RESUMEN

En la formación como estudiante de Ingeniería Civil a profesional, debe ser la combinación entre el trabajo de campo y el uso de criterios de diseño, donde se demuestre una correcta aplicación de los conocimientos adquiridos. El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente (CUNORI), de la Universidad de San Carlos de Guatemala; es una etapa de extensión, que está dirigida a distintas comunidades de la región, a través de la participación de la universidad por medio de los estudiantes, que optan al E.P.S, realizando actividades de investigación, diseño y planificación que tendrá como producto final, las propuestas de desarrollo con proyectos de infraestructura y tipo sanitario.

El E.P.S, se desarrolló en la Dirección Municipal de Planificación (DMP), de la municipalidad de Jalapa, tuvo como objetivo principal el diseño técnico profesional de los siguientes proyectos de infraestructura:

- Diseño puente vehicular caserío el Lazareto, municipio de Jalapa.
- Sistema de alcantarillado sanitario aldea la Laguneta, municipio de Jalapa.

En la etapa inicial se desarrolló una investigación monográfica de las comunidades bajo estudio, que consistió en entrevistas a los pobladores aportando datos generales y características de su entorno.

Con la información recaudada y los estudios previos se detalla el “Diseño puente vehicular caserío el Lazareto, municipio de Jalapa” y en el diseño del “Sistema de alcantarillado sanitario, municipio de Jalapa”, ambos del departamento de Jalapa.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Jalapa carece de diseños de proyectos de desarrollo en infraestructura social, que permitan gestionar los recursos económicos a los habitantes y así mejoren los servicios básicos públicos, se priorizaron el puente vehicular en el caserío el Lazareto y el sistema de alcantarillado sanitario en aldea la Laguneta.

Como aporte a solucionar las necesidades anteriores se diseñaron los proyectos como parte del E.P.S, realizado en la DMP. Entre las necesidades que afectan a los habitantes del caserío el Lazareto se encuentra el puente de acceso en mal estado, con la construcción del puente vehicular se lograr el propósito de diseño y se mejora el ingreso al lugar.

En aldea la Laguneta se carece de un sistema de alcantarillado sanitario por lo que con el diseño los habitantes podrán gestionar los recursos económicos, para que se reduzcan las condiciones desfavorables y ambientales que presenta el lugar.

En la etapa inicial se desarrollan los aspectos monográficos del municipio de Jalapa, los capítulos II y III contienen la investigación técnica para los proyectos: DISEÑO PUENTE VEHICULAR CASERIO EL LAZARETO, MUNICIPIO DE JALAPA Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA.

OBJETIVOS

General

Desarrollar diseños de infraestructura social de beneficio, para las comunidades de El Lazareto y La Laguneta en el municipio y departamento de Jalapa.

Específicos

1. Priorizar las necesidades de infraestructura en las áreas de transporte y saneamiento, que mejore el desarrollo social y económico de los pobladores del municipio de Jalapa.
2. Elaborar el diseño del puente vehicular del Caserío el Lazareto, para que les sirva en la gestión de recursos económicos.
3. Formular el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea la Laguneta como parte de la priorización de problemas que afectan a la comunidad.
4. Cooperar con el desarrollo social y económico de los pobladores a través del aporte de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente (CUNORI); a través del programa del E.P.S para las diferentes comunidades de Jalapa.

1 FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Generalidades

La temperatura media anual del caserío el Lazareto es de 20.3 °C y en la aldea La Laguneta es de 18 °C; donde la mayoría de construcciones en ambas comunidades son de ladrillo y block.

Fiestas cívicas y religiosas

“Las fiestas cívicas que se celebran son las de la independencia nacional que se realiza el 15 de septiembre de cada año en todos los municipios del departamento de Jalapa” (Gómez, 1990, p. 118).

Las fiestas religiosas de mayor importancia en la cabecera de Jalapa son las siguientes:

- Día de la Virgen del Carmen 16 de Julio.
- 14 de septiembre día de Jesús crucificado patrón de Jalapa.
- 18 de diciembre día de Santa María Xalapán.
- Último domingo de enero día de Jesús de la Buena Esperanza.
- 24 de junio día de San Juan Bautista en el barrio El Porvenir, Jalapa.
- Semana Santa.

- Grupos étnicos:

Gómez (1990)

El departamento de Jalapa cuenta con dos grupos étnicos y el lugar donde están radicados es en la montaña del departamento, los grupos están divididos en las comunidades llamadas: Ladinos Pardos y Santa María Xalapán. Esta división se ve en la situación geográfica de las tierras, la montaña de Jalapa está dividida en dos partes; la carretera que conduce de Jalapa a Mataquescuintla es la que divide a las dos comunidades (p. 193).

1.1.1 Reseña histórica

El municipio de Jalapa posteriormente a su fundación toma categoría de territorio que estaba a cargo de un párroco, llega a ser muy importante en la región y se crea aquí el ayuntamiento. Respecto a este detalle no se encontró la fecha de creación, pero en 1771 el primer alcalde es don Trinidad Solórzano.

López (2009)

En 1848, cuando se da la división del entonces departamento de Mita en 3 distritos –Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa- Jalapa forma parte nuevamente de Chiquimula. Jalapa siendo cabecera departamental del municipio asciende a la categoría de villa por Decreto No. 107 del 23 de febrero de 1849 y al crearse el departamento del mismo nombre pasa a ser cabecera del departamento y se eleva a categoría de ciudad por Decreto No. 208 de fecha 26 de agosto de 1878 (p. 3).

1.1.2 Localización y ubicación geográfica

El municipio de Jalapa está ubicado al sur-oeste del departamento de Guatemala en un valle que se encuentra rodeada de volcanes y montañas los importantes el volcán Jumay y las montañas de Jalapa, el cerro Alcoba.

- Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2011), el parque de la cabecera se encuentra a 1,361.92 msnm, con coordenadas GTM de latitud 1, 618,220.75 y longitud 555,890.065.
- El caserío el Lazareto donde se diseñó el puente vehicular se encuentra ubicado a 1 kilómetro, del parque de la ciudad de Jalapa; a 1,364 msnm, con coordenadas GTM latitud 1, 618,473.84 y longitud 556,368.21 al centro del puente.
- La aldea la Laguneta se ubica a 26 Km al noroeste de la ciudad de Jalapa, donde se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario; a 1,695 msnm, las coordenadas GTM de la parte más alta e inicio del proyecto son: latitud 1, 616,314.65 y longitud 539,736.22 .

Figura 1. Ubicación del caserío el Lazareto



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Ubicación de aldea la Laguneta



Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Extensión territorial

“El municipio de Jalapa, cuenta con una extensión territorial de 554 km²” (Cardosa, 2006, p. 9).

Según información de la DMP, de la municipalidad de Jalapa, el caserío el Lazareto cuenta con una extensión territorial de 2.5 km² y el área de la aldea la Laguneta es de 1 km².

1.1.4 Límites y colindancias

La posición geográfica del municipio de Jalapa se encuentra limitado de la siguiente manera: al norte con los municipios de Sansare y Sanarate del departamento de El Progreso, al sur con el municipios de Monjas, al este con San Pedro Pinula y San Luis Jilotepeque y al oeste con Mataquescuintla y San Carlos Alzatate todos del departamento de Jalapa.

El caserío El Lazareto se encuentra delimitado al este por la zona urbana de la ciudad de Jalapa, colinda al oeste con el caserío los Cebollines, al norte y al sur con las colonias Marías 1 y Marías 2. La aldea la Laguneta está ubicada al noroeste de la ciudad delimitado al norte y al sur con las aldeas de Sanyuyo y el Durazno, al este con aldea Palo Verde y al oeste con aldea la Fuente todas del municipio de Jalapa.

1.1.5 Vías de acceso

La distancia de la cabecera departamental de Jalapa es de 172 kilómetros este-noreste tomando la ruta RN-19 la cual hace su recorrido de Jalapa a Monjas, de Monjas a Jutiapa y de Jutiapa a la capital de la república por la carretera CA-1 oriente y a 98 kilómetros en dirección norte por la

carretera CA-9 de la ciudad capital hacia Sanarate y de esta localidad hacía la ciudad de Jalapa por la ruta RN 19.

1.1.6 Suelos y topografía

Orellana (2008)

Los suelos del departamento de Jalapa se han desarrollado sobre material volcánico. Estos son poco profundos y con afloramiento de roca. La acumulación de estos materiales volcánicos se dio durante el período en el cual todo el istmo se vio cubierto de cenizas y toba de los volcanes. Por lo cual el 85% de los suelos están formados por material volcánico y presentan por lo general una textura de tipo arcillosa. El suelo y subsuelo abundan en riquezas, sin mayor explotación lo que produce que sea de excelentes condiciones para los cultivos propios de clima caliente, templado y frío, así como la crianza de ganado vacuno, bovino y porcino (p. 3).

El departamento de Jalapa presenta una topografía diversa, lo que contribuye que sus terrenos sean montañoso y quebrado, por la parte del sur está un ramal de la cordillera Sierra Madre, que penetra al departamento en su dirección hacia el este por Mataquescuintla, la Soledad, Araisapo, San Pedro Pinula y San Luis Jilotepeque. Existen altiplanicies y valles como los de Jalapa y San Pedro Pinula, Monjas, Achiotes y Santo Domingo donde están asentadas estas poblaciones. Grandes cadenas de cerros, colinas, desfiladeros y barrancos que están cubiertos de variada vegetación han llenado en su mayor parte el territorio del departamento.

1.1.7 Clima

“El clima de la ciudad está clasificado como templado húmedo y semi-seco por el resultado de diversos efectos como humedad, vientos, precipitaciones, la altura sobre el nivel del mar (msnm) y las montañas” (Gómez, 1990, p. 180).

- Temperatura media anual para el año 2010 = 17.1°C.
- Lluvia en milímetros anual para el año 2010 = 1,300
- Velocidad del viento en Km/hr = 2.7

El clima es el factor clave y estimulante en la vida de las personas, es por ello que en Jalapa se goza de una buena temperatura media templada y oscila entre los 18°C y 31°C. Por lo que a Jalapa se le ha dado el nombre de: “La climatológica de Oriente”.

1.1.8 Población e Idioma

La población del municipio de Jalapa al año 2011 es de 142,912 habitantes de acuerdo a estimación Instituto Nacional de Estadística (INE), dividido de la siguiente manera: 69,657 hombres y 73,255 mujeres; siendo la población urbana el 38 % y la rural el 62%.

Tabla 1. Estadística demográfica de Jalapa, caserío el Lazareto y aldea La Laguneta

<u>POBLACION TOTAL E IDIOMA EN QUE APRENDIO A HABLAR,</u>							
<u>SEGÚN DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO.</u>							
DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO	CATEGORIA	POBLACION TOTAL	GRUPO ETNICO	IDIOMA EN QUE APRENDIO A HABLAR (POBLACION DE 3 AÑOS Y MAS DE EDAD)			
			INDIGENA	TOTAL	MAYA	ESPAÑOL	OTRO
JALAPA		105,796		95,332	284	95,008	23
JALAPA	CIUDAD	30,408		28,393	206	28,174	6
LAZARETO	CASERIO	650		585	-	585	-
LA LAGUNETA	ALDEA	1,657		1,478	1	1,476	-

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE, oficina departamental de Jalapa, 2011)

La población del municipio de Jalapa habla el idioma español; antiguamente se hablaba el Poqoman y en la actualidad solo es hablado por un pequeño grupo de habitantes.

Tabla 2. Estadística del idioma que habla la población.

<u>DEPARTAMENTO DE JALAPA</u>			
<u>POBLACIÓN TOTAL DEL CENSO 2002 Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN 2011,</u>			
<u>SEGÚN MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO.</u>			
MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO	CATEGORIA	POBLACION TOTAL 2002	PROYECCIONES 2011 (al 30 de junio)
TOTAL DEPARTAMENTO		242,926	318,420
JALAPA MUNICIPIO		105,796	142,912
JALAPA	CIUDAD	30,408	41,076
LAZARETO	CASERIO	650	878
LA LAGUNETA	ALDEA	1,657	2,238

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE, oficina departamental de Jalapa ,2011)

1.1.9 Servicios públicos

La ciudad de Jalapa cuenta con varias instituciones públicas necesarias para solucionar las diversas necesidades que los ciudadanos realizan en su vida cotidiana. Entre las instituciones públicas con que cuentan Jalapa son las siguientes:

- Iglesias católicas.
- Iglesias evangélicas.
- Gobernación departamental.
- Sala quinta de apelación.
- Alcaldía Municipal.
- Hospital Nacional “Nicolasa Cruz”
- Superintendencia de Administración Tributaria (SAT)

1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos y de infraestructura del lugar.

Después de realizado el diagnóstico en el casco urbano y rural de la ciudad de Jalapa, mediante visitas con ingenieros de la DMP, a los lugares donde carece de infraestructura básica, se pudo constatar que las necesidades de primer orden, debido a que los vecinos del lugar así lo manifiestan, los cuales se ven afectados directamente por la falta de estos servicios.

- Puente vehicular caserío El Lazareto
- Sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta.

De las necesidades expuestas por los vecinos del lugar y los representantes de la DMP de la municipalidad de Jalapa, la prioridad del municipio en materia de infraestructura es la construcción del puente vehicular y sistema de alcantarillado sanitario, el cual atenderá una demanda de la población y los estudios realizados serán de apoyo para los representantes de la DMP y Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE).

2 DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN EL CASERÍO EL LAZARETO MUNICIPIO DE JALAPA

2.1 Definición, clasificación y tipos de puente

(AASHTO, 2010)

Obra de arte destinada a salvar corrientes de agua, depresiones del relieve topográfico y cruces a desnivel que garanticen una circulación fluida y continua de peatones, agua, ductos de los diferentes servicios, vehículos y otros que redunden en la calidad de vida de los pueblos (p. 4).

Los puentes se clasifican de acuerdo a su utilidad, material de construcción, localización y tipo de estructura. En la clasificación por utilidad se refiere a la utilización que se les dé o la función principal que cumplen los puentes, las cuales pueden ser: acueductos, viaductos y pasarela. Las características de los puentes por su material dependen del lugar, época y costo, entre los materiales más comunes para la elaboración de puentes están: madera, mampostería, metal, concreto, mixtos y la clasificación de puentes según su localización son: de paso superior, paso intermedia y paso inferior. En la tipología de puentes, se definen cinco principales tipos los cuales son: puentes de viga, en ménsula, de arco, colgante y atirantado.

2.2 Descripción del proyecto

El proyecto tiene como objetivo, lograr una vía de acceso vehicular ininterrumpido, que permita a los pobladores de la comunidad y de las que se encuentran en sus alrededores, desplazarse a otros caseríos y principalmente a la ciudad e Jalapa. El puente a diseñar contara con una vía de 8.00 m de ancho, la longitud entre los estribos es de 15.00 m, banquetas laterales de 0.40 m y una baranda cuya sección es de 0.30

x 0.30 m y una altura de 1.10 m. Además, contará con los siguientes elementos estructurales: estribos, vigas de apoyo, vigas principales, diafragma, losa de rodadura, banquetas; todos de concreto armado y sus bajadas de agua pluvial. Los barandales serán de concreto y metal.

2.3 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es fundamental para conocer las condiciones y características de la superficie del terreno, con el se obtienen datos necesarios para conocer el comportamiento del río, zonas de inundación y determinar las condiciones de acceso. Para este proyecto se realizó un levantamiento de 100 m aguas arriba y 60 m aguas abajo de donde se ubicará la estructura; también se tomaron 20 m a cada extremo del puente.

El método utilizado para este levantamiento fue el taquimétrico para obtener una figura semejante a la del terreno. Se utilizó la nivelación geométrica que consiste en medir las distancias horizontales y elevaciones de manera directa, con el objetivo de establecer una elevación de un punto determinado partiendo de otro conocido.

Los datos obtenidos fueron procesados en gabinete y se procedió a dibujar el eje y las secciones transversales, ubicando la cota de cada punto, se calcularon y dibujaron las curvas de nivel del terreno para determinar la ubicación y realizar el diseño geométrico de la estructura.

2.4 Estudio hidrológico e hidráulico

“Tienen por objeto determinar los caudales que escurren por el río, específicamente es importante estimar el caudal de crecida correspondiente a un período de retorno determinado” (Castro, 2002, p. 7).

Es de suma importancia el estudio hidrológico, para conocer el comportamiento de los mantos acuíferos que atravesará la estructura. La altura que se le dará a la superestructura a partir del fondo del río, debe ser la adecuada, para que esta no se vea amenazada con las crecidas, que se producen en tiempo de invierno; la altura estará determinada por el caudal que pasa por el punto en donde se colocará la estructura. El método para estimar el caudal de diseño es el racional.

2.4.1 Método racional

El método racional determina un caudal máximo que puede llegar a presentar un río, de acuerdo a las curvas de intensidad-duración-frecuencia de la lluvia, proporcionadas por la estación meteorológica más cercana al punto donde se ubicara el puente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área tributaria de la cuenca (Ha)

2.4.1.1. Intensidad de lluvia

Los valores para determinar la intensidad de lluvia, que se muestran en las siguientes tablas, fueron proporcionados por el INSIVUMEH, las cuales son las correspondientes a la estación meteorológica Potrero Carrillo y la Ceibita; que es el punto más cerca donde se ubica el presente proyecto.

Tabla 3. Parámetros de ajuste para intensidad de lluvia

POTRERO CARRILLO									Elev.
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100	1,800
a	58,600	63,000	12,760	1,166	1,010	1,005	995	985	
b	40	40	25	5	4	4	4	4	
n	1.609	1.586	1.27	0.759	0.723	0.72	0.715	0.707	

LA CEIBITA									Elev.
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100	961
a	1,306	2,080	1,509	1,835	1,825	1,815	1,805	1,795	
b	15	19	11	11	11	11	11	11	
n	0.845	0.879	0.813	0.836	0.833	0.83	0.827	0.822	

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH, 2010)

La fórmula para el cálculo de intensidad de lluvia en mm/h es la siguiente:

$$I = \frac{a}{(b + tc)^n}$$

Donde

I = intensidad de lluvia (mm/h)

a,b,n = parámetros de ajuste

- Tiempo de concentración

“Tiempo que transcurre desde el inicio de la lluvia hasta que se alcanza el estado estacionario (equilibrio), en que toda la cuenca contribuye al caudal de salida.” (Chow, 1994, p. 391).

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros de las cuencas o en aspectos hidráulicos de las corrientes.

La fórmula para calcular el tiempo de concentración es la de Práctica de Culvert de California, que usa el desnivel y longitud del cauce del río. La fórmula para determinar el tiempo de concentración es la siguiente:

$$t_c = 60 \times \left[\frac{0.86 \times (L)^3}{H} \right]^{0.385}$$

Donde

t_c = tiempo de concentración (min)

L = longitud del cauce principal (km)

H = diferencia de altura (m)

$$t_c = 60 \times \left[\frac{0.86 \times (11.44)^3}{1,186} \right]^{0.385} = 61.92 \text{ min}$$

Para ensayos sucesivos para las duraciones de lluvia de 30 a 60 min, resultan en caudales bajos. Por lo tanto, la duración de la lluvia de diseño se asume sea de 20 min.

Con el tiempo de concentración se procede a calcular la intensidad sustituyendo los valores para un tiempo de retorno de 50 años:

Intensidad estación Potrero Carrillo:

$$I = \frac{995}{(4 + 20)^{0.715}} = 102.56 \text{ mm/h}$$

Intensidad estación La Ceiba:

$$I = \frac{1805}{(11 + 20)^{0.827}} = 105.46 \text{ mm/h}$$

Se utilizará un promedio entre las estaciones:

$$i_{Tr \text{ (carrillo/ceibita)}} = (102.56 \text{ mm/h} + 105.46 \text{ mm/h}) / 2 = 104.01 \text{ mm/h}$$

2.4.1.2. Área de la cuenca

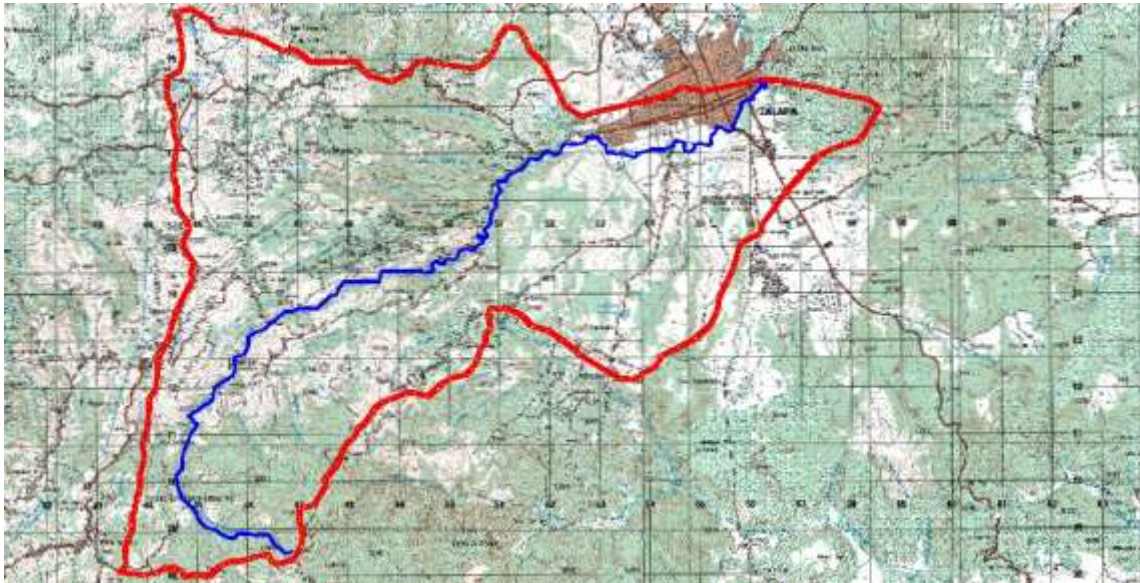
“Superficie en proyección horizontal, delimitada por las aguas divisorias. Es el área plana de forma muy irregular, después de delimitar la cuenca; se reportan en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectáreas” (Morales, 2009, p. 17).

Para determinar el área de la cuenca, se hizo uso de los planos topográficos escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2011).

Con el estudio de los planos y el software de dibujo AutoCAD, apoyando con el software ArcGis, se definió el área tributaria de la cuenca, mostrado en

la Figura 3; la cual es de 29.52 km² o 2,952 hectáreas, con una longitud del cauce principal de 11.44 km y el punto más alto de la cuenca es de 2,548 (msnm) y en donde se realizara el puente se encuentra a 1,364 (msnm).

Figura 3. Área de la cuenca y cauce principal



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD; Mapas topográficos Jalapa, Jalisco.

Escala 1:50,000 – IGN

2.4.1.3. Coeficiente de escorrentía

“El coeficiente de escorrentía es la variable menos precisa del método racional este representa una fracción de la precipitación total. Se debe escoger un coeficiente razonable para representar los efectos integrados de los factores que influyen en este” (Morales, 2009, p. 166).

Los valores de los coeficientes de escorrentía se representan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Valores del coeficiente de escorrentía C

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (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
Potreros	< 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: Plan de manejo de la cuenca río Jalapa.

$$S = \frac{H}{L} = \frac{(2,548\text{m} - 1,362\text{ m})}{11,437.95\text{ m}} \times 100 = 10.37 \%$$

Con el análisis de la pendiente del terreno, áreas de bosques, agricultura y de viviendas se procede a calcular un coeficiente de escorrentía promedio.

Área:

Bosques = 14.90 km² C = 0.35

Viviendas = 0.89 km² Se dividirá en 40% patio C = 0.20 y 60% techos C = 0.80

Agrícola = 13.73 km² C = 0.60

Área total = 29.52 km²

$$C_{\text{prom}} = \frac{(0.89 \times 0.20 \times 0.40) + (0.89 \times 0.8 \times 0.60)}{0.89} = 0.56$$

$$C_{\text{prom}} = \frac{(14.90 \times 0.35) + (0.8917 \times 0.56) + (13.73 \times 0.60)}{29.52} = 0.4726$$

2.4.1.4. Caudal de diseño

Sustituyendo datos en la fórmula del método racional se tiene:

$$Q = \frac{(0.4726)(104.01)(29.52)}{3.60} = 403.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

El resultado obtenido, servirá para determinar la altura a la que debe de estar la superestructura en relación con el tirante máximo de agua

2.4.1.5. Tirante de diseño

Para calcular el tirante máximo se procede con la formula siguiente:

$$Rh = \frac{At}{Pm}$$

Donde:

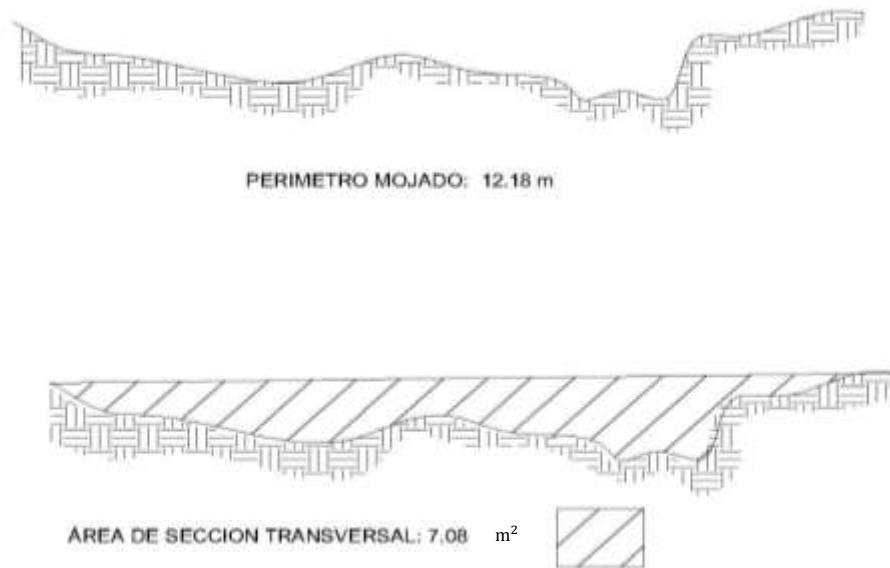
Rh = radio hidráulico de la sección del río en metros

Pm = perímetro mojado de la sección del rio en metros

At = área tributaria transversal del rio.

Con ayuda del software de diseño AutoCAD se determinó el perímetro mojado y área transversal de la sección del río.

Figura 4. Perímetro mojado y área de sección transversal



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD

El radio hidráulico es:

$$R_h = \frac{7.08 \text{ m}^2}{12.18 \text{ m}} = 0.58 \text{ m}$$

Por continuidad:

$$Q = V \times A$$

Donde

Q = caudal máximo en m^3/s

V = velocidad en m/s

A = área de sección transversal en m^2

Por fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

Tabla 5. Coeficientes de rugosidad

Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

Fuente: Sistema hidráulico de flujo constante en canales abiertos

Q = caudal máximo en m^3/s

n = coeficiente de rugosidad a utilizar n=0.036

Rh = radio hidráulico de la sección del río en m

S_P = pendiente del terreno

A = área de sección transversal en $\text{m}^2 = 15 \text{ Ymax}$

Para realizar al cálculo se igualan las ecuaciones de continuidad y de Manning en función al tirante máximo y se despeja a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} \times R h^{2/3} \times S^{1/2} \times 15 Y_{\max}$$

$$Y_{\max} = \frac{n \times Q}{15 \times R h^{2/3} \times S^{1/2}}$$

$$Y_{\max} = \frac{0.037 \times 403.07 \text{ m}^3/\text{s}}{15\text{m} \times (0.58\text{m})^{2/3} \times (0.1\text{m})^{1/2}} = 4.50 \text{ m}$$

Con las especificaciones de las normas AASHTO en la que se indica que como medida de seguridad se debe de dar un mínimo de 2 metros sobre la altura de la crecida máxima, por lo tanto la altura desde el fondo del río al rostro de la viga principal será de 6.50 m.

2.5 Evaluación de la calidad del suelo por medio del ensayo a compresión triaxial.

La calidad y tipo de suelo sobre la cual será colocada la subestructura de un puente es de suma importancia, ya que las cargas provenientes de la estructura se transmitirán al suelo. Para la lograr una información lo más real posible es necesario profundizar en el estrato hasta llegar a encontrar un suelo más sólido y firme. Se realizó el estudio de suelos en cada punto donde se colocarán los estribos; el suelo encontrado en estos puntos es una arena limosa con presencia de grava color café, para evaluar el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a 3.00 metros de profundidad, donde se obtuvo una muestra inalterada de 1pie³, que se sometió al ensayo de compresión triaxial; mediante la prueba de no consolidado y no drenado, además para conocer más sobre las características de suelo se apoyó con los estudios de límites de Atterberg y granulometría los cuales se adjuntaran en el anexo A.

2.5.1 Determinación del valor soporte del suelo

El valor soporte del suelo será determinado mediante las ecuaciones de Teoría de Terzaghi, desarrolladas por el doctor Karl Von Terzaghi (1883-1963), con los datos obtenidos en el ensayo de compresión triaxial.

Medrano (2008)

En su teoría desprecia la resistencia al esfuerzo cortante arriba del nivel de desplante del cimiento. Esta teoría establece que una zapara descansa sobre la superficie del suelo, el terreno falla a través de tres zonas. Debido a la fricción y cohesión entre el suelo y la base de cimentación, la zona I actúa como una cuña que se introduce en el suelo; la zona II son de deformación tangencial y las zonas III son zonas de estado plástico (p. 66).

Cálculo del valor soporte del suelo

$$\text{Cohesión (C}_u\text{)} = 4.34 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna (}\phi\text{)} = 19.00^\circ$$

$$\text{Densidad seca (}\gamma\text{)} = 1.37 \text{ Ton/m}^3$$

$$q_d = 1.3 \times c' \times N'_c + \delta_{\text{suelo}} \times Z \times N'_q + 0.4 \times \delta_{\text{suelo}} \times B \times N'_w$$

$$q_d = \text{capacidad de carga limite en } \text{Ton/m}^2$$

$$c' = \text{cohesión del suelo en } \text{Ton/m}^2$$

$$\delta_{\text{suelo}} = \text{peso volumétrico del suelo en } \text{Ton/m}^3$$

Z = profundidad a donde se realizó la prueba.

B = ancho de la zapata

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

N'_w = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

N'_c , N'_q y N'_w pueden calcularse mediante fórmulas o determinarse a través de gráficas. Para este caso los valores N'_c y N'_q fueron obtenidos de la gráfica que se muestra en el anexo B y N'_w se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$N'_w = 1.8(N'_q - 1) * \tan\phi$$

$$N'_w = 1.8(6 - 1) * \tan(19) = 3.09$$

Datos:

$$c' = 4.34 \text{ Ton/m}^2$$

$$\delta_{\text{suelo}} = 1.37 \text{ Ton/m}^3$$

$$Z = 3.00 \text{ m}$$

$$B = 3.90 \text{ m}$$

$$N'_c = 15$$

$$N'_q = 6$$

$$N'_w = 3$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de Terzaghi:

$$q_d = (1.3 \times 4.34 \times 15) + (1.37 \times 3 \times 6) + (0.4 \times 1.37 \times 3.90 \times 3)$$

$$q_d = 115.70 \text{ Ton/m}^2$$

Se observa el valor de q_d es el esfuerzo límite, más no es el admisible o de diseño de cimentación. Por ello Terzaghi recomienda para que q_d un factor de seguridad no menor de tres, por lo tanto:

$$V_s = q_d / F_s$$

$$V_s = 115.70 / 3 = 38.56 \text{ Ton/m}^2$$

2.6 Especificaciones de diseño

El diseño del puente se realizará con base a las normas “Standard Specifications Highway Bridges” de la American Association of State Highway, and Transportation Officials (AASHTO) y los requisitos para concreto estructural recomendados por el Instituto Americano del Concreto (ACI, por sus siglas en inglés).

- Sección de vigas principales en base a la tabla AASHTO 2.5.26.3-1.
- Factor de distribución en vigas principales (AASHTO 3.23.1): proporción de carga viva que absorbe cada viga. Está dada en función a la separación entre vigas y número de carriles del puente o al peso del camión.
- Momento debido al impacto en vigas principales (AASHTO 1.2.12): este incremento no debe ser mayor al 30%.
- Refuerzo en vigas principales en lo establecido por el código ACI 318-08.
- Diseño de losa de puente (AASHTO 2.5.26): para refuerzo principal perpendicular al tráfico.
- Momento debido a la carga viva en losa AASHTO 3.24.3.1.

- Momento debido al impacto (AASHTO 3.8.2.1): este incremento no debe ser mayor al 30%.
- Diafragmas exteriores e interiores: capítulo 8 de AASHTO.
- Cortina: AASHTO 1.2.22 y AASHTO 3.20.
- Almohadilla de neopreno en base al método “A” del capítulo 14 de las normas AASHTO.

El concreto a utilizar tendrá una resistencia a la compresión de 280 Kg/cm^2 (4,000 psi) a los 28 días; las varillas que se ocuparán como acero de refuerzo son corrugadas con una resistencia a la fluencia de $2,810 \text{ Kg/cm}^2$ (Grado 40). Los parámetros de diseño utilizados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros de diseño de puente vehicular

Descripción	Valor
Luz libre	15.00 m
Ancho de rodadura	6.50m
Ancho de acera	0.4 m
Carga viva AASHTO	HL-93
Peso específico concreto armado	2.4 Ton/m^3
Peso específico del suelo	1.37 Ton/m^3
Valor soporte del suelo	38.56 Ton/m^2
f'_c	280 kg/cm^2
f_y	2810 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Pre dimensionamiento de los elementos estructurales

2.7.1 Losa

Según AASTHO tabla 2.5.2.6.3-1, para las losas continuas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, el espesor (t) se determina mediante la fórmula:

$$t = \frac{1.2(S + 10)}{30}$$

Donde:

S = luz libre entre vigas en pies (ft).

$$t = \frac{1.2((2)(3.28) + 10)}{30} = 0.66 \text{ ft} = 0.20 \text{ m}$$

2.7.2 Viga

“Las vigas son parte fundamental de soporte de la superestructura, son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexión” (del Valle, 2010, p. 19).

La tabla 2.5.2.6.3-1 que se encuentra en la AASTHO determina las dimensiones de la siguiente manera:

$$h = 0.070L$$

Donde:

$$h = 0.070(15\text{m}) = 1.05 \text{ m}$$

$$B = 1.05/3.5 = 0.3 \text{ m}$$

En este caso para tener el espacio suficiente para colocar el acero de refuerzo, se usara una base de 0.50 m y una altura de 1.20 m.

2.7.3 Diafragmas

“Son elementos que sirven de unión entre las vigas principales, siendo los principales: dispositivos de apoyo, péndola, rotula, viga de rigidez” (AASHTO, 2010, p. 12).

Los diafragmas son vigas transversales que se usan en los extremos de las vigas T, en los apoyos y en el punto intermedio; estos elementos le dan rigidez a la superestructura del puente. Y se obtienen con la fórmula

$$H = \frac{3}{4} H_{\text{principal}}$$

$$H = \frac{3}{4} (1.20\text{m}) = 0.9 \text{ m.}$$

Se utilizará una altura de 0.9 m y la base mínima según AASTHO 0.3 m.

2.7.4 Cortina

Para la cortina la altura es igual a la altura de la viga y su base de 30 centímetros.

$$H = 1.20 \text{ m}$$

$$B = 0.30 \text{ m}$$

2.7.5 Viga de Apoyo

Utilizando 2 cm, por cada metro de la luz libre del puente, se tiene: $x = (15 \times 2) = 30 \text{ cm}$ y dado que la viga de apoyo no puede ser menor a 0.40 m, se utilizará una base de 0.60 m.

2.8 Diseño de superestructura

2.8.1 Diseño de losa

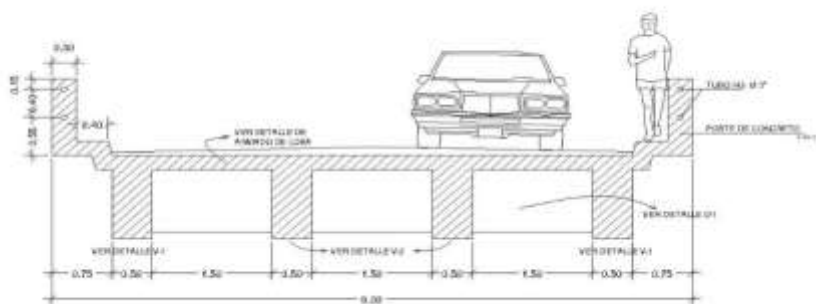
Tabla 7. Estudio de tráfico

Día	Camiones	Carro liviano	Pick-up	Motocicleta	Mototaxi	Bus
Sábado	8	15	20	30	30	12
Miércoles	12	20	35	50	45	23

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la observación realizada se determinó que el vehículo de mayor peso que transita sobre el puente es denominado por la AASHTO como un semitrailer, este tipo de camión prestan un servicio de traslado de mercaderías al caserío El Lazareto.

Figura 5. Geometría de superestructura



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD

2.8.1.1 Integración de cargas

Peso de la losa:

$$W_{\text{losa}} = t \times b \times \gamma_{\text{conc}}$$
$$W_{\text{losa}} = (0.20\text{m} \times 2.00\text{m} \times 2.4 \text{ ton/m}^3) = 0.96 \text{ ton/m}$$

Peso de diafragmas:

$$W_{\text{dia}} = (H_{\text{viga}} - t) \times (S - b_{\text{viga}}) \times (b_{\text{dia}}) \times \gamma_{\text{conc}}$$
$$W_{\text{dia}} = (1.2\text{m} - 0.2\text{m}) \times (2.0 \text{ m} - 0.5 \text{ m}) \times (0.30 \text{ m}) \times 2.4 \text{ ton/m}^3 = 1.08 \text{ ton}$$

Peso de viga principal:

$$W_{\text{dia}} = b_{\text{viga}} \times H_{\text{viga}} \times \gamma_{\text{conc}}$$
$$W_{\text{viga}} = (0.50\text{m} \times 1.00\text{m} \times 2.4 \text{ ton/m}^3) = 1.2 \text{ ton/m}$$

Peso carpeta de rodadura:

$$W_{\text{car}} = t_{\text{car}} \times b \times \gamma_{\text{asfalto}}$$
$$W_{\text{car}} = (0.075\text{m} \times 2.00\text{m} \times 2.2 \text{ ton/m}^3) = 0.34 \text{ ton/m}$$

Peso de la cortina:

$$W_{\text{cor}} = b \times H \times \gamma_{\text{conc}}$$
$$W_{\text{cor}} = (0.30\text{m} \times 1.20\text{m} \times 2.4 \text{ ton/m}^3) = 0.86 \text{ ton/m}$$

Peso de viga de apoyo:

$$W_{vb} = B \times H \times \gamma_{conc}$$
$$W_{vb} = (0.60m \times 1.20m \times 2.4 \text{ ton/m}^3) = 1.728 \text{ ton/m}$$

Peso de del barandal:

$$W_{bar} = \text{seccion barandal} \times \gamma_{conc} \times h$$
$$W_{vb} = (0.30m \times 1.10m \times 0.3m \times 2.4 \text{ ton/m}^3) = 0.2376 \text{ ton}$$

2.8.1.2 Cálculo de momentos

Verificar integración de cargas en páginas 31 y 32.

Momentos en la losa

$$W_{losa} = 0.96 \text{ ton/m}$$

$$W_{car} = 0.34 \text{ ton/m}$$

$$W_{bar} = \underline{0.2376 \text{ ton/m}}$$

$$W_{cm} = 1.538 \text{ ton/m}$$

- Momento en el voladizo

$$M_{cm} = \frac{WL^2}{2}$$

$$M_{cm} = \frac{(1.538 \text{ ton/m})(1.00m)^2}{2} = 0.769 \text{ ton} - m$$

- Momento entre vigas

$$M_{cm} = \frac{WL^2}{10}$$

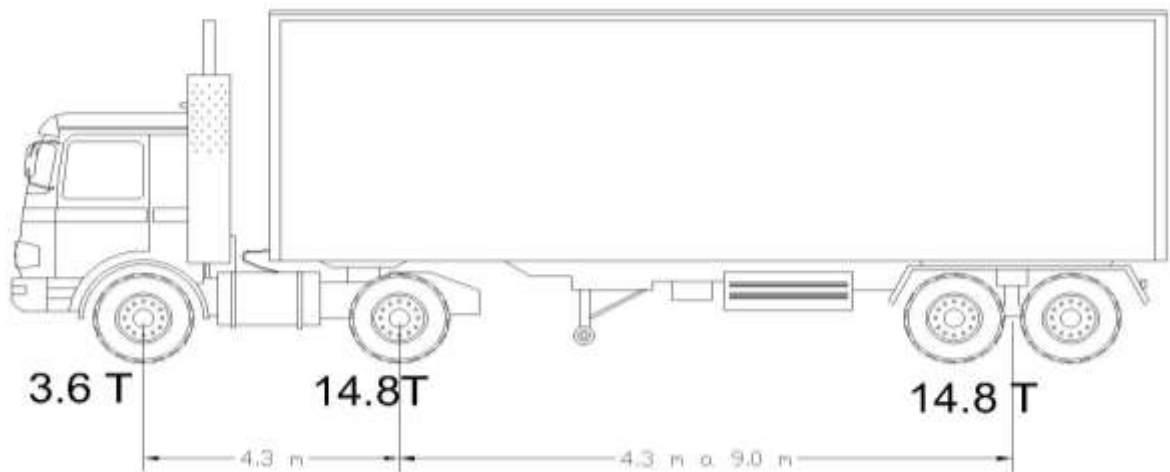
$$M_{cm} = \frac{(1.538 \text{ ton/m})(2.00)^2}{10} = 0.6152 \text{ ton} - \text{m}$$

Para el análisis se considerará el momento de mayor valor numérico; que para este caso es el momento del voladizo; por lo tanto, el momento por carga muerta es $M_{cu} = 0.769 \text{ ton-m}$.

- Carga viva

Para este proyecto, se utilizará el camión de diseño típico semitrailer AASHTO HL-93, con un peso total de 33.20 toneladas. La distribución del peso por ejes se muestra en la siguiente figura. Este camión de diseño ha sido utilizado por AASHTO (2010) para el diseño de puentes vehiculares.

Figura 6. Modelo de camión AASHTO HL-93



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD

- Momento por carga viva

El valor del momento por carga viva se obtiene aplicando la fórmula dada por la norma AASHTO 3.24.3.1.

$$M_{cv} = 0.80 \times \left(\frac{s + 2}{32} \right) \times P$$

Donde:

S = distancia a rostro de vigas (p) = 2.00 m = 6.56 pie

P = carga de rueda de diseño (lb) = 7.40 ton = 16,280.00 lb

$$M_{cv} = 0.80 \times \left(\frac{6.56\text{ft} + 2}{32} \right) \times 16,280.00 \text{ lb} = 3,774.27 \text{ lb} - \text{pie}$$

$$M_{cv} = 0.523 \text{ ton-m}$$

- Momento debido al impacto

Para la aplicación de cargas dinámicas producidas por los camiones a los puentes al ser un impacto violento se considera un incremento al momento producido por las cargas vivas, según la norma AASHTO no deberá sobrepasar el 30%. Para este caso se utilizará un 30%.

- Cálculo de momento último (AASHTO 1.2.22)

$$M_u = 1.30 \left(M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} \times I) \right) \text{ AASHTO 8.21.1 Grupo I}$$

$$M_u = 1.30 \left(0.769\text{ton} - \text{m} + \frac{5}{3} (0.523\text{ton} - \text{m} \times 1.30) \right) = 2.472 \text{ ton} - \text{m}$$

2.8.1.3. Cálculo del refuerzo

- Refuerzo transversal para cama inferior

Considerando varillas No. 4 y un recubrimiento de 5 centímetros:

$$\text{Peralte (d)} = t - \text{Rec} - (\varnothing/2) = 20\text{cm} - 5\text{ cm} - (1.27/2) = 14.36\text{ cm} = 14.50\text{ cm}.$$

$$M_u = 2.472\text{ ton-m}$$

$$f'_c = 280\text{ kg/cm}^2\text{ (4000 psi)}$$

$$f_y = 2810\text{ kg/cm}^2\text{ (40,000 psi)}$$

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

Se procede a calcular el área de acero mediante la siguiente fórmula:

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f'_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left\{ (100 \times 14.5) - \sqrt{(100 \times 14.5)^2 - \frac{2.472 \times 1000 \times 100}{0.003825 \times 280}} \right\} \times \frac{0.85 \times 280}{2810}$$

$$A_s = 6.50\text{ cm}^2$$

- Área de acero mínima:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d \approx \frac{14.1}{2810} \times 100 \times 14.5 = 7.27\text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s_{\min}}$; por lo tanto, se utilizará el área de acero mínima

Utilizando varilla No. 4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$7.27 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 5.72 = 6 \text{ varillas.}$$

Espaciamiento:

$$S = 100 / 6 = 16.6 \text{ cm} \approx \text{Se utilizará varillas No. 4 G40 @ 15 cm.}$$

- Refuerzo transversal para cama superior:

Según AASHTO 3.24.1.2 el refuerzo de la cama superior corresponde al acero por temperatura:

$$A_{\text{temp}} = 0.002 \times b \times t$$

$$A_{\text{temp}} = 0.002 \times 100 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas No. 4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$4.00 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 3.15$$

Espaciamiento:

$$S = 100 / 3.15 = 31.7 \text{ cm} \approx \text{Se utilizará varillas No. 4 G40 @ 30 cm}$$

- Refuerzo longitudinal para cama superior e inferior (paralelo al tráfico)
- Cálculo del refuerzo longitudinal cama inferior

Según las normas AASHTO 3.24.10.2 el refuerzo deber ser como máximo el 67% del refuerzo transversal.

$$A_{\text{long}} = F_{\text{las}} = \frac{2.20}{\sqrt{S}} \leq 0.67$$

$$A_{S_{long}} = F_{las} = \frac{2.20}{\sqrt{6.56}} = 0.86 > 0.67$$

Se utilizará el 67% del refuerzo transversal, que en este caso es el área de acero mínima.

$$F_{L_{As}} = 7.27 \text{ cm}^2 \times 67\% = 4.87 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas No. 4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$4.87 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 3.83 = 4 \text{ varillas}$$

Espaciamiento:

$$S = 100 / 4 = 25 \text{ cm} \approx \text{Se utilizará varillas No. 4 G40 @ 25 cm.}$$

- Cálculo del refuerzo longitudinal cama superior

El refuerzo longitudinal en la cama superior, será igual a un tercio del refuerzo transversal de la cama inferior.

$$A_{sl} = \frac{1}{3} A_S$$

$$A_{sl} = \frac{1}{3} (7.27 \text{ cm}^2) = 2.42 \text{ cm}^2$$

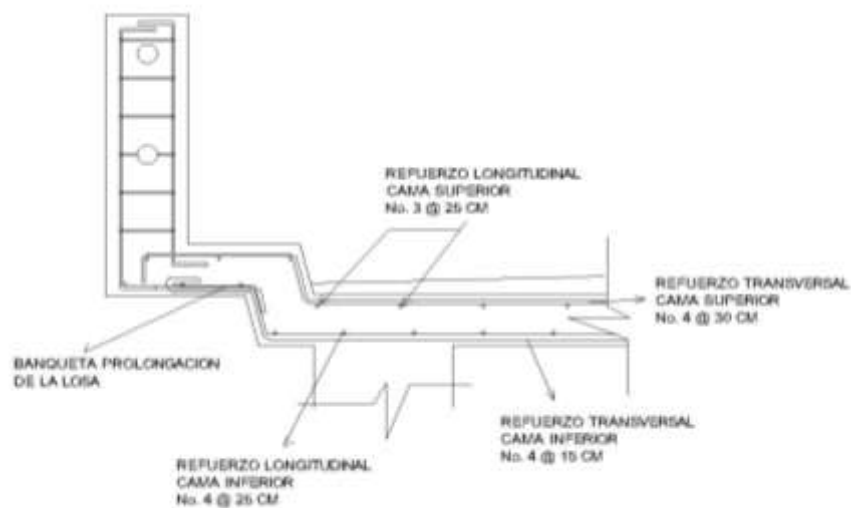
Utilizando varillas No. 3 ($A = 0.71 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$2.42 \text{ cm}^2 / 0.71 \text{ cm}^2 = 3.40 = 4 \text{ varillas}$$

Espaciamiento:

$$S = 100 / 4 = 25 \text{ cm} \approx \text{Se utilizará varillas No. 3 G40 @ 25 cm.}$$

Figura 7. Refuerzo longitudinal y transversal de losa



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD

2.8.2 Diseño de barandal

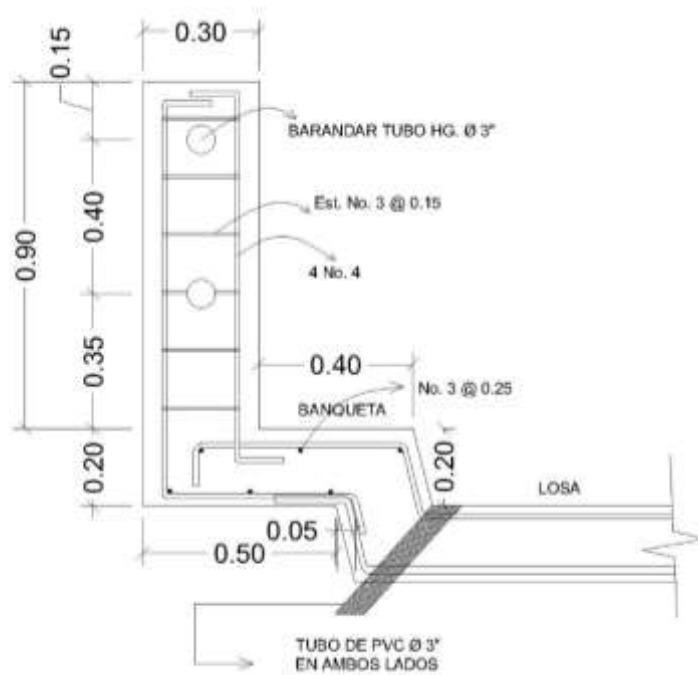
El barandal será de concreto reforzado con un tubo circular de hierro galvanizado de 3 pulgadas de diámetro.

Área de la sección es de 900 cm^2 en el cual se propondrá utilizar 4 varillas No. 4 G40 + estribo No. 3 G40 @ 15 cm.

2.8.3 Diseño de banqueta

La banqueta será de concreto para el refuerzo se procederá a utilizar la prolongación del acero de la losa.

Figura 8. Armado de banqueta y barandal



Fuente: Elaboración propia con programa AutoCAD

2.8.4 Bombeo y drenaje

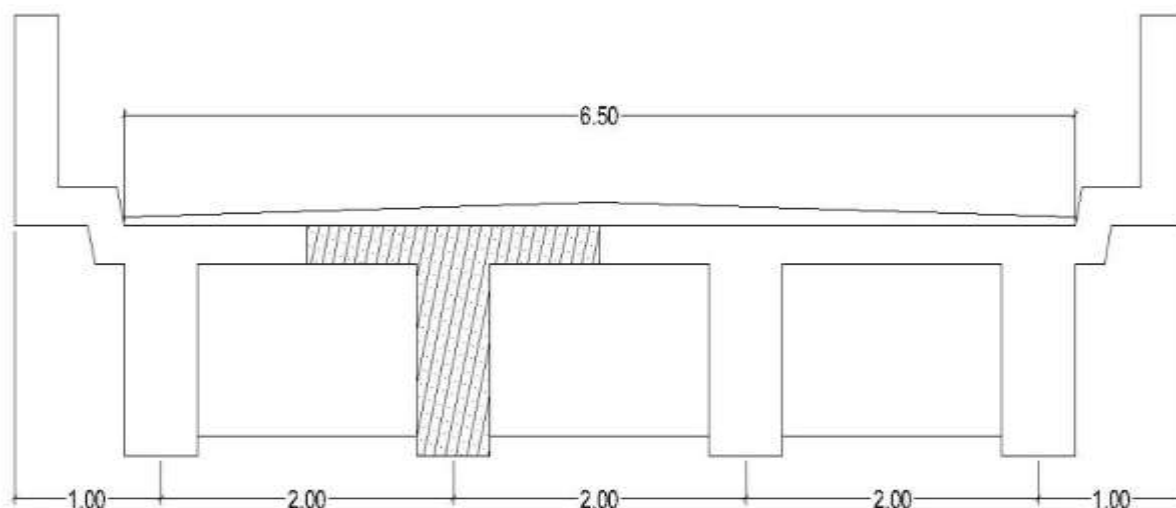
Es necesario proporcionarle un desnivel transversal a la losa de 2% para los drenajes del puente donde se colocará la tubería de PVC $\varnothing=3$ a 3.0 metros a lo largo y en ambos sentidos. Los tubos serán colocados a 1 cm, dentro del bordillo de la banquetta.

2.8.5 Diseño de vigas

Son los elementos estructurales con mayor importancia en el puente, están diseñadas para soportar la carga viva y la carga muerta de los otros elementos de la superestructura, la función primordial de las vigas es transmitir la carga hacia los apoyos y estos a su vez la transmiten al suelo por medio de los estribos.

2.8.5.1. Diseño de viga intermedia

Figura 9. Diagrama del área tributaria para viga intermedia



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

- Carga muerta

Verificar integración de cargas en páginas 31 y 32

$W_{losa} = 0.96 \text{ ton/m}$
 $W_{car} = 0.34 \text{ ton/m}$
 $W_{viga} = 1.20 \text{ ton/m}$

$$W_{\text{dia}} = 1.08 \text{ ton}$$

- Cálculo de momentos

Para el cálculo de momentos para las cargas distribuidas se utilizará la fórmula siguiente:

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

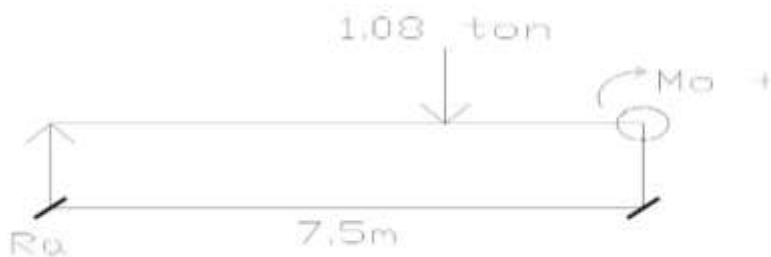
$$M_{\text{losa}} = \frac{\left(\frac{0.96\text{ton}}{\text{m}}\right)(15 \text{ m})^2}{8} = 27 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{viga}} = \frac{\left(\frac{1.2\text{ton}}{\text{m}}\right)(15 \text{ m})^2}{8} = 33.75 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{car}} = \frac{\left(\frac{0.34\text{ton}}{\text{m}}\right)(15 \text{ m})^2}{8} = 9.56 \text{ ton} - \text{m}$$

Para el cálculo del momento producido por el diafragma se realizará de la siguiente manera:

Figura 10. Diagrama de momento de diafragma



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

$$\sum F_y = w_{dia} - R_a$$

$$0 = 1.08 \text{ ton} - R_a$$

Despejando R_a se obtiene que el resultado es 1.08 ton.

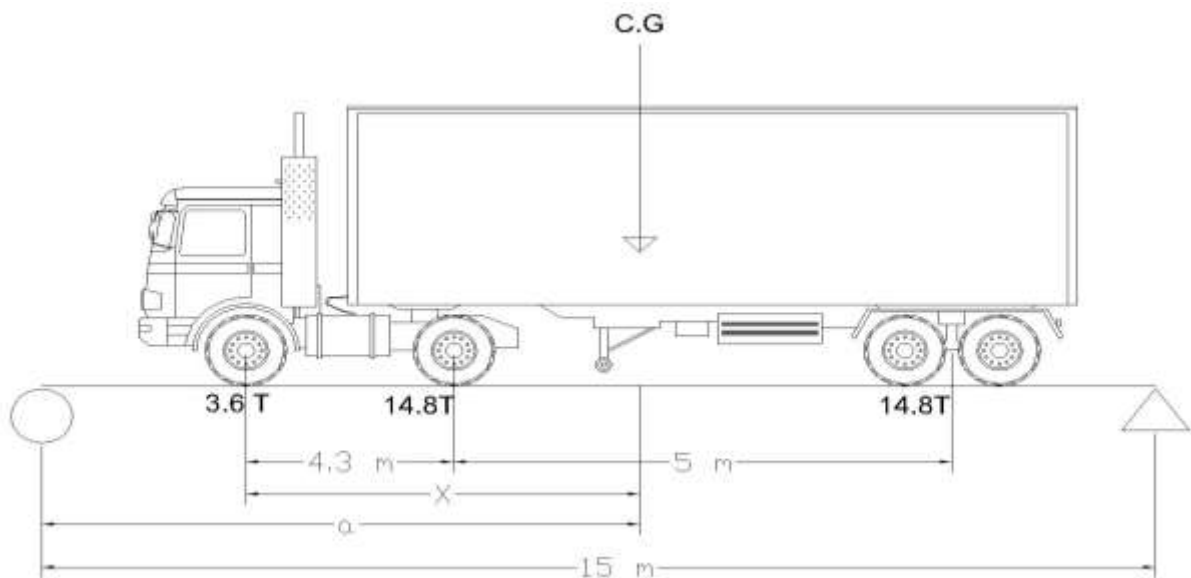
$$\sum M_o = R_a \times d - W_{dia} \times d$$

$$\sum M_o = (1.08 \text{ ton})(7.5 \text{ m}) - (1.08 \text{ ton})(2.5 \text{ m}) = 5.4 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

- Momento de carga viva

Para calcular el momento por la carga viva se procederá a analizar un camión AASHTO HL-93.

Figura 11. Diagrama de carga viva sobre viga



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

$$+ \circlearrowleft \sum M_{CG} = 0$$

$$\sum M_{CG} = 14.8 (4.3\text{m}) + 14.3 (9.3\text{m}) - 33.2 \times$$

$$63.64 + 132.99 - 33.2 \times$$

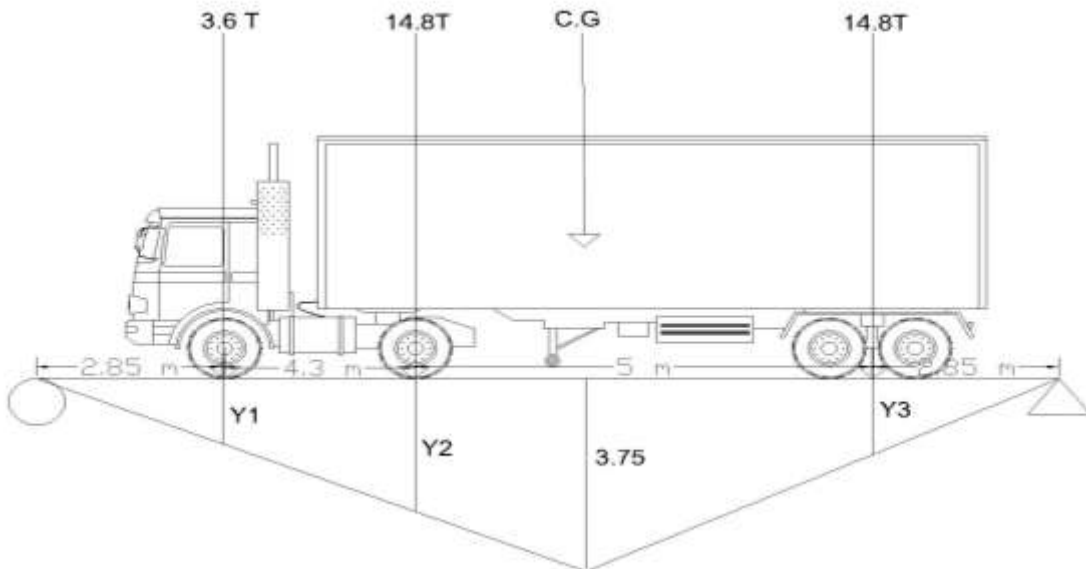
$$33.2 \times = 201.28$$

$$X = 6.06$$

$$a = (15\text{m} - 6.06\text{m}) = 8.94 \text{ m}$$

El momento máximo por carga viva se da cuando el camión se encuentra en el lugar crítico. El punto crítico ocurre cuando la carga más cercana al centro de gravedad del camión se encuentra a la misma distancia de un apoyo como del otro. Para calcular el momento debido a carga viva se utilizará el método de líneas de influencia.

Figura 12. Líneas de influencia de camión HL-93



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

- Cálculo de Y para cada línea de influencia:

$$Y_1 = \frac{(3.75 \text{ m})(2.85\text{m})}{(8.94 \text{ m})} = 1.19 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{(3.75 \text{ m})(7.15\text{m})}{(8.94 \text{ m})} = 2.99 \text{ m}$$

$$Y_3 = \frac{(3.75 \text{ m})(2.85\text{m})}{(6.06\text{m})} = 1.76 \text{ m}$$

- Momento de carga viva

$$M_{LL} = P_1 \times Y_1 + P_2 \times Y_2 + P_3 \times Y_3 + P_4 \times Y_4$$

$$M_{LL} = (3.6\text{ton} \times 1.19 \text{ m}) + (14.8\text{ton} \times 2.99 \text{ m}) + (14.8\text{ton} \times 1.76 \text{ m}) = 74.58 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{LL+I} = (74.58 \text{ ton} - \text{m}) \times (1.33 \text{ impacto}) = 100.01 \text{ ton} - \text{m}$$

- Cálculo de Factor G

El porcentaje g que se distribuye a una viga interior se calculará con la siguiente fórmula para el caso de un carril cargado:

$$g_1 = 0.06 + \left(\frac{S}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{L^3}\right)^{0.1}$$

Para el porcentaje g que se distribuye a una viga se calculará con la siguiente fórmula, para el caso de dos carriles cargados:

$$g_2 = 0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{Lt^3}\right)^{0.1}$$

Fórmulas en Tabla 4.6.2.2b-1 AASHTO.

Donde

$$S = 2 \text{ m} = 6.56 \text{ pie}$$

$$L = 15 \text{ m} = 49.2 \text{ pie}$$

$$t = 0.20 \text{ m} = 7.87 \text{ pulg.}$$

Se procederá para el cálculo de inercia y área de la viga:

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(19.68 \text{ in})(47.24 \text{ in})^3 = 172,935.38 \text{ pulg.}^4$$

$$A = bh = (19.685 \text{ in})(47.24 \text{ in}) = 929.92 \text{ pulg.}^2$$

La distancia e_g es la mitad de la losa más la mitad de la viga por lo tanto:

$$e_g = 23.62 \text{ pulg.}$$

Cálculo de parámetro de rigidez longitudinal K_g :

$$K_g = n (I + Ae_g^e)$$

Donde $n = 1$ porque que la viga y la losa son del mismo material.

$$K_g = 1 \times (172,935.38 \text{ pulg.}^4 + (929.92 \text{ pulg.}^2)(23.62 \text{ pulg.})^2)$$

$$K_g = 691741.84 \text{ pulg.}^4$$

Con todos los datos obtenidos se procederá al cálculo de los factores g:

$$g_1 = 0.06 + \left(\frac{5.56 \text{ pie}}{14} \right)^{0.4} \left(\frac{5.56 \text{ pie}}{49.2 \text{ pie}} \right)^{0.3} \left(\frac{691741.84 \text{ pulg.}^4}{(12)(49.2)(7.87)^3} \right)^{0.1} = 0.50$$

$$g_2 = 0.075 + \left(\frac{5.56 \text{ pie}}{9.5} \right)^{0.6} \left(\frac{5.56 \text{ pie}}{49.2 \text{ pie}} \right)^{0.2} \left(\frac{691741.84 \text{ pulg.}^4}{(12)(49.2)(7.87)^3} \right)^{0.1} = 0.659$$

Tabla 8. Factores de presencia múltiple AASHTO 3.6.1.12-1

No. de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>4	0.65

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2010)

Al momento de carga viva, se le aplicará el factor g_2 y el factor de presencia múltiples de 2 carriles.

- Cálculo de momento último:

$$M_u = 1.25 M_{DC} + 1.50 M_{Dw} + 1.75 M_{LL+I}$$

Donde:

M_u : momento último

M_{DC} : momento de carga muerta

M_{Dw} : momento producido por la carpeta de rodadura

M_{LL+I} : momento de carga viva multiplicado por factor de impacto, factor g y factor de presencia múltiple.

$$M_u = 1.25 (65.15 \text{ ton} - \text{m}) + 1.50 (9.56 \text{ ton} - \text{m}) + 1.75(65.90 \text{ ton} - \text{m})$$

$$M_u = 211.10 \text{ ton-m}$$

Cálculo del refuerzo:

Para el refuerzo de la viga se tiene:

$$M_u = 211.10 \text{ ton-m}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f'_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left\{ (110 \times 50) - \sqrt{(110 \times 50)^2 - \frac{242.80 \times 50 \times 1000}{0.003825 (280)}} \right\} \times \frac{0.85 (280)}{2810}$$

Se obtiene los siguientes datos de área de acero:

$$A_{s_{req}} = 97.47 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$97.47 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 10.20 = 11 \text{ varillas.}$$

- Determinación de comportamiento:

Se determinará si la viga trabaja como viga T o una viga rectangular.

$$A_s = \frac{M_u}{(F_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$A_s = \frac{211.10 \text{ ton} - \text{m} \times 1000 \text{ kg} \times 100 \text{ cm}}{(2810 \text{ kg/cm}^2)(0.9)(110\text{cm} - \frac{17\text{cm}}{2})} = 94.58 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$94.58 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 9.88 = 10 \text{ varillas.}$$

Donde:

ρ : cuantía balanceada de acero

c: distancia entre el eje neutro y la cara comprimida

d: distancia efectiva de la viga

a: altura del diagrama de tensiones equivalentes

F_y : esfuerzo de fluencia 2810 kg/cm^2

f'_c : esfuerzo de compresión del concreto 280 kg/cm^2

b: ancho de la cara comprimida del elemento

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{94.58 \text{ cm}^2}{(200\text{cm})(110 \text{ cm})} = 0.0043$$

$$c = 1.18 \frac{\rho F_y d}{0.85 f'_c} = 1.18 \frac{(0.0043)(2810 \text{ kg/cm}^2)(110 \text{ cm})}{0.85(280 \text{ kg/cm}^2)} = 6.58 \text{ cm}$$

Dado que $6.58 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$, se diseñará la viga como rectangular.

$$a = 0.85c = 0.85 (6.58 \text{ cm}) = 5.59 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_u}{(F_y)(d - \frac{a}{2})}$$

$$A_{\text{real}} = \frac{211.10 \text{ ton} - \text{m} \times 1000 \text{ kg} \times 100 \text{ cm}}{(2810 \text{ kg/cm}^2)(0.9)(110\text{cm} - \frac{5.59\text{cm}}{2})} = 89.55 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$89.55 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 9.40 = 10 \text{ varillas.}$$

- As máximo

Una sección no sobre reforzada cumple la condición del artículo 5.7.3.3.1 de la norma AASHTO.

$$c/d \leq 0.42$$

$$6.58 \text{ cm} / 110 = 0.06 \leq 0.42 \text{ OK}$$

- As mínimo

La cantidad de acero proporcionada debe ser capaz de resistir el menor valor de $1.2 M_{cr}$, del artículo 5.7.3.3.2 que se establece en la norma AASHTO.

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01 \sqrt{f'_c}) \left(\frac{1}{6} (bf)(h)^2 \right) \right]$$

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}) \left(\frac{1}{6} (200 \text{ cm})(120 \text{ cm})^2 \right) \right] = 202.40 \text{ ton} - \text{m}$$

El menor momento es 202.40 ton – m y la cantidad de acero calculado (91.17 cm^2) resiste el momento de 211.10 ton – m.

Refuerzo cama superior: 33% As = 6 No. 8

El refuerzo de la cama inferior se utilizará 8 No. 11 corridos y en L/2 medidos del centro hacia los apoyos 2 No. 11.

- Refuerzo adicional:

Según normas AASHTO es necesario reforzar la viga con acero adicional por ser de peralte grande y no dejar un espacio vacío de concreto sin acero por ello se colocará un refuerzo adicional de 5.37 cm^2 .

$$\text{Refuerzo adicional} = 1.10 \times 5.37 \text{ cm}^2 = 5.90 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$5.90 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 4.64 = 5 \text{ varillas No.4 G40 por lado.}$$

- Chequeo de deformación

Lo dictado en el artículo 2 del código de las normas AASTHO especifica el límite de deformación para las vigas en condición de servicio, es limitante como muchos otros criterios que son base para el control de las fisuras que aparecerán en las vigas. La fórmula de deformación se encuentra en el artículo 2.5.2.6.2 de la norma AASTHO y es:

$$\text{Def} = \frac{L}{800} = \frac{15.00 \text{ m}}{800} = 1.875 \text{ cm} = 2.00 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(0.5 \text{ m})(1.2 \text{ m})^3 = 0.072 \text{ m}^4$$

$$w = \frac{(95.30 \text{ ton} - \text{m})(8)}{(15 \text{ m})^2} = 3.38 \text{ ton}$$

$$\text{Def}_{ac} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5(3.38 \text{ ton})(15\text{m})^4}{384(2531000 \text{ ton/m}^2)(0.072 \text{ m}^4)} = 1.22 \text{ cm}$$

$$\text{Def} > \text{Def}_{ac}$$

- Diseño de corte

Cortantes de carga muerta

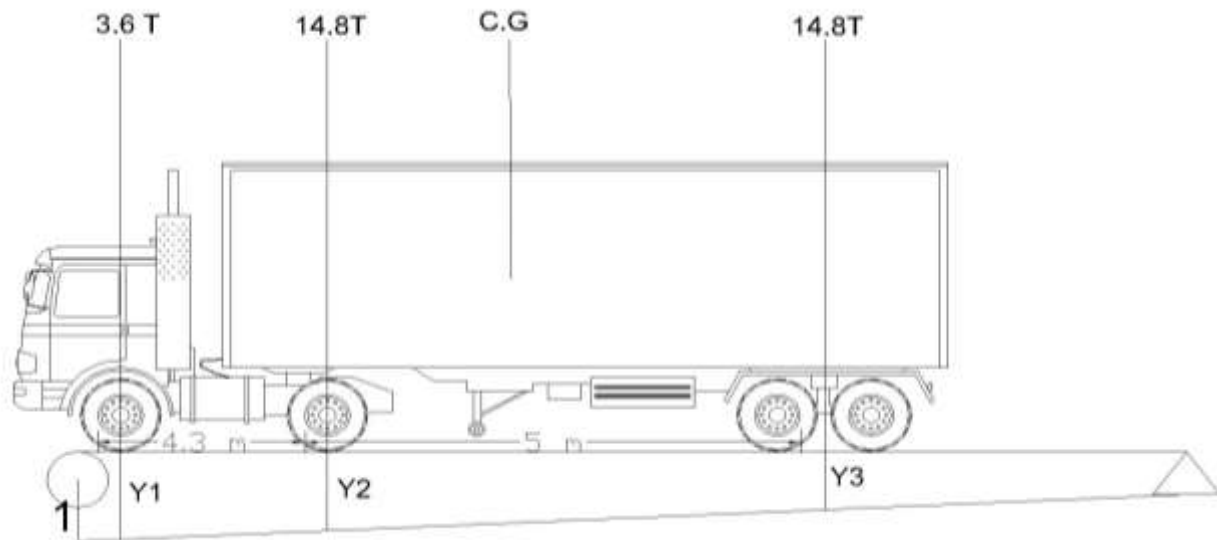
$$V_{\text{viga}} = \frac{wl}{2} = \frac{(1.2 \text{ ton/m})(15\text{m})}{2} = 9 \text{ ton}$$

$$V_{\text{losa}} = \frac{Wl}{2} = \frac{(0.96 \text{ ton/m})(15\text{m})}{2} = 7.2 \text{ ton}$$

$$V_{\text{diafragma}} = \frac{Wl}{2} = \frac{(1.08 \text{ ton/m})(15\text{m})}{2} = 12.15 \text{ ton}$$

$$V_{\text{carpeta}} = \frac{Wl}{2} = \frac{(0.34 \text{ ton/m})(15\text{m})}{2} = 2.6 \text{ ton}$$

Figura 13. Líneas de influencia de corte máximo



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

Para calcular el cortante actuante de carga viva se utilizará el método de líneas de influencia.

$$Y_1 = \frac{(1)(14.0\text{m})}{(15 \text{ m})} = 0.93$$

$$Y_1 = \frac{(1)(9.07\text{m})}{(15 \text{ m})} = 0.60$$

$$Y_1 = \frac{(1)(4.7\text{m})}{(15\text{ m})} = 0.32$$

El cortante de la carga viva es:

$$V_{LL} = (3.6 \times 0.93) + (14.8 \times 0.60) + (14.8 \times 0.32) = 16.96 \text{ ton}$$

$$V_{LL} = 23 \text{ ton}$$

- Factores G

Las fórmulas de los factores g se encuentran en la 4.6.2.2.1-1 distribución de carga viva en líneas de influencia para vigas internas.

$$g_1 = 0.36 + \frac{S}{25} = 0.36 + \frac{6.56}{25} = 0.6224$$

$$g_2 = 0.2 + \frac{S}{12} + \left(\frac{S}{35}\right)^2 = 0.2 + \frac{6.56}{12} - \left(\frac{6.56}{35}\right)^2 = 0.7115$$

$$V_{LL*g*FPM} = (23 \text{ ton} \times 0.7115) = 16.36 \text{ ton}$$

- Cálculo de cortante último:

$$V_u = 1.25 V_{Dc} + 1.5V_{Dw} + 1.75V_{LL+I}$$

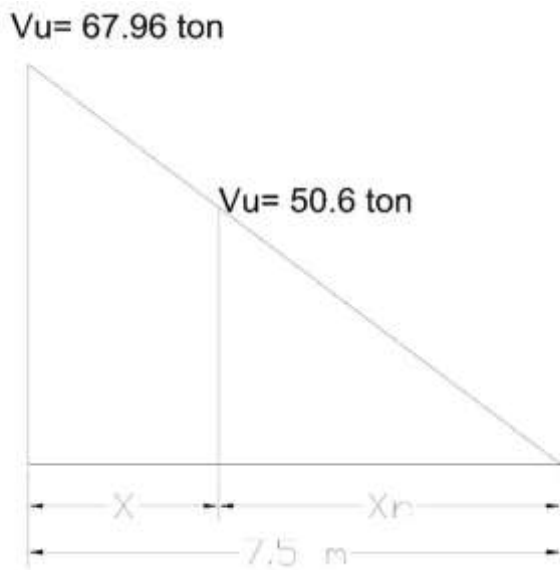
$$V_u = 1.25 (28.35 \text{ ton}) + 1.5(2.6 \text{ ton}) + 1.75(16.36 \text{ ton}) = 67.96 \text{ ton}$$

- Cortante del concreto

$$V_c = 0.55(\sqrt{f_c})(b)(d)$$

$$V_c = 0.55 \left(\sqrt{280 \text{ kg/m}^2} \right) (50 \text{ cm})(110 \text{ cm}) = 50.6 \text{ ton}$$

Figura 14. Relación de corte para viga



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

X_n es la distancia donde se colocará el refuerzo mínimo por corte, X es la distancia donde hay que calcular el refuerzo por corte.

Por relación de triángulos tenemos que:

$$\frac{x_n}{50.6 \text{ ton}} = \frac{7.5}{67.96 \text{ ton}}$$

$$x_n = 5.58 \text{ m}$$

$$x = 7.5 \text{ m} - 5.58 \text{ m} = 1.92 \text{ m}$$

Cálculo del espaciamiento en los apoyos

$$S = \frac{2 \times A_s \times f_y \times d}{V_u}$$

$$S = \frac{(2)(1.27 \text{ cm}^2) \times (2810 \text{ kg/cm}^2) (110 \text{ cm})}{6,796 \text{ kg}} = 11.55 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

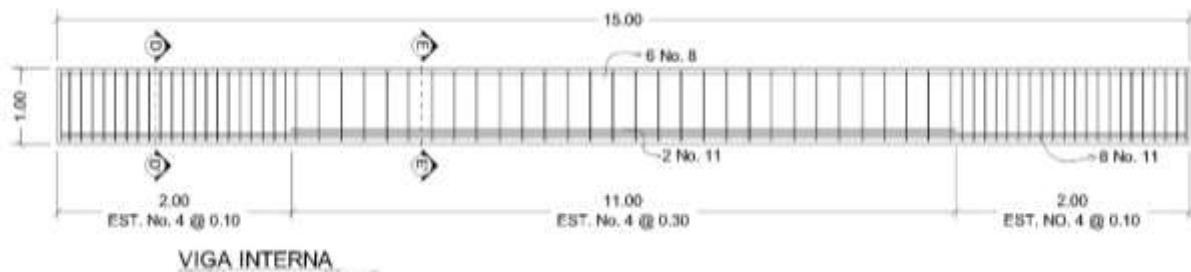
Cálculo del espaciamiento en el centro de la viga

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \leq 30 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = \frac{110 \text{ cm}}{2} = 55 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

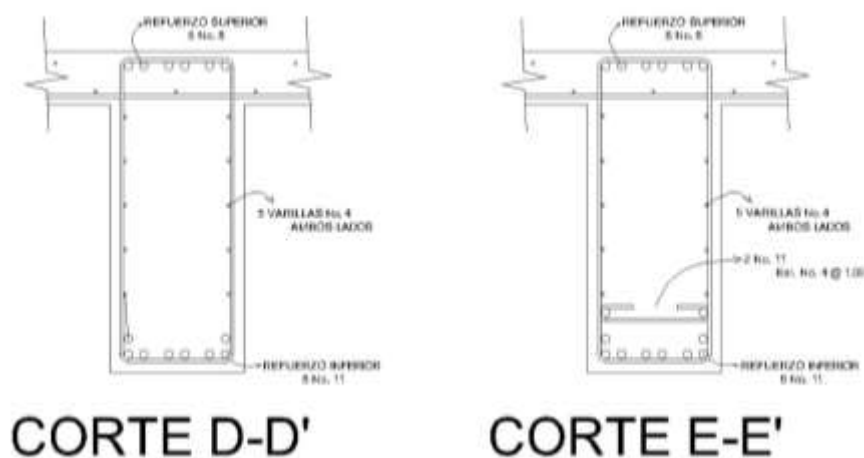
El refuerzo por corte en el área de confinamiento será igual a distribuir estribos con varilla No. 4 @ 0.10 m a una distancia de 2.00 m; el refuerzo será igual a varilla No. 4 @ 0.30 m, lo que cubre una distancia de 11.00 m.

Figura 15. Armado longitudinal de viga interna



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

Figura 16. Armado final viga interna corte D-D' y corte E-E'



Fuente: Elaboración propia con programa Auto CAD

2.8.5.2. Diseño de viga exterior

- Carga muerta

Verificar integración de cargas en páginas 31 y 32 y se calcular el peso de la banqueta y del diafragma.

Wlosa	= 0.96 ton/m
Wcar	= 0.34 ton/m
Wviga	= 1.20 ton/m
Wbar	= 0.2376 ton

Peso de diafragmas:

$$W_{dia} = (H_{viga} - t) \times (S/2) \times (b_{dia}) \times \gamma_{conc}$$

$$W_{dia} = (1.2m - 0.2m) \times (2.0 \text{ m}/2) \times (0.30 \text{ m}) \times 2.4 \text{ ton}/\text{m}^3 = 0.72 \text{ ton}$$

Peso de banqueta:

$$W_{dia} = (B \times h) \times \gamma_{conc}$$

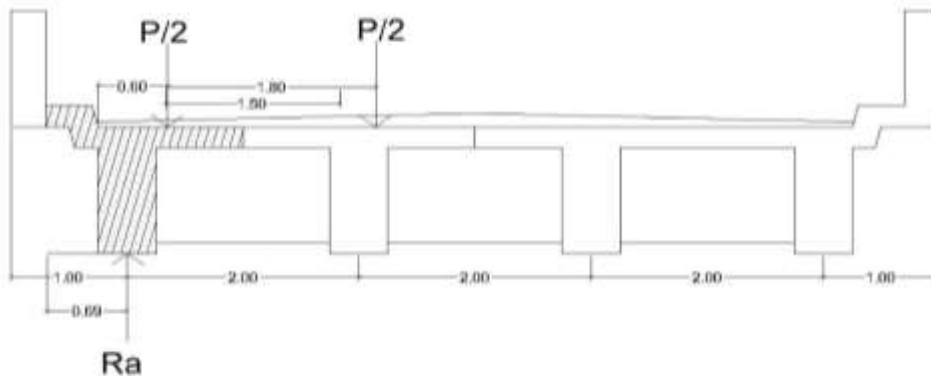
$$W_{dia} = (0.20\text{m} \times 0.4\text{ m}) \times 2.4 \text{ ton/m}^3 = 0.192 \text{ ton}$$

Peso de peatonal:

$$W_{pea} = (\text{ancho acera}) \times \gamma_{peatonal}$$

$$W_{pea} = (0.4\text{m}) \times 0.36 \text{ ton/m}^2 = 0.144 \text{ ton}$$

Figura 17. Sección de viga exterior



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

- Cálculo de momentos

Para el cálculo de momentos para las cargas distribuidas se utilizara la fórmula siguiente:

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

$$M_{\text{losa}} = \frac{\left(\frac{0.96\text{ton}}{\text{m}}\right)(15\text{ m})^2}{8} = 27\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{viga}} = \frac{\left(\frac{1.2\text{ton}}{\text{m}}\right)(15\text{ m})^2}{8} = 33.75\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{car}} = \frac{\left(\frac{0.34\text{ton}}{\text{m}}\right)(15\text{ m})^2}{8} = 9.56\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{bar}} = \frac{(0.2376\text{ ton})(15\text{m})}{4} = 0.891\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{dia}} = \frac{(0.72\text{ ton})(15\text{ m})}{4} = 2.7\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{banqueta}} = \frac{\left(\frac{0.192\text{ton}}{\text{m}}\right)(15\text{ m})^2}{8} = 5.4\text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{peatonal}} = \frac{\left(\frac{0.144\text{ton}}{\text{m}}\right)(15\text{ m})^2}{8} = 4.05\text{ ton} - \text{m}$$

Para el cálculo de momento de carga viva según la norma AASHTO en la tabla 4.6.2.2.2d-1; se utilizará la ley de momentos (regla de la palanca), caso uno carril de diseño cargado y para el proceso de dos o más carriles cargados.

Factor g para un carril de diseño cargado

$$R_a = \left(\frac{1.50}{2} + \frac{0}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) = 0.375$$

$$g_1 = 1.2 R_a = 1.2 \times 0.374 = 0.45$$

Factor g para dos o más carriles de diseño cargado

$$e = 0.77 + \frac{d_e}{2800} = 0.77 + \frac{690\text{mm}}{2800} = 1.02$$

$$g_2 = e \times g_{\text{interno}} = 1.02 \times 0.659 = 0.672$$

El factor de distribución más crítico es $g = 0.672$, por ello se procede a calcular el momento último.

- Cálculo de momento último:

$$M_u = 1.25 M_{DC} + 1.50 M_{Dw} + 1.75 M_{LL+I}$$

Donde:

M_u : momento último

M_{DC} : momento de carga muerta

M_{Dw} : momento producido por la carpeta de rodadura

M_{LL+I} : momento de carga viva multiplicado por factor de impacto, factor g y factor de presencia múltiple

$$M_u = 1.25 (69.7 \text{ ton} - \text{m}) + 1.50 (9.56 \text{ ton} - \text{m}) + 1.75 (67.20 \text{ ton} - \text{m})$$

$$M_u = 219.06 \text{ ton-m}$$

- Cálculo del refuerzo:

Para el refuerzo de la viga se tiene:

$$M_u = 219.06 \text{ ton-m}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f'_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left\{ (110 \times 50) - \sqrt{(110 \times 50)^2 - \frac{257.61 \times 50 \times 1000}{0.003825 (280)}} \right\} \times \frac{0.85 (280)}{2810}$$

Se obtiene los siguientes datos de área de acero:

$$A_{s_{\text{req}}} = 104.27 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No.11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$104.27 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 10.89 = 11 \text{ varillas.}$$

- Determinación de comportamiento:

Determinará si la viga trabaja como viga T o una viga rectangular.

$$A_s = \frac{M_u}{(F_y)(d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{219.06 \text{ ton} - \text{m} \times 1000 \text{ kg} \times 100 \text{ cm}}{(2810 \text{ kg/cm}^2)(0.9)(110\text{cm} - \frac{17\text{cm}}{2})} = 100.35 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$100.35 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 10.48 = 11 \text{ varillas.}$$

Donde:

ρ : cuantía balanceada de acero

c: distancia entre el eje neutro y la cara comprimida

d: distancia efectiva de la viga

a: altura del diagrama de tensiones equivalentes

F_y : esfuerzo de fluencia 2810 kg/cm^2

f'_c : esfuerzo de compresión del concreto 280 kg/cm^2

b: ancho de la cara comprimida del elemento

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{100.35 \text{ cm}^2}{(200\text{cm})(110 \text{ cm})} = 0.00456$$

$$c = 1.18 \frac{\rho F_y d}{0.85 f'_c} = 1.18 \frac{(0.00456)(2810 \text{ kg/cm}^2)(110 \text{ cm})}{0.85(280 \text{ kg/cm}^2)} = 6.99 \text{ cm}$$

Dado que $6.58 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$, se diseñará la viga como rectangular.

$$a = 0.85c = 0.85 (6.99 \text{ cm}) = 5.94 \text{ cm}$$

$$A_{\text{real}} = \frac{219.06 \text{ ton} - \text{m} \times 1000 \text{ kg} \times 100 \text{ cm}}{(2810 \text{ kg/cm}^2)(0.9)(110\text{cm} - \frac{5.94\text{cm}}{2})} = 95.17 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 11 ($A = 9.57 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$95.17 \text{ cm}^2 / 9.57 \text{ cm}^2 = 9.94 = 10 \text{ varillas.}$$

- As máximo

Una sección no sobre reforzada cumple la condición del artículo 5.7.3.3.1 de la norma AASHTO.

$$c/d \leq 0.42$$

$$6.23 \text{ cm} / 100 = 0.06 \leq 0.42 \text{ OK}$$

- As mínimo

La cantidad de acero proporcionada debe ser capaz de resistir el menor valor de $1.2 M_{cr}$, del artículo 5.7.3.3.2 que se establece en la norma AASHTO.

$$M_{cr} = 1.2 [(2.01\sqrt{f'c})(1/6 (bf)(h)^2)]$$

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01\sqrt{280 \text{ kg/cm}^2})(1/6 (200 \text{ cm})(120\text{cm})^2) \right] = 202.40 \text{ ton} - \text{m}$$

El menor momento es 202.40 ton-m y la cantidad de acero calculado (91.17 cm^2) resiste el momento de 219.06 ton-m.

Refuerzo cama superior: $33\% A_s = 6 \text{ No. 8}$

El refuerzo de la cama inferior se utilizará 8 No. 11 corridos y en $L/2$ medidos del centro hacia los apoyos 2 No. 11.

Para el cortante será el mismo que el de la viga interior.

- Refuerzo adicional:

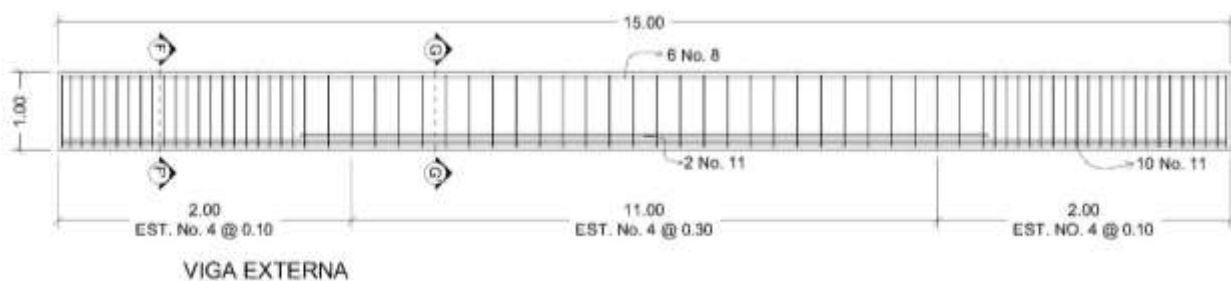
Según normas AASHTO es necesario reforzar la viga con acero adicional por ser de peralte grande y no un espacio de concreto sin acero por ello se colocará un refuerzo adicional de 5.37 cm^2 .

Refuerzo adicional = $1.10 \times 5.37 \text{ cm}^2 = 5.90 \text{ cm}^2$.

Utilizando varilla No.4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

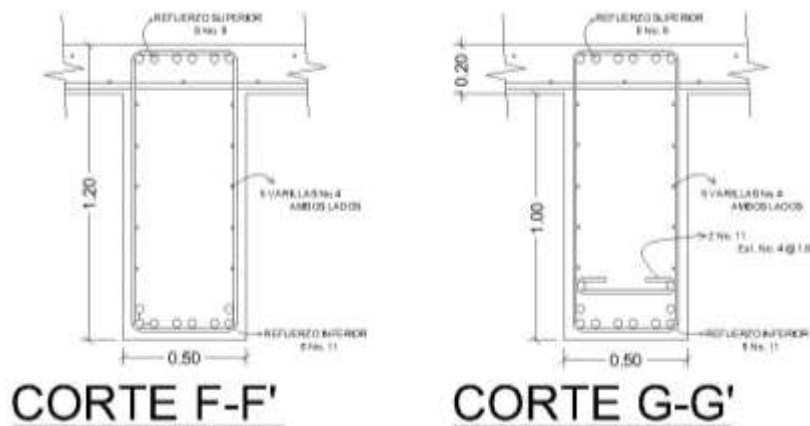
$5.90 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 4.64 = 5$ varillas No. 4 G40 por lado.

Figura 18. Armado longitudinal de viga externa



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

Figura 19. Armado final viga externa corte F-F' y corte G-G'



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

2.8.6 Diseño de diafragmas

Según especificaciones AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo requerido por la sección.

2.8.6.1. Diseño de diafragma externo

$$H = 0.90 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$d = 0.90 \text{ m} - 0.05 \text{ m} = 0.85 \text{ m}$$

- Cálculo de refuerzo

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01 \sqrt{f'_c}) \left(\frac{1}{6} (bf)(h)^2 \right) \right]$$

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01 \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}) \left(\frac{1}{6} (30 \text{ cm})(90 \text{ cm})^2 \right) \right] = 17.07 \text{ ton} - \text{m}$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = 8.09 \text{ cm}^2$$

- As mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{F_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{2810 \frac{kg}{cm^2}} \times 30 \text{ cm} \times 85 \text{ cm} = 12.79 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s_{\min}}$ se considera el área de acero mínima.

Utilizando varilla No. 6 ($A = 2.85 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$12.79 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2 = 4.48 = 5 \text{ varillas para cada cama.}$$

- Acero adicional por altura

Para la seguridad del elemento se recomienda usar 5.9 cm^2 por metro de altura del diafragma.

$$A_{s_{\text{sad}}} = 5.29 \text{ cm}^2 \times h$$

$$A_{s_{\text{sad}}} = 5.29 \text{ cm}^2 \times 0.90 = 4.76 \text{ cm}^2$$

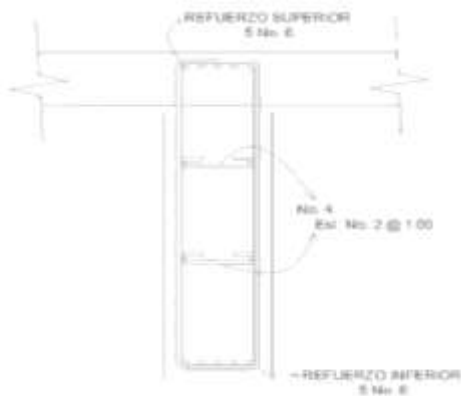
Utilizando varilla No. 4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$4 \times 1.27 \text{ cm}^2 = 5.08 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento de estribos

$$S = d/2 = 85\text{cm} / 2 = 42.5 \text{ cm} \rightarrow \text{Se colocará estribo No. 3 @ 0.30 m.}$$

Figura 20. Armado diafragma interior



Elaboración personal con programa AutoCAD

2.8.6.2. Diseño de diafragma interior

$$H = 0.90 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$d = 0.90\text{m} - 0.05 \text{ m} = 0.85 \text{ m}$$

- Cálculo de refuerzo

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01\sqrt{f'_c}) \left(\frac{1}{6} (bf)(h)^2 \right) \right]$$

$$M_{cr} = 1.2 \left[(2.01 \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}) (1/6 (30 \text{ cm})(90 \text{ cm})^2) \right] = 17.07 \text{ ton} - \text{m}$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = 8.09 \text{ cm}^2$$

- As mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{F_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810 \frac{kg}{cm^2}} \times 30 \text{ cm} \times 85 \text{ cm} = 12.79 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s_{min}}$ se considera el área de acero mínima.

Utilizando varilla No. 6 ($A = 2.85 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$12.79 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2 = 4.48 = 5 \text{ varillas para cada cama.}$$

- Acero adicional por altura

Para la seguridad del elemento se recomienda usar 5.9 cm^2 , por metro de altura del diafragma.

$$A_{s_{sad}} = 5.29 \text{ cm}^2 \times h$$

$$A_{s_{\text{sad}}} = 5.29 \text{ cm}^2 \times 0.90 = 4.76 \text{ cm}^2$$

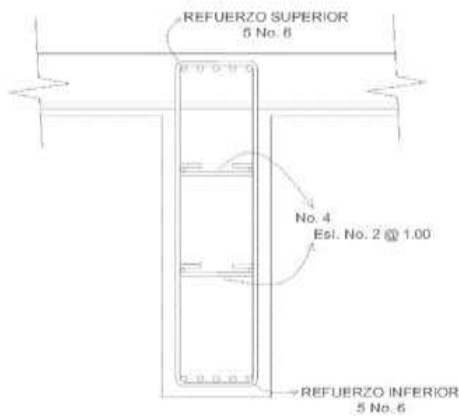
Utilizando varilla No.4 ($A = 1.27 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$4 \times 1.27 \text{ cm}^2 = 5.08 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento de estribos

$$S = d/2 = 85\text{cm} / 2 = 42.5 \text{ cm} \text{ -----> Se colocará estribo No. 3 @ 0.30 m.}$$

Figura 21. Armado diafragma exterior



Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa AutoCAD

2.9 Diseño de la subestructura

La subestructura es el conjunto de los elementos requeridos para soportar la carga de la superestructura y carga viva.

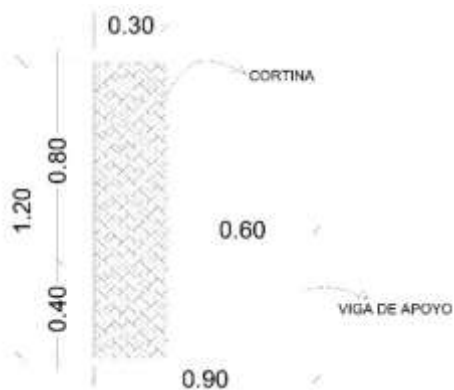
2.9.1 Diseño de cortina

La función de la cortina es de un muro de contención, para el relleno del aproche. Según AASHTO 1.2.22 la cortina se encuentra empotrada en la viga de

apoyo y su altura depende de la altura de la viga principal del puente; por ello en su diseño es necesario tener en cuenta las reacciones de los extremos de cada carga y las presiones siguientes:

- Carga de sismo
- Carga longitudinal
- Carga de suelo
- Carga por sobrecarga.

Figura 22. Sección cortina y viga de apoyo



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

De acuerdo con la AASHTO 1.1.19, se le debe aplicar una sobrecarga provocada por el empuje del suelo de 0.480 ton/m^3

- Cálculo de la fuerza de sismo

$$S = 0.12 \times W_{\text{cortina}}$$

$$S = 0.12 \times \left(2.4 \text{ ton/m}^3 \times 1.20 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 1 \text{ m} \right) = 0.103 \text{ ton}$$

- Momento de sismo

$$M_{\text{sismo}} = 0.103 \text{ ton} \times 0.6 \text{ m} = 0.0618 \text{ ton} - \text{m}$$

- Cálculo de la fuerza longitudinal o fuerza de frenado (AASHTO 1.2.13)

$$F_l = \frac{0.05}{2H} \times P$$

P = peso camión = 8.00 ton

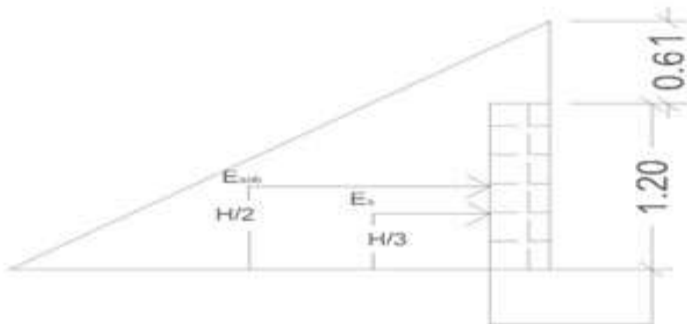
$$F_l = \frac{0.05}{2(1.20)} \times (8.00 \text{ ton}) = 0.166 \text{ ton}$$

- Momento por fuerza longitudinal

El brazo se transmite a 1.80 m, por encima de la carpeta de rodadura a través de la cortina.

$$M_{fl} = 0.166 \text{ ton} \times 3 \text{ m} = 0.498 \text{ ton} - \text{m}$$

Figura 23. Fuerzas que actúan sobre la cortina



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

- Sobre carga

La carga aplicada por la sobrecarga del suelo líquido actuando a 0.61 m, arriba de la cortina.

$$Sob = 0.480 \text{ ton/m}^3 \times 0.61 \text{ m} = 0.292 \text{ ton/m}^2$$

- Presión al pie de la cortina

$$S = 0.480 \text{ ton/m}^3 \times H_{\text{cortina}}$$

$$S = 0.480 \text{ ton/m}^3 \times 1.20 \text{ m} = 0.576 \text{ ton/m}^2$$

- Cálculo del empuje del suelo

Donde:

Es = carga del suelo aplicada a la cortina

Esob = sobrecarga del suelo aplicada al centro de la cortina

$$E_{sob} = 0.292 \text{ ton/m}^2 \times 1.20 \text{ m} = 0.35 \text{ ton/m}$$

$$E_s = 0.576 \text{ ton/m}^2 \times 0.60 \text{ m} = 0.347 \text{ ton/m}$$

El empuje total del suelo es de = 0.697 ton/m

- Momento por el empuje del suelo

$$M_{Esob} = E_{sob} \times \frac{H}{2} = (0.35 \text{ ton/m} \times 0.6) = 0.21 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{Es} = E_s \times \frac{H}{3} = (0.347 \text{ ton/m} \times 0.4) = 0.138 \text{ ton} - \text{m}$$

- Cálculo de momentos por grupos

Según AASHTO 3.22.1 cuando existen fuerzas por sismo se deberá de comparar las ecuaciones del grupo III y IV, para determinar el momento máximo de diseño que se aplicará a la cortina.

Grupo III

$$Mu = 1.30 (M_{Esbo} + M_{Es} + M_{fl})$$

$$Mu = 1.30 (0.21 \text{ ton} - \text{m} + 0.138 \text{ ton} - \text{m} + 0.498 \text{ ton} - \text{m}) = 1.09 \text{ ton} - \text{m}$$

Grupo IV

$$Mu = 1.30 (M_{Esbo} + M_{Es} + M_S)$$

$$Mu = 1.30 (0.21 \text{ ton} - \text{m} + 0.138 \text{ ton} - \text{m} + 0.0618 \text{ ton} - \text{m}) = 0.533 \text{ ton} - \text{m}$$

- Cálculo del refuerzo

$$Mu = 1.09 \text{ ton-m}$$

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 f_c}} \right\} \times \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left\{ (110 \times 30) - \sqrt{(110 \times 30)^2 - \frac{1.09 \times 1000 \times 30}{0.003825 (280)}} \right\} \times \frac{0.85 (280)}{2810}$$

Se obtiene los siguientes datos de área de acero:

$$A_{s_{req}} = 1.97 \text{ cm}^2$$

- As mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{F_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \times 110 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 13.79 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s_{min}}$ se considera el área de acero mínima.

Utilizando varilla No. 6 ($A = 2.85 \text{ cm}^2$), se obtiene:

$$13.79 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2 = 4.83 = 5 \text{ varillas}$$

- As por temperatura

$$A_{s_{tem}} = 0.002 \times b \times d$$

$$A_{s_{tem}} = 0.002 \times 110\text{cm} \times 30\text{ cm} = 4.4\text{cm}^2$$

Colocar No.6 @ 0.25 m

- Revisión por cortante

Grupo III = 1.30 (E + FI)

Grupo III = 1.30 (0.697 ton + 0.166 ton) = 1.122 ton

Grupo IV = 1.30 (E + S)

Grupo IV = 1.30 (0.697 ton + 0.103 ton) = 1.04 ton

- Corte que resiste el concreto

$$V_{cr} = 0.53 \times 0.85 \times b \times d \times \sqrt{f'_c}$$

$$V_{cr} = 0.53 \times 0.85 \times 110 \times 30 \times \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 16.58 \text{ ton}$$

El concreto absorbe todo el corte, por lo que el refuerzo será:

- Espaciamiento de estribos

$S = d / 2 = 22 \text{ cm} / 2 = 11\text{cm}$ ----> Se colocará estribo No. 3 @ 0.10 m.

2.9.2 Diseño de la viga de apoyo

La viga de apoyo va colocada a lo largo de todo el estribo, por lo que no hay flexión sobre la misma, por ello el elemento solo sufre aplastamiento.

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{F_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \times 90 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 18.06 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 6 ($A = 2.85 \text{ cm}^2$), se obtiene:

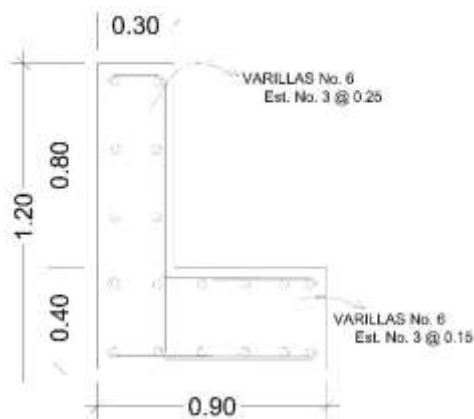
$$18.06 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2 = 6.33 = 7 \text{ varillas}$$

- Espaciamiento de estribos

$$S = d / 2 = 32 \text{ cm} / 2 = 15 \text{ cm}.$$

Se colocará estribo No. 3 @ 0.15

Figura 24. Armado de cortina y viga de apoyo



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

2.9.3 Diseño de apoyo elastomérico

Tzicap (2010)

El neopreno es un elemento que está elaborado con caucho altamente resistente, y que en combinación con el acero, forman un elemento de apoyo simple y resistente entre la viga principal y la de apoyo, para que estas no se dañen debido a las fuerzas a las que están sometidas. Este apoyo disipa las cargas causadas en la superestructura por vibraciones o impactos, que se producen por los movimientos de las cargas móviles (p. 89).

El elastómero es un vínculo transmisor que transmite las cargas verticales del peso de la superestructura y las de tráfico libre de tensiones a los apoyos. Los apoyos de neopreno sirven como juntas de dilatación, que permiten regularizar los esfuerzos a compresión que ejercen las cargas; estos elementos son capaces de absorber movimientos en todas direcciones y rotaciones en los ejes por las propiedades del material. Los apoyos del puente serán de neopreno de dureza Shore 60 reforzados con placas metálicas.

- Esfuerzo a compresión

$$\sigma_p = \frac{8 ab}{t + ab}$$

$$\sigma_t = \frac{P}{ab}$$

$$\frac{\Delta L}{T} \leq 0,5 \text{ para apoyos fijos o móviles}$$

Donde:

ΔL = máximo desplazamiento horizontal

a, b = dimensiones del apoyo (a= 50 cm y b= 50 cm)

σ_p = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

σ_t = esfuerzo admisible del acero

t = espesor de una lámina de elastómero (13mm)

T = espesor total del elastómero

P = cortante último de viga intermedia

L = longitud del puente en centímetros

$$\sigma_p = \frac{8 ab}{t + ab} = \frac{8 (50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm})}{1.3 + (50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm})} = 8.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{P}{ab} = \frac{86,475 \text{ kg}}{(50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm})} = 34.59 \text{ kg/cm}^2$$

AASHTO recomienda un máximo esfuerzo de 100 kg/cm^2 y los esfuerzos cálculos se encuentran dentro del parámetro. En el desplazamiento se utilizará la ley de Hooke; $\sigma_f = 1,700 \text{ kg/cm}^2$.

- Desplazamiento horizontal

$$\Delta \ell_t = \frac{\sigma_f}{E} \times L$$

$$\Delta \ell_t = \frac{1,700 \text{ kg/cm}^2}{2,1 \times 10^6} \times 1,500 \text{ cm} = 1.21 \text{ cm}$$

- Deformación por carga muerta

$$\Delta \ell_{CM} = \frac{\Delta \ell_t \times M_{CM}}{M_{CM} + M_{LL+I}}$$

$$\Delta \ell_{CM} = \frac{1.21 \text{ cm} \times 81.55 \text{ ton/m}}{81.55 \text{ ton/m} + 91.25 \text{ ton/m}} = 0.57 \text{ cm}$$

- Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida

$$\Delta_c = 0.000165 \times L$$

$$\Delta_c = 0.000165 \times 1,500 \text{ cm} = 0.25 \text{ cm}$$

- Deformación por temperatura

$$\Delta_t = 0.000011 \times D^o \times L$$

$$\Delta_t = 0.000011 \times 10^o\text{C} \times 1,500\text{cm} = 0.167 \text{ cm}$$

- Deformaciones máximas

$$\text{Contracción} = \Delta \ell_{CM} - (\Delta_c + \Delta_t)$$

$$\text{Contracción} = 0.57\text{cm} - (0.25\text{cm} + 0.167\text{cm}) = 0.153 \text{ cm}$$

- Dilatación

$$D = (\Delta \ell_t + \Delta_t) - \Delta_c = (1.21\text{cm} + 0.167\text{cm}) - 0.25 \text{ cm} = 1.13\text{cm}$$

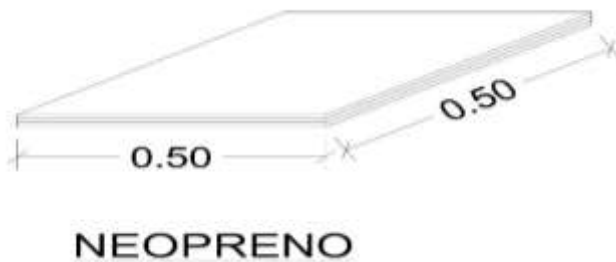
Entonces el máximo desplazamiento del apoyo considerado será 1.13 cm.

- Espesor de apoyos

Se colocarán 2 placas de elastómeros de 13 mm + 2 placas de acero de 2mm + una placa de elastómeros en el medio de 3.3 cm.

$$\frac{\Delta L}{T} = \frac{1.13 \text{ cm}}{3.30 \text{ cm}} = 0.34 < 0.50$$

Figura 25. Detalle de neopreno



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

2.9.4 Diseño de estribos

“Son los apoyos extremos del puente, que transfieren la carga de éste al terreno y que sirve además para sostener el relleno de los acceso al puente” (AASHTO, 2010, p.10).

La función principal de los estribos es soportar las cargas provenientes de la superestructura y transmitir las al suelo. Dichos elementos serán de concreto

ciclópeo y se analizaran por volteo, deslizamiento y presiones máximas y mínimas.

- Sobrecarga

$$Sob = 0.61 \text{ m} \times 0.480 \text{ ton/m}^3 = 0.2928 \text{ ton/m}^2$$

- Presión del suelo

$$P_{\text{suelo}} = 7.7 \text{ m} \times 0.480 \text{ ton/m}^3 = 3.69 \text{ ton/m}^2$$

Empuje y momento de volteo 0.2928

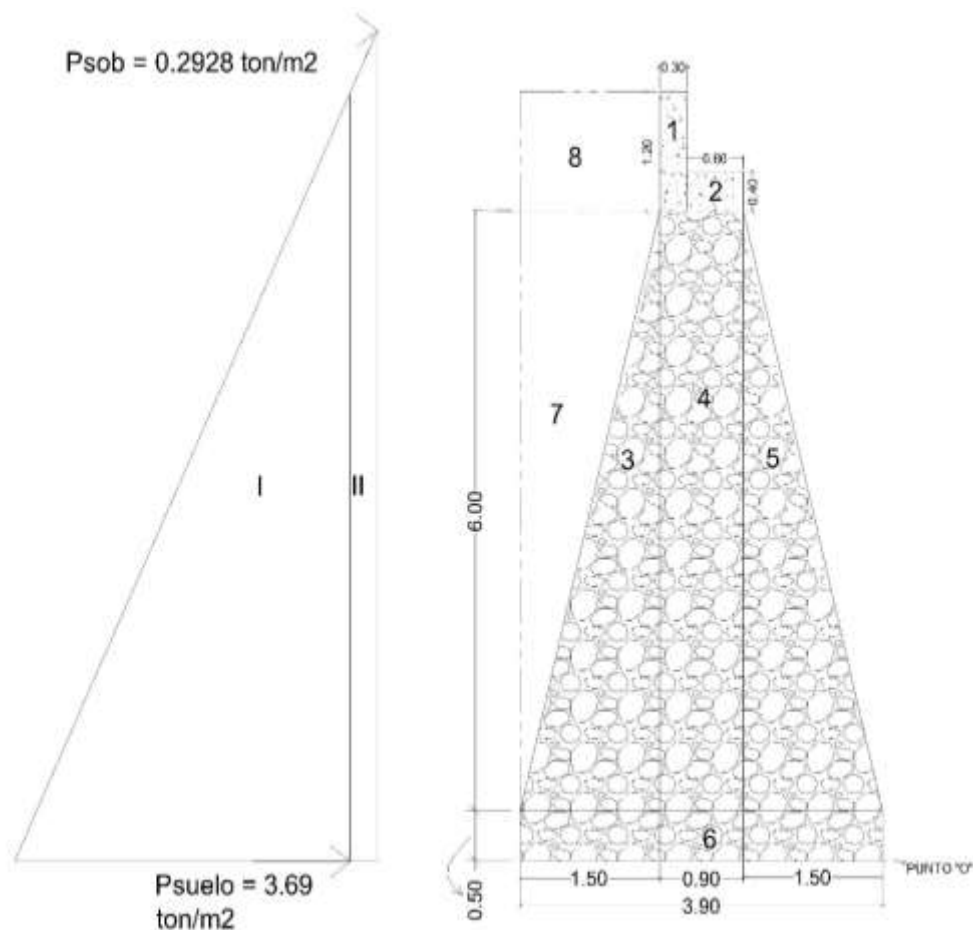
Estos son producidos por el suelo.

Tabla 9. Empuje y momento de volteo del estribo

SECCIÓN	PRESIÓN ton/m ²	ALTURA m	EMPUJE ton/m	BRAZO M	MOMENTO ton – m/m
I	0.2928	7.7	2.254	3.85	8.6779
II	3.69	3.85	14.20	2.57	36.49
E=			16.454	Mv=	45.17

Fuente: Elaboración personal

Figura 26. Diagrama de presiones y geometría del estribo



Fuente: Elaboración personal con programa AutoCAD

Es producido por el peso de la estructura y por el relleno. Se calcula respecto al punto O, mostrado en la figura 26.

Tabla 10. Momento estabilizante del estribo.

SECCIÓN	AREA m ²	PESO ESP. ton/m ²	PESO ton/m	BRAZO m	MOMENTO ton – m/m
1	0.36	2.4	0.86	2.25	1.93
2	0.24	2.4	0.58	1.80	1.04
3	4.5	2.5	11.25	2.9	32.63
4	5.4	2.5	13.5	1.95	26.33
5	4.5	2.5	11.25	1.00	11.25
6	1.95	2.5	4.88	1.95	9.5
7	4.5	1.40	6.30	4.4	27.72
8	1.80	1.40	2.52	3.15	7.95
		W=	51.14	M _E =	118.65

Fuente: Elaboración personal

- Revisión del muro sin superestructura

- Volteo

$$V_{\text{volteo}} = \frac{M_E}{M_V} \geq 1.5$$

$$V_{\text{volteo}} = \frac{118.65 \text{ ton} - \text{m/m}}{51.14 \text{ ton} - \text{m/m}} = 2.32 \geq 1.5$$

- Deslizamiento

$$D = 0.5 \left(\frac{W}{E} \right) \geq 1.5$$

$$D = 0.5 \left(\frac{51.14 \text{ ton/m}}{16.457 \text{ ton/m}} \right) = 1.55 \geq 1.5$$

- Presiones máximas y mínimas

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$a = \frac{M_E - M_v}{W}; 3a > b$$

$$P_{\max} = \frac{W}{A} \times \left(1 + \frac{6e}{b} \right) < V_s$$

$$P_{\min} = \frac{W}{A} \times \left(1 - \frac{6e}{b} \right) > 0$$

$$a = \frac{118.65 \text{ ton} - \text{m/m} - 45.17 \text{ ton} - \text{m/m}}{51.14 \text{ ton} - \text{m/m}} = 1.43 \text{ m}$$

$$3a = 3 \times 1.43 \text{ m} = 4.31 \text{ m} > 3.90 \text{ m}$$

$$e = \frac{3.9 \text{ m}}{2} - 1.43 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$$

Donde:

W = es la carga del estribo

A = Área de la cimentación

b = Base de la cimentación b = 3.9 m

$V_s = 41.30 \text{ ton/m}^2$

A = b x unidad de diseño

A = 3.9 m x 1 m = 3.9 m²

$$P_{\max} = \frac{51.14}{3.9\text{m}^2} \text{ton} - \text{m/m} \times \left(1 + \frac{6(0.6)}{3.9\text{m}}\right) = 26.53 \text{ ton/m}^2 < V_s$$

$$P_{\min} = \frac{51.14}{3.9\text{m}^2} \text{ton} - \text{m/m} \times \left(1 - \frac{6(0.6)}{3.9\text{m}}\right) = 1.06 \text{ ton/m}^2 > 0$$

La revisión se hace para el valor del cortante último obtenido para las vigas.

- Carga muerta

$$W = \frac{V_u}{L_{VA}}$$

$$W = \frac{4 \times 67.96 \text{ ton}}{8 \text{ m}} = 33.98 \text{ ton/m}$$

Para el cálculo de momento como brazo se utilizará la mitad de la base del estribo.

$$M_{\text{total}} = W \times B$$

$$M_{\text{total}} = 33.98 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \times 1.95\text{m} = 66.26 \text{ ton} - \text{m/m}$$

$$M_{\text{Etotal}} = M_{\text{total}} + M_{\text{E}}$$

$$M_{\text{Etotal}} = 66.26 \text{ ton} - \text{m}/\text{m} + 118.65 \text{ ton} - \text{m}/\text{m} = 184.91 \text{ ton} - \text{m}/\text{m}$$

- Revisión de presiones

$$a = \frac{M_{\text{Etotal}} - M_{\text{v}}}{W_2 + W}$$

$$a = \frac{184.91 \text{ ton} - \text{m}/\text{m} - 45.17 \text{ ton} - \text{m}/\text{m}}{33.98 \text{ ton}/\text{m} + 51.14 \text{ ton}/\text{m}} = 1.64$$

$$e = \frac{3.9\text{m}}{2} - 1.64\text{m} = 0.30 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{33.98 \text{ ton}/\text{m} + 51.14 \text{ ton}/\text{m}}{3.9 \text{ m}^2} \times \left(1 + \frac{6 (0.30)}{3.9\text{m}}\right) = 31.89 \text{ ton}/\text{m}^2$$

$$P_{\text{max}} < V_s$$

$$P_{\text{min}} = \frac{33.98 \text{ ton}/\text{m} + 51.14 \text{ ton}/\text{m}}{3.9 \text{ m}^2} \times \left(1 - \frac{6 (0.28)}{3.9\text{m}}\right) = 11.75 \text{ ton}/\text{m}^2$$

$$P_{\text{min}} > 0$$

2.10 Especificaciones técnicas

Son especificaciones generales y técnicas, con el propósito de establecer lineamiento a los cuales se deberá sujetar la ejecución del proyecto.

- Demolición de concreto: consiste en la demolición total de la estructura existente en el área donde se construirá el proyecto, entre los que se mencionan: todas las actividades de eliminación de concreto armado o fundido, mampostería entre otros. Los materiales provenientes de la demolición serán transportados y descargados en áreas aprobadas por el supervisor.
- Retiro de sobrantes y limpieza: todo material sobrante se retirarán del lugar del proyecto y se trasladarán a lugares indicados por el supervisor de la obra. La disposición final se hará en el basurero general del municipio de Jalapa.
- Replanteo topográfico: consiste en establecer con precisión la ubicación de los elementos estructurales del puente, así como indicar la altura a la que estos deberán ir, en base al estudio hidrológico sobre la crecida máxima.
- Excavación para cimentaciones: son todas las actividades para la construcción de los estribos del puente. Estos no deben exceder las cotas que se establezcan por el supervisor. Las paredes de la excavación nunca deberán ser utilizadas como formaletas de fundición. Las grietas que se presenten se llenarán de concreto, mortero o lechada de cemento. El área de cimentación debe estar seca para trabajar y si presenta agua el supervisor es el encargado de la evacuación.
- Estribos de concreto ciclópeo: estos elementos se fundirán con concreto ciclópeo cuya proporción será (66 % piedra bola de río no mayor a 30 cm y el 34 % de sabieta de concreto). La madera que se utilizará para formaleta será de pino con un espesor mínimo de 1", de preferencia con una cara cepillada con el fin de lograr un acabado

poco áspero en el concreto. Las piedras se lavarán para eliminar residuos de tierra, arcilla entre otros componentes; humedeciéndolas de tal manera que garantice el proceso de fraguado, para evitar la pérdida de agua en la sabieta por absorción del material pétreo.

- Formaleta: estas deberán ceñirse en todo a la forma, fines y dimensiones de los miembros que se moldearán de acuerdo a los planos. Serán lo suficientemente rígidas para evitar deformaciones a ser sometidas al peso provocado por la fundición. La madera utilizada para formaleta deberá estar limpia de impurezas, clavos y sobrantes de concreto. El supervisor deberá aprobar o rechazar si la madera a utilizar de formaleta está en mal estado, por el número de usos, o baja calidad por el maltrato de la misma.

Las piezas sobre las que se colocará directamente el concreto deberán ser cepilladas y luego de armarla se mojará cuando menos una hora antes de la fundición o colado, con respecto a las uniones y/o juntas deberán apretarse al máximo; si quedan espacios o huecos se taparan con papel, tiras de madera o papel húmedo (sobrantes de bolsas de cemento o cal o papel periódico).

- Remoción de formaleta: no podrá removerse ninguna formaleta sin la autorización previa del supervisor. Al retirarla, se tendrá cuidado de no causar grietas o desconchar la superficie del concreto. Esta podrá ser tratada con desencofrante que autorice el supervisor, a fin de no dañar el elemento estructural y mantener la forma a la hora de retirarla. No se removerá antes que los tiempos indicados, no obstante, si a juicio del supervisor así es necesario, se mantendrán en su lugar por un tiempo mayor que el que se especifique. Ningún miembro estructural ya fundido soportará directamente sin la formaleta colocada en su lugar cargas de construcción que excedan las cargas de diseño.

- Acero de refuerzo: el acero de refuerzo empleado en la construcción será corrugado de grado 40, con módulo de fluencia $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$. Las varillas al ser colocadas dentro del concreto estarán completamente libre de óxido, moho o cualquier otra capa o cubierta que pueda reducir su adherencia al concreto.
- Colocación de refuerzo: para armar, colocar, separar y mantener el refuerzo en su sitio se emplearán accesorios de concreto aprobados por el supervisor.

La separación mínima entre barras en base al capítulo 7 del ACI 318-05, será igual a las siguientes dimensiones:

- Distancia libre entre mínima entre barras paralelas no debe ser menor a 25 mm.
- Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las de las capas inferiores, con una distancia libre entre capas no menor de 25 mm.
- Los grupos de barras paralelas dispuestas en un paquete para trabajar como una unidad, deben limitarse a 4 barras para cada paquete.
- Recubrimientos: AASHTO 8.22. Se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto. Para el muro 8 cm; para losas en cama superior 5 cm, cama inferior 2.5 cm; para columnas y vigas 5 cm.
- Longitud de desarrollo: AASHTO 8.24.1.2. Las barras de refuerzo deben de estar ancladas en el concreto en ambos lados de manera que pueda desarrollarse en ellas el esfuerzo requerido. Se proporcionará a las barras la longitud necesaria a partir del punto donde se requieren por diseño, siendo esta la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o $L/20$.

- Traslapes: AASHTO 8.25. Se calcula en base a la longitud de desarrollo. Es necesario el uso de uniones mecánicas para el uso de barras No. 11 o mayores.
- Ganchos o Dobleces: AASHTO 8.23.2.2. Los dobleces se deberán hacer en frío y a un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trate de 180 grados o 12 diámetros cuando se trate de 90 grados.

Los dobleces para estribos se harán alrededor de un perno cuyo diámetro no será menor de dos veces el diámetro de la barra y para el resto de las barras, se harán siempre y cuando no sea menor que el que a continuación se detalla:

Barras No. 3 a No. 5: 5 diámetros de la varilla

Barras No. 5 a No. 25: 6 diámetros de la varilla

Se deberá de seguir las normas establecidas para manojos de barras respecto a su cantidad, longitud de desarrollo y recubrimiento, siendo los lineamientos del artículo 8.21.5 de AASHTO.

- Concreto: se utilizará para las estructuras concreto con resistencia de $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ o 3000 PSI a los 28 días, con proporción 1:2:2.
- Cemento: será de la mejor calidad y marca conocida localmente. Este debe cumplir con las especificaciones para cemento que dicen las Normas COGUANOR NGO 41001.
- Agregado fino: se utilizará arena de río, libre de arcilla, desechos orgánicos y sales minerales, los cuales afecten las propiedades y calidad del concreto. Debe cumplir con las especificaciones de los agregados para concreto COGUANOR NGO 41 007 o ASTM C 33.

- Agregado grueso: el piedrín será triturado libre de arcilla, materia vegetal y materiales blandos o desmenuzables que afecten la calidad del concreto. Deberá cumplir con las especificaciones de agregados para concreto COGUANOR NGO 41 007 ó ASTM C 33. Para el caso de piedra triturada a máquina, ésta se cernirá para separar completamente el polvo de la piedra, antes de almacenarla, a menos que la piedra triturada sea lavada.
- Agua: el agua a utilizar deberá estar limpia y libre de ácidos, aceites o de cualquier otra impureza orgánica que puedan manchar o decolorar el concreto. Los aditivos deberán emplearse en las proporciones indicadas por el fabricante.
- Neopreno dureza 60: es un mecanismo deslizante, construido y colocado entre los extremos de las vigas principales y la viga de apoyo con el propósito de transmitir cargas y acomodar los movimientos horizontales del puente entre la estructura y la rasante del camino. Este trabajo consiste en la instalación del mecanismo deslizante de soporte para la superestructura del puente en base a lo especificado en los planos. Las dimensiones del apoyo son de 50 cm, por 50 cm, con dos placas de elastómeros de 13 mm y dos placas de 2 mm, con una placa en medio de 3.3 mm.

2.11 Elaboración de planos constructivos

- Plano de localización y ubicación
- Plano de curvas de nivel del puente
- Plano de geometría de superestructura
- Plano de armado de diafragmas y losa
- Plano de geometría y armado de vigas
- Plano de geometría de subestructura.

2.12 Presupuesto

Tabla 11. Resumen presupuesto del diseño puente vehicular caserío El Lazareto

No.	Nombre del renglón	Cantidad	Unidad	Costo/U	Sub-Total
1	Trabajo preliminares	1	Unidad	Q 19,758.08	Q 19,758.08
2	Replanteo topográfico	1	Km	Q 5,174.80	Q 5,174.80
3	Excavación estructural	480	m ³	Q 66.33	Q 31,836.24
4	Estribo de mampostería de piedra	245	m ³	Q 2,024.43	Q 495,985.20
5	Viga de apoyo + cortina	8.96	m ³	Q 2,740.23	Q 24,552.42
6	Neopreno	8.00	Unidad	Q 3,808.00	Q 30,464.00
7	Diafragma exterior e interior	32.00	m	Q 1,451.76	Q 46,456.24
8	Viga principal exterior	30.00	m	Q 3,214.59	Q 96,437.60
9	Viga principal interior	30.00	m	Q 2,972.73	Q 89,182.00
10	Losa	98.00	m ²	Q 1,960.51	Q 192,129.92
11	Acera	12.00	m ²	Q 1,570.00	Q 18,849.60
12	Baranda	30.00	m	Q 1,332.07	Q 39,962.24
13	Movimiento de tierra	470	m ³	Q 542.09	Q 254,782.40
TOTAL					Q 1,345,570.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resumen gastos administrativos del puente vehicular
caserío el Lazareto

Gastos técnicos administrativos (tiempo de ejecución de la obra 4 meses)				
Puesto	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Total
Secretaria	4	Q 15.00	Q 1,800.00	Q 7,200.00
Contador	4	Q 15.00	Q 1,800.00	Q 7,200.00
Auxiliar de Ingeniero	8	Q 30.00	Q 7,200.00	Q 28,800.00
Ingeniero	6	Q 50.00	Q 9,000.00	Q 36,000.00
			Total	Q 79,200.00
Alquiler y depreciación				
Renglón	Costo/mes	Total		
Local de oficina	Q 600.00	Q 2,400.00		
Luz, teléfono e internet	Q 500.00	Q 2,000.00		
Mantenimiento general	Q 500.00	Q 2,000.00		
			Total	Q 6,400.00
Otros gastos administrativos				
Combustible	Q 500.00	Q 2,000.00		
Guardián	Q 2,200.00	Q 8,800.00		
Seguros varios	Q 9,000.00	Q 36,000.00		
Insumos de oficina	Q 500.00	Q 2,000.00		
			Total	Q 48,800.00
			Total de gastos administrativos	Q 134,400.00
			Total costos directos	Q 1,013,180.25
			Porcentaje	13.27%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resumen de impuestos del diseño puente vehicular caserío el Lazareto

Desglose de impuestos		
Descripción	Total	
Total materiales	Q	676,761.00
Total mano de obra, maquinaria y equipo	Q	336,419.25
Total costos directos	Q	1,013,180.25
Utilidad (10% de los costos directos)	Q	101,318.03
ISR (25% de utilidad)	Q	25,329.51
IVA (12% mano de obra y utilidad)	Q	52,528.47
Total Impuesto	Q	77,857.98
% de costos directos	8%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Costos unitarios trabajos preliminares

1	Trabajos preliminares	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Unidad	1	Q 19,758.08	Q 19,758.08
	Costos directos				
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Cal hidratada	Saco	1	Q 35.00	Q 35.00
	Estacas de madera	Unidad	50	Q 0.50	Q 25.00
	Clavos 3"	Libra	3	Q 6.00	Q 18.00
	Pintura	Galón	1	Q 30.00	Q 30.00
				Subtotal	Q 108.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Limpieza del terreno	Unidad	1	Q 4,000.00	Q 4,000.00
	Trazo y nivelación	m	30	Q 5. 00	Q 150.00
	Transporte de personal	Viaje	2	Q 250.00	Q 500.00
	Retroexcavadora	Hora	24	Q 250.00	Q 6,000.00
	Camión de volteo 12 m³	Viaje	15	Q 250.00	Q 3,750.00
Herramienta	Unidad	1	Q 20.00	Q 20.00	
			Subtotal	Q 14,420.00	
			Total	Q 14,528.00	
Indirectos					
Gastos administrativos 13%		13%	Q 1,888.64		
Impuestos 8%		8%	Q 1,162.24		
Utilidad 10%		10%	Q 1,452.80		
Imprevistos 5%		5%	Q 726.40		
			Total	Q 5,230.08	
Costo total del renglón				Q 19,758.08	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Costo unitario replanteo topográficos

2	Replanteo topográfico	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Km	1	Q 5,174.80	Q 5,174.80
Costos directos					
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Madera rústica		Pie/tabla	50	Q 5.00	Q 250.00
Clavos 3"		Libra	5	Q 6.00	Q 30.00
Cal hidratada		Saco	5	Q 35.00	Q 175.00
				Subtotal	Q 455.00
Mano de obra, maquinaria y equipo					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Topógrafo		Día	1	Q 200.00	Q 200.00
Ayudante		Día	2	Q 75.00	Q 150.00
Equipo topográfico		Día	3	Q 1,000.00	Q 3,000.00
				Subtotal	Q 3,350.00
				Total	Q 3,805.00

Indirectos				
Gastos administrativos 13%	13%	Q	494.65	
Impuestos 8%	8%	Q	304.40	
Utilidad 10%	10%	Q	380.50	
Imprevistos 5%	5%	Q	190.25	
		Total		Q 1,369.80
Costo total del renglón				Q 5,174.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Costos unitarios excavación estructural

3	Excavación estructural	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		m³	480	Q 66.33	Q 31,836.24
Costos directos					
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Clavo de 3"		Libra	3	Q 6.00	Q 18.00
Clavo de 1"		Libra	1	Q 6.00	Q 6.00
Madera rústica		Pie/tabla	100	Q 5.00	Q 500.00
Hilo de nylon		Rollo	2	Q 25.00	Q 50.00
Cal hidratada		Saco	1	Q 35.00	Q 35.00
				Subtotal	Q 609.00
Mano de obra, maquinaria y equipo					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Transporte de personal		Viaje	3	Q 600.00	Q 1,800.00
Excavadora		Hora	24	Q 250.00	Q 6,000.00
Camión de volteo 12 m³		Viaje	40	Q 250.00	Q 10,000.00
Herramienta		Unidad	1	Q 5,000.00	Q 5,000.00
				Subtotal	Q 22,800.00
				Total	Q 23,409.00
Indirectos					
Gastos administrativos 13%			13%	Q 3,043.17	
Impuestos 8%			8%	Q 1,872.72	
Utilidad 10%			10%	Q 2,340.90	
Imprevistos 5%			5%	Q 1,170.45	
				Total	Q 8,427.24
Costo total del renglón					Q 31,836.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Costos unitarios estribo de mampostería de piedra

4	Estribos de mampostería de piedra	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		m³	245	Q 2,024.43	Q 495,985.20
	Costos directos				
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Cemento Portland	Saco	2189	Q 75.00	Q 164,175.00
	Madera rústica	Pie/tabla	3522	Q 5.00	Q 17,610.00
	Clavos 3"	Libra	35	Q 6.00	Q 210.00
	Arena de río	m³	185	Q 150.00	Q 27,750.00
	Piedra de canto rodado	m³	176	Q 100.00	Q 17,600.00
	Alambre de amarre	Libra	50	Q 6.00	Q 300.00
				Subtotal	Q 227,645.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Zanjeo para cimentación	m³	405	Q 30.00	Q 12,150.00
	Camión de volteo	Viaje	25	Q 250.00	Q 6,250.00
Concretera	Hora	50	Q 30.00	Q 1,500.00	
Colocación de piedras	m³	245	Q 350.00	Q 85,750.00	
Martillo hidráulico	Hora	20	Q 350.00	Q 7,000.00	
Excavadora	Hora	24	Q 350.00	Q 8,400.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 15,000.00	Q 15,000.00	
Transporte de personal	Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
			Subtotal	Q 137,050.00	
			Total	Q 364,695.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación de tabla 17.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q 47,410.35	
Impuestos 8%	8%	Q 29,175.60	
Utilidad 10%	10%	Q 36,469.50	
Imprevistos 5%	5%	Q 18,234.75	
		Total	Q 131,290.20
Costo total del renglón			Q 495,985.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Costo unitario cortina y viga de apoyo

5	Cortina y viga de apoyo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m³	8.96	Q 2,740.23	Q 24,552.42
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No. 6	Varilla	35	Q 70.00	Q 2,450.00
	Acero corrugado No. 4	Varilla	65	Q 35.00	Q 1,300.00
	Cemento Portland	Saco	59	Q 75.00	Q 4,425.00
	Arena	m³	2.44	Q 150.00	Q 366.00
	Piedrín de 3/4"	m³	2.44	Q 150.00	Q 366.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	175	Q 5.00	Q 875.00
	Clavos de 3"	Libra	5	Q 6.00	Q 30.00
	Alambre de amarre	Libra	60	Q 6.00	Q 360.00
				Subtotal	Q 10,172.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Armado	m	32	Q 100.00	Q 3,200.00
	Estribo	Unidad	130	Q 10.00	Q 1,300.00
	Formaleteado	m	20.5	Q 15.00	Q 307.50
	Concretera	Hora	10	Q 30.00	Q 300.00
	Desencofrado	m	20.5	Q 7.50	Q 153.75
	Andamio	m	16	Q 7.50	Q 120.00
Transporte de personal	Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00	
			Subtotal	Q 7,881.25	
			Total	Q 18,053.25	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 18.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	2,346.92
Impuestos 8%	8%	Q	1,444.26
Utilidad 10%	10%	Q	1,805.33
Imprevistos 5%	5%	Q	902.66
		Total	Q 6,499.17
Costo total del renglón			Q 24,552.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Costo unitario neopreno

6	Neopreno	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Unidad	8	Q 3,708.00	Q 30,464.00
	Costos directos				
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Neopreno	Unidad	8	Q 2,700.00	Q 21,600.00
				Subtotal	Q 21,600.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Colocación de almohadillas de neopreno	Unidad	8	Q 75.00	Q 600.00
	Encargados	Día	1	Q 200.00	Q 200.00
				Subtotal	Q 800.00
			Total	Q 22,400.00	

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	2,912.00
Impuestos 8%	8%	Q	1,792.00
Utilidad 10%	10%	Q	2,240.00
Imprevistos 5%	5%	Q	1,120.00
		Total	Q 8,960.00
Costo total del renglón			Q 30,464.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Costos unitarios diafragma exterior e interior

7	Diafragma exterior e interior	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m	32.00	Q 1,451.76	Q 46,456.24
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No. 6	Varilla	70	Q 70.00	Q 4,900.00
	Acero corrugado No. 4	Varilla	28	Q 35.00	Q 980.00
	Acero corrugado No. 3	Varilla	64	Q 20.00	Q 1,208.00
	Cemento Portland	Saco	155	Q 75.00	Q 11,625.00
	Arena	m³	8	Q 150.00	Q 1,200.00
	Piedrín de 3/4"	m³	8	Q 150.00	Q 1,200.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	333	Q 5.00	Q 1,665.00
	Clavos de 3"	Libra	16	Q 6.00	Q 96.00
	Alambre de amarre	Libra	108	Q 6.00	Q 648.00
				Subtotal	Q 23,594.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal	
Armado	m	32	Q 150.00	Q 4,800.00	
Estribo	Unidad	107	Q 5.00	Q 535.00	
Formaleteado	m	65	Q 15.00	Q 975.00	
Concretera	Hora	10	Q 30.00	Q 300.00	
Concreto	m³	14.4	Q 55.00	Q 792.00	
Desencofrado	m	65	Q 7.50	Q 485.50	
Andamio	m	23.4	Q 7.50	Q 175.00	
Transporte de personal	Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00	
			Subtotal	Q 10,565.00	
			Total	Q 34,159.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 20.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	4,440.67
Impuestos 8%	8%	Q	2,732.72
Utilidad 10%	10%	Q	3,415.90
Imprevistos 5%	5%	Q	1,707.95
		Total	Q 12,297.24
Costo total del renglón			Q 46,456.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Costos unitarios viga exterior

8	Viga exterior	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m	30.00	Q 3,214.59	Q 96,437.00
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No. 11	Varilla	67	Q 200.00	Q 13,400.00
	Acero corrugado No. 8	Varilla	40	Q 110.00	Q 4,400.00
	Acero corrugado No. 4	Varilla	25	Q 35.00	Q 875.00
	Acero corrugado No. 3	Varilla	137	Q 20.00	Q 2,740.00
	Cemento Portland	Vaco	195	Q 75.00	Q 14,625.00
	Arena	m³	10	Q 150.00	Q 1,500.00
	Piedrín de 3/4"	m³	10	Q 150.00	Q 1,500.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	333	Q 5.00	Q 1,355.00
	Clavos de 3"	Libra	150	Q 6.00	Q 900.00
	Alambre de amarre	Libra	30	Q 6.00	Q 180.00
				Subtotal	Q 47,120.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Armadura No.11	m	30	Q 150.00	Q 4,500.00	
Armadura No. 8	m	30	Q 100.00	Q 3,000.00	
Estribo	Unidad	182	Q 10.00	Q 1,820.00	
Formaleteado	m	30	Q 15.00	Q 450.00	
Concretera	Hora	20	Q 30.00	Q 600.00	
Concreto	m³	18	Q 80.00	Q 1,440.00	
Desencofrado	m	30	Q 8.50	Q 255.00	
Andamio	m	30	Q 7.50	Q 225.00	
Transporte de personal	Viaje	3	Q 500.00	Q 1,500.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 10,000.00	Q 10,000.00	
			Subtotal	Q 23,790.00	
			Total	Q 70,910.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 21.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	9,218.30
Impuestos 8%	8%	Q	5,672.80
Utilidad 10%	10%	Q	7,091.00
Imprevistos 5%	5%	Q	3,545.50
		Total	Q 25,527.60
Costo total del renglón			Q 96,437.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Costos unitarios viga interior

9	Viga Interior	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m	30.00	Q 2,972.73	Q 89,182.00
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No. 11	Varilla	67	Q 200.00	Q 13,400.00
	Acero corrugado No. 8	Varilla	40	Q 110.00	Q 4,440.00
	Acero corrugado No. 4	Varilla	25	Q 35.00	Q 875.00
	Acero corrugado No. 3	Varilla	137	Q 20.00	Q 2,740.00
	Cemento Portland	Saco	195	Q 75.00	Q 14,625.00
	Arena	m³	10	Q 150.00	Q 1,500.00
	Piedrín de 3/4"	m³	10	Q 150.00	Q 1,500.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	333	Q 5.00	Q 1,665.00
	Clavos de 3"	Libra	150	Q 6.00	Q 900.00
	Alambre de amarre	Libra	30	Q 6.00	Q 180.00
				Subtotal	Q 41,785.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal	
Armadura No.11	m	30	Q 150.00	Q 4,500.00	
Armadura No. 8	m	30	Q 100.00	Q 3,000.00	
Estribo	Unidad	182	Q 10.00	Q 1,820.00	
Formaleteado	m	30	Q 15.00	Q 450.00	
Concretera	Hora	20	Q 30.00	Q 600.00	
Concreto	m³	18	Q 80.00	Q 1,440.00	
Desencofrado	m	30	Q 8.50	Q 255.00	
Andamio	m	30	Q 7.50	Q 225.00	
Transporte de personal	Viaje	3	Q 500.00	Q 1,500.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 10,000.00	Q 10,000.00	
			Subtotal	Q 23,790.00	
			Total	Q 65,575.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 22

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	8,524.75
Impuestos 8%	8%	Q	5,246.00
Utilidad 10%	10%	Q	6,557.50
Imprevistos 5%	5%	Q	3,278.75
		Total	Q 26,230.00
Costo total del renglón			Q 91,805.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Costo unitario losa

10	Losa	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m³	98	Q 1,960.51	Q 192,129.92
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No. 4	Varilla	210	Q 35.00	Q 7,350.00
	Acero corrugado No. 3	Varilla	120	Q 20.00	Q 2,400.00
	Cemento Portland	Saco	259	Q 75.00	Q 19,425.00
	Arena	m³	13	Q 150.00	Q 1,950.00
	Piedrín de 3/4"	m³	13	Q 150.00	Q 1,950.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	8629	Q 5.00	Q 43,145.00
	Postes de madera	Pie/tabla	215	Q 70.00	Q 15,050.00
	Clavos de 3"	Libra	115	Q 6.00	Q 690.00
	Alambre de amarre	Libra	102	Q 6.00	Q 612.00
				Subtotal	Q 92,572.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Armado con No.4	m²	120	Q 150.00	Q 18,000.00
	Formaleteado	m²	120	Q 100.00	Q 12,000.00
	Concretera	Hora	15	Q 30.00	Q 450.00
Concreto	m³	24	Q 125.00	Q 3,000.00	
Desencofrado	m²	120	Q 70.00	Q 8,400.00	
Andamio	m	50	Q 7.00	Q 350.00	
Transporte de personal	Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 5,500.00	Q 5,500.00	
			Subtotal	Q 48,700.00	
			Total	Q 141,272.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 23.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q 18,365.36	
Impuestos 8%	8%	Q 11,301.76	
Utilidad 10%	10%	Q 14,127.20	
Imprevistos 5%	5%	Q 7,063.60	
		Total	Q 50,857.92
Costo total del renglón			Q 192,129.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Costo unitario acera

11	Acera	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m ²	12	Q 1,570.00	Q 18,849.60
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Acero corrugado No. 3		Varilla	30	Q 20.00	Q 600.00
Tuvo PVC de 3" ø		Tubo	8	Q 272.00	Q 2,176.00
Cemento Portland		Saco	20	Q 75.00	Q 1,500.00
Arena		m³	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín de 3/4"		m³	1	Q 150.00	Q 150.00
Madera rústica 1" x 12" x 12´		Pie/tabla	478	Q 5.00	Q 2,390.00
Clavos de 3"		Libra	6	Q 6.00	Q 36.00
Alambre de amarre		Libra	24	Q 6.00	Q 144.00
				Subtotal	Q 7,146.00
Mano de obra, maquinaria y equipo					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Armado con No.3		m²	18	Q 25.00	Q 450.00
Formaleteado		m²	18	Q 70.00	Q 1,260.00
Fundición de concreto		m³	1.8	Q 125.00	Q 225.00
Concreto		m³	1.8	Q 55.00	Q 99.00
Desencofrado		m²	18	Q 10.00	Q 180.00
Colocación de tubo		Unidad	8	Q 250.00	Q 2,000.00
Transporte de personal		Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00
Herramienta		Unidad	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
				Subtotal	Q 6,714.00
				Total	Q 13,860.00

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 24.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q 1,801.80	
Impuestos 8%	8%	Q 1,108.80	
Utilidad 10%	10%	Q 1,386.00	
Imprevistos 5%	5%	Q 693.00	
		Total	Q 4,989.60
Costo total del renglón			Q 18,849.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Costos unitario barandal

12	Barandal	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m	30	Q 1,332.07	Q 39,962.24
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Acero corrugado No.4	Varilla	40	Q 35.00	Q 1,400.00
	Acero corrugado No.3	Varilla	60	Q 20.00	Q 1,200.00
	Tubo HG de 3" ø	Unidad	15	Q 375.00	Q 5,625.00
	Cemento Portland	Saco	32	Q 75.00	Q 2,424.00
	Arena	m³	2	Q 150.00	Q 300.00
	Piedrín de 3/4"	m³	2	Q 150.00	Q 300.00
	Madera rústica 1" x 12" x 12´	Pie/tabla	800	Q 5.00	Q 4,000.00
	Clavos de 3"	Libra	20	Q 6.00	Q 120.00
	Alambre de amarre	Libra	30	Q 6.00	Q 180.00
				Subtotal	Q 15,525.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Armado	Unidad	30	Q 150.00	Q 4,500.00
	Formaleteado	m	30	Q 100.00	Q 3,000.00
	Fundición de concreto	m³	3	Q 300.00	Q 900.00
Concretera	Hora	8	Q 30.00	Q 240.00	
Transporte de personal	Viaje	2	Q 500.00	Q 1,000.00	
Herramienta	Unidad	1	Q 4,219.00	Q 4,219.00	
			Subtotal	Q 13,859.00	
			Total	Q 29,384.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 25.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	3,819.92
Impuestos 8%	8%	Q	2,350.72
Utilidad 10%	10%	Q	2,938.40
Imprevistos 5%	5%	Q	1,469.20
		Total	Q 10,578.24
Costo total del renglón			Q 39,962.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Costo unitario movimiento de tierras

13	Movimiento de tierras	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
		m ³	470	Q 524.09	Q 254,782.40
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Material selecto	m ³	470	Q 75.00	Q 164,500.00
	Cal hidratada	Saco	7.5	Q 35.00	Q 260.00
				Subtotal	Q 164,760.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Camión de volteo	Viaje	38	Q 350.00	Q 13,300.00
	Camión cisterna	Hora	18	Q 300.00	Q 5,400.00
	Peones	Jornal	8	Q 125.00	Q 1,000.00
Transporte de personal	Viaje	6	Q 500.00	Q 3,000.00	
			Subtotal	Q 22,700.00	
			Total	Q 187,460.00	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 26.

Indirectos			
Gastos administrativos 13%	13%	Q	24,369.80
Impuestos 8%	8%	Q	14,987.20
Utilidad 10%	10%	Q	18,746.00
Imprevistos 5%	5%	Q	9,373.00
		Total	Q 67,442.40
Costo total del renglón			Q 254,782.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Cronograma físico financiero del diseño puente vehicular caserío el Lazareto

No.	Nombre del Renglon	Cantidad	Unidad	Costo/U	Sub-Total	Inversion Acumulada	% Equivalente del Renglon	Avance fisico acumulado	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	Trabajo preliminares	1	Unidad	Q. 19,758.08	Q. 19,758.08	Q. 19,758.08	1.47%	1.47%				
2	Replanteo topográfico	1	Km	Q. 5,174.80	Q. 5,174.80	Q. 24,928.88	0.38%	1.85%				
3	Excavacion estructural	480	m ³	Q. 66.33	Q. 31,836.24	Q. 56,769.12	2.37%	4.22%				
4	Estribo de mamposteria de piedra	245	m ³	Q. 2,024.43	Q. 495,985.20	Q. 552,754.32	36.86%	41.08%				
5	Viga de apoyo + cortina	8.96	m ³	Q. 2,740.23	Q. 24,552.42	Q. 577,306.74	1.82%	42.90%				
6	Neopreno	8.00	Global	Q. 3,808.00	Q. 30,464.00	Q. 607,770.74	2.26%	45.17%				
7	Diaphragma exterior e interior	32.00	m	Q. 1,451.76	Q. 46,456.24	Q. 654,226.98	3.45%	48.62%				
8	Viga principal exterior	30.00	m	Q. 3,214.59	Q. 96,437.60	Q. 750,664.58	7.17%	55.79%				
9	Viga principal interior	30.00	m	Q. 2,972.73	Q. 89,182.00	Q. 839,846.58	6.63%	62.42%				
10	Losa	98.00	m ²	Q. 1,960.51	Q. 192,129.92	Q. 1,031,976.50	14.28%	76.69%				
11	Acera	12.00	m ²	Q. 1,570.80	Q. 18,849.60	Q. 1,050,826.10	1.40%	78.10%				
12	Baranda	30.00	Unidad	Q. 1,332.07	Q. 39,962.24	Q. 1,090,788.34	2.97%	81.07%				
13	Movimiento de tierra	470	m ³	Q. 542.09	Q. 254,782.40	Q. 1,345,570.74	18.93%	100.00%				

Fuente: Elaboración propia

2.13 Evaluación de impacto ambiental

En las actividades realizadas por el ser humano genera sobre el medio ambiente un impacto ya sea físico, biológico y social. Los tipos de impacto pueden ser de carácter positivo, negativo con posibles mitigaciones o neutro y negativo irreversible. En el caso de la construcción del puente vehicular, los impactos ambientales se consideran poco significativos, dado que solo se presentan en el proceso de construcción.

“Las normativas ambientales de la actualidad pueden realizarse dos tipos de estudios de impacto ambiental, el primero es el impacto no significativo o evaluación rápida y el segundo es el impacto significativo o evaluación general” (Oliva, 2011, p.165).

Información sobre el proyecto

Nombre de la comunidad: caserío El Lazareto

Municipio: Jalapa

Departamento: Jalapa

Tipo de proyecto: puente vehicular de dos vías de concreto armado

Consideraciones especiales: se deben tomar durante la visita al sitio del proyecto.

- Consideraciones sobre área protegidas: el puente vehicular no se encuentra dentro de ninguna área protegida legalmente establecida.
- Consideraciones sobre ecosistemas naturales: el proyecto no afecta ningún ecosistema natural.

Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación

Se evalúan por medio de una matriz que incluye el sistema ambiental afectado y el tipo de proceso u operación responsable, se presenta el impacto identificado, las actividades de mitigación previstas y los responsables de las mismas.

Tabla 28. Impactos ambientales negativos generados durante la construcción del puente vehicular

Impacto ambiental	Responsable		
	Ejecutor	Comunidad	Municipalidad
i. Deslaves de material	x		
ii. Erosión de cortes	x		
iii. Disposición inadecuada de materiales de desperdicio	x		
iv. Alteración de drenaje superficial	x		
v. Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción	x		
vi. Contaminación del aire por polvo generado durante la construcción	x		
vii. Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes		x	
viii. Riesgos para los trabajadores	x		
ix. Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores en la obra	x		

Fuente: Elaboración propia. Con información del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Tabla 29. Impactos ambientales negativos generados durante la operación del puente vehicular

Impacto ambiental	Responsable		
	Comité de mantenimiento	Comunidad	Municipalidad
i. Erosión de cortes	X	X	
ii. Accidentes de trafico	X		
iii. Accidentes de peatones	X		
iv. Reasentamiento involuntario			X

Fuente: Elaboración propia. Con apoyo de Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Jalapa, Jalapa.

Entre las medidas de mitigación están:

- Previo a dar inicio a los trabajos de construcción se deben informar a los trabajadores las normas ambientales que se tomarán en cuenta para evitar daños al ambiente.
- Tomar medidas de precaución necesarias en el transporte del material a utilizar, para no causar daño al suelo o cauce del río, de igual manera evitar derramar concreto en estas zonas.
- Trabajar en jornadas diurnas por los ruidos que se puedan presentarse en el proceso de construcción.
- La maquinaria y equipo utilizado debe tener filtros para reducir la emanación de contaminantes, a los trabajadores se les dotará de mascarillas para evitar enfermedades respiratorias.

2.14 Evaluación socio-económica

2.14.1 Valor presente neto

Blank (2012)

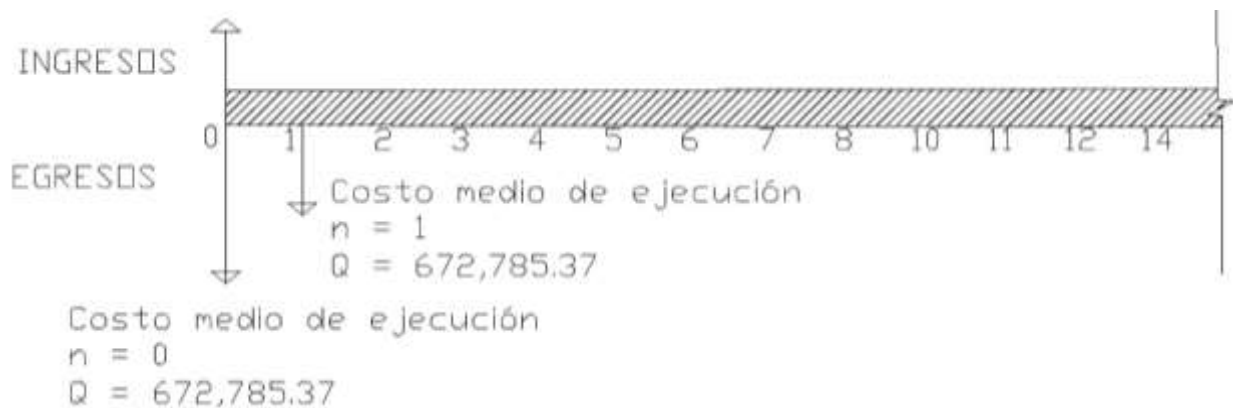
El Valor Presente Neto (VPN) denominada con frecuencia tasa de descuento, rendimiento, costo de capital o costo de oportunidad, es el rendimiento mínimo que debe ganar un proyecto para que el valor de mercado de la empresa permanezca sin cambios. (p.327)

- $VPN < 0$, el proyecto no es rentable
- $VPN = 0$, indica que se está generando el porcentaje de utilidad
- $VPN > 0$, la opción es rentable

Para este proyecto se determinó el valor actual neto utilizando tasa de interés líder actual que proporciona el Banco de Guatemala, a cual es de 3% anualmente. Los ingresos y egresos generados por el puente vehicular caserío el Lazareto se describen a continuación.

- El costo de ejecución del proyecto es de Q 1, 345,570.74.
- La inversión inicial será el costo medio del total del proyecto, el cual es de Q 672,785.37. Luego se invertirá la otra mitad en el transcurso de la ejecución del puente vehicular, en este caso será 1 año después de haber realizado la inversión inicial.
- El costo de operación y mantenimiento mensual, al igual que la tarifa poblacional se convertirán en una anualidad la cual es cero.

Figura 27. Flujo de ingresos y egresos económicos del diseño de puente vehicular



Fuente: Elaboración propia

El valor actual neto se determina de la siguiente manera:

$$VPN = -P_i - P_o \times (P/F, i, t)$$

Donde

P_i = costo de ejecución inicial en $n=0$

P_o = costo en $n=1$, al final de la ejecución del proyecto

i = tasa de interés = 3%

t = periodo de vida útil del proyecto = 20 años

“El valor de $(P/F, i, t)$ es de 0.5537” (Blank, 2012, p. 588)

$$VPN = -692,173.175 - (692,173.175) \times (0.5537)$$

$$VPN = -Q 1, 075,542.46$$

El valor negativo del VPN, indica que el proyecto no es rentable económicamente. Debido a que es un inversión social y su finalidad no es obtener una rentabilidad, esto se debe a que la municipalidad de Jalapa no efectuará

ningún cobro a los beneficiarios para operaciones y mantenimiento, es por ello que ello que no se estiman ingresos económicos.

2.14.2 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno TIR, como el nombre lo indica es el interés que hace que los ingresos y los egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. La TIR se aplica para determinar si un proyecto de inversión es aceptable o se debe rechazar.

Con los datos obtenidos, no se realizará el análisis de la tasa interna de retorno, ya que el valor presente neto es menor a cero.

3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE JALAPA

3.1 Descripción del proyecto

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en una serie de red de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales provenientes de las viviendas, comerciales e industrias del área. La longitud del alcantarillado sanitario es de 1,015. 63 m, la tubería propuesta para este diseño es de policloruro de vinilo (PVC) según norma ASTM F-949.

Se utilizaron las especificaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM,2011), para el diseño y planificación del sistema de alcantarillado sanitario para áreas urbanas.

3.2 Levantamiento topográfico

3.2.1 Planimetría

“Se llama planimetría al conjunto de los trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos necesarios que permitan construir una figura semejante a la del terreno, proyectada sobre un plano horizontal” (Márquez, 2003, p. 9).

El método utilizado es el de conservación del azimut que sirve esencialmente para ubicar la red dentro de las calles, ubicar pozos de visita y todos los puntos de importancia como ramales o entradas domiciliarias al colector principal.

3.2.2 Altimetría

“Es la parte de la topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno” (Jiménez, 2007, p. 17).

Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, curvas de nivel a través de perfiles. El levantamiento altimétrico debe ser preciso y la nivelación realizada sobre el eje de los diferentes accesos. Este procedimiento puede efectuarse con precisión por medio de los métodos de nivelación simple o compuesta.

Se tomaron mediciones en las siguientes situaciones:

- Inicio e intersecciones de acceso
- Distancia no mayores de 20 metros
- Puntos con cambios de pendiente del terreno

3.3 Diseño del sistema

3.3.1 Descripción del sistema a utilizar

Soria (2009)

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. Los sistemas de alcantarillado, en forma sencilla se clasifican (p. 32).

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, como, baños, cocinas, lavados y servicios; las de residuos comerciales, como, restaurantes y garajes; las de residuos industriales e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.

Para la aldea La Laguneta, se optó diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, para recolectar las aguas residuales. El sistema a utilizar funciona por gravedad, con conductos funcionando como canales parcialmente llenos; debido a las conexiones ilícitas provenientes de caudales pluviales que realizan algunos vecinos, se tomará en cuenta un factor para estas conexiones de un 2% (según la Guía de normas para la disposición final de excretas aguas residuales de Guatemala de INFOM).

Con el fin de ayudar al medio ambiente el sistema contará con una planta de tratamiento prefabricada de lodos activos, trabajando por el principio de aireación en donde se aprovecha la acción oxidante del oxígeno de aire, como la acción biodegradable de ciertas bacterias que utilizan la materia orgánica de las aguas residuales como alimento. Bajo condiciones normales la planta trabaja sin producir olores desagradables, logrando un efluente de agua tratada inodora e incolora y se localizará a un costado del río poza verde, así dicho efluente puede ser desechado fácilmente sin provocar problemas al medio ambiente (anexo D).

3.3.2 Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning

“El principio fundamental del sistema de alcantarillado sanitario, es que funciona como un canal abierto” (Cabrera, 1989, p. 8).

López (2009)

Es por ello que el caudal de diseño nunca será mayor que el caudal a sección llena. Para encontrar los valores de velocidad y caudal se ven involucrados varios factores; el coeficiente C, el que se creía era constante, pero se comprobó que era una variable que dependía de la rugosidad del material, de la velocidad y el radio medio hidráulico. Para este cálculo de la velocidad se emplea la fórmula de Manning y es la siguiente (p. 30):

$$V = \frac{R^{2/3} \times \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = velocidad m/s

R = radio hidráulico

S = pendiente del canal

n = coeficiente de rugosidad, propiedad del canal

En la actualidad existen empresas que fabrican tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, manejando así parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros, ya estipulados por organizaciones o empresas encargadas de la fabricación con el fin de regular la construcción de alcantarillados sanitarios.

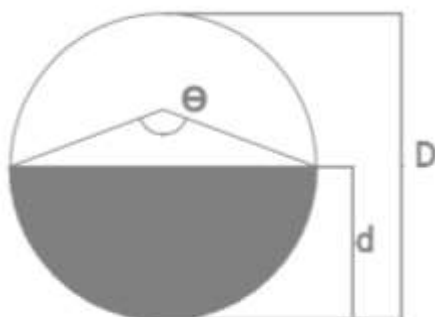
Existen valores de rugosidad para las tuberías más utilizadas en nuestro medio, entre las que se mencionan:

Tabla 30. Factores de rugosidad

MATERIAL	FACTOR DE RUGOSIDAD
Superficie de mortero de cemento	0.011 - 0.013
Tubo de concreto Diám. < 24"	0.011 – 0.016
Tubo de concreto Diám. > 24 "	0.013 – 0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009 – 0.011
Tubería de PVC	0.006 – 0.011
Tubería de hierro galvanizado	0.013 – 0.015

Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria 2

Figura 28. Sección parcialmente llena



Fuente: Elaboración propia

Sección llena y parcialmente llena, para el cálculo de velocidad se emplea la fórmula de Manning descrita anteriormente.

El caudal que transportará se calculará mediante la fórmula de continuidad:

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (l/s)

A = área de la tubería (m²)

V = velocidad a sección llena (m/s)

Π = constante pi

Con base a las ecuaciones anteriores, “el cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de Manning en el sistema métrico” (Paniagua, 2008, p. 16).

$$V = \frac{0.03429 D^{2/3} \times \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = velocidad a sección llena (m/s)

D = diámetro del tubo (pulgadas)

S = pendiente del terreno (%100)

n = rugosidad del material (PVC = 0.010 y concreto = 0.014)

La velocidad para el diseño de los sistemas de alcantarillado oscila dentro del rango siguiente

$$0.60 \text{ m/s} \leq v \leq 5 \text{ m/s}$$

Cabrera (1989)

La velocidad debe ser mayor que 0.60 m/s para evitar que se dé taponamientos de las tuberías por sedimentación, y menor o igual a 3 m/s para que no se desgaste del material esto para tuberías de concreto, en el caso de la tubería de PVC las velocidades están entre 0.4 m/s y 5.00 m/s (p. 15).

3.3.3 Período de diseño

“Es el tiempo en donde el sistema de alcantarillado sanitario trabajara de manera satisfactoriamente” (Aguilar, 2007, p. 35).

Para este diseño se tomó como periodo de diseño 31 años, en donde se necesitara un año para la ejecución del proyecto y obtener los debidos permisos para la construcción

3.3.4 Población de diseño

Para elaborar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es necesario tomar en cuenta la población actual a servir, los datos actuales se encuentran en el Instituto Nacional de Estadística (INE) y mediante los métodos matemáticos se puede realizar una estimación de población futura. Como en Guatemala se presenta un crecimiento poblacional de forma exponencial, por ello se utilizará el método geométrico para proyectar el número de habitantes a servir al finalizar el periodo de diseño.

“El método geométrico es el modelo matemático más adecua para las poblaciones que se encuentran en vías de desarrollo (América latina, África y Asia)” (Aguilar, 2007, p. 41).

La ecuación es la siguiente:

$$P = P_0 \times (1 + r)^n$$

Donde:

P = población futura

P₀ = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = años transcurridos

Para calcular cuántos habitantes hay por vivienda se realiza:

$$\text{Hab.Viv} = \text{número de habitantes} / \text{número de casas}$$

$$\text{Hab.Viv} = 345 \text{ hab} / 65 \text{ casas} = 5.30 \text{ Hab/viv}$$

Para este diseño se tomaron en cuenta los datos recolectados de la aldea La Laguneta y en el INE, donde la población es de 345 habitantes en la zona donde se realizará el proyecto.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional (r), se utilizaron los datos de la tabla 1 y la fórmula del método geométrico.

Donde

P₀ = 1,657 habitantes en el 2002

P_f = 2,238 habitantes en el 2011

n = diferencia de años

$$P_f = P_0 \times (1 + r)^n$$

$$2,238 = 1,657 \times (1 + r)^9$$

Despejando r:

$$r = (2,238/1,657)^{\frac{1}{9}} - 1 = 0.0339$$

Para el cálculo de población futura los datos son:

$$P_0 = 65 \text{ viviendas} \times 5.30 = 345 \text{ habitantes}$$

$$r = 3.4\%$$

$$n = 31 \text{ años}$$

$$P = 345 \times (1 + 0.034)^{31} = 972.64 \text{ habitantes}$$

Se utilizará 973 por aproximación.

3.3.5 Dotación

En la dotación se ven considerados diversos factores que son: clima, nivel de vida, condiciones socioeconómicas, actividad productiva, servicios comunales o públicos, calidad de agua entre muchos más.

En el diseño, por tratarse de un sistema en funcionamiento, se tomó una dotación de 90 L/hab/día, según información de la municipalidad.

3.3.6 Factor de Harmon

Es un factor que se le aplica al caudal medio y este valor representa la probabilidad que en la vivienda se estén utilizando simultáneamente diferentes artefactos sanitarios. Este valor no es constante por que estará en función del número de habitantes,” suele variar entre 1.5 a 4.5” (Cabrera, 1989, p. 43).

Se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

Donde:

F.H = factor de Harmon

P = población futura acumulada en miles

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{973/1000}}{4 + \sqrt{973/1000}} = 3.8$$

3.3.7 Integración de caudal de diseño

3.3.7.1. Caudal domiciliar

“Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado” (Cabrera, 1989, p. 41).

$$Q_{dom} = \frac{\text{No. Hab.} \times \text{Dotación} \times F.R}{86,400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (L/s)

No. Hab. = número de habitantes

Dot. = dotación (L/hab./día)

F.R = factor de retorno

86,400 = conversión de 24 horas a segundos en (s)

Se sabe que no todo el 100% de la dotación de una vivienda regresa al alcantarillado sanitario, considerando el clima templado se estimó perderse un 15% por infiltración y evaporación, para este caso el factor de retorno es de 85%.

$$Q_{dom} = \frac{973 \times 90 \times 0.85}{86,400} = 0.863 \text{ L/s}$$

3.3.7.2. Caudal de infiltración

Para este estudio no se tomará en cuenta, porque el diseño utilizará tubería de PVC y este material no permite infiltración de agua.

3.3.7.3. Caudal por conexiones ilícitas

“Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario” (Cabrera, 1989, p. 42).

La fórmula para calcular este caudal es por el método racional, porque tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$Q_{C.I} = \frac{C \times I \times A}{360} \times \%$$

Donde

$Q_{C.I}$ = caudal conexiones ilícitas (L/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible de conectar (Ha)

Con las intensidades de lluvia para ambas estaciones se hace la relación entre la elevación del sitio en estudio (1,695 msnm) con las elevaciones de cada una de las estaciones y sus respectivas intensidades de lluvia.

Se utilizará un promedio de las estaciones:

$$I_{Tr} \text{ (Carrillo/Ceibita)} = (102.56 \text{ mm/h} + 105.46 \text{ mm/h}) / 2 = 104.01 \text{ mm/h}$$

Donde:

Viviendas futuras = 184 viv.

Área promedio de vivienda = 152 m²

Área promedio de techos = 100 m²

Área promedio de patio = 52 m²

Intensidad de lluvia = 104. 01 mm/h

C = coeficiente de escorrentía de patio 0.20 y techo de concreto 0.80

% = 2 % de las viviendas

$$\text{Área}_{\text{patio}} = 184 \text{ viv} \times 52\text{m}^2 = 9,568 \text{ m}^2 = 0.9568 \text{ Ha}$$

$$\text{Área}_{\text{techos}} = 184 \text{ viv} \times 100\text{m}^2 = 18,400 \text{ m}^2 = 1.84 \text{ Ha}$$

$$Q_{\text{patios}} = \frac{0.20 \times 104.01 \times 0.9568 \times 0.02}{360} = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{patios}} = \frac{0.80 \times 104.01 \times 1.84 \times 0.02}{360} = 0.011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.011 \text{ m}^3/\text{s} + 0.0015 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0125 \text{ m}^3/\text{s} = 12.5 \text{ L/s}$$

3.3.7.4. Caudal comercial

“Es el caudal generado en el interior de los comercios, comedores, restaurantes, entre otros lugares. La dotación comercial varía según el establecimiento y puede estimarse entre 600 a 3,000 L/comercio/día” (Cabrera, 1989, p. 41).

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{No. Com.} \times \text{Dotación}}{86,400}$$

Donde:

Q_{Com} = caudal comercial (L/s)

No.Com. = número de comercios (tienda, librería)

Dot. = dotación (L/comercio/día)

86,400 = conversión de 24 horas a segundos en (s)

$$\text{No. comercios} = \frac{2 \text{ com} \times 184 \text{ viv}}{65 \text{ viv}} = 5 \text{ com.}$$

$$Q_{\text{com}} = \frac{5 \times 3,000}{86,400 \text{ s}} = 0.17 \text{ L/s}$$

3.3.7.4. Caudal industrial

“Es el caudal generado en el interior de todas las industrias existentes en el lugar. La dotación suministrada de agua varía según el establecimiento y puede estimarse entre 1,000 a 18,000 L/industria/día” (Cabrera, 1989, p. 42).

$$Q_{\text{Ind}} = \frac{\text{No. ind.} \times \text{Dotación}}{86,400}$$

Donde:

Q_{ind} = caudal industrial (L/s)

No.ind. = número de industrias (freidora de pollos)

Dot. = dotación (L/industria/día)

86,400 = conversión de 24 horas a segundos en (s)

$$\text{No. ind} = \frac{1 \text{ ind} \times 184 \text{ viv}}{65 \text{ viv}} = 3 \text{ ind.}$$

$$Q_{\text{ind}} = \frac{3 \times 18,000}{86,400} = 0.625 \text{ L/s}$$

3.3.7.6. Caudal medio

“Es la suma de todos los caudales: domiciliario, comercial, industrial, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, no contribuya al sistema” (Flores, 2016, p. 120).

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{Com} + Q_{ind} + Q_{C.I} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = 0.863 \text{ L/s} + 12.5 \text{ L/s} + 0.625 \text{ L/s} + 0.17 \text{ L/s}$$

$$Q_{med} = 14.16 \text{ L/s}$$

3.3.7.7. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación de caudal en la tubería el factor de caudal medio para este proyecto está dado por la siguiente fórmula:

$$F.Q.M = \frac{Q_{med}}{\text{No. Hab. Futuro}} = 0.002 \leq F.Q.M \leq 0.005$$

“Este factor para Guatemala debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005, si da un valor menor se tomara 0.002 y si fuera mayor 0.005” (Cabrera, 1989, p. 43).

$$F.Q.M = \frac{14.16 \text{ L/s}}{975 \text{ habitantes}} = 0.0145$$

Debido que 0.0145 es mayor a 0.005, se tomó 0.005.

3.3.7.8. Caudal de diseño

López (2009)

Es el que determina para establecer que cantidad de caudal puede transportar el sistema en cualquier punto en todo el recorrido de la red,

siendo este el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del alcantarillado (p. 38).

$$Q_{dis} = \text{No. Hab} \times F. H \times F. Q. M$$

$$Q_{dis} = 975 \text{ hab.} \times 3.8 \times 0.005 = 18.52 \text{ L/s}$$

$$q_i = \frac{Q_{dis}}{\text{No. viv. act}}$$

$$q_i = \frac{18.52}{65} = 0.285 \text{ L/s/viv.}$$

3.3.8 Cálculo de pendientes

“La pendiente mínima recomendada para el flujo en las redes de alcantarillado es de 0.5% y la pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible” (OPS, 2005, pp. 33-34).

Para evitar el incremento de costos y minimizar los gastos por excavación, donde el terreno lo permita las pendientes muy grandes se colocará la tubería según la pendiente que el terreno permita, si en dado caso es contrapendiente lo mínimo permitido será de 0.5%, sin dejar de cumplir en todos los casos con las especificaciones hidráulicas que rigen el tirante hidráulico permitido.

3.3.9 Relación hidráulica para tirante

Cabrera (1989)

En las tablas de relaciones hidráulicas (anexo C), se puede notar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo es aproximadamente 0.8 D, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0.75 D (p. 11).

“La parte vacía de la sección se emplea para ventilación, movimiento de los gases” (OPS, 2005, p. 30).

$$Q_{dis} < Q_{seccion\ llena}$$

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

3.3.10 Relación hidráulica para velocidades

“La práctica normal es proyectar el alcantarillado con una pendiente que asegure una velocidad mínima de 0.60 m/s, cuando el flujo de diseño se produce a sección llena o semillena y una velocidad máxima de 5 m/s “(OPS, 2005, pp. 28-29).

Con las tablas de relaciones hidráulicas (anexo C), se obtiene la relación hidráulica para velocidad (V/v).

3.3.11 Cálculo de diámetros de la tubería

Los diámetros que se ocupan con mayor frecuencia por razones de fácil instalación y manejo, bajos costos de mantenimiento y principalmente por su

excelente comportamiento hidráulico en los sistemas de alcantarillado sanitario son “de 8 pulgadas tubería de concreto y 6 pulgadas en tubería de cloruro de polivinilo (PVC)” (Paniagua, 2008, p. 16).

3.3.12 Cotas invert

“Es la altura a la que se encuentra la tubería, medida hasta la parte inferior e interior de la misma, se calcula tomando la cota del terreno inicial y restándole la profundidad inicial de la tubería” (Pineda, 2013, p.150).

Para el cálculo de cotas invertí hay dos fórmulas

$$CIS = CT - H_{\text{mín}} \text{ (Para tramos iniciales)}$$

$$CIE = CIS - \frac{S_{\text{tubería}} \times DH}{100}$$

Donde:

CIS = cota invert de salida

CIE = cota invert de entrada

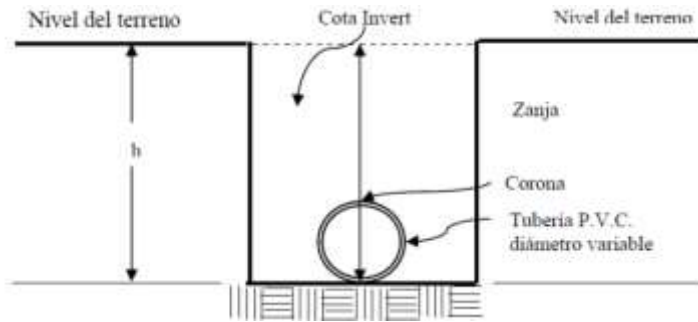
CT = cota de terreno

$H_{\text{mín}}$ = altura mínima de la profundidad de la tubería

S = pendiente de la tubería

DH = distancia horizontal entre pozos de visita

Figura 29. Cota invert



Fuente: Elaboración propia

3.3.13 Altura de pozos de visita

“Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza” (Cabrera, 1989, p. 15).

Luego de determinar la ruta por donde correrá y ejecutará la red de alcantarillado, se debe tomar en cuenta colocar los pozos de visita los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En el cambio de sección de diámetro.
- En distancias no mayores de 100.

La profundidad de los pozos de visita al iniciar un tramo está definido por la cota invert de salida, está determinada por la siguiente ecuación:

$$H_{P.V} = CT - CIS$$

Al diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, para determinar las alturas de los pozos, si se encuentran inconvenientes se deben tomar en cuenta las siguientes menciones:

“Cuando a un pozo de visita entre una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la cota invert de salida estará como mínimo a la diferencia de los dos diámetros por debajo de la cota invert de entrada” (Del Valle, 2010, p. 78).

3.3.14 Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las viviendas para ser conducidas al colector central. La conexión se realizará por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. La caja o candela debe estar impermeabilizada por dentro y tener una tapadera para realizar las inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan llevarla a colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.

Flores (2016)

La conexión domiciliar con el colector central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas de PVC, con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6% (p. 135).

3.3.15 Profundidad de tubería

“El espesor de la tierra sobre la alcantarilla, o sea la profundidad de la parte superior de la tubería, con respecto al nivel de la superficie, es normalmente de 1.20 m” (Cabrera, 1989, p. 34).

- Tubo de concreto

Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 1 m

Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 1.20 m

- Tubo de PVC

Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 0.60 m

Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 0.90 m

Tabla 31. Profundidades mínimas para los colectores

Profundidades mínimas para colector de concreto (cm)								
DIAMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁFICO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165
TRÁFICO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes según EMPAGUA e INFOM

3.4 Ejemplo del diseño de tramo

Para efecto de cálculo se utilizará el tramo que constara en dos partes del P.V 7.2 a P.V 7.1 y del P.V 7.1 a P.V 7

- Descripción del tramo P.V 7.2 a P.V 7.1:

Tipo de sistema:	alcantarillado sanitario.
Tramo:	de P.V 7.2 a P.V 7.1.
Distancia:	69.5 m.
Población:	53 habitantes.
Viviendas:	10 casas.
Caudal unitario:	0.285 l/s.

- Cotas del terreno:

Cota P.V. 7.2	1,682.23 m.
Cota P.V. 7.1	1,678.90 m.

- Pendiente del terreno:

$$P = \frac{(CP.V7.2 - CP.V7.1) \times 100}{\text{Distancia P.V 7.2 a P.V 7.1}}$$

$$P = \frac{(1.682.23 - 1,678.90) \times 100}{69.5 \text{ m}} = 4.8 \%$$

- Caudal de diseño:

$$q_{\text{dis}} = 0.285 \text{ L/s} \times \text{No. Casas}$$

$$q_{\text{dis}} = 0.285 \text{ L/s} \times 10 = 2.85 \text{ L/s}$$

- Diámetro de tubería PVC:

El caudal es de 14.16 L/s y la tubería de 6" tiene una capacidad de 45.23 L/s

Diámetro = 6"

- Pendiente de tubería:

La pendiente de la tubería será la misma que la del terreno.

Pendiente (S) = 4.8 %

- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{0.03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0.03429 \times (6 \times 0.254)^{2/3} \times (4.8\%)^{1/2}}{0.010} = 2.48 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q_{\text{sec.lleno}} = A \times V$$

$$Q_{sec.lleno} = \frac{\pi \times (6" \times 0.0254)^2}{4} \times 2.48 \text{ m/s} \times 1000 \text{ L/m}^3 = 45.23 \text{ L/s}$$

- Relación de caudales:

$$q_{dis}/Q_{sec.llena} = 2.85 \text{ L/s} / 45.23 \text{ L/s}$$

$$q_{dis}/Q_{sec.llena} = 0.06$$

- Relación de velocidad:

En las tablas de relaciones hidráulicas (anexo C), se localiza la relación de velocidad (v/V) correspondiente a la relación para caudal (q/Q) que se obtuvo anteriormente, luego se despeja la velocidad de diseño (v).

$$v/V = 0.56$$

- Relación de tirante:

En la tablas de relaciones hidráulicas (Ver anexo C), se localiza la relación de caudales (q/Q) para obtener la relación de tirante (d/D).

$$d/D = 0.17$$

- Velocidad a sección parcial:

$$v = V \times v/V$$

$$v = 2.48 \text{ m/s} \times 0.56 = 1.38 \text{ m/s}$$

- Chequeo:

Caudal	$2.85 \text{ l/s} < 45.23 \text{ l/s}$	q_{dis} sí cumple
Velocidad	$0.40 \text{ m/s} \leq 1.38 \text{ m/s} \leq 5.0 \text{ m/s}$	v sí cumple
Tirante	$0.10 \leq 0.17 \leq 0.75$	d sí cumple

- Cálculo de las cotas invert:

P.V. 7.2

$$\text{CIS} = \text{C. } T_{7.2} - H_{\min} = 1,682.23 \text{ m} - 1.20 = 1,681.03$$

P.V. 7.1

$$\text{CIE} = \text{CIS} - \left(\frac{S \times D \cdot H}{100} \right)$$

$$\text{CIE} = 1,681.03 \text{ m} - \left(\frac{4.8 \times 69.5 \text{ m}}{100} \right) = 1,677.70 \text{ m}$$

- Altura de pozos:

P.V. 7.2

$$H_1 = \text{C. } T_{7.2} - \text{CIS} = 1,682.23 \text{ m} - 1,681.03 = 1.20 \text{ m}$$

P.V. 7.1

$$H_2 = \text{C. } T_{7.1} - \text{CIS} = 1,678.9 \text{ m} - 1,677.68 \text{ m} = 1.22 \text{ m}$$

- Volumen de excavación de zanja:

La zanja debe ser lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad. Para este caso el ancho será de 0.80 m debido a la maquinaria utilizada para la excavación.

$$\text{Vol} = \frac{H_1 + H_2}{2} \times D \times H \times Z$$

$$\text{Vol} = \frac{1.20\text{m} + 1.22\text{m}}{2} \times 69.5\text{m} \times 0.8\text{m} = 67.28\text{ m}^3$$

- Descripción del tramo P.V 7.1 a P.V 7:

Tipo de sistema: alcantarillado sanitario.

Tramo: de P.V 7.1 a P.V 7.

Distancia: 40.0 m.

Población: 32 habitantes.

Viviendas: 6 casa.

Caudal unitario: 0.285 L/s

- Cotas del terreno:

Cota P.V. 7.1: 1,678.90 m.

Cota P.V. 7: 1,680.93 m.

- Pendiente del terreno:

$$P = \frac{(\text{CP.V7.1} - \text{CP.V7}) \times 100}{\text{Distancia P.V 7.1 a P.V 7}}$$

$$P = \frac{(1.678.9 - 1,680.93) \times 100}{40.0 \text{ m}} = - 5.07 \%$$

- Caudal de diseño:

$$Q_{\text{dis}} = 0.285 \text{ L/s} \times \text{No. Casas}$$

$$Q_{\text{dis}} = 0.285 \text{ L/s} \times 6 = 1.71 \text{ L/s}$$

- Diámetro de tubería PVC:

El caudal es de 14.16 L/s y la tubería de 6" tiene una capacidad de 45.23 L/s

Diámetro = 6 "

- Pendiente de tubería:

En este tramo por ser de contrapendiente se utilizará la pendiente mínima.

Pendiente (S) = 0.5 %

- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{0.03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0.03429 \times (6)^{2/3} \times (0.5\%)^{1/2}}{0.010} = 0.8 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q_{\text{sec.lleno}} = A \times V$$

$$Q_{\text{sec.lleno}} = \frac{\pi \times (6" \times 0.0254)^2}{4} \times 0.8 \text{ m/s} \times 1000 \text{ L/m}^3 = 3.64 \text{ L/s}$$

- Relación de caudales:

$$Q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}} = 1.71 \text{ L/s} / 3.64 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}} = 0.47$$

- Relación de velocidad:

En las tablas de relaciones hidráulicas (anexo C), se localiza la relación de velocidad (v/V) correspondiente a la relación para caudal (q/Q) que se obtuvo anteriormente, luego se despeja la velocidad de diseño (v).

$$v/V = 0.983$$

- Relación de tirante:

En la tablas de relaciones hidráulicas (anexo C), se localiza la relación de caudales (q/Q) para obtener la relación de tirante (d/D).

$$d/D = 0.48$$

- Velocidad a sección parcial:

$$v = V \times \frac{V}{V}$$

$$v = 0.8 \text{ m/s} \times 0.983 = 0.786 \text{ m/s}$$

- Chequeo:

Caudal	1.71 L/s < 3.64 L/s	q_{dis} sí cumple
Velocidad	0.40 m/s $\leq$ 0.786 m/s $\leq$ 5.0 m/s	v sí cumple
Tirante	0.10 $\leq$ 0.48 $\leq$ 0.75	d sí cumple

- Cálculo de las cotas invert:

P.V. 7

$$CIE = CIS - \left(\frac{S \times D \cdot H}{100} \right)$$

$$CIE = 1,677.68 \text{ m} - \left(\frac{0.5 \times 40 \text{ m}}{100} \right) = 1,677.48 \text{ m}$$

La CIE del pozo 7 es 1,677.48 m, pero como al pozo se le conecta la tubería que sale del pozo 6 por ello se utilizará una cota de 1,677.27.

- Altura de pozos:

P.V. 7

$$H_3 = C. T_7 - CIS = 1,680.93 \text{ m} - 1,677.25 \text{ m} = 3.68 \text{ m}$$

- Volumen de excavación de zanja:

$$\text{Vol} = \frac{H_1 + H_2}{2} \times D \times H \times Z$$

$$\text{Vol} = \frac{1.22\text{m} + 3.68\text{m}}{2} \times 40 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 78.4 \text{ m}^3$$

3.5 Diseño del sistema de drenaje sanitario

Tabla 32. Sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta

	EST.	P.O	COTA INICIAL	COTA FINAL	DISTANCIA	No. TUBOS	S% TERRE	DIAMETRO	S% TUBER	COTAS INVERT		ALTURA	
										CIS	CIE	H1	H2
RAMAL PRINCIPAL	P1	P2	1701.52	1699.55	20	4	9.88	6"	7	1699.75	1698.35	1.76	1.3
	P2	P3	1699.55	1695.95	50	9	7.21	6"	7	1698.25	1694.75	1.3	2.35
	P3	P4	1695.95	1685.84	93	15	10.9	6"	7	1691.75	1684.64	4.8	2.33
	P4	P5	1685.84	1685.29	49	8	1.1	6"	1.1	1683.51	1682.96	2.33	2.33
	P5	P6	1685.29	1683.57	35	5	6	6"	4.9	1682.94	1682.34	2.33	6.05
	P6	PV7	1683.57	1680.925	45	8	5.88	6"	0.5	1677.5	1677.27	6.05	3.65
	P7	PV8	1680.93	1676.41	47.5	8	9.54	6"	4.8	1677.25	1675.18	3.65	1.6
	PV8	PV9	1676.41	1673.2	40	7	8	6"	7	1674.81	1672	1.6	2.57
	PV9	PV10	1673.2	1670.42	20	4	13.9	6"	7	1670.63	1669.23	2.57	3.64
	PV10	PV11	1670.42	1662.39	80	13	10	6"	7	1666.78	1661.19	3.64	1.22
	P11	P12	1662.39	1658.64	80	13	4.68	6"	4.7	1661.17	1657.4	1.22	3.7
	PV12	PV13	1658.64	1650.54	80	13	10.1	6"	7	1654.34	1649.34	3.7	1.2
	PV13	PV14	1650.54	1649.89	80	13	1.9	6"	1.9	1649.32	1648.65	1.2	1.24
RAMALES	PV1.1	PV1	1704.45	1701.52	20	4	14.7	6"	7	1703.25	1700.12	1.2	1.76
	PV1.2	PV1	1703.09	1701.52	20	4	7.82	6"	7	1701.52	1700.12	1.57	1.76
	PV3.1	PV3	1694.55	1695.95	48.2	8	-2.9	6"	0.5	1693.55	1693.59	1.2	2.35
	PV6.2	PV6.1	1679.22	1681	51.1	9	-3.48	6"	0.5	1678.02	1677.5	1.21	3.5
	PV6.1	PV6	1681	1683.57	51.1	9	-5.03	6"	0.5	1678.48	1678.58	3.5	6.05
	PV7.2	PV7.1	1682.23	1678.9	69.5	12	4.8	6"	4.8	1681.03	1677.7	1.2	1.22
	PV7.1	PV.7	1678.9	1680.93	40	7	-5.06	6"	0.5	1677.68	1677.27	1.22	3.68
	PV4	PV4.1	1685.34	1682.78	27.4	5	11.2	6"	7	1683.51	1677.27	2.33	3.65
	PV4.1	PV8	1680.78	1676.41	60.4	10	10.6	6"	7	1677.25	1675.18	3.65	1.6

Fuente: Elaboración propia

3.6 Propuesta de tratamiento sanitario

3.6.1 Planta de tratamiento

Martínez (2007)

Las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, tanto aeróbicas como anaeróbicas, son un conjunto de estructuras o sistemas compuestos por varias operaciones y procesos unitarios, diseñadas y equipadas convenientemente para lograr que las aguas residuales provenientes de: casas, edificios , comerciales, centros recreacionales, parque y centros hospitalarios, que entran al sistema a través de la red cloacal, sean depuradas hasta alcanzar un grado de limpieza que permita su evacuación o reutilización sin riesgo para la salud humana y el medio ambiente (p. 47).

3.6.1.1. Diseño de la planta de tratamiento

Gálvez (2007)

Generalmente una planta de tratamiento se diseña junto con el sistema de drenajes que conducirá las aguas negras hasta su adecuado tratamiento, pero en este caso se diseñó después que el sistema de drenaje por no contar con una planificación adecuada. Hay que conocer el periodo de diseño de la planta de tratamiento, el cual es el tiempo en que la planta servirá a la comunidad, antes de que deba ampliarse por resultados ya inadecuados (p. 20).

La planta de tratamiento debe de tener el mismo tiempo de diseño que el sistema de alcantarillado sanitario; que para este caso es de 30 años.

3.6.2 Planta de tratamiento prefabricadas

“Las plantas prefabricas para el tratamiento de agua residual domésticas, están disponibles para diferentes valores de caudales; si es dimensionamiento y el mantenimiento son adecuados estas plantas producen resultados satisfactorios” (Hernández, 2014, p.17).

- Las plantas de tratamiento de agua residual prefabricas, son sistemas de tratamiento que incluyen todas las unidades necesarias para su funcionamiento; además de ser adecuadas, para el tratamiento de diversos tipos de aguas residual.
- El material de las mismas pueden varias de acuerdo a los costos y disponibilidad, las más comunes en nuestro medio son de material plástico P.V.C, polietileno, fibra de vidrio reforzada.
- Para determinar el tipo de planta de tratamiento prefabricada para el sistema de alcantarillado sanitario en aldea la Laguneta, se consultó a la empresa ECOTEC GT, con experiencia en tratamiento de aguas residuales y en base a las necesidades que presenta la aldea recomiendan una planta de tratamiento de tipo aireación extendida de lodos activos, debido al tipo de proceso este tipo de plantas son ampliamente utilizadas para tratar aguas residuales (de pequeñas comunidades o municipios), (anexo D).

3.7 Especificaciones técnicas

El diseño de la red de alcantarillado sanitario, se elabora con base a las normas ASTM 3034 y a las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas (normas utilizadas por el instituto de Fomento Municipal INFOM).

- Descripción del diseño:

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
-----------------	--------------------------

Período de diseño	31 años
Viviendas actuales	65 casas
Viviendas futuras	184 casas
Densidad de población	5.3 hab/vivienda
Población actual	345 habitantes
Tasa de crecimiento	3.4%
Población de diseño	975 habitantes
Evacuación	Por gravedad

Colector principal:

Tipo y diámetro de tubería	PVC de 6"
----------------------------	-----------

Conexión domiciliar:

Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4"
Pendiente de la tubería	2 a 6%
Candela	Concreto de 12"

Pozo de visita:	Intersección de tramo, cambio de pendiente y de diámetro
Altura de cono	0.90 m
Diámetro superior	0.75 m
Diámetro inferior	1.20 m
Material	Ladrillo tayuyo 6.5 x 11 x 23 cm
Altura	Variable (ver planos)

- Replanteo y nivelación de campo: la primera etapa de la construcción del proyecto, consiste en el replanteo de los diferentes elementos del sistema. Los planos indican las distancias de los tramos de tubería, así como la ubicación de los pozos de visita, para realizar el debido replanteo. Durante los trabajos de replanteo, se marcarán con estacas los números de pozos de visita.
- Zanjeo: el fondo de la zanja deberá ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de toda la tubería. Cuando a la sub-base de la zanja se encuentren condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, deberá realizarse una sobre-excavación y rellenar esta con un material adecuado como arena bien compactada u otro material selecto.

La zanja donde se colocará la tubería debe estar completamente nivelada libre de obstáculos como piedras y tierra de manera que no se provoque la deflexión del tubo, para ello se utilizará hilo con su respectivo nivel y verificar las profundidades de la zanja a cada metro. Cuando en el fondo de la zanja presenten condiciones muy severas, como suelo inestable o muy rocoso deberán usarse materiales especiales en capas de grava, arena o material selecto, la capa sobre la que se coloque la tubería será como mínimo de 10 cm, de espesor y compactada adecuadamente.

El ancho de la zanja para tubería de PVC ASTM F-949 será como mínimo de 0.50 m y de 0.80 m para tubería de 6". La tubería para conexiones domiciliarias tendrá un recubrimiento mínimo de 0.80 metros.

- Colocación de tubería: se emplearon las especificaciones técnicas para tubería de P.V.C, para el ramal principal y los ramales secundarios. Toda la tubería debe cumplir con la norma ASTM F-949. La tubería del colector principal del proyecto está constituida por diámetros de 6" y deberá ser instalada según las cotas invert indicadas en los planos respectivos para garantizar el funcionamiento de la obra.

Colocar la tubería principal de todo el proyecto con sus accesorios protegidos con tapones y luego regresar a colocar las conexiones domiciliarias.

Colocar la tubería principal entre dos pozos de visita con sus accesorios y luego regresar a colocar los domiciliarios. Este método permite un avance ordenado del proyecto, evitando mayores molestias al usuario y reduce los costos del proyecto. Deberán terminarse la excavación de una longitud no mayor de 60 m, la cual será debidamente supervisada para la rasante del fondo, tanto del colector como de las conexiones domiciliarias, estén de acuerdo con las cotas del plano, que su alineamiento esté correcto y que se cumpla con el ancho establecido.

Se efectuará una minuciosa inspección de la tubería PVC, norma F-949 que en una forma ordenada, ha sido puesta en la orilla de la zanja, con el fin de no bajar aquellas unidades que presente algún desperfecto, así como revisar que sus estructuras (campana-espiga y macho-hembra) estén libres de materias extrañas que impidan hacer una buena junta. La tubería se bajará por medio de cadenas o cuerdas, tratando de poner el tubo en tal forma que el flujo recorra al tubo de campana a espiga o de hembra a macho, comenzando la colocación a partir de la descarga.

Ninguna tubería de agua negra, deberá pasar sobre otra de agua potable. La distancia mínima entre tuberías de agua negra y agua potable será de 0.20 m, cuando se cruzan y 0.40 m, cuando son paralelas y en todo caso la de agua potable sobre la de aguas negras.

- Conexiones domiciliarias: la tubería debe cumplir con la norma ASTM F-949 el diámetro de la tubería será de 4 pulgadas. Las uniones de las tuberías pueden ser de junta rápida o con pegamento PVC, en ambos casos durante la instalación deben limpiarse los extremos de las uniones para asegurar una adherencia del sello o pegamento. Para conexiones domiciliarias la pendiente será no menor del 2%, para estas conexiones deben utilizarse accesorios de PVC, a un ángulo de 45 grados o 90 grados respecto a la vertical según sea el caso.

La candela domiciliar será de tubería de concreto de un diámetro de 12 pulgadas. Estos tubos deben estar libres de imperfecciones como rajaduras, quebraduras para evitar que se produzcan fugas de agua negra. Una vez instalados, se utilizará mortero bastardo para sellar adecuadamente será de proporción 1:1/4:3.

- Juntas: para realizar las juntas de la tubería de PVC, la campana deberá limpiarse bien antes de colocar el empaque, a fin de facilitar el acomodo del empaque dentro de la campana, es deseable que ellos sean sumergidos en agua limpia, justo antes de colocarlos.
- Relleno: el relleno alrededor y debajo de la tubería, debe ser hecho de materiales aprobados libres de fragmentos grandes de roca, en capas de 0.15 m, de material suelto apisonada hasta llegar a 0.60 m o arriba del coronamiento del tubo; de este punto para arriba se podrá hacer el relleno en capas de 0.20 m, de grueso y ya se puede permitir el apisonado mecánico o si el supervisor lo aprueba, por apisonamiento a mano con apisonadores pesados de hierro cuyas caras no sean menores a 150 centímetros cuadrados.

La compactación debe ser de 95%, de sus densidad máxima y como lo determina el método T 99-49, de la AASHTO o su equivalente. No se permitirá que opere equipo pesado sobre una tubería, mientras el relleno no haya sido correctamente hecho y hasta que dicha tubería este cubierta por lo menos con 0.50 m, de material. Se permitirá la operación de equipo pesado sobre una tubería, hasta que el supervisor lo autorice, después de asegurarse que los rellenos están hechos correctamente y la capa cubierta sobre la tubería sea por lo menos de 0.50 m, de espesor.

Ningún pavimento o material de superficie se pondrá sobre cualquier tubería hasta que el relleno haya sido perfectamente compactado y asentado. Si en los planos del proyecto se indicará algún tipo especial de relleno o protección a la tubería por su poco recubrimiento, podrá usarse tubería extra resistente o se hará en cada caso de acuerdo con los datos del proyecto o con lo indicado por el supervisor.

- Rotura y reposición de concreto: las diferentes superficies de concreto dañado o destruidas durante el curso del trabajo serán reparadas como se muestre específicamente. Incluido bajo esta clasificación están la acera, entrada de casa y cuneta por donde pasara la tubería.
- Pozos de visita: son estructuras formadas por ladrillos o bloques de barro cocido, unidos con mortero, los cuales servirán para la construcción de los pozos definidos en los planos. Se construirá de ladrillo tayuyo de 0.065 x 0.11 x 0.23 m, colocados de punta adheridos con mortero bastardo en proporción 1:2:8, de cal, cemento y arena de río, respectivamente.

Cuando la altura de los pozos sea mayor de 2.00 m, deberán instalarse escalones de acero de $\frac{3}{4}$ " para acceder al mismo. El acero expuesto deberá ser recubierto con pintura anticorrosiva para evitar su deterioro.

- Planta de tratamiento: se instalará una planta de tratamiento integrada prefabricada, consistente de 4 cámaras o módulos cumpliendo cada uno con un tratamiento preliminar y las etapas de tratamiento estándar (sistema en paralelo). Para su instalación se deberá tener en cuenta las siguientes normativas, las cuales indican que la PTAR debe ser ubicada teniendo en cuenta las siguientes distancias mínimas.

De 1.5 m, distantes de construcción, límites de terrenos, sumideros y campos de filtración.

De 3 m, distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.

De 15 m, distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

- Concreto: se utilizará para las estructuras concreto con resistencia de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ o 3000 PSI a los 28 días, con proporción 1:2:2.
- Cemento: será de la mejor calidad y marca conocida localmente. Este debe cumplir con las especificaciones para cemento que dicen las Normas COGUANOR NGO 41001.
- Agregado fino: se utilizará arena de río, libre de arcilla, desechos orgánicos y sales minerales, los cuales afecten las propiedades y calidad del concreto. Debe cumplir

con las especificaciones de los agregados para concreto COGUANOR NGO 41 007 o ASTM F-949.

- Agregado grueso: el piedrín será triturado libre de arcilla, materia vegetal y materiales blandos o desmenuzables que afecten la calidad del concreto. Deberá cumplir con las especificaciones de agregados para concreto COGUANOR NGO 41 007 ó ASTM C 33. Para el caso de piedra triturada a máquina, ésta se cernirá para separar completamente el polvo de la piedra antes de almacenarla, a menos que la piedra triturada sea lavada.
- Agua: el agua a utilizar deberá estar limpia y libre de ácidos, aceites o de cualquier otra impureza orgánica que puedan manchar o decolorar el concreto. Los aditivos deberán emplearse en las proporciones indicadas por el fabricante.

3.8 Elaboración de planos constructivos

Los planos han sido elaborados por computador utilizando los siguientes programas:

- AutoCAD 2007
- Civil 3D 2010

Los planos son los siguientes:

- Plano de localización
- Plano de ubicación
- Planta arquitectónica
- Plano de curvas de nivel
- Diagrama de flujos

- Perfiles longitudinales 1
- Perfiles longitudinales 2
- Perfiles longitudinales 3
- Perfiles longitudinales 4
- Perfiles longitudinales 5
- Perfiles longitudinales 6
- Perfiles longitudinales 7
- Perfiles longitudinales 8
- Detalle de pozos de visita
- Detalle de pozos de visita 2
- Detalle de conexiones domiciliarias.

3.9 Presupuesto

Tabla 33. Resumen de presupuesto general sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta

No.	Nombre del renglón	Cantidad	Unidad	Costo/U	Sub-Total
1	Trabajo preliminares	1	Unidad	Q 6,299.85	Q 6,299.85
2	Replanteo topográfico	1	Unidad	Q 8,388.10	Q 8,388.10
3	Línea de conducción principal	664	m	Q 301.79	Q 200,389.00
4	Línea de ramales	387.63	m	Q 301.05	Q 116,695.46
5	Pozos de visita	22.00	Unidad	Q 6,284.87	Q 138,267.15
6	Conexiones domiciliarias	65.00	Unidad	Q 1,040.33	Q 67,601.80
7	Planta de tratamiento	1.00	Unidad	Q 697,500.02	Q 697,500.00
TOTAL					Q 1,235,141.38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resumen de gastos administrativos de sistema de Alcantarillado sanitario aldea La Laguneta

Gastos técnicos administrativos (tiempo de ejecución de la obra 6 meses)				
Puesto	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Total
Secretaria	4	Q 15.00	Q 1,800.00	Q 10,800.00
Contador	4	Q 15.00	Q 1,800.00	Q 10,800.00
Auxiliar de Ingeniero	8	Q 30.00	Q 7,200.00	Q 43,200.00
Ingeniero	6	Q 50.00	Q 9,000.00	Q 54,000.00
			Total	Q 118,800.00
Alquiler y depreciación				
Renglón	Costo/Mes	Total		
Local de oficina	Q 600.00	Q 3,600.00		
Luz, teléfono e internet	Q 500.00	Q 3,000.00		
Mantenimiento general	Q 300.00	Q 1,800.00		
			Total	Q 8,400.00
Otros gastos administrativos				
Combustible	Q 200.00	Q 1,200.00		
Guardián	Q 600.00	Q 3,600.00		
Seguros varios	Q 700.00	Q 4,200.00		
Insumos de oficina	Q 500.00	Q 3,000.00		
			Total	Q 12,000.00
			Total de gastos administrativos	Q 139,200.00
			Total costos directos	Q 882,243.84
			Porcentaje	16%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resumen de impuestos del sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta

Desglose de impuestos		
Descripción	Total	
Total materiales	Q	315,052.75
Total mano de obra, maquinaria y equipo	Q	567,191.09
Total costos directos	Q	882,243.84
Utilidad (10% de los costos directos)	Q	88,224.38
ISR (25% de utilidad)	Q	22,056.10
IVA (12% de mano de obra y utilidad)	Q	78,649.86
Total Impuesto	Q	100,705.95
Total costos directos	Q	882,243.84
% de costos directos		11%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Costos unitarios trabajos preliminares

1	Trabajos preliminares	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Unidad	1	Q 6,299.85	Q 6,299.85
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Hilo de nylon	Rollo	12	Q 30.00	Q 360.00
	Clavo de 3"	Libra	5	Q 6.00	Q 30.00
	Cal hidratada	Saco	3	Q 35.00	Q 105.00
				Subtotal	Q 495.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Transporte de personal	Viaje	2	Q 250.00	Q 500.00
	Camión de volteo	Viaje	1	Q 350.00	Q 350.00
	Trazo con cal	m	1051.63	Q 3.00	Q 3,154.89
				Subtotal	Q 4,004.89
				Total	Q 4,499.89

Indirectos			
Gastos administrativos 16%	16%	Q 719.98	
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q 494.99	
Utilidad 10%	10%	Q 499.99	
Imprevistos 3%	3%	Q 135.00	
		Total	Q 1,799.96
Costo total de renglón			Q 6,299.85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Costo unitario replanteo topográfico

2	Replanteo topográfico	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Unidad	1	Q 8,388.10	Q 8,388.10
Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Hilo de nylon	Rollo	2	Q 30.00	Q 60.00
	Estacas	Unidad	30	Q 1.50	Q 31.50
				Subtotal	Q 91.50
Mano de obra, maquinaria y equipo					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Topógrafo	Jornal	1	Q 2,500.00	Q 2,500.00
	Ayudante	Jornal	2	Q 200.00	Q 200.00
	Equipo topográfico	Unidad	3	Q 1,000.00	Q 3,000.00
				Subtotal	Q 5,900.00
				Total	Q 5,991.50
Indirectos					
Gastos administrativos 16%		16%	Q 958.64		
Impuestos 11% (IVA, ISR)		11%	Q 659.07		
Utilidad 10%		10%	Q 599.15		
Imprevistos 3%		3%	Q 179.75		
			Total	Q	2,396.00
Costo total de renglón				Q	8,388.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Costo unitario línea de conducción principal

3	Línea de conducción principal	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		m	664	Q 301.79	Q 200,389.00
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Material selecto	m ³	30	Q 75.00	Q 2,250.00
	Empaque	Unidad	112	Q 15.00	Q 1,680.00
	Tubo PVC 6" norma ASTM F-949	Tubo	112	Q 500.00	Q 56,000.00
	Lubricante	Galón	5	Q 95.00	Q 475.00
				Subtotal	Q 60,405.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Excavación	m ³	1550	Q 27.00	Q 41,850.00
	Transporte de personal	Viaje	2	Q 250.00	Q 500.00
	Colocación de tubería	m	664	Q 30.00	Q 19,920.00
	Relleno	m ³	1023	Q 20.00	Q 20,460.00
			Subtotal	Q 82,730.00	
			Total	Q 143,135.00	
Indirectos					
Gastos administrativos 16%	16%	Q 22,901.60			
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q 15,744.85			
Utilidad 10%	10%	Q 14,313.50			
Imprevistos 3%	3%	Q 4,294.05			
		Total	Q	57,254.00	
Costo total de renglón			Q	200,389.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Costo unitario línea de ramales

4	Línea de ramales	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		m	387.63	Q 301.05	Q 116,695.46
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Material selecto	m ³	15	Q 75.00	Q 1,125.00
	Empaque	Unidad	65	Q 15.00	Q 975.00
	Tubo PVC 6” norma ASTM F-949	Tubo	65	Q 500.00	Q 32,500.00
	Lubricante	Galón	2	Q 95.00	Q 190.00
				Subtotal	Q 34,790.00
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Excavación	m ³	905	Q 27.00	Q 24,435.00
Transporte de personal	viaje	2	Q 250.00	Q 500.00	
Colocación de tubería	m	387.63	Q 30.00	Q 11,628.90	
Relleno	m ³	600	Q 20.00	Q 12,000.00	
			Subtotal	Q 48,563.90	
			Total	Q 83,353.90	

Indirectos			
Gastos administrativos 16%	16%	Q 13,336.62	
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q 9,168.93	
Utilidad 3%	10%	Q 8,335.39	
Imprevistos 6%	3%	Q 2,500.62	
		Total	Q 33,341.56
Costo total de renglón			Q 116,695.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Costos unitarios pozos de visita

5	Pozos de visita	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		unidad	22	Q 6,284.87	Q 138,267.15
	Materiales				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Ladrillo tayuyo 6.5x11x22 cm	Unidad	22,449	Q 1.25	Q 28,061.25.
	Acero de 3/4” grado 40	Varilla	125	Q 70.00	Q 8,750.00
	Acero de 1/2” grado 40	Varilla	70	Q 35.00	Q 2,450.00
	Acero de 1/4” grado 40	Varilla	20	Q 8.00	Q 160.00
	Alambre de amarre	Libra	70	Q 5.00	Q 350.00
	Cemento U.G.C	Saco	140	Q 75.00	Q 10,500.00
	Piedrín de 3/4	m³	10	Q 150.00	Q 1,500.00
	Arena	m³	16	Q 150.00	Q 2,400.00
	Cal hidratada	Saco	200	Q 35.00	Q 7,000.00
	Madera rustica	Pie/tabla	300	Q 5.00	Q 1,500.00
	Clavo de 3”	Libra	84	Q 6.00	Q 504.00
				Subtotal	Q 63,175.25
	Mano de obra, maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal	
Fundición de piso de pozo	Unidad	22	Q 100.00	Q 2,200.00	
Levantado de pozo	Unidad	22	Q 1,200.00	Q 26,400.00	
Fundición de brocal más tapadera	Unidad	22	Q 100.00	Q 2,200.00	
Excavación y retiro de material sobrante	m³	131	Q 27.00	Q 550.00	
Transporte de personal	Viaje	5	Q 500.00	Q 1,250.00	
			Subtotal	Q 35,587.00	
			Total	Q 98,762.25	

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 40.

Indirectos			
Gastos administrativos 16%	16%	Q	15,801.96
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q	10,863.85
Utilidad 10%	10%	Q	9,876.23
Imprevistos 3%	3%	Q	2,962.87
		Total	Q 39,504.90
Costo total de renglón			Q 138,267.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Costos unitarios conexiones domiciliare

6	Conexiones domiciliare	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		unidad	65	Q 1,040.03	Q 67,601.80
Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Tubo de concreto de 12"	Tubo	65	Q 50.00	Q 3,250.00
	Tubo PVC de 4" norma F-949	Tubo	65	Q 115.00	Q 7,475.00
	Cabo transformador 4" x 3"	Unidad	65	Q 35.00	Q 2,275.00
	Silleta Y de 4"x6" norma ASTM F-949	Unidad	65	Q 191.00	Q 12,415.00
	Cemento U.G.C	Saco	14	Q 75.00	Q 1,050.00
	Piedrín de 3/4	m³	4	Q 150.00	Q 150.00
	Arena	m³	4	Q 150.00	Q 150.00
	Codo PVC de 90 grados norma ASTM F-949	Unidad	65	Q 74.00	Q 4,810.00
	Acero de 1/4" grado 40	Varilla	44	Q 8.00	Q 352.00
	Cemento solvente	Galón	2	Q 550.00	Q 1,100.00
	Alambre de amarre	Libra	24	Q 5.00	Q 120.00
				Subtotal	Q 33,147.00
Mano de obra, maquinaria y equipo					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
	Excavación	m³	65	Q 27.00	Q 1,755.50
	Relleno compactado	m³	49.5	Q 20.00	Q 990.00
	Fundición de piso + tapadera	Unidad	65	Q 28.00	Q 1,820.00
	Colocación de tubo de concreto de 12"	Unidad	65	Q 80.00	Q 5,200.00
	Colocación de silleta Y PVC	unidad	65	Q 25.00	Q 1,625.00
	Colocación de tubo de 4"	Unidad	65	Q 50.00	Q 3,225.00
	Transporte de personal	viaje	2	Q 250.00	Q 500.00
				Subtotal	Q 15,140.00
				Total	Q 48,287.00

Fuente: Elaboración propia

Continuación tabla 41.

Indirectos				
Gastos administrativos 16%	16%	Q	7,725.92	
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q	5,311.57	
Utilidad 10%	10%	Q	4,828.70	
Imprevistos 3%	3%	Q	1,448.61	
		Total	Q	19,314.80
Costo total de renglón			Q	67,601.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Costo unitario planta de tratamiento

7	Planta de tratamiento	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
		Unidad	1	Q 697,500.02	Q 697,500.02
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Planta de tratamiento prefabricada		Unidad	1	Q 122,949.00	Q 122,949.00
				Subtotal	Q 122,949.00
Mano de obra, maquinaria y equipo					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Obra civil		Unidad	1	Q 375,265.30	Q 375,265.30
				Subtotal	Q 375,265.30
				Total	Q 498,214.30

Indirectos			
Gastos administrativos 16%	16%	Q 79,714.29	
Impuestos 11% (IVA, ISR)	11%	Q 54,803.57	
Utilidad 10%	10%	Q 49,821.43	
Imprevistos 3%	3%	Q 14,946.43	
		Total	Q 199,285.72
Costo total de renglón			Q 697,500.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Cronograma físico financiero del sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta

CRONOGRAMA FISICO FINANCIERO								
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA								
No.	REGLON	PERIODO DE EJECUCION 6 MESES						TOTAL
		1	2	3	4	5	6	
1	Trabajo preliminar	Q 6,299.85						Q 6,299.85
2	Replanteo topografico	Q 8,388.10						Q 8,388.10
3	Linea de conduccion principal		Q 66,796.33	Q 66,796.33	Q 66,796.33			Q 200,389.00
4	Linea de ramales				Q 58,347.73	Q 58,347.73		Q 116,695.46
5	Pozo de visita					Q 138,267.15		Q 138,267.15
6	Conexiones domiciliars						Q 67,601.80	Q 67,601.80
7	Planta de tratamiento						Q 697,500.02	Q 697,500.02
TOTAL		Q14,687.95	Q 66,796.33	Q 66,796.33	Q 125,144.06	Q 196,614.88	Q 765,101.82	Q 1,235,141.38
PORCENTAJE		1.19%	5.41%	5.41%	10.13%	15.92%	61.94%	100%
		EJECUCION						
	Q 1,235,141.38	FINANCIERA						

Fuente: Elaboración propia

3.10 Evaluación de impacto ambiental

“El impacto ambiental es la modificación o alteración en el ambiente de alguno de sus componentes de cierta complejidad originado por los efectos de la acción o actividades humanas” (Del Valle, 2010, p. 62).

En los problemas generados por la construcción del sistema de alcantarillado sanitario únicamente se presentaron durante el proceso de construcción y que afectan principalmente a los habitantes de la comunidad se encuentran los siguientes:

- Generación de polvos y ruidos provocados por la excavación de las zanjas y pozos de visita.
- Obstrucción en las calles por la excavación, colocación de tubería y construcción de pozos de visita.
- Vibraciones provocadas por los movimientos de tierras y transporte de materiales.

Medidas de mitigación que pueden aplicarse:

- Emisiones a la atmosfera: la maquinaria y equipo utilizado debe tener filtros para reducir la emanación de contaminantes, a los trabajadores se les dotará de mascarillas para evitar enfermedades respiratorias.
- Descargas de aguas residuales: implementación de planta de tratamiento para el caudal sanitario de aldea la Laguneta,
- Ruidos y vibraciones: la maquinaria, herramientas y equipo deben encontrarse en adecuadas condiciones de funcionamiento para minimizar la emisión sonora. Se considera que el personal de campo deba trabajar en horario diurno durante el tiempo de ejecución de la obra.

3.11 Evaluación socio-económica

3.11.1 Valor presente neto

Blank (2012)

El Valor Presente Neto (VPN) denominada con frecuencia tasa de descuento, rendimiento, costo de capital o costo de oportunidad, es el rendimiento mínimo que debe ganar un proyecto para que el valor de mercado de la empresa permanezca sin cambios (p. 327).

- $VPN < 0$, el proyecto no es rentable
- $VPN = 0$, indica que se está generando el porcentaje de utilidad
- $VPN > 0$, la opción es rentable

“Para este proyecto se determinó el valor actual neto utilizando tasa de interés líder actual que proporciona el Banco de Guatemala, a cual es de 3% anualmente. Los ingresos y egresos generados por sistema de alcantarillado sanitario se describen a continuación” (Flores, 2016, p. 175).

La municipalidad de Jalapa establece un cobro único de Q 250.00 a cada vivienda para tener derecho al sistema de alcantarillado sanitario y para mantenimiento del sistema una cuota municipal de Q 20.00 mensual por vivienda.

Tabla 44. Cálculo de VPN de Sistema de alcantarillado sanitario
aldea La Laguneta

	Operación	Resultado
Inversión inicial		Q 1,235,141.38
Ingreso inicial	Q 250.00 x 65 viviendas	Q 16,250.00
Costo anuales	Q 1,300.00 x 12 meses	Q 15,600.00
Vida útil	30 años	30 años

Fuente: Elaboración propia

El valor actual neto se determina de la siguiente manera:

$$VPN = - P_i + P_o - A \left(\frac{A}{p, i, t} \right)$$

Donde

P_i = inversión inicial

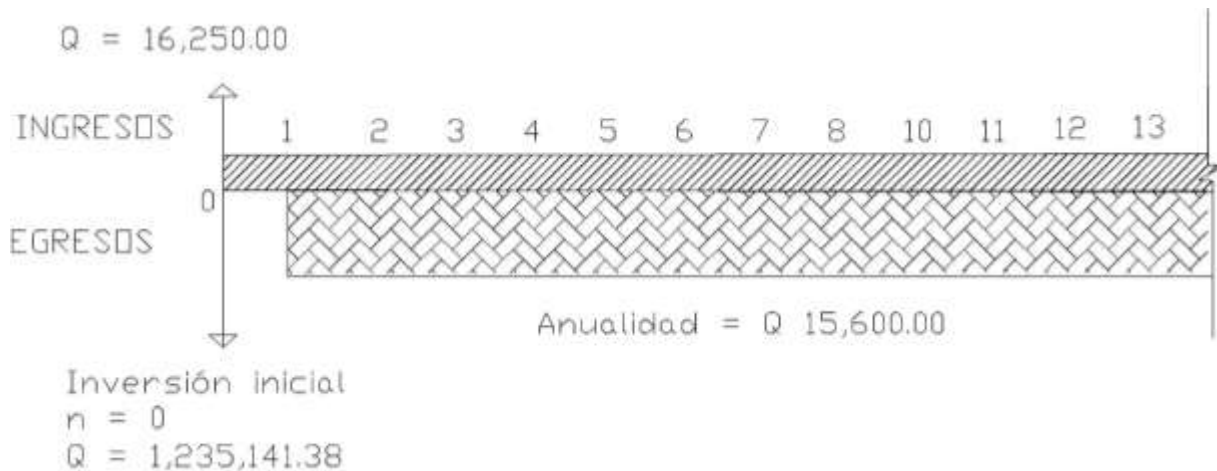
P_o = ingreso inicial

i = tasa de interés = 3%

t = periodo de vida útil del proyecto = 30 años

A = anualidad

Figura 30. Flujo de ingresos y egresos económicos del sistema de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración propia

“El valor de $(A/p, i, t)$ es de 19.60” (Blank, 2012, p. 564)

$$VPN = -1,235,141.38 + 16,250.00 - (15,600.00) \times (19.60)$$

$$VPN = -Q 1,524,651.38$$

El valor negativo del VPN, indica que el proyecto no es rentable económicamente. Debido a que es un inversión social y su finalidad no es obtener una rentabilidad, esto se debe a que la municipalidad de Jalapa no efectuará ningún cobro a los beneficiarios para operaciones y mantenimiento, es por ello que ello que no se estiman ingresos económicos.

3.11.2 Tasa interna de retorno

En el caso del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario, por ser una obra de carácter social, la municipalidad no tiene contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad, por lo que con ninguna tasa de interés se puede obtener ganancias.

CONCLUSIONES

1. Los diseños de proyectos en las áreas de transporte y saneamiento en las comunidades El Lazareto y La Laguneta del municipio y departamento de Jalapa, contribuirán al desarrollo económico y social que mejorará la calidad de vida de los habitantes en dichas áreas.
2. El puente vehicular para el caserío El Lazareto está diseñado bajo las normas AASHTO con los parámetros estructurales de una luz de 15 metros, con 4 vigas principales las cuales transmitirán su carga hacia los estribos y estos al suelo. Con apoyos laterales de diafragmas para brindarle rigidez al puente.
3. Se realizó el diseño del alcantarillado sanitario para la aldea La Laguneta y se presentó un modelo óptimo para la evacuación de aguas residuales con su respectivo tratamiento; que beneficiará a los 345 habitantes que viven en el área donde se realizará el proyecto.
4. Con el diseño y planificación de los proyectos, a través del E.P.S, se cumple con la proyección social, por medio de la extensión de la carrera de Ingeniería Civil del CUNORI, en brindar soluciones a problemas que benefician a la población del caserío el Lazareto y aldea La Laguneta.

RECOMENDACIONES

1. En los proyectos descritos; se debe garantizar la supervisión técnica profesional durante la ejecución, para que se verifiquen los materiales a utilizar sean de primera calidad, en base a planos y especificaciones técnicas de construcción.
2. Sensibilizar a la población los daños que provocan el depositar basura dentro del alcantarillado sanitario.
3. Realizar la construcción de los estribos del puente en época de estiaje, de tal manera que el agua no afecte los trabajos de cimentación
4. Cuando se sedimenta el material acarreado por el río cerca de la subestructura es necesario realizar dragados para que la corriente pase libremente evitando así golpes en la estructura del puente.
5. Garantizar las normas de ejecución del proyecto con el fin que estos y otros proyectos cumplan con la vida útil para la cual fueron diseñados
6. Organizar cuadrillas de mantenimiento para efectuar dos limpiezas anuales o cada vez que se presente la crecida del río al puente vehicular.
7. Realizar inspecciones periódicas a los pozos de visita y limpiarlos por lo menos dos veces al año y brindarle el mantenimiento adecuado.
8. Es recomendable brindarle mantenimiento a la planta de tratamiento prefabricada de manera mensual a través de sus técnicos.

9. Es aconsejable si los proyectos no son de construcción a corto plazo, se debe actualizar los precios de los materiales y la mano de obra, debido que los precios pueden variar con el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, P. 2007. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria* 1. Tesis Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.
2. AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). 2010. *Especificaciones para el diseño de puentes*. 4 ed. Washington, DC, Estados Unidos de America.
3. Espinoza, H. 2012. *Plan de manejo de la cuenca río Jalapa*. Trab. Grad. Ing. Agr. Jalapa, USAC-CUNSURORI, Carrera de agronomía.
4. Blank, L. 2012. *Ingeniería económica*. 7 ed. Mexico, Editorial McGRAW-HILL.
5. Cabrera, R. 1989. *Apuntes de ingeniería sanitaria* 2. Tesis Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.
6. Cardoso, P. 2006. *Monografía del departamento de Jalapa*. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deporte.
7. Castro, M. 2002. *Hidráulica fluvial, diseño hidráulico de puentes*. Ecuador, International Editorial Board.
8. Chow, V. 1994. *Hidrología aplicada*. 1 ed. Colombia, Editorial McGRAW-HILL.
9. Del Valle, A. 2010. *Diseño puente vehicular aldea Las Lagunas y diseño de drenaje sanitario para la colonia los Pinos, municipio de Huehuetenango, departamento de Huehuetenango*. Tesis Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.

10. Flores, J. 2016. *Diseño de apertura tramo carretero del caserío El Trapichito hacia la aldea Guior y sistema de alcantarillado sanitario fase IV colonia El Maestro, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula*. Trab. Grad. Ing. Civ. Chiquimula, USAC-CUNORI, Carrera de Ingeniería Civil..
11. Gálvez, J. 2007. *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales sector Cuatro Caminos y diseño del mercado de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala*. Trab. Grad. Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.
12. Gómez, A. 1990. *Historia y cultura jalapaneca*. Guatemala, Editorial Cultural.
13. Hernández, J. 2014. *Comparación de costos ente una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas prefabricada y una construida en el sitio*. Trab. Grad. Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniera.
14. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala), 2002. XI Censo nacional de Guatemala, departamento de Jalapa. Guatemala.
15. INFOM (Instituto de Fomento Municipal), 2011. Guía de normas para la disposición final de excretas y aguas residuales de Guatemala.
16. IGN (Instituto Geográfico Nacional), 2011. Localización y ubicación geográfica, departamento de Jalapa. Guatemala.
17. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2010. *Informe de intensidad de lluvia del municipio de Jalapa*. Estación meteorológica Potrero Carrillo.

18. Jiménez, G. 2007. *Topografía para ingenieros civiles*. Trab. Grad. Ing. Civ, Colombia, Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería.
19. López, J. 2009. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío el Lazareto y diseño del salón de usos múltiples de Jalapa, Jalapa*. Trab. Grad. Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.
20. Márquez, F. 2003. *Curso básico de topografía*. México, Editorial Librería Carlos Cesarman S.A.
21. Martínez, F. 2007. *Descripción de los tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas*. Trab. Grad. Ing. Civ. Barcelona, España, Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
22. Medrado, R. 2008. *Mecánica de suelos*. Puebla, México, Editorial Limusa.
23. Morales, W. 2009. *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233*. Trab. Grad. Ing. Civ. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología.
24. Oliva, A. 2011. *Diseño de puente vehicular para aldea San Isidro y sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Astillero, municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz*. Trab. Grad. Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de ingeniera.
25. Orellana, C. 2008. *Diseño del sistema de agua potable para la aldea Miramundo y diseño de puente peatonal colgante para el caserío el Sitio, del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa*. Trab. Grad. Ing. Civ. Guatemala,. USAC, Facultad de Ingeniería.

26. OPS (Organización Panamericana de La Salud). 2005. Guías para el diseño de tecnología de alcantarillado. Perú.
27. Paniagua, M. 2008. *Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenaje según EMPAGUA e IMFOM*, Guatemala, USAC, Facultad de Arquitectura.
28. Pineda, G. 2013. *Diseño pavimento rígido tramo hacia la Piedra de los Compadres, KM 223+474.90 a 226+244 carretera RN 18 y sistema de alcantarillado sanitario colonia San Matero II, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula*. Trab. Grad. Ing. Civ. Chiquimula, USAC, CUNORI, Carrera de ingeniería.
29. Soria, F. 2009. Material de apoyo didáctico de “diseño y métodos constructivos de sistema de alcantarillado y evacuación de aguas residuales” para la materia de Ingeniería Sanitaria II. Trab. Grad. Ing. Civ. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología.
30. TZICAP LÓPEZ, 2010. Manuel Daniel. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón Salaché y puente vehicular par el caserío Mangales, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

APÉNDICES

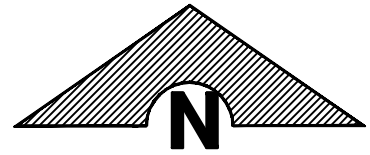
Apéndice A: Diseño puente vehicular caserío El Lazareto, municipio y departamento de Jalapa.

No.	Descripción de planos
1	De localización
2	De ubicación
3	Planta y perfil
4	Planta y cortes
5	Detalles de superestructura
6	Detalles de vigas y diafragmas
7	Cimentaciones y detalles

Apéndice B: Sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta, municipio y departamento de Jalapa.

No.	Descripción de planos
1	De localización
2	De ubicación
3	Planta arquitectónica
4	Curvas a nivel
5	Planta y diagrama de flujos
6,7,8,9,10,11,12,13	Perfiles
14,15	Detalle pozos de visita
16	Conexiones domiciliarias.

APÉNDICE A



SIMBOLOGÍA

	Caserío El Lazareto		Carretera RN - 19
	Río Jalapa		Hacia Sanarate, El Progreso
	Municipalidad de Jalapa		Carretera RN - 19
	Puente vehicular Long. 556,368.21 Lat. 1,618,473.84		Hacia Monjas, Jalapa
	Parque Central de Jalapa Long. 555,890.06 Lat. 1,618,220.75		

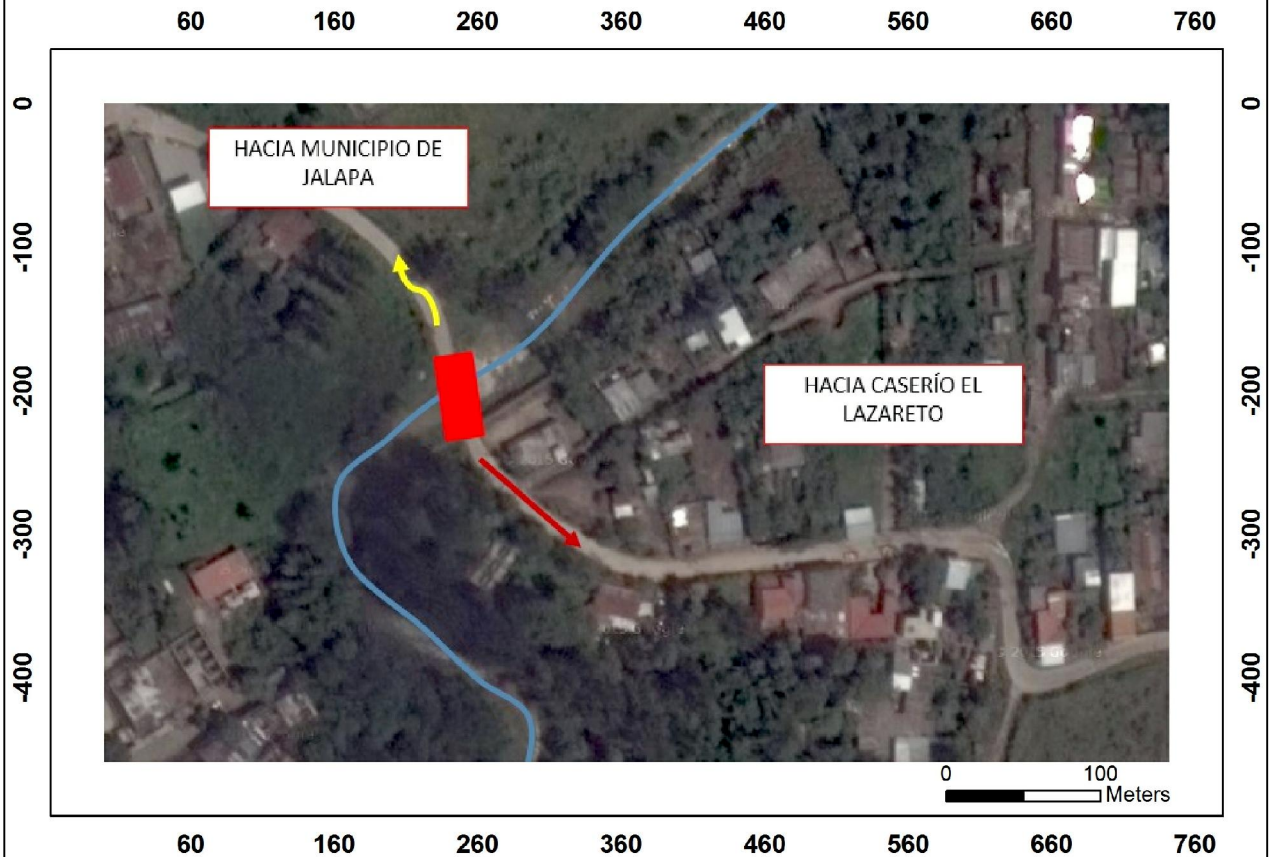
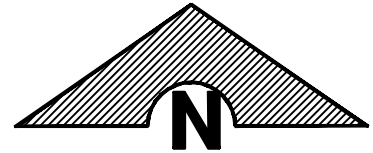


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: PUENTE VEHICULAR		
UBICACIÓN: CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACIÓN	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017
EJECUTA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: MARIO MORALES

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

Hoja: 01 07



SIMBOLOGÍA

	Puente vehicular	Long. 556,366.21 Lat. 1,618,473.84		Hacia municipio de Jalapa
	Río Jalapa			Hacia caserío El Lazareto, Jalapa

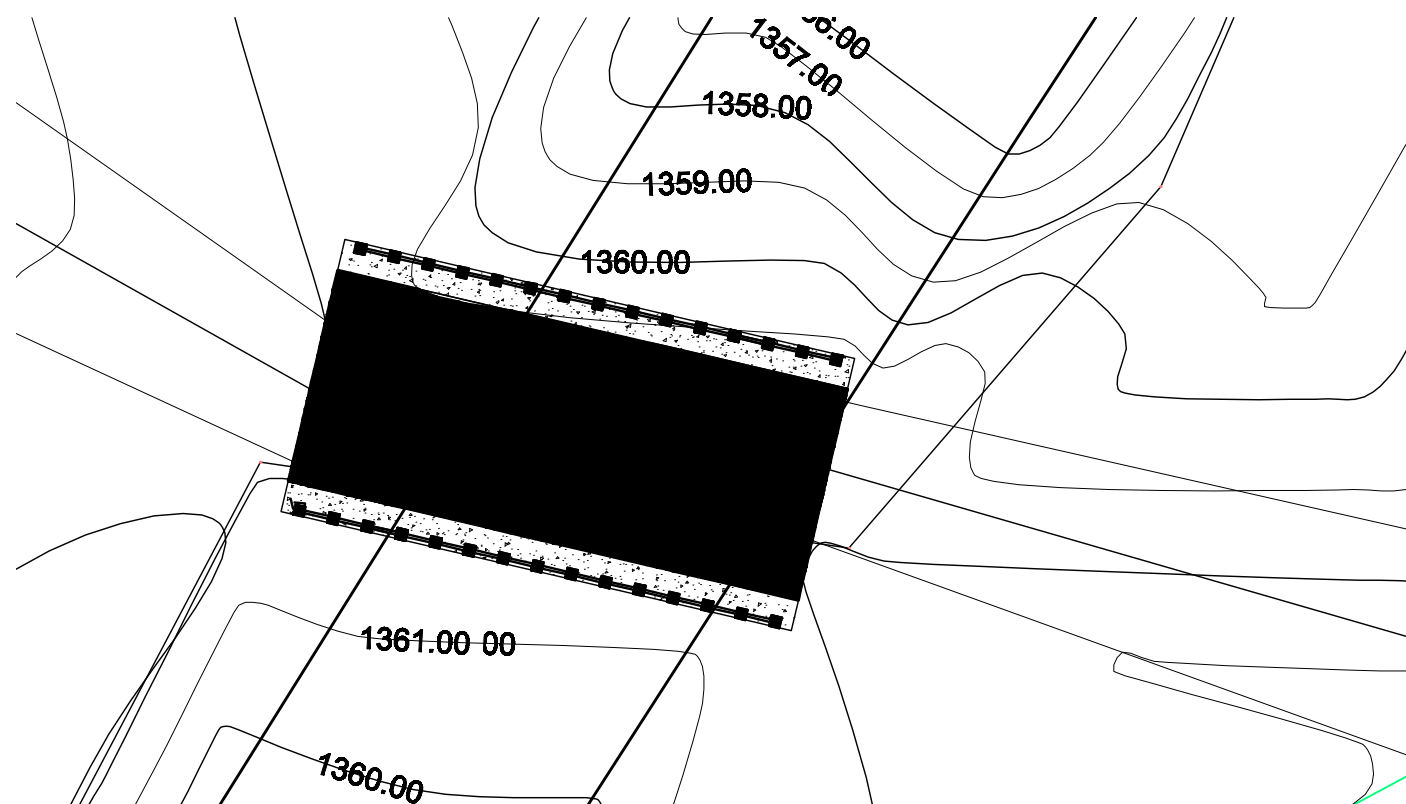


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

CARRERAS DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

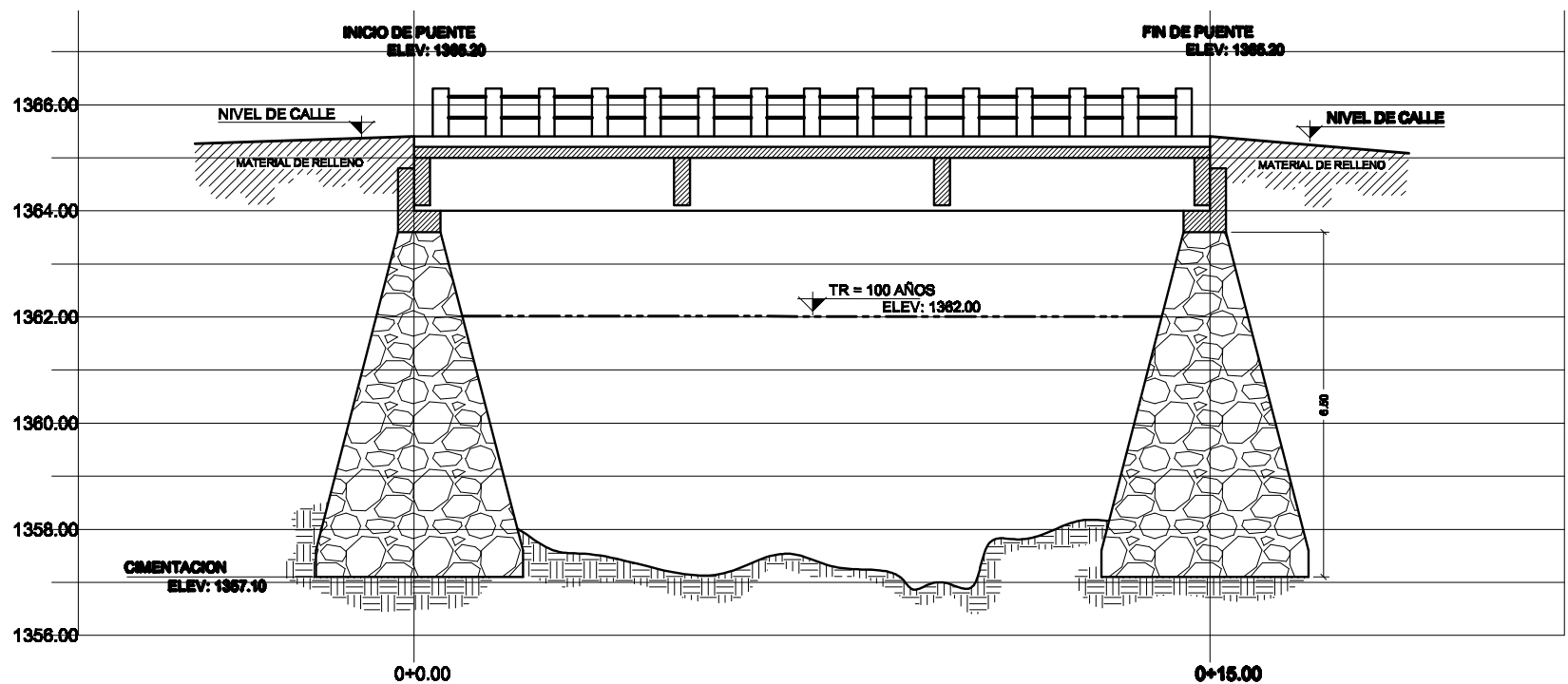
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR			DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA HOJA: 02 / 07
UBICACIÓN: CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA			
CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017	
ESPEJETA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: MARIO MORALES	



UBICACION DEL PUENTE

CASERIO LAZARETO, JALAPA, JALAPA

ESCALA 1 : 200



PERFIL

LINEA CENTRAL DE PUENTE

ESCALA 1 : 125

ESPECIFICACIONES GENERALES:

CONCRETOS

- EL CONCRETO A UTILIZAR EN TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES SERA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 280 kg/cm² (4000 PSI).
- LOS ESTRIBOS SERAN DE CONCRETO CICLOPEO, LA PIEDRA TENDRA UN DIAMETRO ENTRE 8 Y 18 PULGADAS; LA PROPORCION A UTILIZAR SERA 60% PIEDRA Y 40% CONCRETO.

ACERO

- EL ACERO DE REFUERZO PARA TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES SERA CORRUGADO DE GRADO ESTRUCTURAL 40 (2810 kg/cm²).

RECUBRIMIENTOS

- PARA CORTINAS, COLUMNAS, VIGAS Y DIAFRAGMAS 5 cms.
- EN LA SUPERFICIE DE RODADURA, CUANDO ESTE PROTEGIDA POR UNA CARPETA ASFALTICA 2.5 cms.

TRASLAPES

- SERAN COMO MINIMO DE 48 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA, CUMPLIENDO CON LAS ESPECIFICACIONES AASHTO PARA EMPALMES, GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO.

GANCHOS

- LOS DOBLECES DEBERAN SER HECHOS EN FRIJO Y UN EQUIVALENTE A 6 DIAMETROS EN SU LADO LIBRE CUANDO SE TRATA DE 180° O 12 DIAMETROS LIBRES CUANDO SE TRATA DE 90°.

DIMENSIONAMIENTO

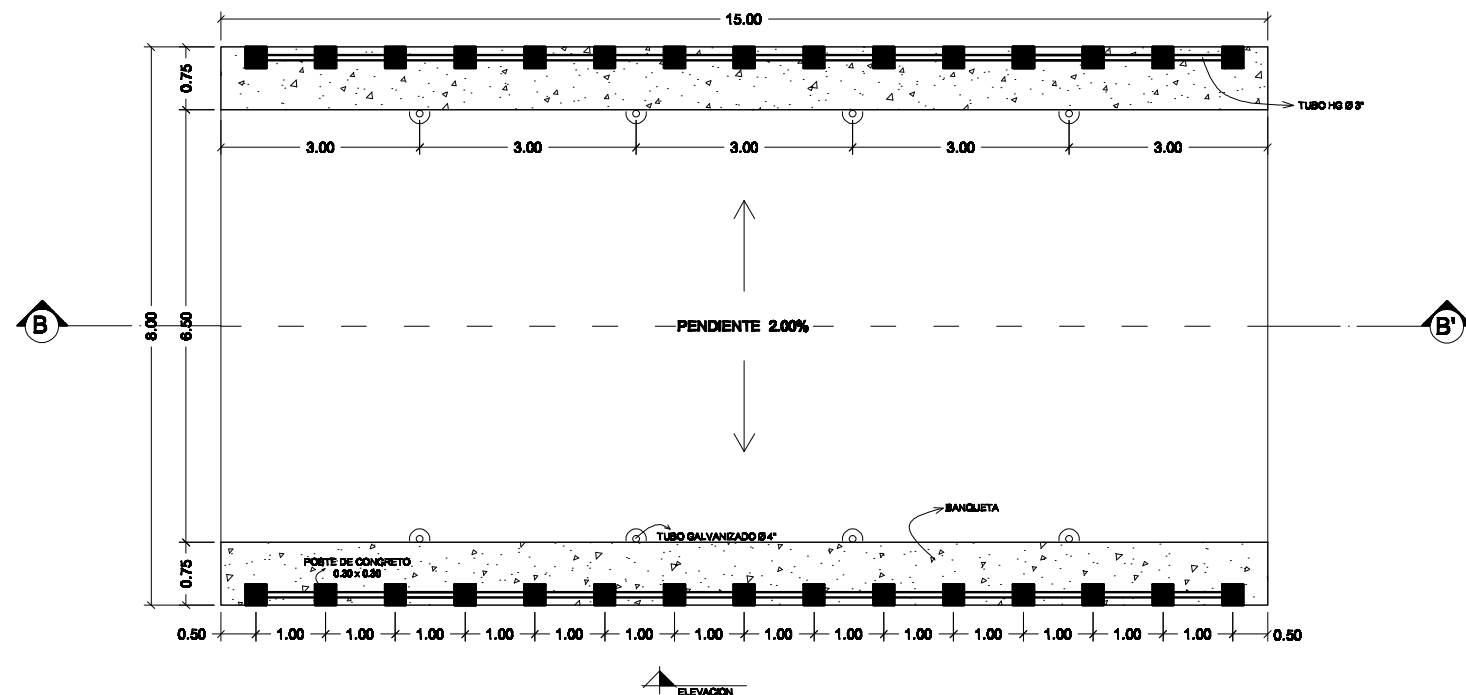
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS, SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.



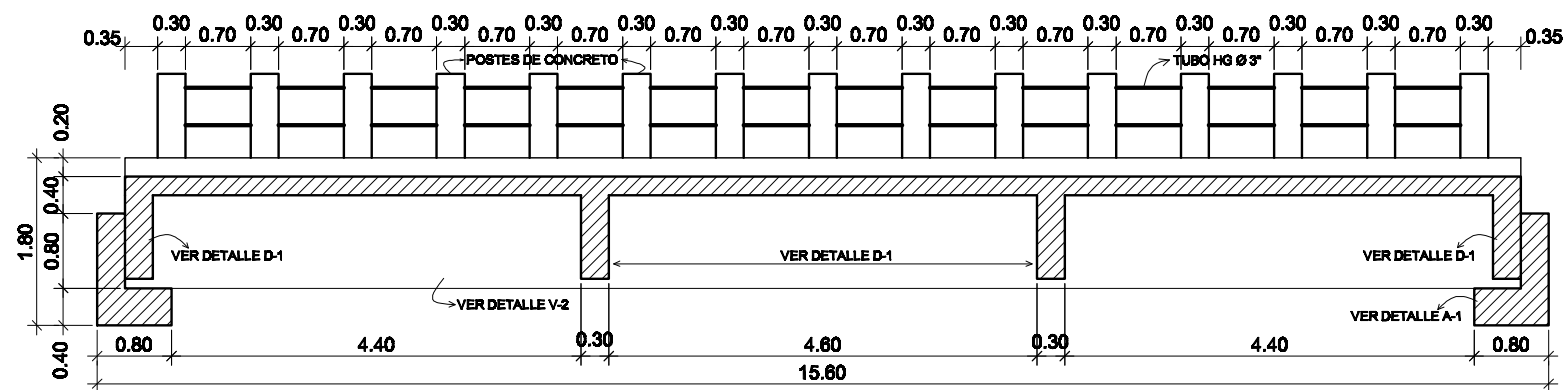
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: PUENTE VEHICULAR		
UBICACION: CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PLANO DE PLANTA/PERFIL	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017
DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
ASISTENTE: MARIO MORALES		

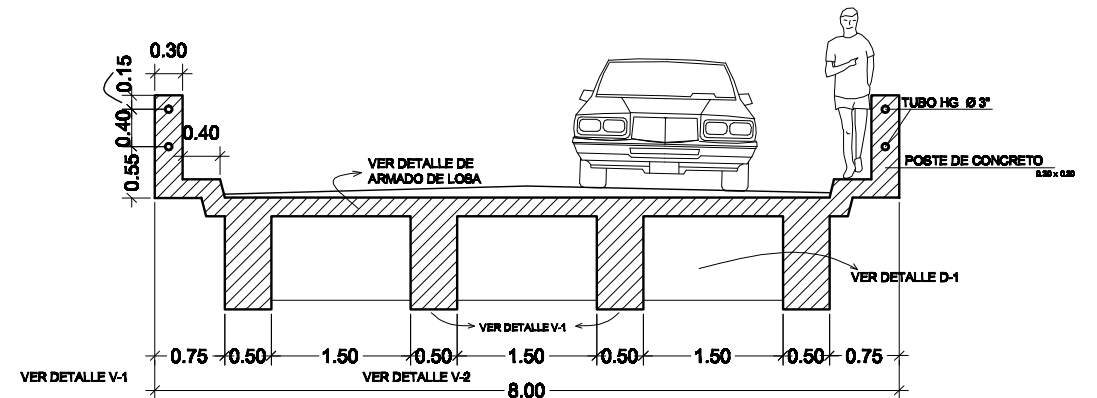
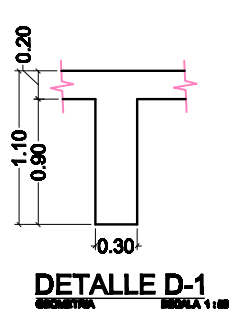
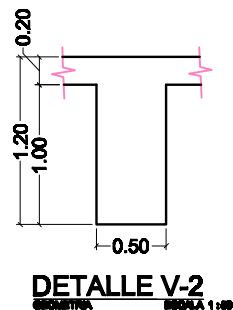
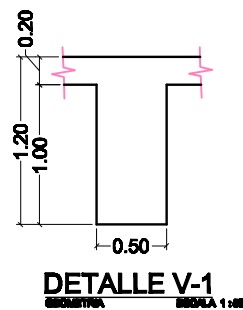
NOA: 03 07



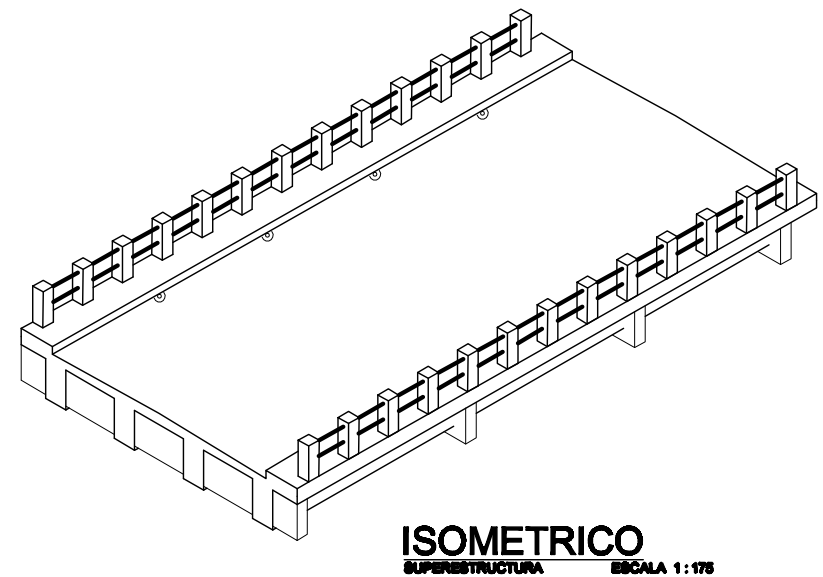
PLANTA
SUPERESTRUCTURA ESCALA 1 : 100



CORTE B - B'
SUPERESTRUCTURA ESCALA 1 : 75



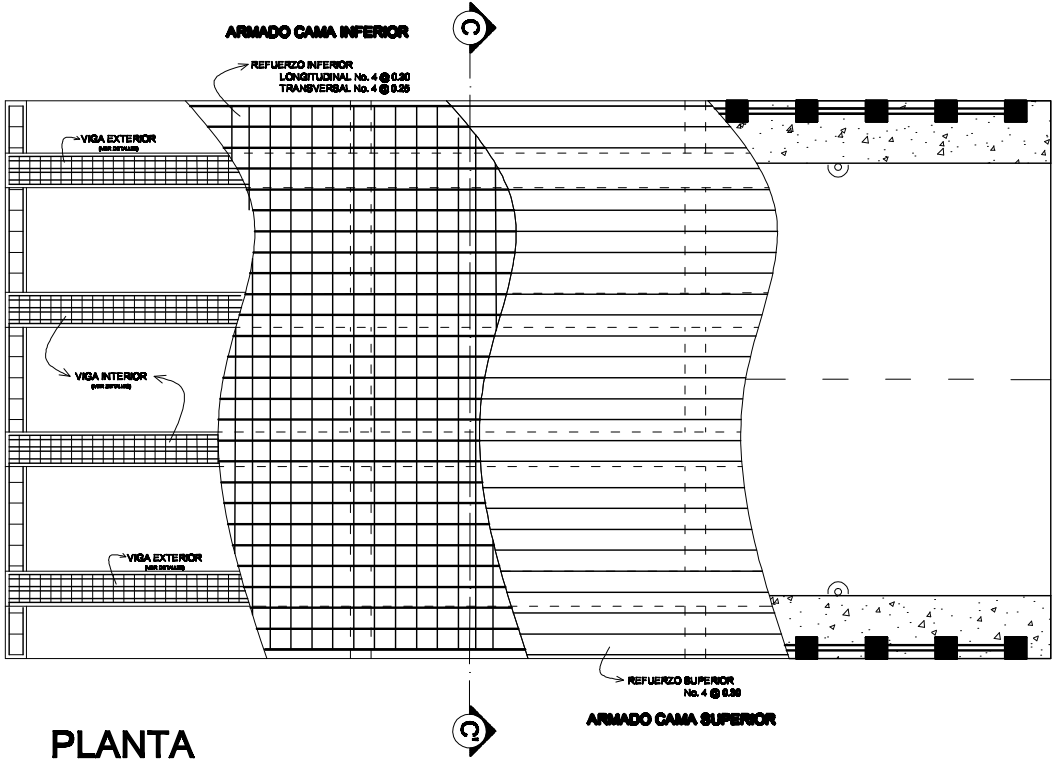
CORTE A - A'
SUPERESTRUCTURA ESCALA 1 : 75



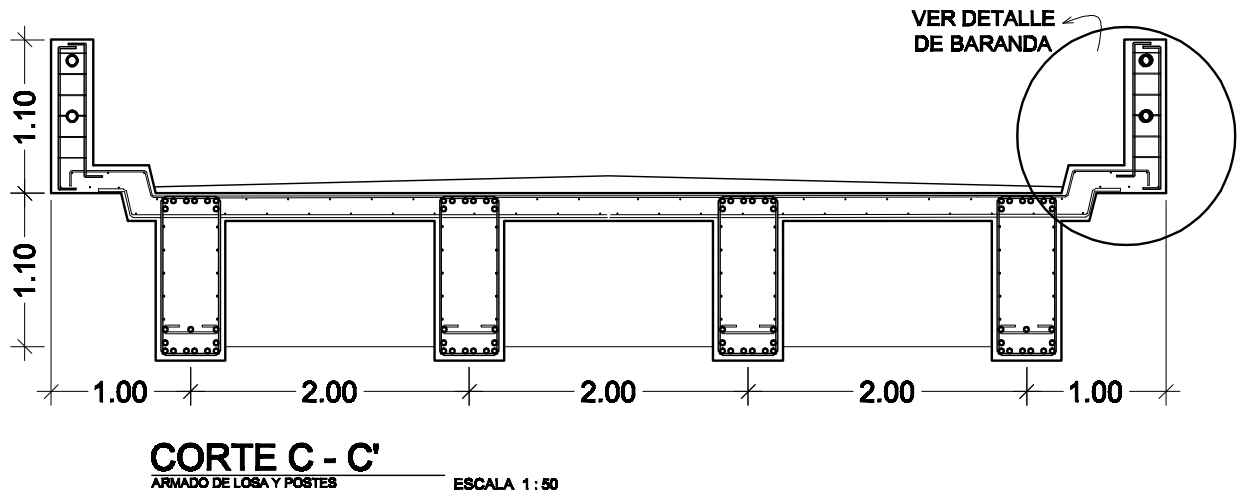
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR		
USUARIO:	CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO:	PLANTA + CORTE	ESCALA: INDICADA	FECHA: 08/2017
DISEÑO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
DIBUJO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
CÁLCULO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
REVISOR:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
ASESOR:	MARIO MORALES		

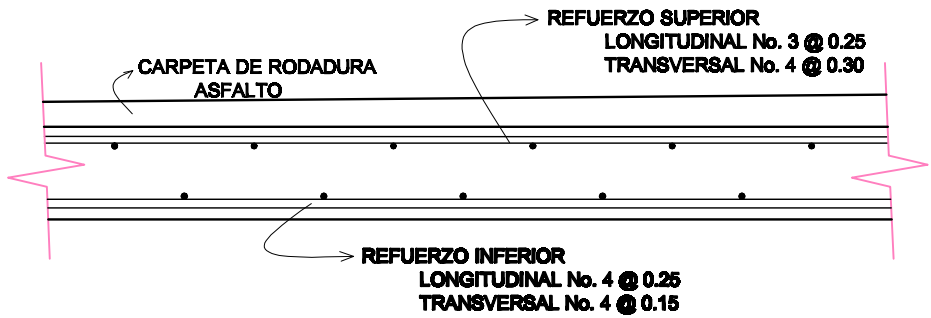
DISEÑO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DIBUJO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISOR:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
ASESOR:	MARIO MORALES
Hoja:	04 / 07



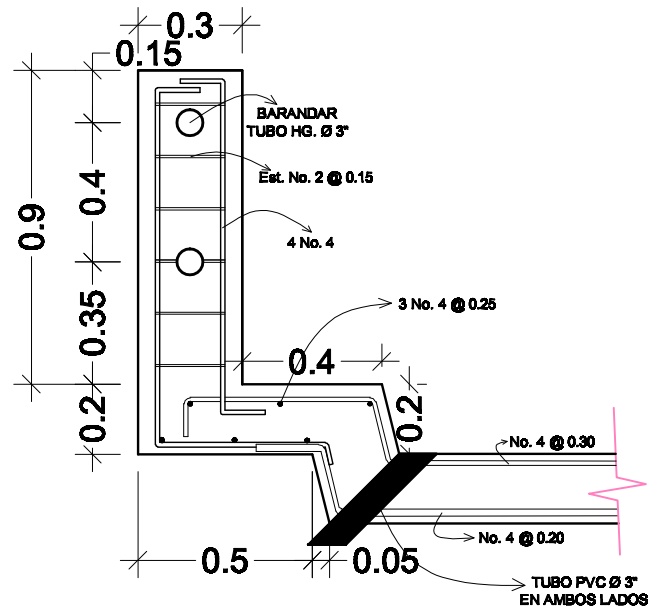
PLANTA
ARMADO DE LOSA ESCALA 1:100



CORTE C - C'
ARMADO DE LOSA Y POSTES ESCALA 1:50



DETALLE - LOSA
ESCALA 1:10

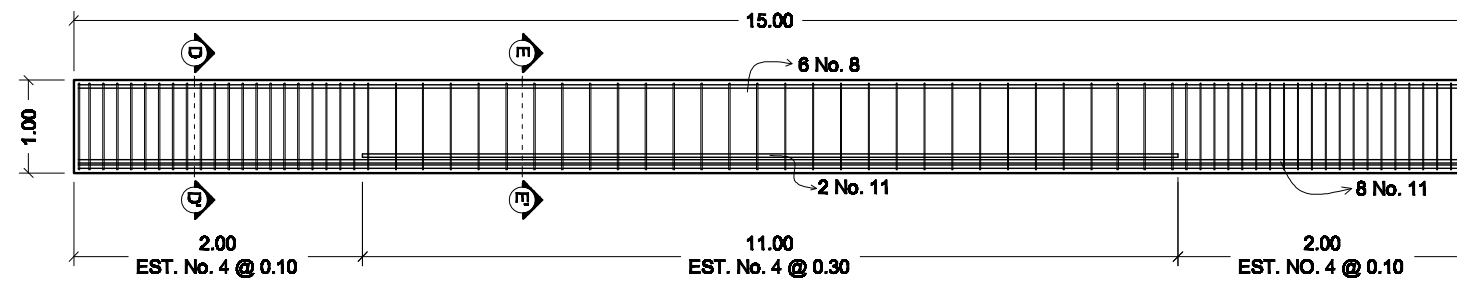


DETALLE - BARANDA
ESCALA 1:10

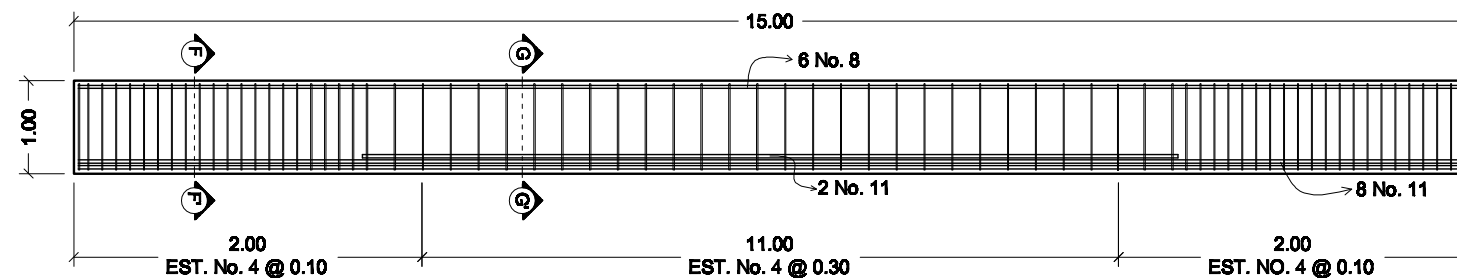


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

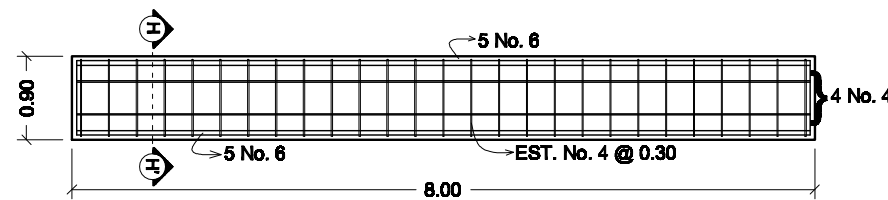
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR			DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
UBICACIÓN: CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA			
CONTENIDO: DETALLE SUPERESTRUCTURA	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017	
EFECTOR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASesor: MARIO MORALES	
HONORARIOS: 05 / 07			



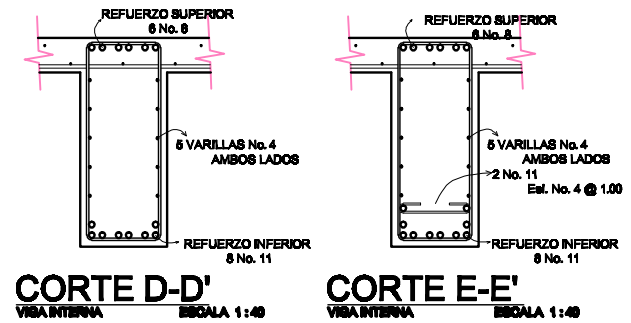
VIGA INTERNA
DETALLE V6 ESCALA 1:75



VIGA EXTERNA
DETALLE V4 ESCALA 1:75

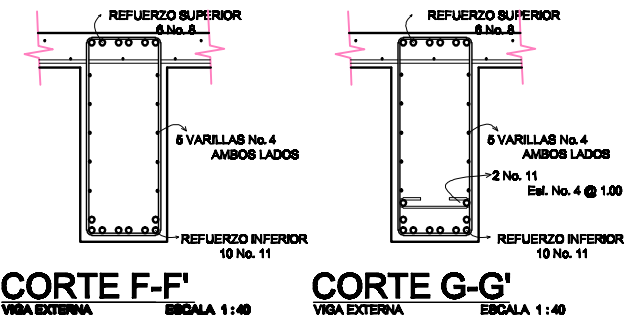


DIAFRAGMA
DETALLE D4 ESCALA 1:75



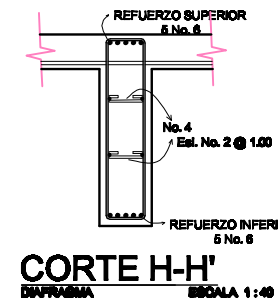
CORTE D-D'
VIGA INTERNA ESCALA 1:40

CORTE E-E'
VIGA INTERNA ESCALA 1:40



CORTE F-F'
VIGA EXTERNA ESCALA 1:40

CORTE G-G'
VIGA EXTERNA ESCALA 1:40



CORTE H-H'
DIAFRAGMA ESCALA 1:40



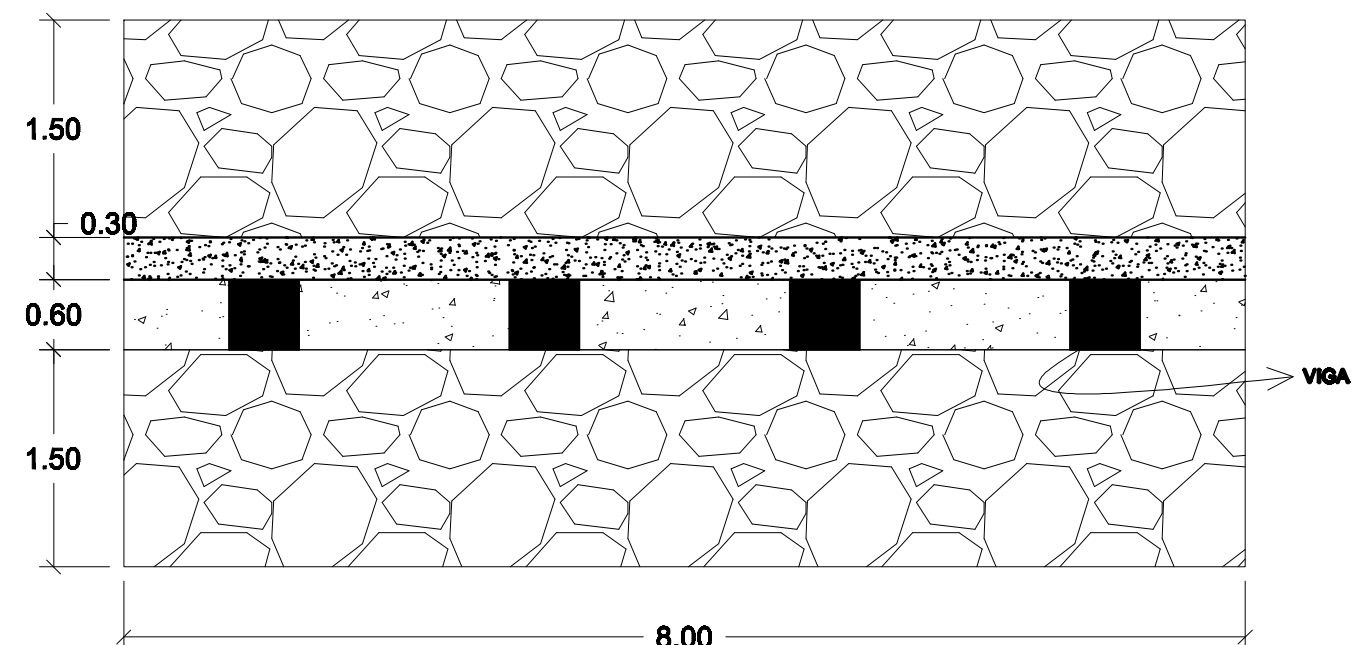
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR	
UBICACIÓN:	CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA	
CONTENIDO:	DETALLES VIGAS Y DIAFRAGMAS	ESCALA: INDICADA
		FECHA: 03/2017

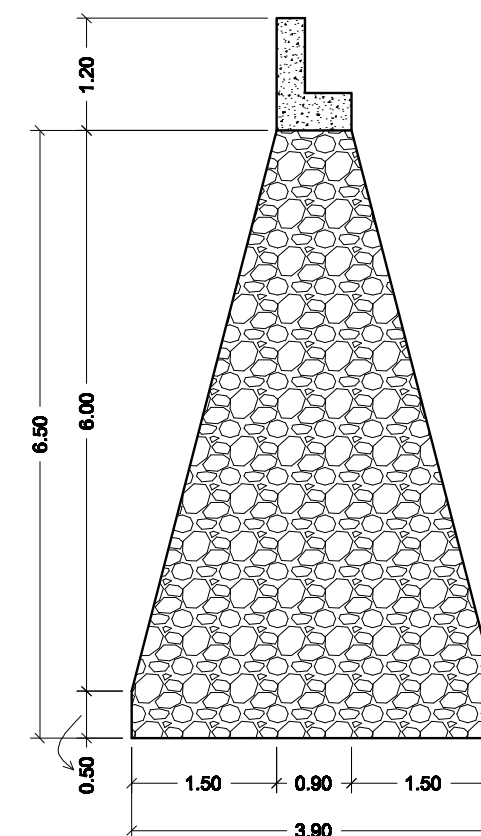
DISEÑO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DIBUJO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

DISEÑO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DIBUJO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

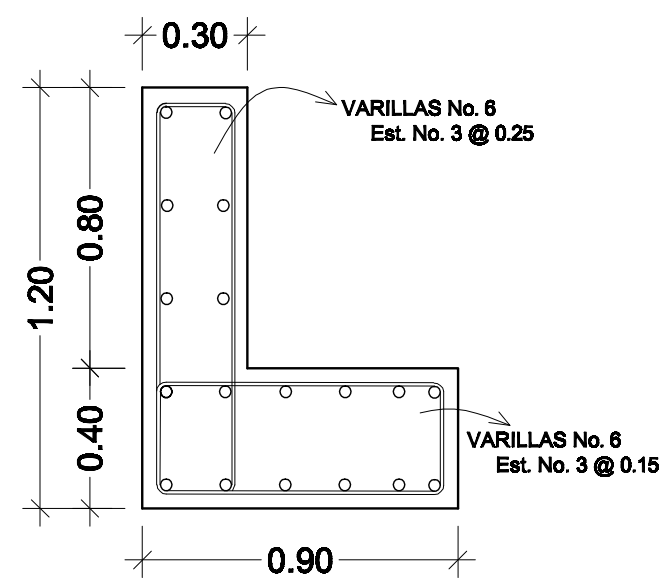
Hoja:	06
	07



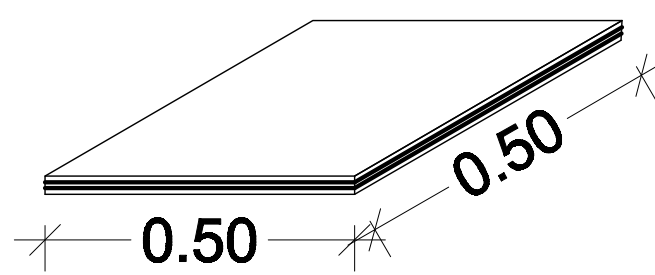
PLANTA DE ESTRIBO
ESCALA 1 : 50



ELEVACION ESTRIBO
ESCALA 1 : 50



VIGA DE APOYO
ESCALA 1 : 20



NEOPRENO
SIN ESCALA

NOTA:
EL ESPESOR TOTAL DEL APOYO
ES DE 3.40 cm, CONSTARA DE 3
CAPAS DE NEOPRENO DE 10 mm Y
DOS LAMINAS DE ACERO DE 2 mm
DE ESPESOR.

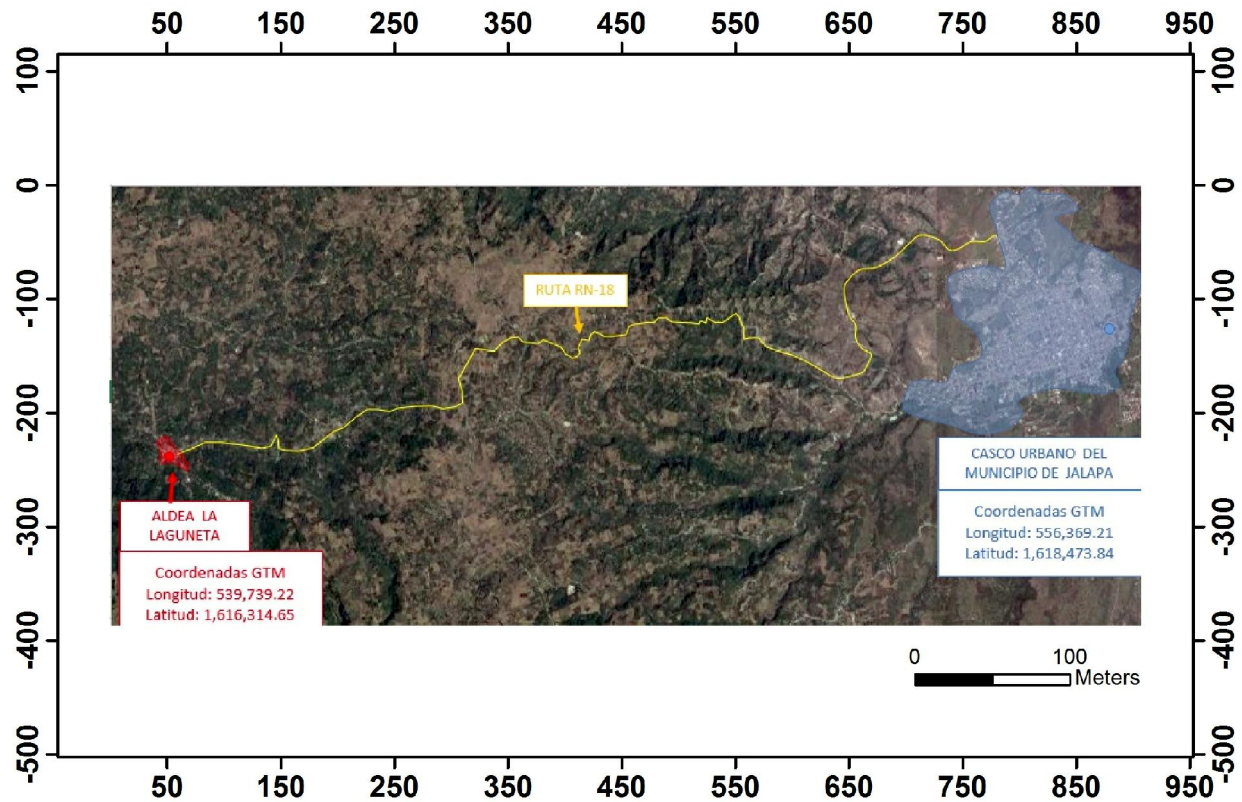
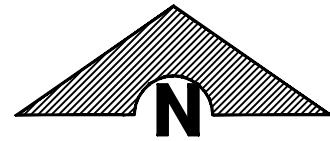


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: PUENTE VEHICULAR		
UBICACION: CASERIO EL LAZARETO, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: CIMENTACIONES Y DETALLES	REVISADO: INDICADA	FECHA: 09/2017
PROYECTADO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	ASISTENTE: MARIO MORALES	

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
HOJA: 07 07

APÉNDICE B



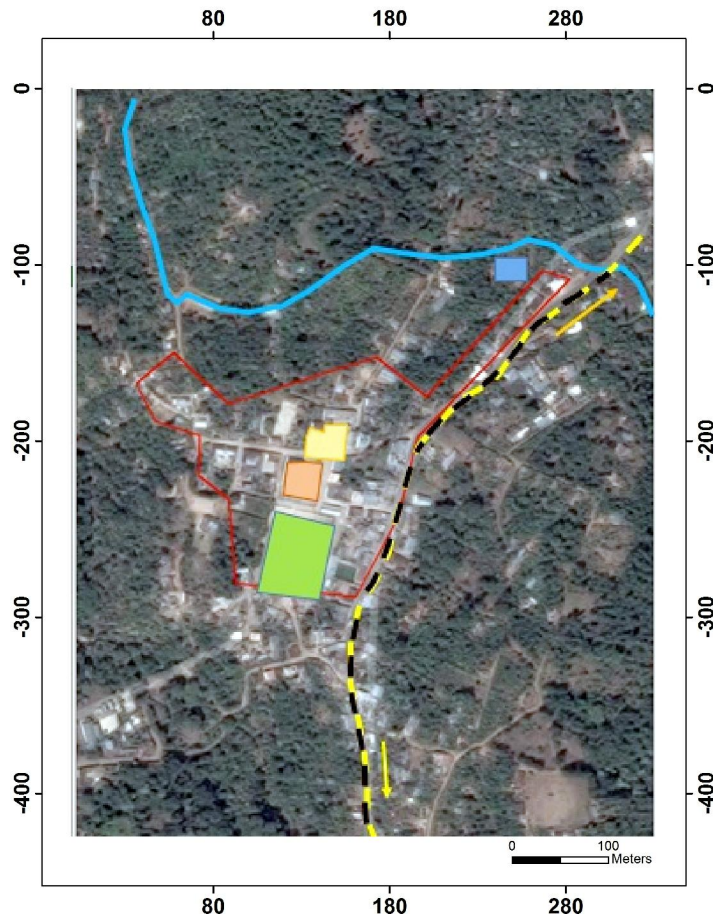
SIMBOLOGÍA

	Ciudad de Jalapa
	Aldea La Laguneta LONGITUD: 539,739.22 LATITUD: 1,616,314.65
	Carretera RN - 18



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA			DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	
CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACIÓN			CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	
ESCALA: INDICADA		FECHA: 03/2017	NOVA: 01/16	
ESCRITA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA			ASESOR: LUIS FERNANDO QUILADA BEZA	



SIMBOLOGÍA

	Planta de tratamiento		Iglesia Católica
	Escuela Oficial La Laguneta		Campo de fútbol
	Carretera RN - 18		Río Poza Verde
	Aldea La Laguneta		



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

CARRERAS DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA			DIBUJO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017	CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
ESCRITA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA	HQIA: 02 / 16

ALDEA
SANYUYO



RN - 18

63
64

ASFALTO

65
66
67
68
69

RN - 18

58
57

ASFALTO

RN - 18

TERRACERÍA

36
35

34
33

32
31

22
21

16
15

12
11
10

34
33

8
7

5
TERRACERÍA

3
4

CONTINUA ALDEA
LA LAGUNETA

ADOQUIN

35
34

33
32

22
21

16
15

12
11
10

34
33

8
7

5
TERRACERÍA

3
4

35
34

33
32

22
21

16
15

12
11
10

34
33

8
7

5
TERRACERÍA

3
4

CABECERA
DE JALAPA

TERRACERÍA



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS

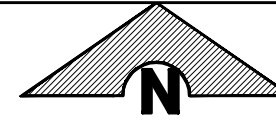
ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA

ESCALA 1 : 2000

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA	SECCION: INDICADA	FECHA: 08/2017
EFECTOR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
SECCION: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CRUCIO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

PÁGINA: 03 / 16



PROYECTO:			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			
UBICACIÓN:			
ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA			
CONTENIDO:		ESCALA:	FECHA:
CURVAS A NIVEL		INDICADA	08/2017
EFECTOR:		ASESOR:	
EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		LUIS FERNANDO QUIJADA MEZA	

SUBITO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
SUBITO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO:	EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA

HCMC: 04 / 16

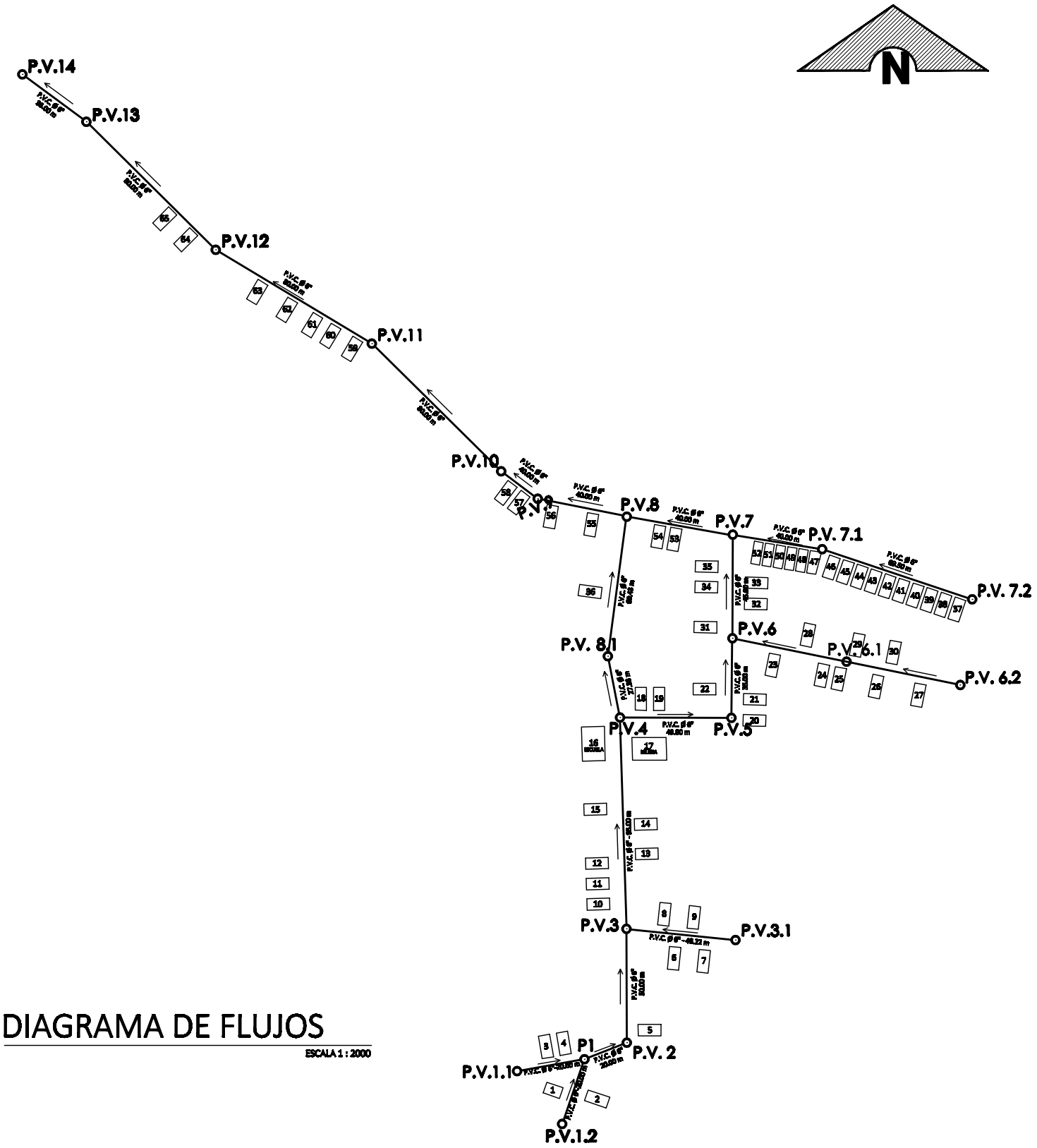


DIAGRAMA DE FLUJOS

ESCALA 1 : 2000

	EST.	P.O	COTA INICIAL	COTA FINAL	DISTANCIA	S% TERRENO	DIAMETRO	COTAS IN/VERT		ALTURA		
								H1	H2	m	"	"
RAMAL PRINCIPAL	P1	P2	1701.52	1699.55	20	9.875	6"	1.76	1.3	77	51	54
	P2	P3	1699.55	1695.95	50	7.21	6"	1.3	2.35	9	4	18
	P3	P4	1695.95	1685.84	93	10.87	6"	4.8	2.33	7	24	42
	P4	P5	1685.84	1685.29	49	1.1	6"	2.33	2.33	99	23	6
	P5	P6	1685.29	1683.57	35	6	6"	2.33	6.05	9	51	30
	P6	PV7	1683.57	1680.925	45	5.88	6"	6.05	3.65	9	30	36
	P7	PV8	1680.93	1676.41	47.5	9.54	6"	3.65	1.6	286	59	12
	PV8	PV9	1676.41	1673.2	40	8	6"	1.6	2.57	290	25	12
	PV9	PV10	1673.2	1670.42	20	13.9	6"	2.57	3.64	315	34	36
	PV10	PV11	1670.42	1662.39	80	10.04	6"	3.64	1.22	325	7	30
	P11	P12	1662.39	1658.64	80	4.68	6"	1.22	3.7	322	46	54
	PV12	PV13	1658.64	1650.54	80	10.1	6"	3.7	1.2	310	10	54
	PV13	PV14	1650.54	1649.89	80	1.9	6"	1.2	1.24	315	36	30
RAMALES	PV1.1	PV1	1704.45	1701.52	20	14.65	6"	1.2	1.76	269	11	42
	PV1.2	PV1	1703.09	1701.52	20	7.82	6"	1.57	1.76	208	4	54
	PV3.1	PV3	1694.55	1695.95	48.22	-2.9	6"	1.2	2.35	103	59	42
	PV6.2	PV6.1	1679.22	1681	51.05	-3.48	6"	1.21	3.5	285	45	12
	PV6.1	PV6	1681	1683.57	51.05	-5.03	6"	3.5	6.05	286	54	24
	PV7.2	PV7.1	1682.23	1678.9	69.5	4.8	6"	1.2	1.22	117	40	42
	PV7.1	PV7	1678.9	1680.93	40	-5.06	6"	1.22	3.68	110	32	54
	PV4	PV4.1	1685.34	1682.78	27.38	11.15	6"	2.33	3.65	358	0	0
	PV4.1	PV8	1680.78	1676.41	60.43	10.55	6"	3.65	1.6	285	0	0



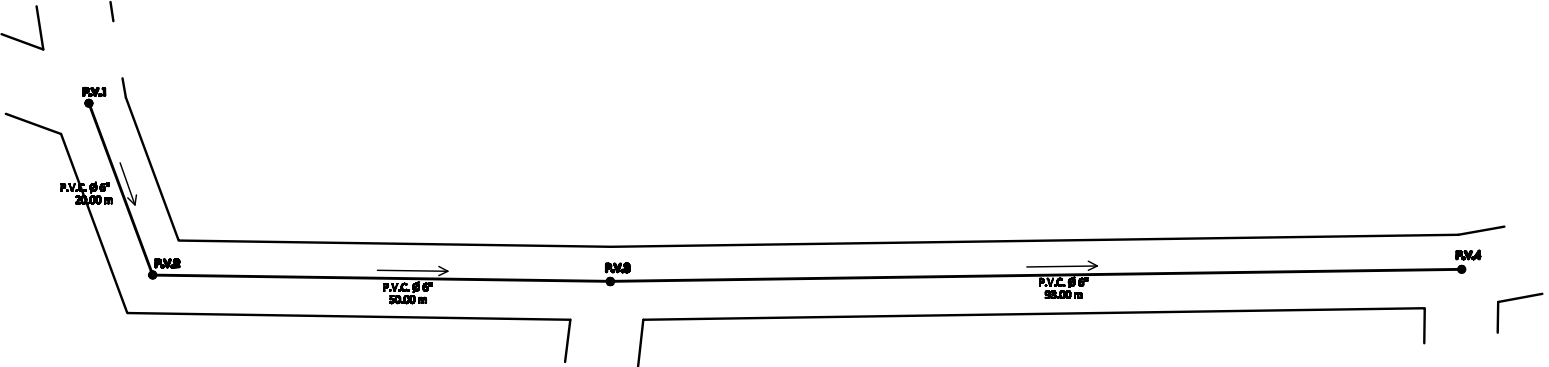
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

CARRERAS DE INGENIERIA

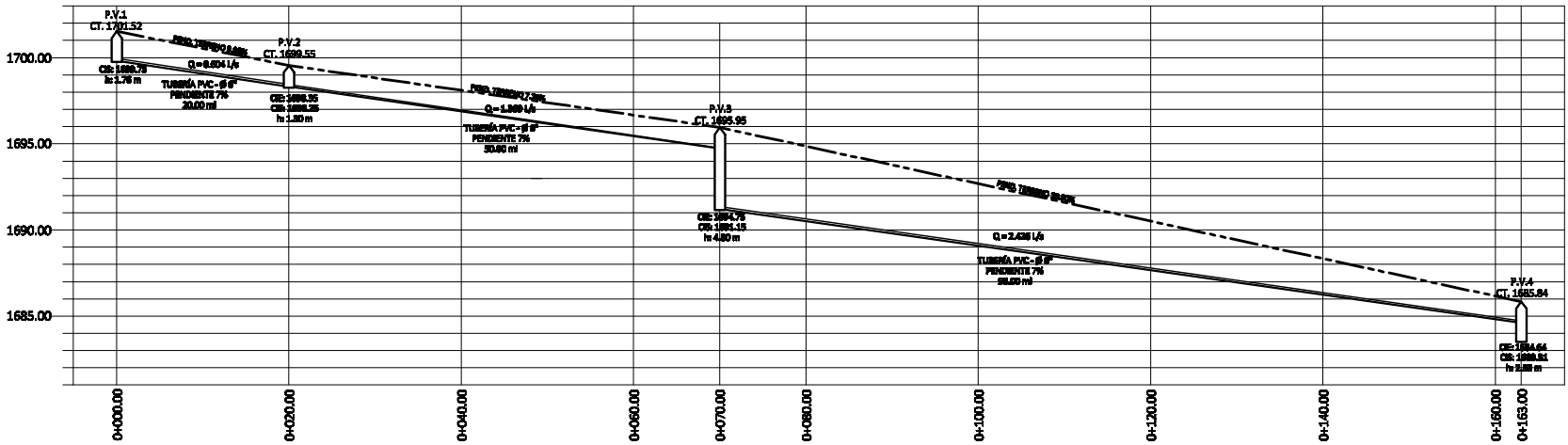
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PLANTA - DIAGRAMA DE FLUJO	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017
EPISTOLA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

REVISOR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISOR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CARGA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
NOVA: 05 / 16



TRAMO DE P.V. 1 - P.V. 4
ESCALA HORIZONTAL 1:500



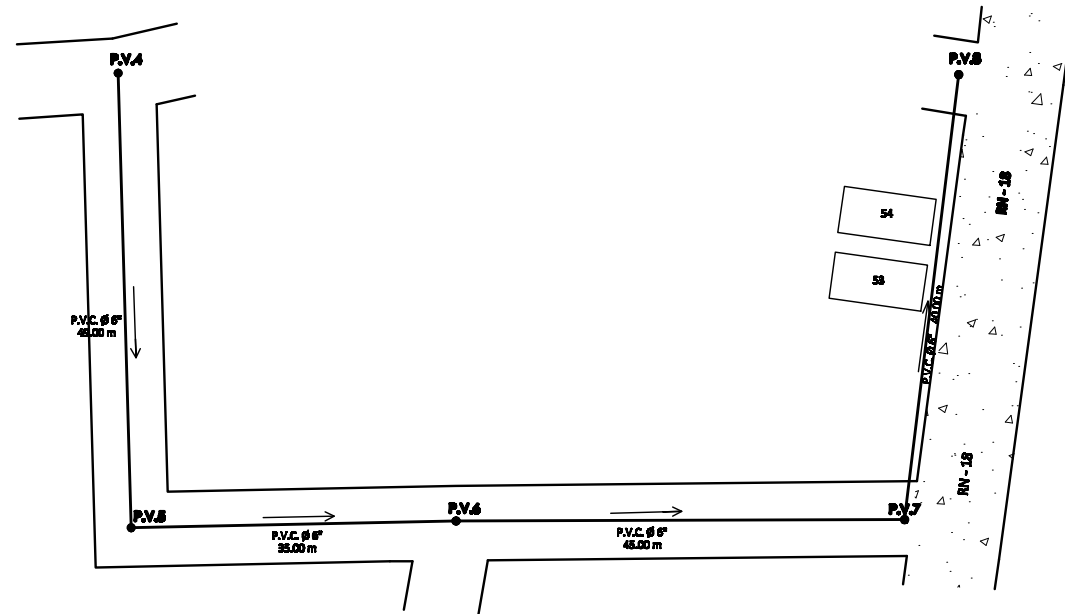
PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 1 - P.V. 4
ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:500



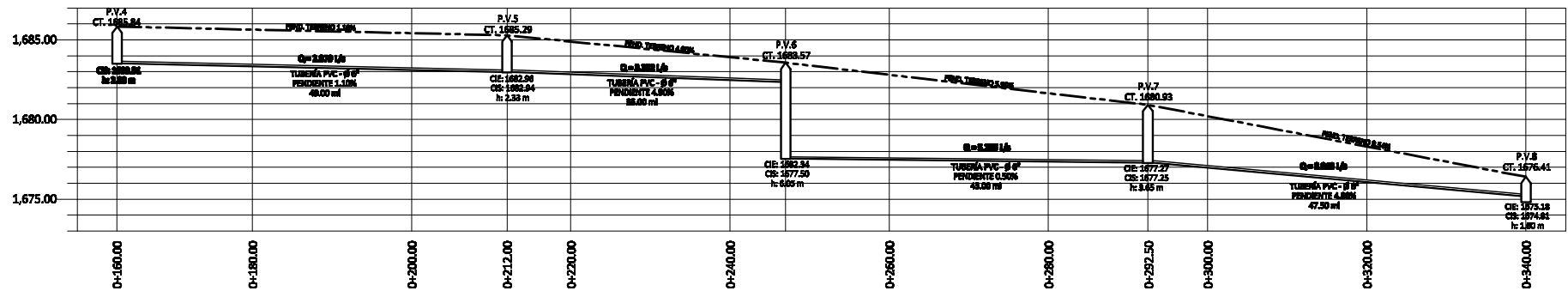
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTEXTO: PERFILES LONGITUDINALES	ESCALA: INDICADA	FECHA: 08/2017
EJECUTA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

TÍTULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
UBICACIÓN: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CRUCIO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA



TRAMO DE P.V. 4 - P.V. 8



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V.4 - P.V.8

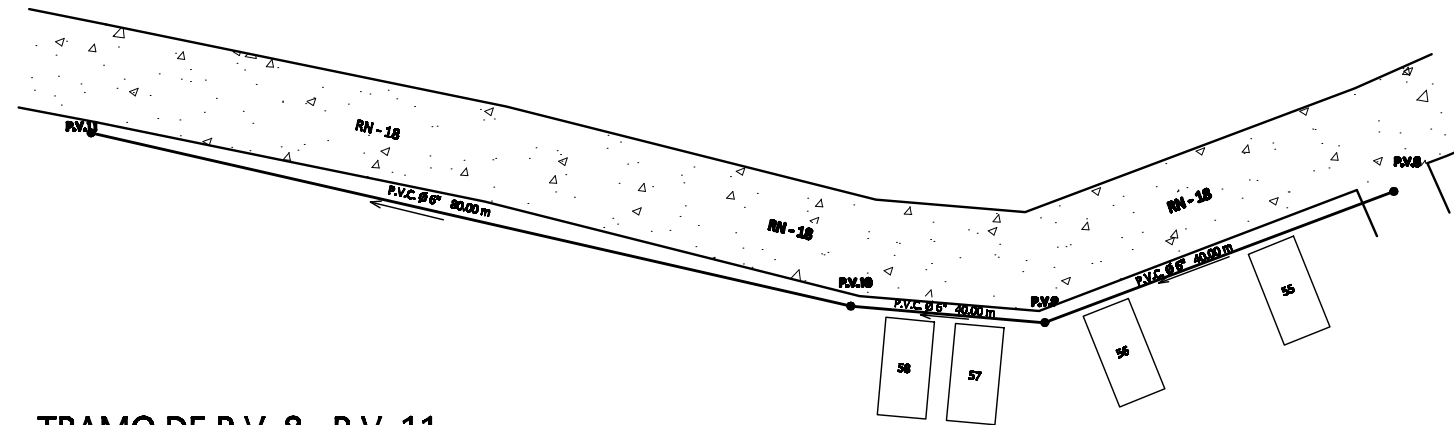
ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:100



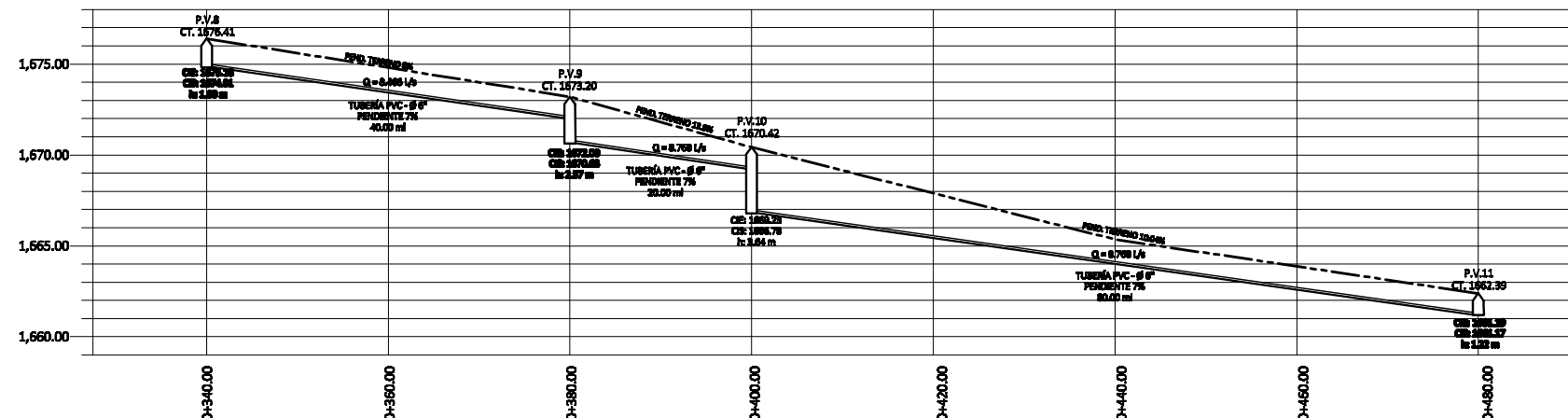
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	SEÑALA: INDICADA	FECHA: 08/2017
ELABORÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA	

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
FECHA: 07/16



TRAMO DE P.V. 8 - P.V. 11
ESCALA HORIZONTAL 1:500



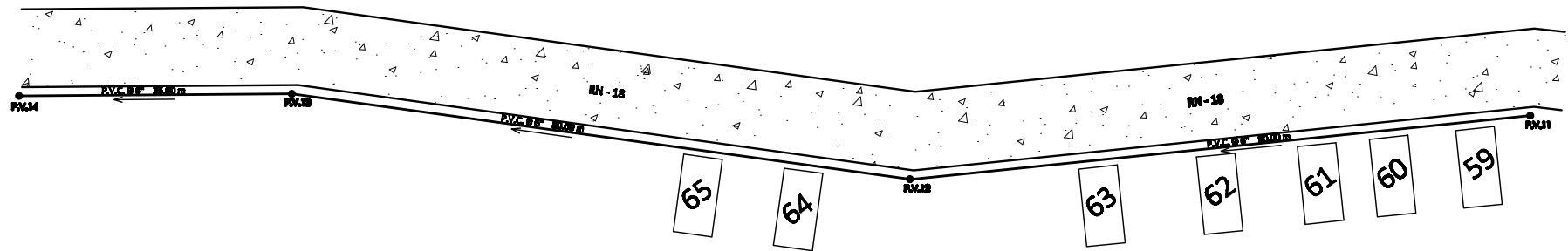
PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 8 - P.V.11
ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:100



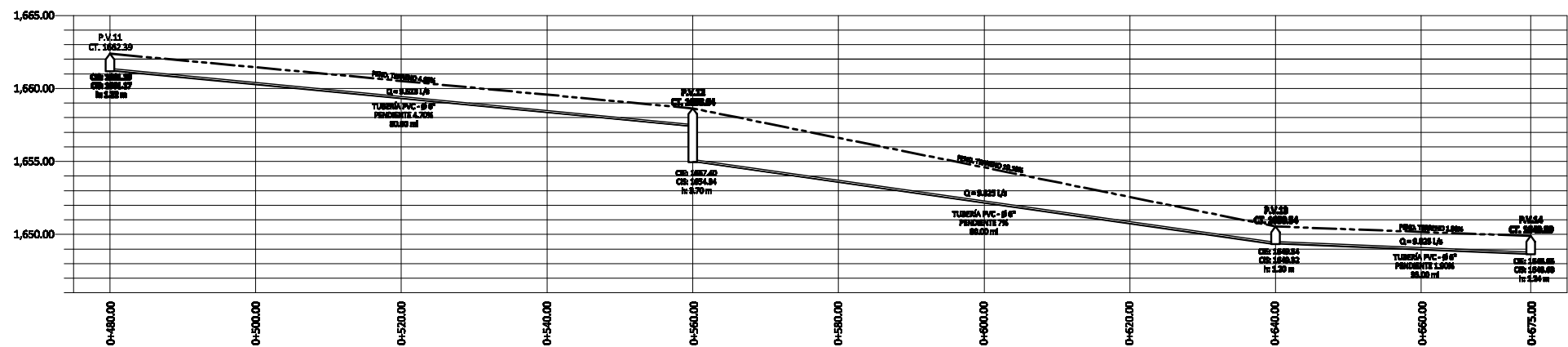
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			DESIGNO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA DESIGNO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA CALCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
UBICACION: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA			
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	ESCALA: INDICADA	FECHA: 03/2017	
EJECUTADO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIADA BEZA	

NO. 08
16



TRAMO DE P 8 - P 11
ESCALA HORIZONTAL 1:200



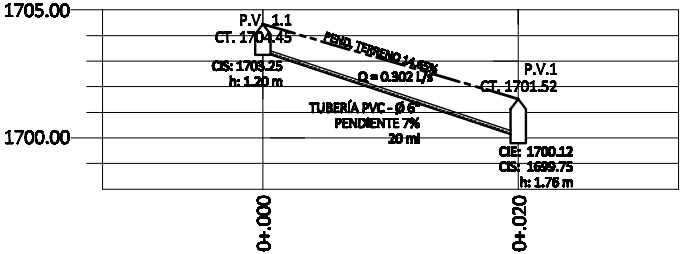
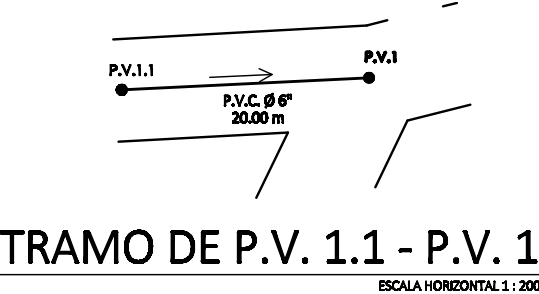
PERFIL LONGITUDINAL DE P.V.11 - P.V.14
ESCALA HORIZONTAL 1:200
ESCALA VERTICAL 1:200



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

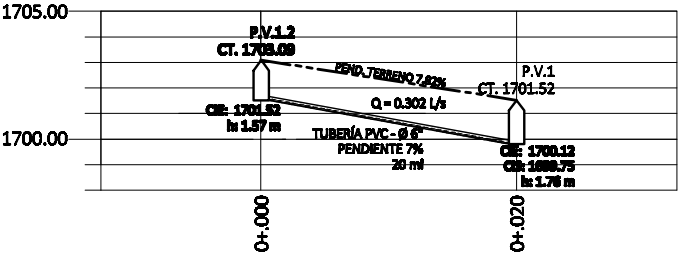
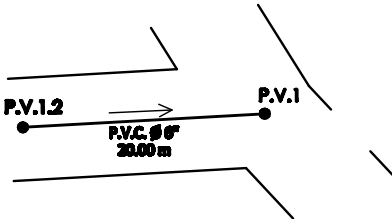
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	REVISIÓN: INDICADA	FECHA: 08/2017
ELABORÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA	

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISIÓN: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
ELABORÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
FECHA: 09/16



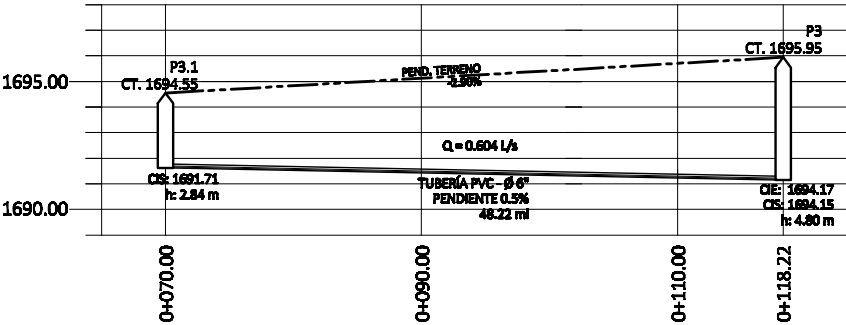
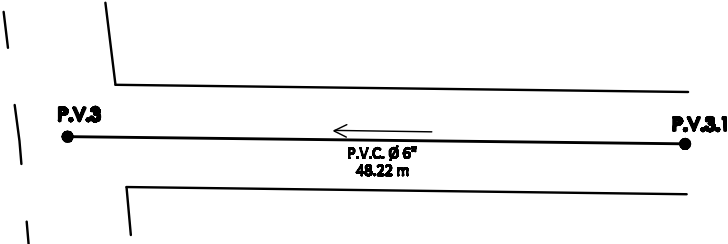
PERFIL LONGITUDINAL DE P.V 1.1 - P.V. 1

ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 100



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 1.2 - P.V. 1

ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 100



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 3.1 - P.V. 3

ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 100

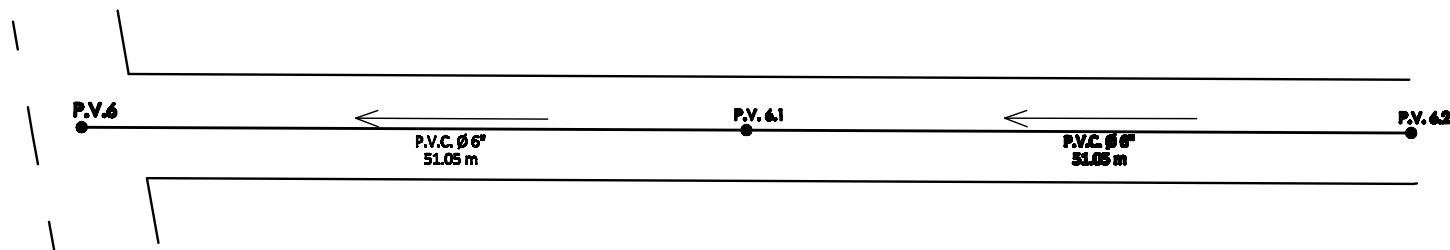


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	HOJA: INDICADA	FECHA: 08/2017
ELABORÓ: EDWIN ALEJIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

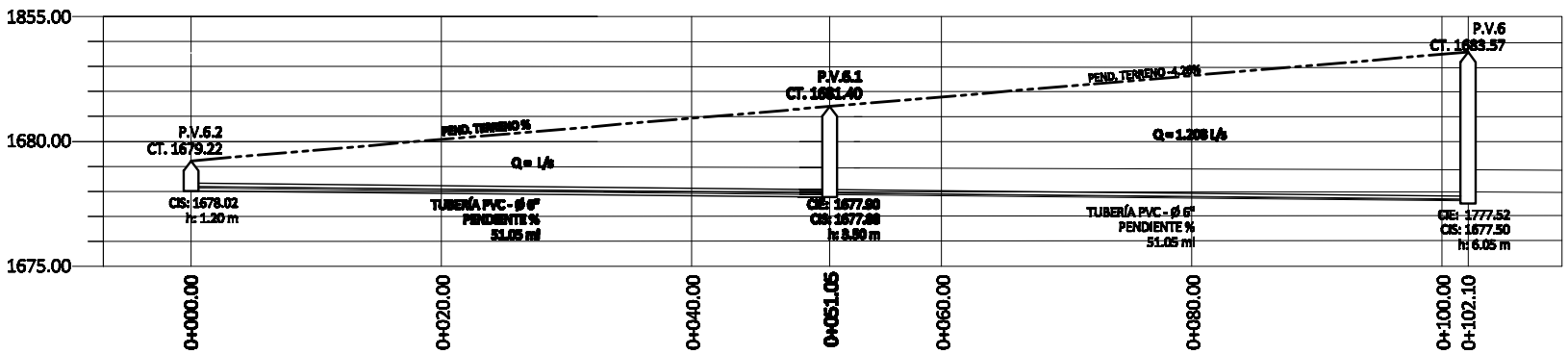
REVISÓ:	EDWIN ALEJIS CORDERO PESQUERA
REVISÓ:	EDWIN ALEJIS CORDERO PESQUERA
CRABO:	EDWIN ALEJIS CORDERO PESQUERA

HOJA: **10**
16



TRAMO DE P.V. 6.2 - P.V. 6

ESCALA 1:200



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V.6.2 - P.V.6

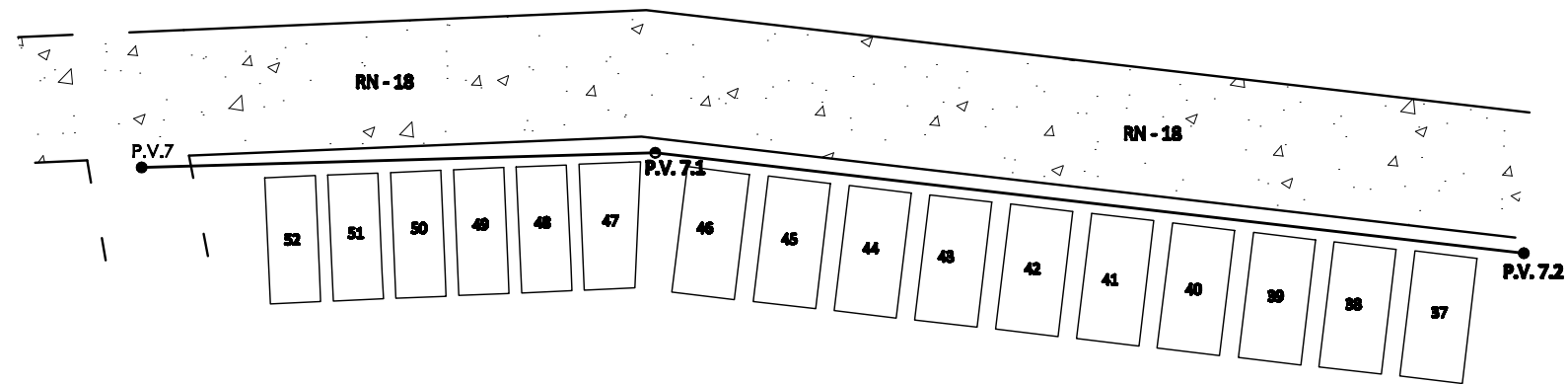
ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:100



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

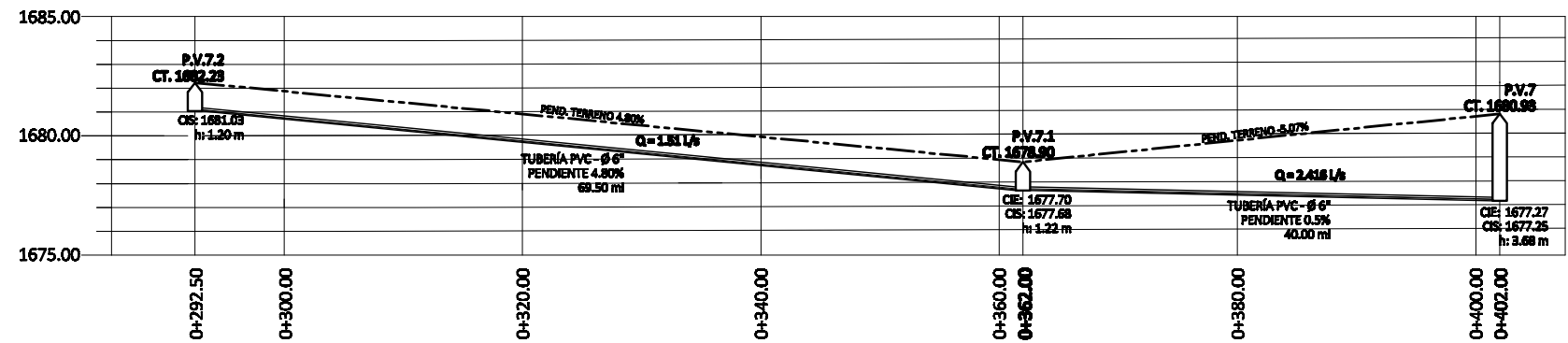
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	ESCALA: INDICADA	FECHA: 09/2017
EFECTUÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISÓ: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
NÚMERO: 11 16



TRAMO DE P.V. 7.2 - P.V. 7

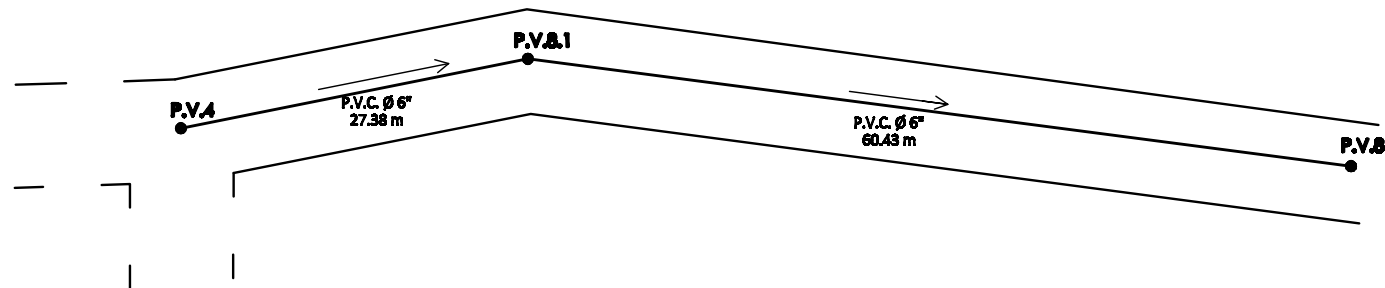
ESCALA 1 : 200



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V.7.2 - P.V.7

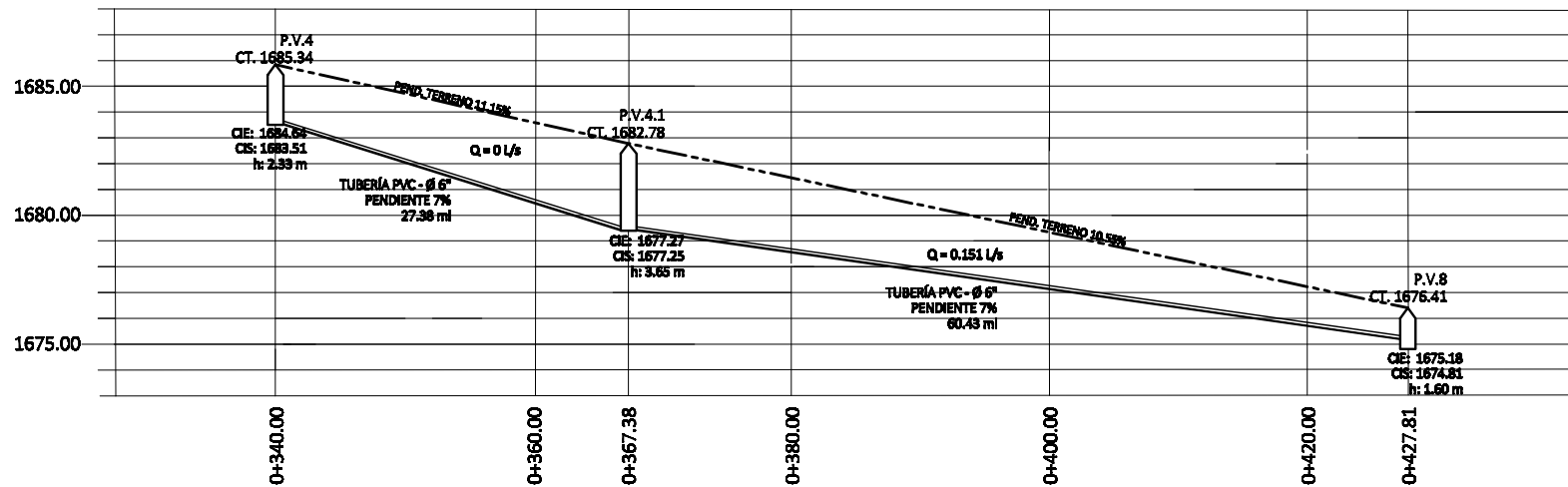
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 100

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	ESCALA: INDICADA	FECHA: 08/2017	CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
EJESECTA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA	
		FOLIO: 12 16	



TRAMO DE P.V. 4 - P.V. 8

ESCALA 1 : 200



PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 4 - P.V. 8

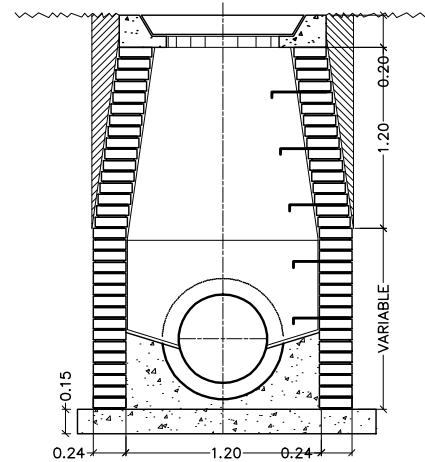
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 100



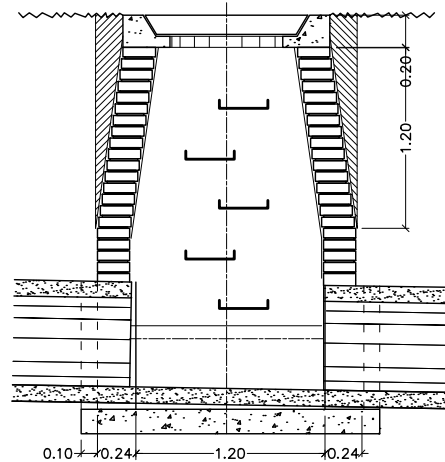
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: PERFILES LONGITUDINALES	MECLA: INDICADA	FECHA: 03/2017
EPISTOLA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		
ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA		

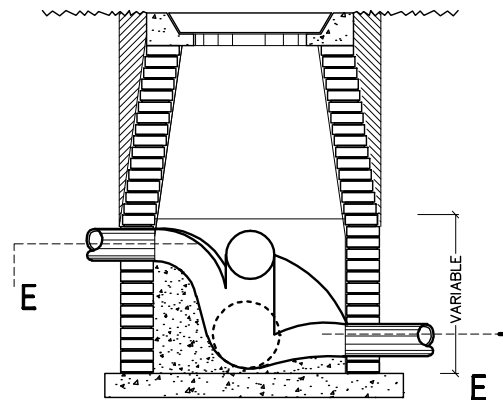
DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISIÓN: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
NOVA: 13 / 16



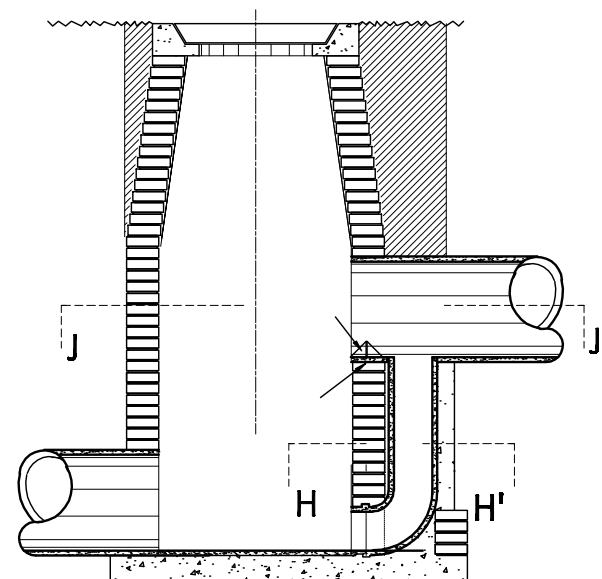
SECCION A-A'
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:20



SECCION B-B'
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:20



SECCION D-D'
POZO CON 3 ENTRADAS ESCALA 1:20



SECCION F-F'
POZO CON CAIDA MAYOR A 70 cm ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

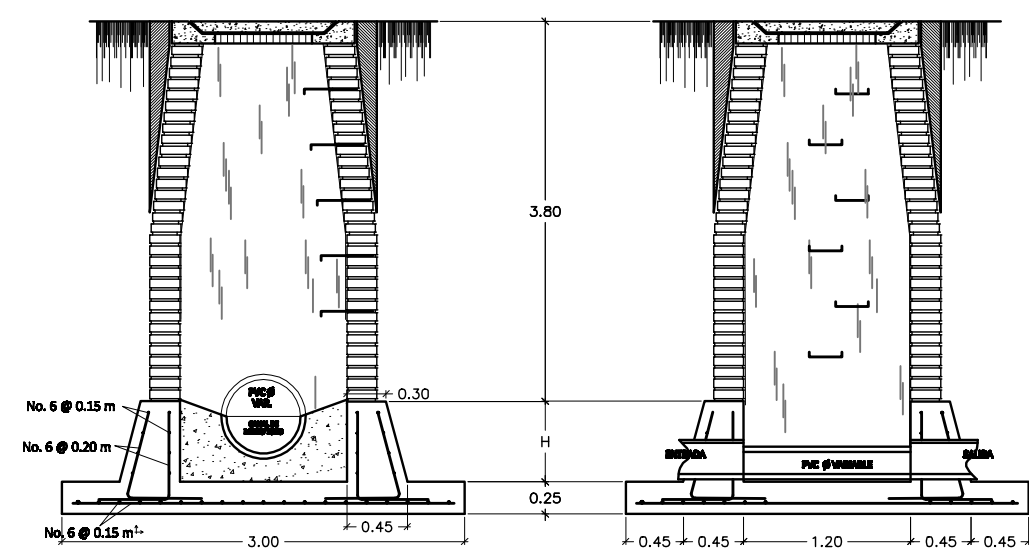
- LOS LADRILLOS DEBEN SER COLOCADOS DE PUNTA Y LEVANTADO EN HILADAS HORIZONTALES CON JUNTAS DE ESPESOR NO MAYOR A 1.5 cm. CADA HILADA HORIZONTAL DEBERÁ QUEDAR DESPLAZADA CON RESPECTO A LA ANTERIOR DE TAL FORMA QUE NO EXISTA COINCIDENCIA ENTRE LAS JUNTAS VERTICALES DE LOS LADRILLOS QUE LAS FORMAN, CUMPLIENDO CON LA NORMA ASTM C - 62.
- SE UTILIZARÁ CEMENTO TIPO PORTLAND, DE ACUERDO CON LO INDICADO EN LA NORMA ASTM C 150.
- EL AGUA DE LA MEZCLA DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA ASTM C 94.
- EL AGREGADO FINO CONSISTIRÁ EN ARENA NATURAL O TRITURADA, LIBRE DE POLVO, TERRONES ARCILLOSOS, PARTÍCULAS SUAVES O ESCAMOSAS, PIZARRA, MATERIA ORGÁNICA U OTRA SUSTANCIA PERJUDICIAL.
- EL AGREGADO GUESO CONSISTIRÁ EN GRAVA O PIEDRÍN TRITURADO EN ESTADO NATURAL O PIEDRA TRITURADA O UNA COMBINACIÓN DE AMBAS, DEBERÁ ESTAR LIBRE DE FRAGMENTOS DESMENUZABLES, ALARGADOS O LAMINADOS.
- EL TAMAÑO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS DEBERÁ CUMPLIR CON LO INDICADO EN LAS NORMAS ASTM C 231 O ASTM C 138.
- LA PROPORCIÓN AGUA CEMENTO NO DEBERÁ EXCEDER EN NINGÚN CASO DE 0.53 POR PESO.
- EL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO DEBERÁ CUMPLIR CON LO INDICADO EN ASTM C 143.
- ACERO DE REGUERZO ESTRUCTURAL EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS DE GRADO 40 LEGÍTIMO, $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.
- EL f'_c DEL CONCRETO A UTILIZAR ES DE 280 kg/cm^2 , PROPORCIÓN 1:2:2
- RESISTENCIA MÍNIMA DEL LADRILLO TAYUYO $f_m = 50 \text{ kg/cm}^2$
- EL MURO DE LADRILLO TAYUYO SERÁ JUNTEADO CON MORTERO BASTARDO CEMENTO - CAL - ARENA EN PROPORCIÓN 1:2:8, APLANADO CON MORTERO EN PROPORCIÓN 1:5



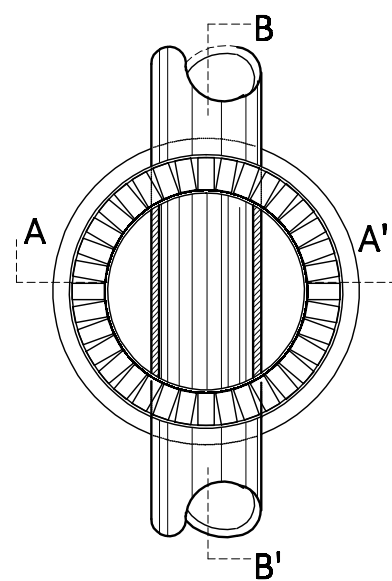
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CARRERAS DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			DESARROLLADO POR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA			REVISADO POR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA	SEÑALA: INDICADA	FECHA: 08/2017	CALIFICADO POR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
EJECUTADO POR: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA			ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA DEZA

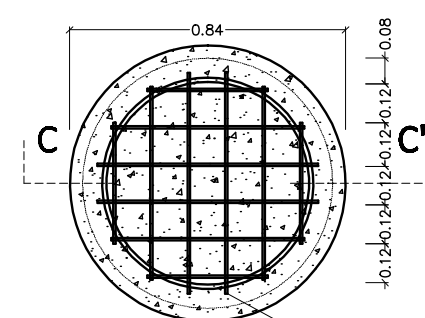
14
16



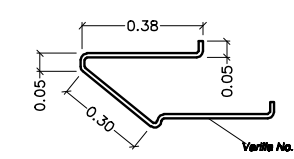
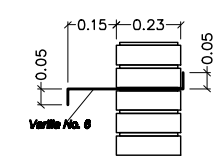
POZO DE VISITA CON ALTURA MAYOR A 3.80 m
ESCALA 1:20



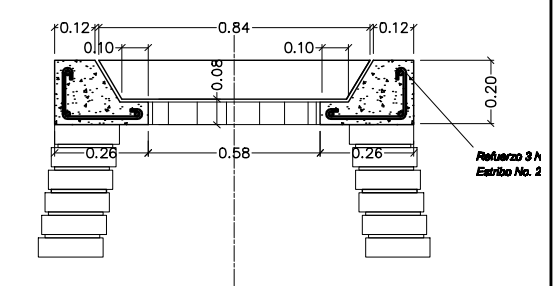
PLANTA
POZO DE VISITA TÍPICO
ESCALA 1:20



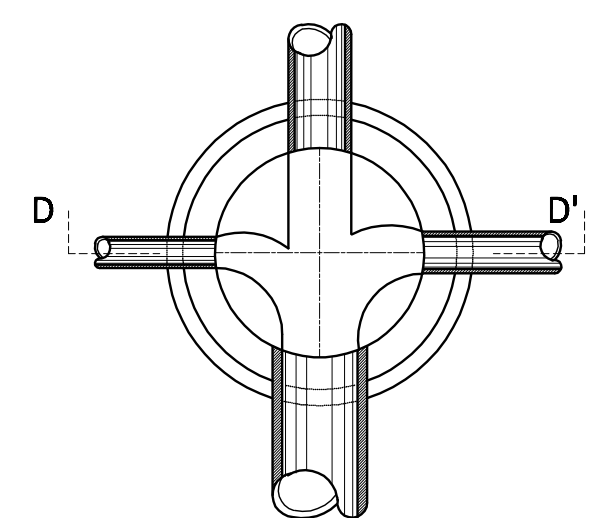
TAPADERA
ESCALA 1:10



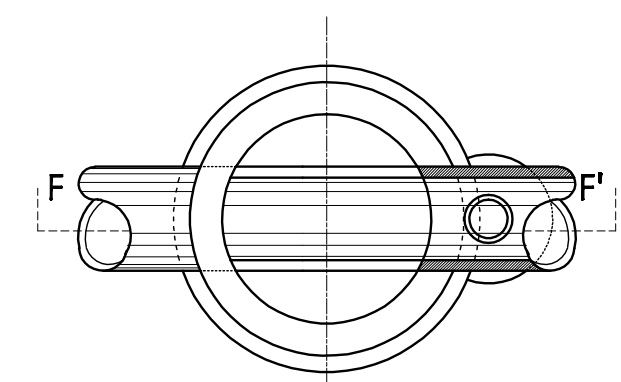
ESCALONES
ESCALA 1:20



BROCAL
ESCALA 1:20



PLANTA E-E'
POZO CON 3 ENTRADAS
ESCALA 1:20



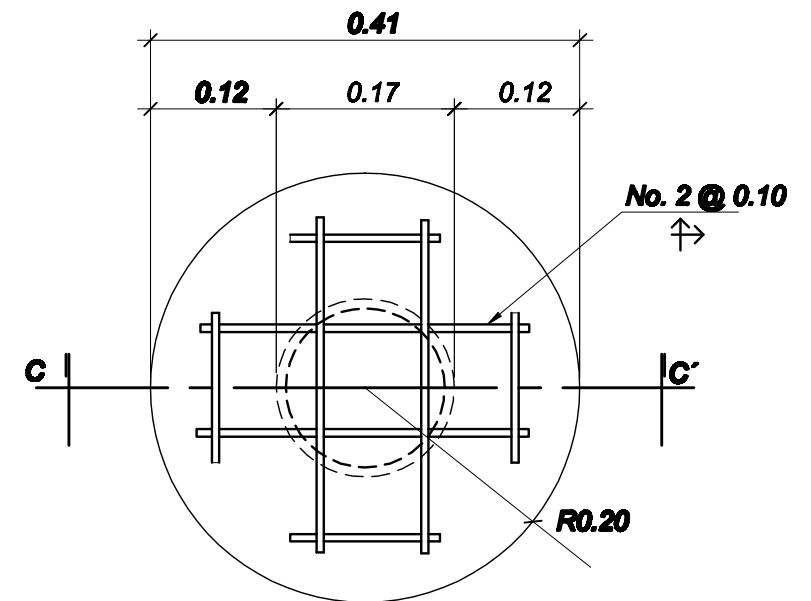
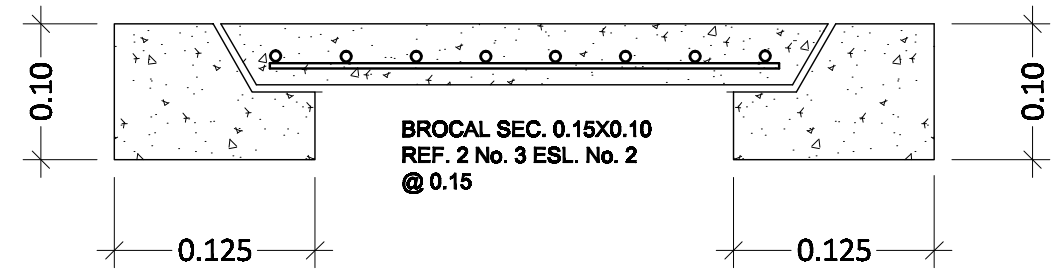
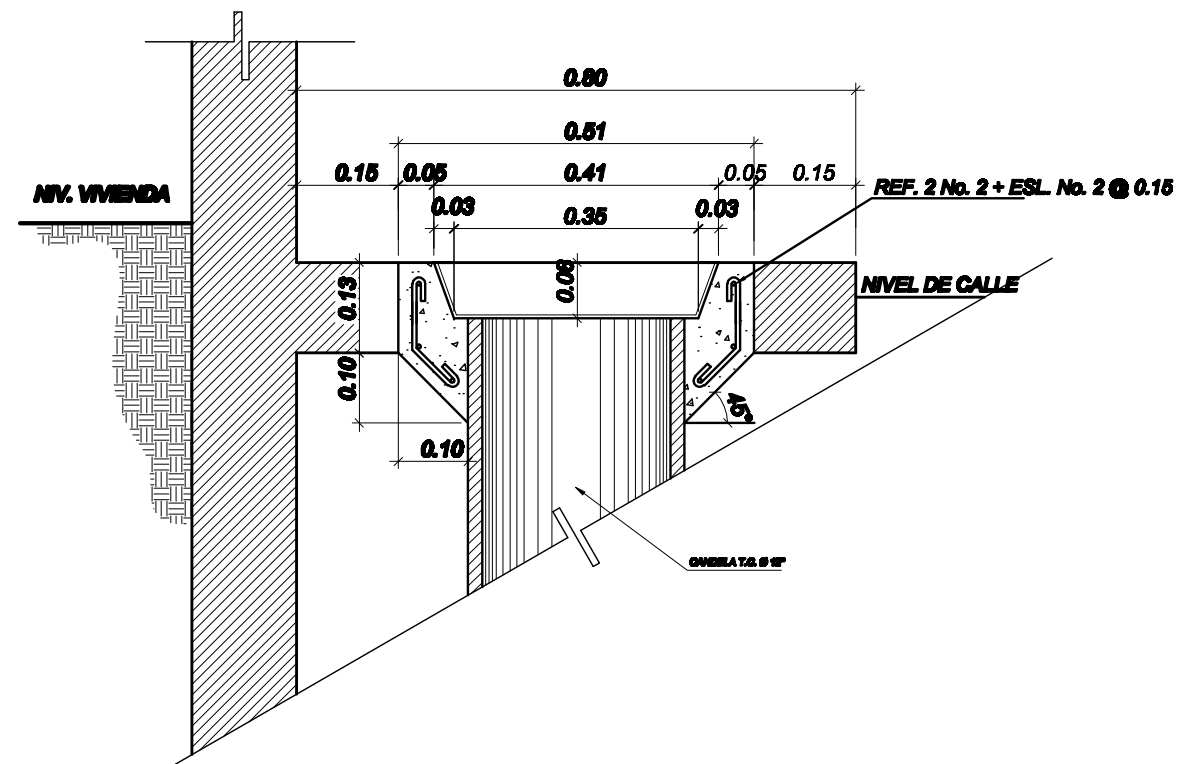
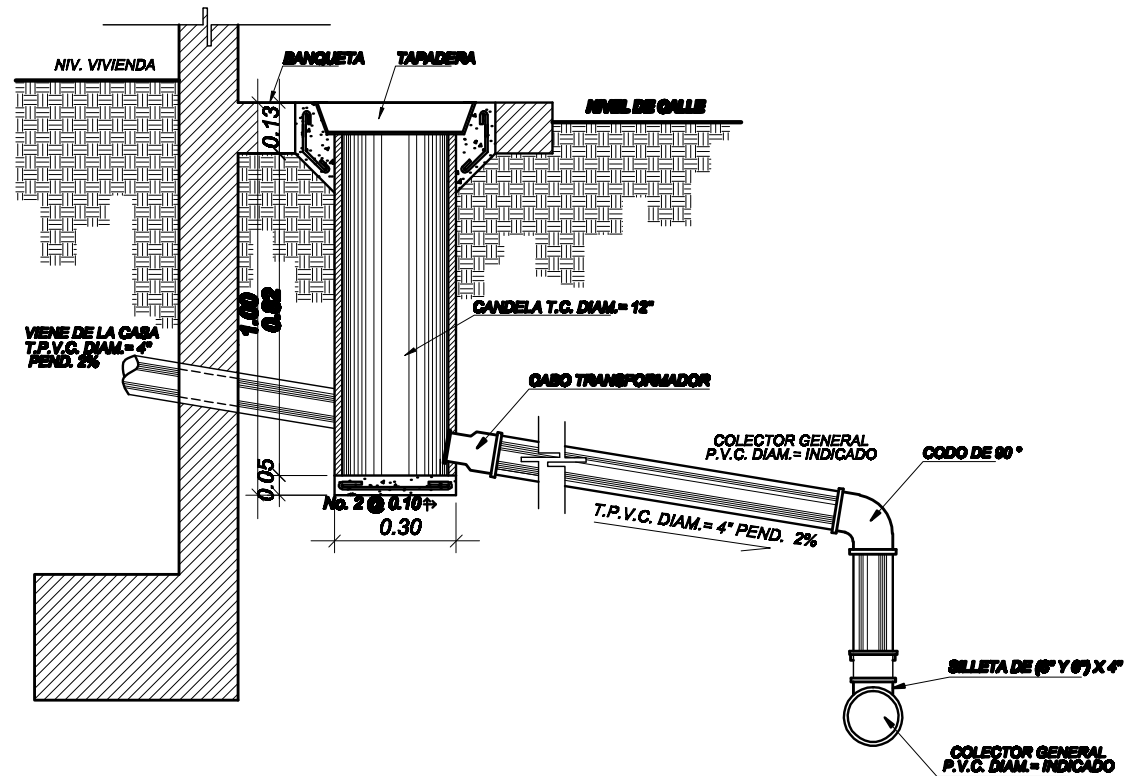
SECCION J-J'
POZO CON CAIDA MAYOR A 70 cm
ESCALA 1:20



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA	ESCALA: INDICADA	FECHA: 09/2017
EJECUTA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA		ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
REVISIÓN: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
APROBACIÓN: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
NO. 15 16



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERAS DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACIÓN: ALDEA LA LAGUNETA, JALAPA, JALAPA		
CONTENIDO: CONEXIONES DOMICILIARES	ESCALA: INDICADA	FECHA: 18/08/2016
EPESISTA: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA	ASESOR: LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA	

DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
DISEÑO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
CÁLCULO: EDWIN ALEXIS CORDERO PESQUERA
NÚMERO: 16

ANEXOS

Anexo A y B del diseño puente vehicular caserío El Lazareto, municipio y departamento de Jalapa.

Anexó A

- A-1 Ensayo de compresión triaxial
- A-2 Análisis granulométrico
- A-3 Ensayo de límites de Atterberg

Anexó B

- B-1 Factores de capacidad de carga Terzaghi

Anexo C y D del sistema de alcantarillado sanitario aldea La Laguneta, municipio y departamento de Jalapa.

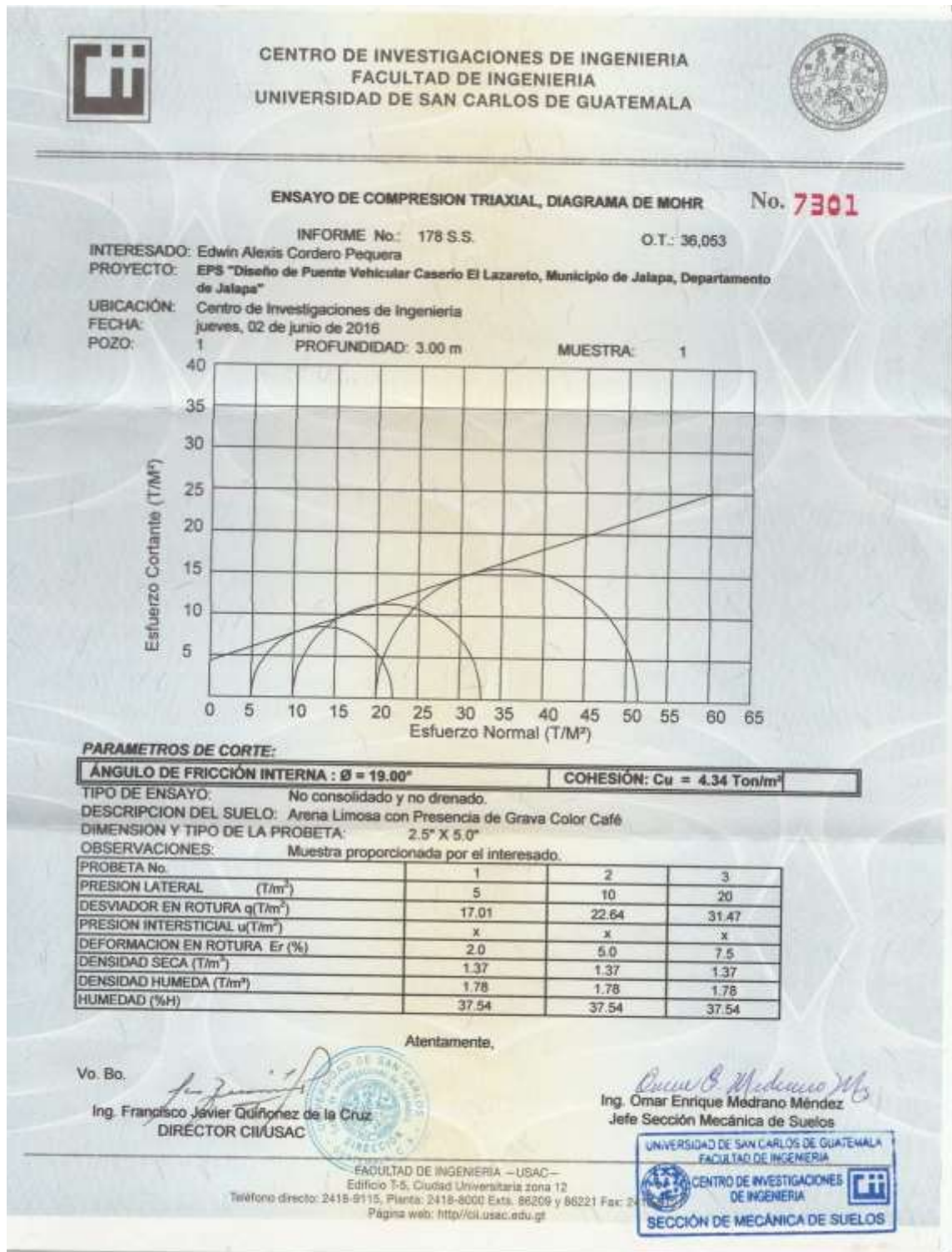
Anexó C

- C-1 Tabla de relaciones hidráulicas

Anexó D

- D-1 Cotización planta de tratamiento prefabricada

A - 1 Ensayo de compresión triaxial



A - 3 Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 245 S.S.

Q.T.: 36.322

No. **7408**

Interesado: Edwin Alexis Cortero Pesquera

Proyecto: EPS "Diseño de Puente Vehicular Caserio El Lazareto, Municipio de Jalapa, Departamento de Jalapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de Jalapa, Jalapa

FECHA: martes, 9 de agosto de 2016

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	LP. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa Con Presencia de Grava Color Café

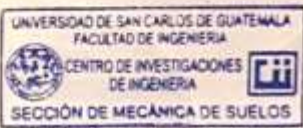
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

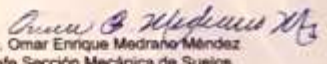
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo. 
Ing. Francisco Javier Ojeda de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC

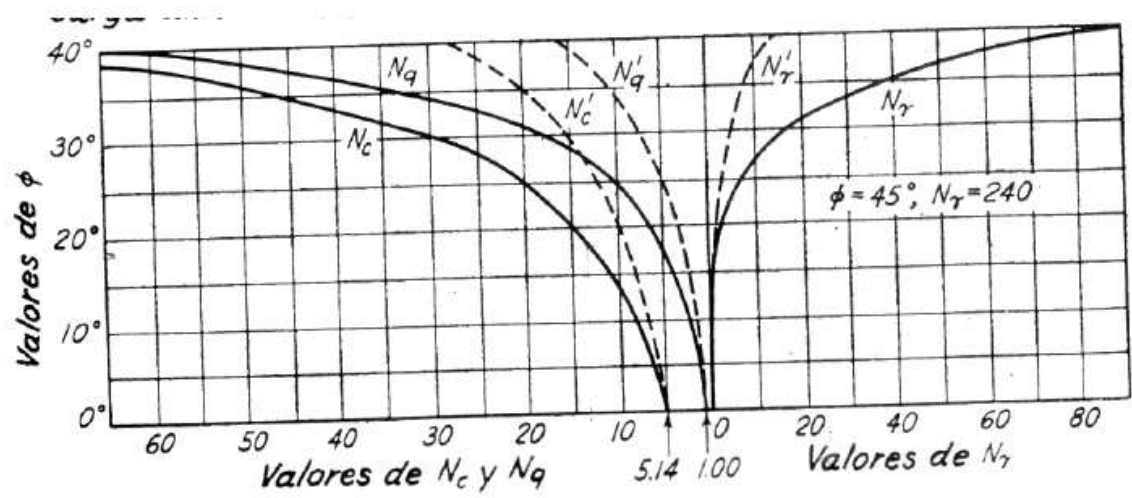



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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>

B – 2 Factores de capacidad de carga Terzaghi

Factores de Capacidad de Carga (Terzaghi 1948)



C – 1 Tabla de relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.088	0.00015	0.1025	0.05396	0.408	0.02202
0.0125	0.0237	0.103	0.00024	0.1050	0.05584	0.414	0.02312
0.0150	0.0031	0.116	0.00036	0.1075	0.05783	0.420	0.02429
0.0175	0.0039	0.129	0.00050	0.1100	0.05986	0.426	0.02550
0.0200	0.0048	0.141	0.00067	0.1125	0.06186	0.432	0.02672
0.0225	0.0057	0.152	0.00087	0.1150	0.06388	0.439	0.02804
0.0250	0.0067	0.163	0.00108	0.1175	0.06591	0.444	0.02926
0.0275	0.0077	0.174	0.00134	0.1200	0.06797	0.450	0.03059
0.0325	0.0099	0.194	0.00191	0.1250	0.07214	0.463	0.03340
0.0350	0.0110	0.203	0.00223	0.1275	0.07426	0.468	0.03475
0.0375	0.0122	0.212	0.00258	0.1300	0.07640	0.473	0.03614
0.0400	0.0134	0.221	0.00223	0.1325	0.07855	0.479	0.03763
0.0425	0.0147	0.230	0.00338	0.1350	0.08071	0.484	0.03906
0.0450	0.0160	0.239	0.00382	0.1375	0.08289	0.490	0.04062
0.0475	0.0173	0.248	0.00430	0.1400	0.08509	0.495	0.04212
0.0500	0.0187	0.256	0.00479	0.1425	0.08732	0.501	0.04375
0.0525	0.0201	0.264	0.00531	0.1450	0.08954	0.507	0.04570
0.0550	0.0215	0.273	0.00588	0.1475	0.09129	0.511	0.04665
0.0575	0.0230	0.271	0.00646	0.1500	0.09406	0.517	0.04863
0.0600	0.0245	0.289	0.00708	0.1525	0.09638	0.522	0.05031
0.0625	0.0260	0.297	0.00773	0.1550	0.09864	0.528	0.05208
0.0650	0.0276	0.305	0.00841	0.1575	0.10095	0.533	0.05381
0.0675	0.0292	0.312	0.00910	0.1600	0.10328	0.538	0.05556
0.0700	0.0308	0.320	0.00985	0.1650	0.10796	0.548	0.05916

0.0775	0.0358	0.341	0.01219	0.1800	0.12241	0.577	0.07063
0.0800	0.0375	0.348	0.01304	0.1850	0.12733	0.587	0.07474
0.0825	0.0392	0.355	0.01392	0.1900	0.13229	0.696	0.07885
0.0850	0.0410	0.361	0.01479	0.1950	0.13725	0.605	0.08304
0.0875	0.0428	0.368	0.01574	0.2000	0.14238	0.615	0.08756
0.0900	0.0446	0.375	0.01672	0.2050	0.14750	0.624	0.09104
0.0925	0.0464	0.381	0.01792	0.2100	0.15266	0.633	0.09663
0.2200	0.1631	0.651	0.10619	0.5900	0.6140	1.07	0.65488
0.2250	0.1684	0.659	0.11098	0.6000	0.6265	1.07	0.64157
0.2300	0.1436	0.669	0.11611	0.6100	0.6389	1.08	0.68876
0.2350	0.1791	0.676	0.12109	0.6200	0.6513	1.08	0.70537
0.2400	0.1846	0.684	0.12623	0.6300	0.6636	1.09	0.72269
0.2450	0.1900	0.692	0.13148	0.6400	0.6759	1.09	0.73947
0.2500	0.1955	0.702	0.13726	0.6500	0.6877	1.10	0.75510
0.3000	0.2523	0.776	0.19580	0.7000	0.7477	1.12	0.85376
0.3100	0.2640	0.790	0.20858	0.7100	0.7596	1.12	0.86791
0.3200	0.2459	0.804	0.22180	0.7200	0.7708	1.13	0.88384
0.3300	0.2879	0.817	0.23516	0.7300	0.7822	1.13	0.89734
0.3400	0.2998	0.830	0.24882	0.7400	0.7934	1.13	0.91230
0.3500	0.3123	0.843	0.26327	0.7500	0.8045	1.13	0.92634
0.3600	0.3241	0.856	0.27744	0.7600	0.8154	1.14	0.93942
0.3700	0.3364	0.868	0.29197	0.7700	0.5262	1.14	0.95321
0.3800	0.3483	0.879	0.30649	0.7800	0.8369	1.39	0.97015
0.3900	0.3611	0.891	0.32172	0.7900	0.8510	1.14	0.98906
0.4000	0.3435	0.902	0.33693	0.8000	0.8676	1.14	1.00045
0.4100	0.3860	0.913	0.35246	0.8100	0.8778	1.14	1.00045
0.4200	0.3986	0.921	0.36709	0.8200	0.8776	1.14	1.00965
d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q

D – 1 Cotización planta de tratamiento prefabricada



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

22 de septiembre de 2016
REF AQ-22092016-A

Ingeniero
ALEXIS CORDERO
Guatemala.

ATENCIÓN: **INGENIERO ALEXIS CORDERO**
REFERENCIA: **PROYECTO "MUNICIPALIDAD DE JALAPA"**

Estimado Ing. Cordero:

Reciba cordiales saludos, atendiendo su solicitud a continuación le presento la siguiente propuesta técnica y económica:

Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:

Para el diseño de PTAR, se consideraron los siguientes parámetros

Población Presente:	345
Población Futuro:	945
Datos del Afluente:	
Concentración de DBOs:	350 mg/l
Concentración de DQO:	700 mg/l
Concentración de Nitrógeno:	50 mg/l

Datos del Efluente:	
Concentración de DBOs:	50 mg/l
Concentración de DQO:	100 mg/l
Concentración de Nitrógeno:	20 mg/l

Suministro de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:

El tipo de planta de tratamiento propuesto requiere el uso de un medio de retención de colonia que genera una mayor actividad microbiana y que redunde en el requerimiento de menor volumen de los tanques de tratamiento, de acuerdo a esto la planta de tratamiento requiere un mínimo "lógico" de obra civil.

Con este tipo de tecnología de tratamiento, la obra civil de este proyecto se reduce $6.90 \text{ m} \times 6.90 \text{ m} = 47.61 \text{ m}^2$.

*Km.26.5 Carretera a El Salvador, Cruce a Santa Elena Barillas,
Tel: (502) 6634-3742 Fax: (502)6634-3745
www.ecotec.com.gt*



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

PROCESO: La solución propuesta consiste en la utilización de un proceso que combina el tratamiento a través de lodos activados y de película fija, dicho proceso se denomina MBBR por sus siglas en inglés (Mixed Biofilm Bed Reactor). Este proceso utiliza un medio de retención de biopelícula fabricado de un material especial que tiene un peso específico que oscila entre 0.93 – 0.95, por lo que el mismo se mantiene en suspensión.



MEDIO DE RETENCIÓN PLÁSTICO

Cuando las comunidades de microorganismos crecen adheridas a una superficie se denomina biopelícula. Los microorganismos en un proceso de tratamiento de aguas residuales de biopelícula son más resistentes a alteraciones en el proceso, en comparación con otros tipos de tratamientos biológicos. Por lo tanto, los tratamientos de aguas residuales basados en la tecnología de biopelícula resultan ser más robustos especialmente en comparación con tecnologías convencionales.



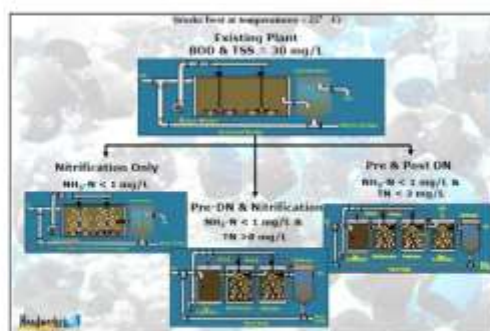
En la tecnología MBBR el biofilm crece protegido en el interior de un soporte plástico, diseñado especialmente con una elevada superficie interna. Estos soportes plásticos se encuentran en suspensión y completamente distribuidos en la fase líquida.

Esta tecnología tiene las siguientes ventajas:

- Opera con cargas extremadamente altas sin riesgo de colmatación y trata tanto aguas residuales ordinarias como industriales ***en espacios relativamente pequeños.***
- Eficiente, compacta y fácil de operar.
- Tratamientos más robustos en comparación con los procesos convencionales.
- Pueden resultar una excelente solución como único proceso, reactor de biopelícula Moving Bed, o ***puede emplearse para potenciar o remodelar procesos convencionales de lodos activados.***



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**



**OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LAS PLANTAS DE AIREACION
EXTENDIDA**

Las plantas de aireación extendida son equipos sumamente confiables para el tratamiento de aguas negras. Sin embargo, deben tenerse con ellas los siguientes cuidados:

- 1) Nunca debe instalarse una planta subdimensionada en cuanto a capacidad hidráulica y / o carga orgánica, para tratar un problema específico. Una planta subdimensionada proporcionará al efluente un menor tiempo de residencia y, por tanto, un menor grado de tratamiento. De modo que en nuestro caso, la exigencia es la requerida por la carga orgánica.
- 2) Debe evitarse que a las plantas de tratamiento lleguen químicos fuertes en exceso (Ejemplo: soda cáustica, cloro), podrían disminuir o incluso eliminar, la colonia de bacterias que reside en la planta y que lleva a cabo el efecto de biodegradación. Debe cuidarse también que la temperatura del agua a la entrada de la planta no sea superior a los 35 grados centígrados. En cuanto al cloro y productos de limpieza en general, toda vez se usen como se indica en las etiquetas de dichos productos, no tienen ningún impacto negativo en el funcionamiento de las plantas de aguas residuales, únicamente descargas incontroladas de estos químicos pueden ser un potencial problema.
- 3) A la planta debe llegar solo agua y material orgánico susceptible de descomposición. Materiales como pañales desechables, peines, cepillos de dientes, empaques plásticos, etc, no serán descompuestos por la planta, y afectarán el desempeño de la misma. El papel higiénico, servilletas y otros sí son descompuestos.

*Km.26.5 Carretera a El Salvador, Cruce a Santa Elena Barillas.
Tel: (502) 6634-3742 Fax: (502)6634-3743
www.ecotec.com.gt*



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

Estas plantas NO REQUIEREN el uso de bombas adicionales para recirculación de lodos. Lo hacen con el mismo sistema de aireación por lo que se ahorra energía eléctrica.

ITEM #2:

COSTOS DE INSTALACIÓN

Los costos de instalación incluyen la mano de obra y materiales utilizados en el montaje de todo el equipo de la planta de tratamiento, además incluye arranque de la planta con sus respectivas pruebas.



SOPLADOR



**MEDIO DE RETENCIÓN
DE COLONIA**



DIFUSORES

*Km.26.5 Carretera a El Salvador, Cruce a Santa Elena Barillas.
Tel: (502) 6634-3742 Fax: (502)6634-3745
www.ecotec.com.gt*



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

COTIZACIÓN

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
MUNICIPALIDAD DE JALAPA 345 HABITANTES**

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
EQUIPO BÁSICO ALEMAN			
	Incluye: 1 Soplador KAESER BB52 5HP, 2 bajadas de difusores de burbuja fina, bandeja de salida, retorno de lodos, panel eléctrico y mano de obra de instalación		
1		Q 122,949.00	Q 122,949.00
TOTAL, EQUIPO BÁSICO INSTALADO			Q 122,949.00
OBRA CIVIL REQUERIDA			
1	Obra Civil	Q 375,265.30	Q 375,265.30
TOTAL:			Q 498,214.30

Para la ampliación futura de 945 habitantes agregar:

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
MUNICIPALIDAD DE JALAPA 945 HABITANTES**

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
EQUIPO BÁSICO ALEMAN			
	Incluye: 1 Soplador KAESER BB52 5HP, 4 bajadas de difusores de burbuja fina, bandeja de salida, retorno de lodos, lamelas para clarificador, Panel eléctrico y mano de obra de instalación		
1		Q 137,660.00	Q 137,660.00
TOTAL, EQUIPO BÁSICO INSTALADO			Q 137,660.00
MEDIO DE RETENCIÓN BIOLÓGICO			
14,340	MRC ECOTEC H-E 3,000	Q 8.75	Q 125,475.00
TOTAL:			Q 263,135.00

*Km.26.5 Carretera a El Salvador, Cruce a Santa Elena Barillas.
Tel: (502) 6634-3742 Fax: (502)6634-3745
www.ecotec.com.gt*



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

CONDICIONES:

PRECIOS:	Ya incluyen IVA.
FORMA DE PAGO:	EQUIPAMIENTO: 50 % con su orden de compra 25 % antes de embarque 15 % Antes de instalación 10 % contra entrega del equipo funcionando. OBRA CIVIL: 30% con su orden de compra 20% al fundir loza de cimentación 20% al fundir muros 20% al fundir loza final 10% contra entrega de obra concluida
INCLUYE:	Movimiento de suelos. Impermeabilización (integral en muros, juntas frías e impermeabilizante en superficie expuesta a agua residual. Rejillas y tubería de interconexión dentro del perímetro de la planta. Nota: Si el equipo no puede instalarse dentro de los siguientes 30 días después de su recepción, por causas fuera del control de ECOTEC (falta de energía eléctrica, obra civil inconclusa, falta de usuario de equipo, etc), el cliente deberá proceder a cancelar el 25 % del valor restante del equipo, contra presentación de la factura del mismo por parte de ECOTEC. El equipo es instalado al cliente después de la cancelación de la factura, quedando únicamente pendiente por cancelar los cargos por mano de obra y materiales de instalación, para cuando se concluya la instalación.
TIEMPO DE ENTREGA:	De 12 a 14 Semanas después de la recepción del primer pago.
GARANTIA:	ECOTEC garantiza el buen funcionamiento de la planta de tratamiento. De la misma manera, da garantía limitada a un año, contra defectos de manufactura o instalación del equipo.

*Km.26.5 Carretera a El Salvador, Cruce a Santa Elena Barillas.
Tel: (502) 6634-3742 Fax: (502)6634-3745
www.ecotec.com.gt*



**ESPECIALISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y ACONDICIONAMIENTO
DE AGUA POTABLE**

PROCESO: Toda vez se mantengan las condiciones de diseño originales y se le dé la operación y mantenimiento adecuados al equipo electromecánico, ECOTEC, S.A. garantiza de manera ilimitada la funcionabilidad y eficiencia del proceso de tratamiento.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 45 Días.

En espera de poderle servir,

Atentamente,

Ing. Augusto Alvarez