



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO  
LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA EL CANTÓN SAN  
RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS**

**Selvin Ricardo Navarro Navarro**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO  
LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA EL CANTÓN SAN  
RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**SELVIN RICARDO NAVARRO NAVARRO**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO  
LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA EL CANTÓN SAN  
RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de septiembre de 2016.

**Selvin Ricardo Navarro Navarro**





Guatemala, 16 de octubre de 2017  
Ref.EPS.DOC.722.10.17

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Selvin Ricardo Navarro Navarro, Registro Académico 200113364 y CUI 1875 45464 1201**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
JMC/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
08 de noviembre de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Selvin Ricardo Navarro Navarro, con CUI 1875454641201 Registro Académico No. 200113364, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 04 de abril de 2018

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

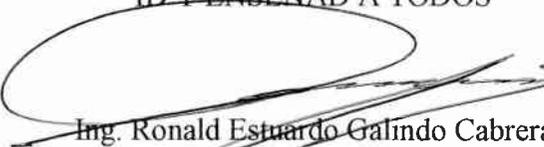
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA EL CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Selvin Ricardo Navarro Navarro, con Registro Estudiantil No. 200113364, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
 Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
 Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 ESTRUCTURAS  
**USAC**

/mrrm.





Guatemala, 11 de mayo de 2018

REF.EPS.D.178.05.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

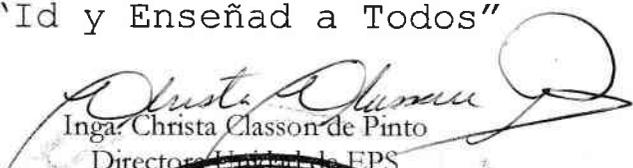
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUNTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Selvin Ricardo Navarro Navarro, Registro Académico 200113364 y CUI 1875 45464 1201**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Selvin Ricardo Navarro Navarro titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2018

/mrrm.

*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

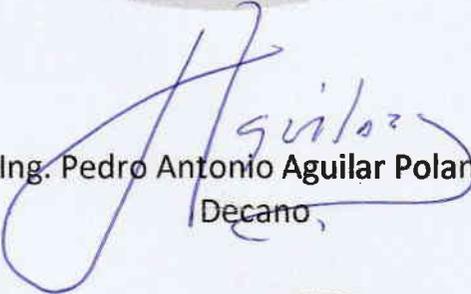


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 278.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO LOS PÉREZ Y DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA EL CANTÓN SAN RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Selvin Ricardo Navarro Navarro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, **autoriza la impresión del mismo.**

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano,

Guatemala, agosto de 2018

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la oportunidad de vivir este momento tan esperado; por darme las fuerzas suficientes para seguir adelante y lograr este triunfo.
- Mi madre** Aracely Angélica Navarro Godínez (q.e.p.d.), por ser una mujer virtuosa y por darme su ejemplo de no rendirme hasta el último día de mi vida.
- Mi padre** Saúl Ismael Navarro Monzón por su apoyo incondicional y por sus consejos de lograr mis objetivos a pesar de los problemas.
- Mis abuelos** Benjamín Navarro, Aparicio Navarro y Celsa Monzón (q.e.p.d.); que desde el cielo han de ver este triunfo y se sientan felices de (ver a su nieto) haberlo logrado.
- Mi abuela** Enidelia Fidelia Godínez Velásquez, por demostrarme su amor y apoyo en cada instante de mi vida.
- Mi hermano** Roberto Navarro, para que celebremos juntos este triunfo e inspire a alcanzar los suyos.
- Mi esposa e hija** Mirna Sandoval y Marian Navarro, para que celebremos juntos este triunfo e inspire sus metas.
- Isau Cardona (q.e.p.d.)** Por brindarme su apoyo profesional e impulsarme a alcanzar mi triunfo y desde el cielo; él se sienta muy feliz.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala en especial a la Facultad de Ingeniería**

Por haberme brindado los conocimientos suficientes durante mi carrera.

**Mi asesor**

Ingeniero Juan Merck Cos, por transmitirme el entusiasmo y orientarme en mi EPS durante todo el proceso y por ser una persona con mucho carisma y experiencia académica me llevó a lograr mis metas.

**Constructora D.A.C.**

Por apoyarme incondicionalmente y por brindarme los instrumentos necesarios.

**Mis primos y tíos**

por los consejos y motivaciones para lograr este triunfo.

**Mis compañeros y amigos**

Por todos los momentos que vivimos en la facultad y por aconsejarme para llegar a obtener este triunfo.



## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del caserío Los Pérez y del cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso, San Marcos .....	1
1.1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.2. Antecedentes históricos.....	2
1.1.3. Localización .....	4
1.1.4. Situación demográfica .....	5
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas .....	5
1.1.6. Extensión .....	5
1.1.7. Límites .....	6
1.1.8. Clima .....	6
1.1.9. Vías de acceso .....	8
1.1.10. Servicios públicos .....	9
1.1.11. Comercio .....	10
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Los Pérez y el cantón San Rafael Vuelta Colorado municipio de Nuevo Progreso ....	10
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	10
1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades.....	11

2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	13
2.1.	Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez, Nuevo Progreso, San Marcos.....	13
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	13
2.1.2.	Visita preliminar .....	13
2.1.3.	Fuentes de agua .....	14
2.1.4.	Aforo de la fuente .....	14
2.1.5.	Calidad del agua .....	15
2.1.6.	Examen bacteriológico .....	15
2.1.7.	Análisis fisicoquímico .....	15
2.1.8.	Levantamiento topográfico .....	16
2.1.8.1.	Levantamiento planimétrico.....	16
2.1.8.2.	Levantamiento altimétrico.....	16
2.1.9.	Base para diseño hidráulico .....	16
2.1.9.1.	Período de diseño .....	17
2.1.9.2.	Crecimiento de la población .....	17
2.1.9.2.1.	Método de incremento geométrico .....	17
2.1.9.3.	Dotación .....	18
2.1.9.4.	Factores de consumo .....	18
2.1.9.4.1.	Consumo medio diario ..	19
2.1.9.4.2.	Consumo máximo diario .....	19
2.1.9.4.3.	Consumo máximo horario .....	20
2.1.9.4.4.	Caudal instantáneo .....	20
2.1.9.4.5.	Caudal de vivienda.....	21
2.1.10.	Diseño hidráulico de los componentes .....	21

2.1.10.1.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería.....	22
2.1.10.2.	Clases de tubería.....	23
2.1.10.3.	Velocidades y presiones mínimas y máximas .....	23
2.1.10.4.	Diseño de la captación .....	25
2.1.10.5.	Diseño de línea de conducción.....	25
2.1.10.6.	Diseño de red de distribución .....	30
2.1.11.	Obras hidráulicas.....	37
2.1.11.1.	Tanque de almacenamiento .....	37
2.1.11.2.	Desinfección .....	50
2.1.11.3.	Obras de arte.....	51
2.1.11.3.1.	Válvulas de limpieza.....	52
2.1.11.3.2.	Válvulas de aire .....	52
2.1.11.3.3.	Válvulas de compuerta.....	53
2.1.11.3.4.	Cajas rompedoras.....	53
2.1.11.3.5.	Conexiones domiciliarias.....	53
2.1.11.4.	Pasos aéreos y de zanjón.....	54
2.1.12.	Elaboración de planos .....	67
2.1.13.	Elaboración de presupuesto .....	67
2.1.14.	Programa de operación y mantenimiento .....	69
2.1.15.	Propuesta de tarifa .....	71
2.1.16.	Evaluación de impacto ambiental .....	73
2.1.17.	Evaluación económica financiera .....	77
2.1.17.1.	Valor presente neto .....	77
2.1.17.2.	Tasa interna de retorno .....	79

2.2.	Diseño de puente vehicular de 12 metros para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso .....	81
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	81
2.2.2.	Diseño de puente vehicular en cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso .....	81
2.2.3.	Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa .....	82
2.2.4.	Levantamiento topográfico .....	83
2.2.4.1.	Planimetría .....	83
2.2.4.2.	Altimetría .....	84
2.2.5.	Estudio hidrológico e hidráulico .....	84
	2.2.5.1.1. Método sección-pendiente .....	85
2.2.6.	Determinación de la calidad del suelo .....	87
2.2.7.	Diseño de la superestructura.....	91
2.2.7.1.	Predeterminación de la sección de la viga y losa .....	91
2.2.7.2.	Diseño de losa.....	93
	2.2.7.2.1. Cálculo de peralte .....	93
	2.2.7.2.2. Integración de cargas....	94
	2.2.7.2.3. Cálculo de momentos ...	95
	2.2.7.2.4. Momento debido a la carga muerta.....	95
2.2.7.3.	Diseño de barandal .....	101
2.2.7.4.	Diseño del diafragma .....	106
	2.2.7.4.1. Diafragma externo.....	107
	2.2.7.4.2. Diafragma interior.....	110
2.2.7.5.	Diseño de vigas principales.....	112

	2.2.7.5.1.	Cálculo de momento por carga muerta .....	113
	2.2.7.5.2.	Cálculo del refuerzo longitudinal y transversal .....	119
2.2.8.		Diseño de la subestructura .....	128
	2.2.8.1.	Diseño de la cortina .....	128
	2.2.8.2.	Diseño de la viga de apoyo .....	135
	2.2.8.3.	Diseño de la almohadilla neopreno....	137
	2.2.8.4.	Junta de construcción .....	144
	2.2.8.5.	Diseño del estribo .....	145
	2.2.8.6.	Obras de protección .....	151
	2.2.8.6.1.	Diseño de aletones.....	151
2.2.9.		Elaboración de planos .....	157
2.2.10.		Presupuesto.....	158
CONCLUSIONES .....			161
RECOMENDACIONES .....			163
BIBLIOGRAFÍA.....			165
APÉNDICES .....			167
ANEXOS .....			181



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Dimensiones del tanque (perfil).....	39
2.	Dimensiones del tanque (planta).....	40
3.	Diagrama de momento último en losa.....	42
4.	Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro.....	45
5.	Área tributaria sobre muro.....	45
6.	Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño.....	78
7.	Diagrama altura del puente sobre el lecho del río.....	86
8.	Sección transversal de superestructura.....	92
9.	Diagrama de momentos.....	95
10.	Esquema final armado de losa.....	101
11.	Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal.....	102
12.	Diagrama de cargas para diseño de postes.....	104
13.	Armado de diafragma exterior.....	109
14.	Sección de diafragma exterior.....	109
15.	Armado de diafragma interior.....	111
16.	Sección de diafragma interior.....	112
17.	Diagrama de carga viva sobre viga.....	115
18.	Diagrama de fuerzas por cargas vivas.....	116
19.	Diagrama de corte y momento producido por carga viva.....	117
20.	Diagrama de posición de camión que produce el cortante máximo ...	123
21.	Diagrama para relación de corte en viga.....	125
22.	Armado de viga principal.....	126
23.	Secciones viga principal.....	127

24.	Empuje sobre la cortina y viga de apoyo .....	130
25.	Detalle armado de cortina y viga de apoyo .....	137
26.	Gráficos de compresión para SHORE 60 y 50 .....	141
27.	Geometría neopreno.....	144
28.	Detalle de junta de construcción .....	145
29.	Geometría y diagrama de presiones en estribo .....	146
30.	Geometría asumida para el aletón.....	152

## TABLAS

I.	Estadística demográfica.....	5
II.	Clima por zonas y por Muni-regiones .....	6
III.	Estación meteorológica: municipio de Catarina, San Marcos. Datos mensuales y anuales de temperatura promedio en °c.....	7
IV.	Estación meteorológica: municipio de Catarina, San Marcos. Lluvia en mm. 8	
V.	Resumen diseño línea de conducción (tubería 160 psi y 250 psi).....	28
VI.	Resumen diseño red de distribución.....	33
VII.	Cálculo de momento estabilizante respecto al punto A .....	47
VIII.	Longitud de péndola de paso aéreo No. 1 .....	59
IX.	Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez, Nuevo Progreso .....	68
X.	Cuadro de impactos ambientales.....	74
XI.	Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi.....	89
XII.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo .....	91
XIII.	Dureza Shore para elastómeros .....	139
XIV.	Resultado de las fuerzas aplicadas al estribo .....	147
XV.	Resultado de las fuerzas estabilizantes en el estribo .....	148
XVI.	Resultado de las fuerzas aplicadas al aletón .....	154

XVII.	Momento estabilizante .....	155
XVIII.	Presupuesto construcción de puente vehicular para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso, San Marcos ..	158



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
A	Área
As	Área de acero
Av	Área de varilla
cm	Carga muerta
W	Carga o peso
C.U	Carga última
Cv	Carga viva
Q	Caudal
Qm	Caudal medio
cm <sup>2</sup>	Centímetros cuadrados
Kp	Coefficiente de empuje pasivo
Cos $\alpha$	Coseno del ángulo
DGC	Dirección General de Caminos
$\sigma$	Esfuerzo
V	Esfuerzo de corte
Fs	Esfuerzo de flexión
Fy, fy	Esfuerzo de fluencia del acero
$\sigma_t$	Esfuerzo total
F.S.	Factor de deslizamiento
Fdm	Factor de día máximo
Fhm	Factor horario máximo
Fv	Fuerza vertical

<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg –m</b>	Kilogramo – metro
<b>lb</b>	Libras
<b>psi</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>l</b>	Litros
<b>lt/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>L</b>	Longitud
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metros
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>M</b>	Momento
<b>M.T</b>	Momento total
<b>Wcm</b>	Peso de la carga muerta
<b>Wcv</b>	Peso de la carga viva
<b>Wc</b>	Peso del concreto
<b>Ws</b>	Peso del suelo
<b>Wt</b>	Peso total
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>F'c, f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>RN</b>	Ruta nacional
<b>Sen α</b>	Seno del ángulo
<b>T</b>	Tensión
<b>Tx</b>	Tensión en el sentido x
<b>Ty</b>	Tensión en el sentido y
<b>Ton</b>	Toneladas

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Determinación del volumen de agua que fluye por un sitio en un determinado tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
<b>Anclaje</b>	Conjunto de elementos destinados a mantener fijos, cualquier elemento al suelo.
<b>Articulación</b>	conexión entre dos sólidos que permite que ambos se muevan porque convergen en el mismo eje o punto de apoyo, esto permite el movimiento de ambos en un mismo tiempo con grados de libertad según el diseño específico de cada tipo de articulación.
<b>Cable</b>	Es un elemento flexible, significa que no tiene rigidez y, por tanto, no resiste flexiones, si se le aplica un sistema de fuerzas, tomará la forma necesaria para que él solo produzca esfuerzos axiales de tracción, si esto no fuera posible no resistiría. Por tanto, la forma del cable coincidirá forzosamente con la línea generada por la trayectoria de una de las posibles

composiciones del sistema de fuerzas que actúan sobre él.

<b>Carga muerta</b>	Peso propio de una estructura y de todas las cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas permanentemente a la misma, que la conforman losas, pisos, acabados, vigas, columnas, entre otros.
<b>Carga viva</b>	Cargas no permanentes, que varían durante el emplazamiento de la estructura y dependen del uso de la misma.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.
<b>Captación</b>	Un área geográfica definida por la topografía, de la cual toda el agua de escorrentía escurrirá hacia un solo sistema fluvial o reservorio.
<b>COCODE</b>	Consejo comunitario de desarrollo.
<b>Concreto</b>	Es un material pétreo, artificial obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla

proporcionada de piedra y concreto pobre (2500 psi); a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.

**Concreto reforzado** También llamado hormigón armado, se obtiene de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava y agua; todo esto combinado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. El hormigón armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales.

**Conexión domiciliar** La componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua, de la red de distribución al interior de la vivienda.

**Consumo** Cantidad de agua usada por una persona.

**Cota de terreno** Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.

**Crecida máxima** Es la elevación del nivel de un curso de agua significativamente mayor que el flujo medio de Este. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones que el lecho del río puede resultar insuficiente para contenerlo.

**Conducción** Es llevar el agua desde el tanque de captación hasta el terreno que se desea regar.

<b>Deflexión</b>	Grado en el que un elemento estructural se deforma bajo la aplicación de una fuerza, desplazamiento vertical del eje axial de la viga.
<b>Demanda</b>	Cantidad de agua deseada por el usuario.
<b>Desinfección</b>	El tratamiento del agua para eliminar o inactivar virus, bacterias y otros organismos patogénicos.
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Fuente</b>	es el brote de agua del cual se captará el agua para el proyecto.
<b>Esfuerzo de fluencia del acero</b>	Es la deformación irre recuperable del acero, a partir de la cual solo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible. Este fenómeno se sitúa justo encima del límite elástico, y se produce un alargamiento muy rápido sin que varíe la tensión aplicada.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos donde se coloca el Instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.

<b>Flecha</b>	Distancia vertical de la diferencia de alturas entre el amarre del cable y la parte más baja de la curva que adopte el cable.
<b>Flexible</b>	Es sinónimo de elástico, dúctil y maleable que tiene disposición para doblarse fácilmente, recupera su estado después de sufrir una deformación, como muelles, resortes y ballestas.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>INTA</b>	Instituto Nacional de Transformación Agraria
<b>Piezométrica</b>	Relativo a cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de tuberías.
<b>Tensor</b>	Mecanismo que produce un esfuerzo tensión, para mantener un elemento suspendido y estirado.
<b>Tirante</b>	Pieza de hierro o de acero, destinada a soportar un esfuerzo de tensión.
<b>Saneamiento</b>	El proceso de mantener condiciones limpias e higiénicas mediante la eliminación apropiada de la basura y de los desechos humanos.

**Sistema de distribución** Cualquier sistema mediante el cual se mueve el agua desde una fuente a sus consumidores.

**Topografía** Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y de la superficie.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, desarrollado en el municipio de Nuevo Progreso, del departamento de San Marcos.

Se realizó una investigación diagnóstica para conocer las necesidades de sus pobladores. Se encontró que la falta de un sistema de agua en el caserío Los Pérez y de un puente vehicular en el cantón San Rafael Vuelta Colorada, perjudicaba la salud y el desarrollo de sus habitantes.

Por ello, se decidió realizar el diseño del sistema de agua potable para brindar un buen servicio a los pobladores de dicha comunidad. Las actividades necesarias para el diseño fueron las siguientes: visita preliminar de campo, levantamiento topográfico, determinación de aforo de fuente, análisis de laboratorio de agua, entre otros. Por la topografía, el sistema de agua potable será diseñado por gravedad.

Las actividades para el diseño del puente fueron las siguientes: levantamiento topográfico, determinación del valor soporte del suelo, diseño de superestructura (losa, barandal, diafragma, vigas principales), diseño subestructura (cortina, viga de apoyo, neopreno, estribos, obras de protección), la longitud del puente será de 14 metros (inicialmente, se había determinado que la longitud fuera de 12.00 m, sin embargo por las condiciones topográficas, de suelo e hidráulicas del río, condicionaron la longitud a 14.00 m), con un ancho de 5,20 metros, carga viva AASHTO HS15-44 de 12 000 lb en el eje más pesado. Se considera que dicho proyecto beneficia y solventa el problema de los accesos

hacia el cantón y poblaciones vecinas y facilita su traslado hacia cualquier punto del municipio.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez y un puente vehicular de 12 metros de concreto armado para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, municipio de Nuevo Progreso, San Marcos.

### **Específicos**

1. Desarrollar el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable; seleccionando la red que más se adapte a la condición del lugar.
2. Diseñar la superestructura del puente de concreto reforzado bajo el principio de viga rectangular y losa plana, la subestructura de muros de gravedad de concreto ciclópeo.
3. Proveer los instrumentos necesarios (planos, presupuesto, especificaciones y cronogramas), para que las autoridades municipales y COCODE, gestionen el financiamiento y puedan ser llevadas a la realidad en el menor tiempo posible.
4. Capacitar a los miembros de COCODE del caserío Los Pérez sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

La Municipalidad de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos no cuenta con recursos para elaborar los diseños de las estructuras para subsanar las necesidades de la población. Por esta razón, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) brinda apoyo a varias comunidades del país. En este contexto, los estudiantes realizan diseños óptimos donde ponen en práctica los criterios y habilidades adquiridos durante la carrera.

Este municipio evidencia la necesidad de diseñar, para el caserío Los Pérez, un proyecto de abastecimiento de agua potable, que incluye captación, tanque de distribución de 40,00 m<sup>3</sup>, línea de conducción con una longitud de 8 617,50 ml, línea de distribución con una longitud de 2 394,30 ml y un sistema de desinfección preventivo, para eliminar cualquier parásito o bacteria que pueda afectar la salud de los habitantes de la comunidad.

Asimismo, para lograr el desarrollo e integración de comunidades rurales en todo el territorio de Guatemala, es importante contar con la infraestructura adecuada que facilite el traslado a dichas comunidades. Los habitantes del cantón San Rafael Vuelta Colorada necesitan un puente vehicular de 14 metros de largo (inicialmente se había determinado que la longitud fuera de 12,00 ml, sin embargo, la condiciones topográficas, de suelo e hidráulicas del río, condicionaron la longitud a 14,00 ml) metros de largo y 5,20 metros de ancho, banqueta, baranda de protección y señalización, para garantizar y salvaguardar la vida de los vecinos.

Al final de este trabajo de graduación se presentan los resultados de los proyectos consistentes en planos, presupuestos y especificaciones técnicas.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del caserío Los Pérez y del cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso, San Marcos**

Investigación de los aspectos generales del municipio de Nuevo Progreso, así mismo del caserío Los Pérez y del cantón San Rafael Vuelta Colorada.

### **1.1.1. Aspectos generales**

Inicialmente, la cabecera municipal ocupó los terrenos donde actualmente se encuentra situada la aldea Pueblo Viejo, pero por la destrucción ocasionada por el terremoto de Santa María en el año 1902, se optó por trasladar la población a otro lugar; escogiéndose en ese entonces los terrenos de los vecinos Leandro, José y Mariano Ramírez, se trasladó la población de Nuevo Progreso en el lugar que actualmente ocupa. El 23 de mayo de 1905 cambió su nombre por el de “municipio de Estrada Cabrera” ya que estaba de moda adjudicar nombres de familiares del Presidente Estrada Cabrera.

El 4 de noviembre de 1908 se le denominó “municipio de San Joaquín” en honor a la señora madre del Presidente Estrada Cabrera. Este nombre lo conservó hasta mayo de 1920 en que recuperó su primitiva denominación; en virtud del acuerdo del 3 de mayo de ese mismo año, la cabecera municipal es Nuevo Progreso.

### **1.1.2. Antecedentes históricos**

En los últimos años del siglo pasado, se llevaban a cabo intercambios de artículos de primera necesidad en forma de ventas. Paulatinamente, el comercio se incrementó hasta construirse algunas viviendas destinadas a esa actividad y a casas de habitación. El señor Pablo Cifuentes Maura (primer abastecedor de carne) atrajo la atención de los primeros moradores quienes fueron incrementando el comercio y la población se extendió hasta parte de los terrenos de San José Ixtal. La plaza aumentó su movimiento comercial por lo que dispusieron denominarla “Nueva Plaza”. Se considera que esta es la primera denominación del municipio de Nuevo Progreso.

Como consecuencia, surgieron necesidades administrativas y de justicia, por lo cual surgieron las primeras autoridades que legitimaron el nombre de “Plaza Nueva”, así, surgió el poblado. La mayoría de sus pobladores eran originarios de San Antonio Sacatepéquez municipio al cual estaban ligados por razones de familia y posesión.

A solicitud del Jefe Político de San Marcos, el Ejecutivo emitió el Acuerdo Gubernativo del 17 del mes de octubre del año 1889 por medio del cual adjudicó el nombre de “El Progreso” a la jurisdicción municipal que formaran las aldeas de: Nueva Plaza, Río Paja, Sacuchún, Río Naranja y Conquista. Con este nombre, los vecinos de esa localidad solicitaron la formación del municipio, ya que querían segregarse de la jurisdicción municipal de San Antonio Sacatepéquez y constituirse en municipio independiente. Este municipio se creó en virtud del Acuerdo con fecha 2 de junio de 1892, en el cual se indicaba que se segregara el territorio de la jurisdicción municipal de San Antonio Sacatepéquez y se erigiera en municipio independiente, compuesto de El Progreso y las aldeas Buena Vista, San José La Providencia, Santa Clara, San Antonio Ixtal y La

Conquista. Y en consideración al número de habitantes, la presencia de fincas de café y las aldeas mencionadas el Presidente Constitucional de la República Licenciado Manuel Estrada Cabrera firmó el referido acuerdo que dio lugar a la formación del municipio.

La feria titular de este pueblo se celebra del 8 al 12 de diciembre. El día principal es el último ya que la iglesia católica conmemora a la Virgen de Guadalupe.

- Historia de caserío Los Pérez

En el tiempo que gobernó el presidente Estrada Cabrera, vinieron dos familias de San Antonio Sacatepéquez y San Francisco el Alto Quetzaltenango, que, entonces no era caserío sino una parcela perteneciente a Sombrerito Bajo donada por el presidente a la familia Pérez Altún. Esta familia procreó hijos que, luego multiplicaron su descendencia. Estas familias pertenecían a Sombrerito Bajo y colaboraban con esta comunidad.

Sin embargo, deseaban su independencia, porque en ese tiempo, Sombrerito Bajo realizó un proyecto de agua potable que excluyó a dichas familias. Entonces, se realizó una asamblea general el 20 de junio de 1989 en la cual se acordó nominar el lugar como Caserío Los Pérez, porque doña Isabel Pérez dio a conocer que la primera familia que vivió en este lugar era de apellido Pérez. Entonces, se formó un comité llamado pro mejoramiento, el 10 de julio del año 1989, y lo legitimó gobernación, de la siguiente manera: presidente: Don Santiago Pérez, Vicepresidente: Alfredo García, Tesorero: Isaías González, Secretario: Miguel Ángel Martínez Cifuentes, Vocales: Aída López, Carlos Altun. De esta manera se legalizó el comité y el nombre Caserío Los Pérez.

- Historia de cantón San Rafael Vuelta Colorada

La comunidad se fundó el 10 de noviembre de 1964, por motivo de conflictos al momento de prestar servicio de la auxiliatura, la cual quedaba en Palín a 5 kilómetros de distancia y se les dificultaba citar a los pobladores de la comunidad. Otro motivo fue que los niños debían ir a Palín para estudiar y les quedaba lejos.

Entonces, nació la idea de independizar y crear la comunidad de San Rafael Vuelta Colorada.

Sus fundadores fueron Don Bonifacio Colloy, Don Justo Miranda, Don Siraico Ramos, Don Francisco Sotol, Don Esteban Juárez, Don Nicolás García. Los primeros pobladores de la comunidad fueron: Sirilo Carreto, Tranquilino Rivera, Juan Paz, Pedro Ramos, Demetrio Ramos, Juan García, Celso Hernández, Delfino Maldonado.

### **1.1.3. Localización**

El municipio de Nuevo Progreso se encuentra situado en la parte Sur del departamento de San Marcos, en la Región VI o Región Suroccidental. Se localiza en la latitud 14° 47' 25" y en la longitud 91° 55' 10". Se encuentra a una altura de 660 metros sobre el nivel del mar. La distancia de este Municipio a la cabecera departamental es de 70 kilómetros.

El caserío Los Pérez se ubica en la parte alta del municipio, se localiza en la latitud 14.807523 N y longitud 91.926848 O. Se encuentra a una altura de 690 metros sobre el nivel del mar.

El cantón San Rafael Vuelta Colorada se ubica en la parte baja del municipio y se localiza en la latitud 14° 46' 15.87" y longitud 91° 56' 17.95", se encuentra a una altura de 400 metros sobre el nivel del mar.

#### 1.1.4. Situación demográfica

Tabla I. Estadística demográfica

	URBANA				RURAL				TOTAL	%
	HOMBRES	%	MUJERES	%	HOMBRES	%	MUJERES	%		
PEA	5124	15	4605	13	13175	38	11838	34	34742	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

#### 1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

Este municipio respalda su economía con varias actividades, entre ellas, las agrícolas, cultivos de maíz; pecuarias y la crianza de ganado vacuno; las industriales, como fabricación de instrumentos musicales, cohetería, muebles de madera y artesanías. Sobresale la producción de productos de cuero ladrillos de barro, teja manil, etc.

#### 1.1.6. Extensión

El municipio del Nuevo Progreso, del departamento de san Marcos, cuenta con una extensión territorial de 140 Km<sup>2</sup>, según el Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA).

Cuenta con 1 pueblo, 9 aldeas, 23 caseríos, según el INE (2008).

### 1.1.7. Límites

El municipio limita al norte con los municipios de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos y San Cristóbal Cucho (San Marcos); al sur, con el municipio de Coatepeque (Quetzaltenango); al este, con los municipios de La Reforma y El Quetzal (San Marcos); y, al oeste, con los municipios de El Tumbador, Pajapita y San Rafael Pie de la Cuesta (San Marcos).

El caserío Los Pérez limita, al norte con finca La Marina Alta, al sur con finca La Marina Alta, al oeste con municipio de El Tumbador y Pajapita, río Pajapa de por medio y al este con finca La Marina Alta.

El cantón San Rafael Vuelta Colorada limita, al norte, por aldea Sombrerito Bajo y aldea Palín, al sur con cantón Ixcachuín y municipio de Pajapita, al oeste con Municipio de El Tumbador y Pajapita, río Pajapa de por medio y al este con aldea Buena Vista y cantón Ixcachuín.

### 1.1.8. Clima

El municipio se encuentra dividido en zonas y muni-regiones, con diferentes altitudes y precipitación pluvial que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla II. Clima por zonas y por Muni-regiones

Zona	Muni-región	Altitud (en metros sobre el nivel del mar)	Precipitación Pluvial anual (en milímetros)	Clima
Alta	I,III	600-	1 000-1500	Frío
Media	IV	1676	1 065-1600	Templado
Baja	II,V,VI	300-600 122-300	2 500-4600	Cálido

Fuente: Municipalidad de Nuevo Progreso.

De acuerdo con la tabla anterior, predomina el clima cálido muy húmedo. La temperatura media anual es de 22,5°C con variaciones de 15,6°C a 27°C. Se presentan dos temporadas, la lluviosa que, por lo general, va de mayo a octubre y la seca que va de noviembre a abril. De estos meses, los más calurosos son marzo y abril; la precipitación pluvial promedio es de 1 065,22 mm, con máximos de 4 600mm.

**Tabla III. Estación meteorológica: municipio de Catarina, San Marcos.  
Datos mensuales y anuales de temperatura promedio en °c.**

DATOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA PROMEDIO EN °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	26.2	26.4	27.4	27.6	27.2	26.8	26.6	26.5	26.2	26	26.7	26.3	26.7
1991	26.3	27.2	28	28.3	27.9	26.9	27	26.7	26.5	26.1	26.4	26.3	27
1992	26.3	26.9	28.3	28.4	28.2	27.1	26.7	26.7	25.7	26.3	26.3	26.4	26.9
1993	26	26.7	27.3	28.5	28	26.8	26.1	25.8	25.8	26.1	26.5	26.4	26.7
1994	26.3	26.8	27.7	28.4	27.4	26.7	27.3	26.7	26.7	26.5	26.2	25.8	26.3
1995	26.3	26.6	27.3	28.7	27.4	26.7	26.5	26.4	25.6	26	---	26.4	26.7
1996	25.8	27	27.2	27.5	26.8	26.5	26.5	26.3	26.4	26.2	26.5	26.2	26.6
1997	26.3	27.4	27.8	27.6	28.1	26.7	27.4	27.5	26.3	26.7	26.8	26.7	27.1
1998	27.1	27.3	29.1	29.8	29.8	27.5	26.7	26.5	26.2	26.5	25.9	25.9	27.3
1999	26.1	26.4	27.3	28	27.4	26.1	26.5	26.2	25.2	25.3	25.7	25	26.3
2000	25.2	25.8	27.1	27.6	26.9	26.6	26.7	27	26.1	26.1	26.5	25.7	26.4
2001	25.8	26.9	26.5	27.7	27.6	27	26.7	27.1	26.1	26.6	26.2	26	26.7
2002	26.3	27.1	27.5	27.4	28	26.9	---	26.8	26.2	26.5	26.4	26.6	26.8
2003	26.8	27.5	28.4	29.1	28	26.4	27.2	26.8	26.4	26.4	26.6	26.5	27.2
2004	26.3	7.3	27.9	28.4	27.4	27	---	---	---	---	---	---	27.4
2005	---	--	---	---	---	---	---	26.7	26.2	25.8	25.7	24.7	21.6
2006	26.2	26.6	27.7	27.3	26.7	26.2	26.2	26.3	27.4	27.4	26.1	---	26.7
2007	---	26.5	--	-	27.4	--	26.3	26	25.9	25.9	27.2	25.6	26.4
2008	25.7	25.7	26.8	27.3	27.8	27.2	27.2	27.3	--	7	--	--	26.9
2009	26.5	27	27.1	28.4	--	--	--	27.4	27.8	28.4	26.4	--	27.4
2010	---	27.3	23.3	29.9	29.7	28.8	28	27.7	26.5	28.1	27.8	26.3	28.5

Fuente: Estación meteorológica Catarina, San Marcos. (INSIVUMEH).

Tabla IV. Estación meteorológica: municipio de Catarina, San Marcos.  
Lluvia en mm.

DATOS MENSUALES Y ANUALES DE LLUVIA EN mm													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1980	32.4	9.6	17.6	223.8	530.1	541.3	573.7	560.6	594.6	771.8	42.4	13.7	3911.6
1981	26.4	3.1	135.2	171.5	213.3	547.5	456.1	692.8	576.1	647.3	242.4	21.2	3732.9
1982	26.1	94.8	13.3	544.3	699.7	566.0	317.9	243.3	703.3	410.5	99.6	5.5	3724.3
1983	0.0	33.2	40.2	35.5	65.7	630.3	443.1	499.8	688.4	481.5	163.3	52.8	3133.8
1984	0.9	73.9	42.3	29.8	381.1	610.2	673.1	954.3	786.7	262.2	98.8	1.0	3914.3
1985	1.4	4.7	56.7	126.3	307.4	498.3	489.7	524.5	382.2	593.9	123.6	29.4	3138.1
1986	22.8	113.8	13.2	87.1	495.2	242.3	393.6	331.4	619.7	679.1	114.2	1.0	3113.4
1987	0.0	0.0	48.4	150.9	168.0	514.5	680.1	434.1	784.7	367.0	101.8	50.8	3300.3
1988	55.9	1.2	51.0	40.0	243.2	569.3	506.0	713.9	707.0	405.9	245.6	55.4	3594.4
1989	38.2	122.7	17.4	92.4	632.4	587.2	395.4	425.8	709.8	525.1	314.4	76.4	3937.2
1990	13.9	58.3	60.7	222.8	624.3	600.9	665.0	405.8	564.1	490.8	151.9	16.3	3874.8
1991	13.6	0.5	5.7	93.3	357.0	776.6	388.2	304.0	462.0	516.3	120.8	29.2	3067.2
1992	17.3	0.3	202.8	167.9	363.8	524.6	424.9	371.6	475.5	308.5	214.6	0.2	3072
1993	61.6	10.8	73.2	168.5	384.8	327.9	317.7	811.8	519.4	486.2	149.2	0.0	3311.1
1994	7.4	8.2	137.9	103.7	708.1	317.6	177.0	473.3	528.6	696.9	384.6	110.6	3653.9
1995	6.2	74.7	56.5	302.3	477.7	641.5	889.8	506.3	1063.9	392.0	---	130.5	4541.4
1996	0.8	0.0	85.2	392.9	452.6	917.6	294.0	401.9	548.3	523.2	238.1	1.6	3856.2
1997	0.0	16.3	67.0	185.0	307.8	254.4	371.8	224.8	595.3	325.9	272.3	68.8	2689.4
1998	0.0	0.0	0.0	23.9	99.8	1017.0	438.6	714.2	716.8	379.5	183.1	3.7	3576.6
1999	40.3	31.0	82.1	294.9	419.6	542.6	520.9	635.3	531.5	735.4	163.7	43.4	4040.7
2000	11.0	13.2	9.3	168.3	778.4	647.1	427.9	773.4	620.5	510.3	232.0	0.0	4191.4
2001	23.0	3.9	151.7	216.5	682.9	461.7	552.0	639.3	426.1	725.6	101.6	183.7	4168
2002	0.0	0.0	4.4	330.5	405.4	440.5	377.9	397.5	676.6	632.2	302.7	1.7	3569.4
2003	0.0	33.6	17.6	57.6	289.9	539.6	635.8	561.1	719.5	865.2	233.9	0.0	3953.8
2004	0.0	2.3	76.0	262.3	707.6	516.9	---	---	---	---	---	---	1565.1
2005	---	---	---	---	---	---	---	224.3	473.2	509.6	5.4	30.4	1242.9
2006	11.5	0.0	3.2	99.0	212.8	272.0	259.9	272.3	256.1	509.2	117.7	36.1	2049.8
2007	59.4	0.0	13.5	95.3	387.0	---	277.9	447.6	457.3	382.2	3.4	73.7	2197.3
2008	49.7	17.1	43.7	335.3	132.8	486.6	349.8	687.9	---	787.8	---	---	2890.7
2009	40.6	5.8	86.7	51.2	---	---	---	---	376.2	1043.5	149.1	---	1753.1
2010	---	1.6	4.1	324.4	786.1	395.0	732.8	604.8	---	---	---	---	---

Fuente: Estación meteorológica Catarina, San Marcos. (INSIVUMEH)

### 1.1.9. Vías de acceso

El acceso a la cabecera municipal es por carretera asfaltada a 16 kilómetros del municipio de Pajapita.

Las vías de acceso a las siguientes comunidades se encuentran en mal estado: aldea La Conquista, San Ignacio, La Independencia, Sombrerito Bajo, cantón San Pedro, Ixtalito, San Ramón, La Piñuela, caserío Parian, Zacarías, Líbano, Democracia, Nueve de Mayo, Conacaste, sector Camelia, comunidad

agraria Nueva Escocia y La Suiza; son caminos de terracería con pequeños tramos empedrados transitables en su mayoría con vehículos de doble tracción.

El caserío Los Pérez cuenta con una vía de acceso cuya distancia a la cabecera municipal es de 12 km una parte está empedrada (RD-4) y el resto es de terracería.

El cantón San Rafael Vuelta Colorada cuenta solo con una vía de acceso, con una distancia a la cabecera municipal de 8 km, la mayor parte está asfaltada (RD-4) y el resto es de terracería.

#### **1.1.10. Servicios públicos**

La cabecera municipal cuenta con los siguientes servicios públicos: transporte urbano y extra urbano, agua potable, recolección de basura, energía eléctrica, banco, cooperativas, mercado, escuelas, institutos, radios, empresa de cable para TV, hospital, servicio de drenajes, recolección de basura, centro de salud, biblioteca, telefonía pública, telefonía celular, telefonía residencial, rastro municipal, cementerio, etc.

El caserío Los Pérez cuenta con servicios de: escuela de educación primaria, energía eléctrica, transporte.

El cantón San Rafael Vuelta Colorada cuenta con los servicios de: agua potable, energía eléctrica, escuela de educación primaria, transporte.

### **1.1.11. Comercio**

Nuevo Progreso respalda su economía con diversas actividades comerciales, en las cuales influyen las mismas condiciones del terreno; sobre todo en la agricultura, pues existe la producción de diversidad de cultivos de acuerdo con los climas variados existentes por la topografía. Entre estos la producción de maíz, frijol, arroz, café, banano, hule, cacao, etc. Las actividades pecuarias comprenden la crianza de ganado vacuno, porcino y producción avícola. Además, desarrollan la actividad artesanal conformada por panaderías, carpinterías y herrerías.

## **1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Los Pérez y el cantón San Rafael Vuelta Colorado municipio de Nuevo Progreso**

Se realizó una investigación para conocer las distintas necesidades de los servicios que no cuenta el caserío Los Pérez y el cantón San Rafael Vuelta Colorado del municipio de Nuevo Progreso, San Marcos.

### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

Son distintas las necesidades dependiendo de cada comunidad o población. Las más comunes en el municipio son las vías de acceso hacia las comunidades. Entre las necesidades evidentes en el área rural están la falta o mal funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Además, la carencia de edificios escolares, infraestructura de accesibilidad y unidades mínimas de salud en las comunidades del municipio.

- Agua potable: el caserío Los Pérez carece de un sistema de abastecimiento ya que, actualmente, cuenta con un sistema obsoleto, lo que provoca la proliferación de enfermedades gastrointestinales, por el uso de fuentes inadecuadas.
- Empedrado con carrileras: no se cuenta con una vía accesible en el caserío Los Pérez, sobretodo, en época lluviosa.
- Puente: el cantón San Rafael Vuelta Colorada necesita la construcción de un puente vehicular para comunicarse con las demás comunidades y comercializar los productos agrícolas.
- Edificio escolar: la población estudiantil del cantón San Rafael Vuelta Colorada se ha incrementado y, con ello, la demanda de educación. Por esta razón es ingente la necesidad de construir un edificio que albergue la escuela primaria para fomentar la superación personal educativa.

### **1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades**

De acuerdo con las autoridades locales de cada comunidad se deben atender, de manera prioritaria las necesidades expuestas, en el siguiente orden:

- Agua potable
- Puente vehicular
- Empedrado con carrileras de concreto
- Edificio escolar



## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez, Nuevo Progreso, San Marcos**

Después de haber realizado la priorización de las necesidades del caserío Los Pérez, se determinó diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable que a continuación se detalla.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, ya que para la población actual de 423 habitantes, la fuente es un brote definido en ladera. Los componentes del proyecto son: 8 617,50 metros de línea de conducción, tanque de distribución, 2 467,65 metros red de distribución, obras hidráulicas, pasos de zanjón, pasos aéreos y 118 unidades de conexiones domiciliarias.

#### **2.1.2. Visita preliminar**

En la visita se verificó la fuente de captación que se encuentra en una finca del municipio de El Tumbador, San Marcos. Sin embargo, se cuenta con los derechos de paso autorizados por el dueño de esa propiedad. Además, se observó que en el caserío Los Pérez las viviendas están dispersas, también se cuenta con el terreno necesario para la construcción del tanque de distribución.

### 2.1.3. Fuentes de agua

La fuente de abastecimiento es un brote definido en ladera ubicado, aproximadamente, a una distancia de 9 kilómetros del área donde se utilizará.

### 2.1.4. Aforo de la fuente

En este caso, se aforó la unión de los brotes empleando el método volumétrico. Para ello, se utilizó un recipiente de 5 galones y una canaleta para recolectar el agua, se tomó el tiempo necesario para llenarlo, dicho procedimiento se realizó tres veces y el promedio se utilizó para el diseño del sistema.

Caudal de aforo

$$\text{Volumen: } 5 \text{ gal} = 5 \text{ gal} * \frac{3.79 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 18.95 \text{ lt}$$

Tiempo Núm. 1:

10,74 s

Tiempo Núm. 2:

10,64 s

Tiempo Núm. 3:

10,62 s

$$\text{Promedio} = \frac{(\text{Tiempo Núm. 1} + \text{Tiempo Núm. 2} + \text{Tiempo Núm. 3})}{3}$$

$$= \frac{(11,15 \text{ s} + 11,05 \text{ s} + 11,03 \text{ s})}{3} = 11,07 \text{ s}$$

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{18,95 \text{ lt}}{11,07 \text{ s}} = 1,71 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

### **2.1.5. Calidad del agua**

El agua es un elemento indispensable para la vida, por lo que su calidad debe ser sanitariamente segura para el consumo humano. Para determinar la calidad sanitaria del agua es necesario efectuar un examen fisicoquímico sanitario y bacteriológico, los cuales deben acatar las normas COGUANOR NGO 29001 (ver anexo).

### **2.1.6. Examen bacteriológico**

Su objetivo principal es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal en la muestra. Para ello, se busca la presencia del grupo coliforme. Los resultados del examen bacteriológico indican que el agua no es potable, según norma COGUANORNGO 29001.

Por lo tanto, con base a los datos anteriores, se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser consumida. Este proceso se describe en el inciso 2.1.11.2.

### **2.1.7. Análisis fisicoquímico**

En este se determina el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica. El análisis químico mide las cantidades de minerales y materia orgánica, existentes en el agua, que afectan su calidad, por ejemplo, amoniaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también su alcalinidad (clasificación), para este caso, la municipalidad solo realizó el estudio bacteriológico.

### **2.1.8. Levantamiento topográfico**

Constituye un elemento básico para la elaboración del diseño, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio. El equipo utilizado fue el siguiente:

Teodolito marca WILD T-1

Estadia

Cinta métrica de 50 m

Plomada

Estacas de madera, pintura, clavos, martillo, entre otros.

#### **2.1.8.1. Levantamiento planimétrico**

El levantamiento planimétrico se ejecutó como una poligonal abierta, utilizando el método de conservación de azimut con vuelta de campana.

#### **2.1.8.2. Levantamiento altimétrico**

En esta fase, se obtienen los datos para identificar los niveles del terreno, con la ayuda del equipo de topografía mencionado. El método de levantamiento fue el taquimétrico.

### **2.1.9. Base para diseño hidráulico**

En el diseño hidráulico, forma parte el periodo de diseño, crecimiento de la población, Dotación y factores de consumo.

### **2.1.9.1. Período de diseño**

Representa el tiempo en que la capacidad del sistema atiende la demanda o es eficiente en un 100%. Aunque el sistema varía de acuerdo con la capacidad de la administración en aspectos de operación y mantenimiento. Comprende desde el momento de la construcción e inicio de funcionamiento del sistema, hasta el momento que sobrepasa las condiciones de diseño que, en este caso, se adoptó un período de diseño de 23 años, este incluye tres años para gestión del proyecto.

### **2.1.9.2. Crecimiento de la población**

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población por unidad de tiempo para su medición.

#### **2.1.9.2.1. Método de incremento geométrico**

Para la estimación de la población futura existen varios métodos. En este caso, se aplicó el método de incremento geométrico; el cual consiste en el cálculo de la población con base en la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrada de los censos de la población, debe proyectarse en el tiempo según el período de diseño que se estime.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_a$  = Población actual = 423 habitantes

$r$  = Tasa de crecimiento = 3 % (fuente: municipalidad)

$n$  = Período de diseño en años = 23 años

$$P_f = 423 * (1 + 0,03)^{23} = 835 \text{ hab.}$$

### **2.1.9.3. Dotación**

Es la cantidad de agua asignada a una persona en litros/habitante/día. Para la adopción de una dotación adecuada se debe tomar en cuenta el clima y la ubicación de la población, es decir, si es área urbana o rural y sus distintas actividades comerciales. Para proyectos de abastecimiento de agua potable a comunidades del área rural de clima cálido se recomienda que la dotación esté entre 100 l/hab/día a 180 l/hab/día. Para el presente proyecto se tomó una dotación de 130 l/hab/día.

### **2.1.9.4. Factores de consumo**

Son los elementos que condicionan el consumo del agua, los cuales son: consumo medio diario, consumo máximo diario, consumo máximo horario, caudal instantáneo y caudal de vivienda.

#### 2.1.9.4.1. Consumo medio diario

También se conoce como caudal medio. Es la cantidad de agua que consume una población en un día. Se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diario se puede calcular en función de la población futura y de la dotación asignada en un día.

Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{Pf(hab) * Dot. ( lt/hab/dia)}{86\ 400\ s/dia}$$
$$Q_m = \frac{835(hab) * 130( lt/hab/dia)}{86\ 400\ s/dia} = 1,26\ lt/s$$

#### 2.1.9.4.2. Consumo máximo diario

Se conoce como caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año y regularmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población y excluye gastos por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, se puede calcular con un porcentaje denominado factor de día máximo (Fdm). Este factor en área rural está comprendido dentro los valores siguientes: 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de día máximo es de 1,5.

$$Q_{md} = Q_m(lt/s) * Fdm$$

$$Q_{md} = 1,26 \left( \frac{lt}{s} \right) * 1,5 = 1,88 \text{ lt/s}$$

#### **2.1.9.4.3. Consumo máximo horario**

También se conoce como caudal de distribución. Es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

El factor de hora máxima (Fhm) está comprendido, en el área rural, entre los valores siguientes: 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 2 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes.

Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de hora máxima es de 3,0.

$$Q_{mh} = Q_m(lt/s) * Fhm$$

$$Q_{md} = 1,26 \left( \frac{lt}{s} \right) * 3 = 3,77 \text{ lt/s}$$

#### **2.1.9.4.4. Caudal instantáneo**

Este caudal estima la probabilidad de que se empleen, al mismo tiempo, las conexiones domiciliarias en un mismo ramal. El caudal instantáneo nunca deberá tomar valores menores de 0,20 lts/seg.

Caudal instantáneo

$$Q_{ins} = k\sqrt{(N - 1)}$$

$Q_{ins}$  = caudal instantáneo

$N$  = número de viviendas actuales

$$K = 0,20$$

$$Q_{ins} = 0,20\sqrt{(233 - 1)} = 3,05 \text{ lts/seg}$$

#### 2.1.9.4.5. Caudal de vivienda

Este caudal incluye un valor destinado a cada vivienda futura, y se calcula multiplicando el número de viviendas por el caudal de vivienda unitario.

El caudal de vivienda unitario se calcula dividiendo el caudal máximo horario dentro del número de viviendas futuras del proyecto.

Caudal unitario de vivienda

$$Q_{uv} = \frac{Q_{maxh}}{No_v}$$

$Q_{uv}$  = caudal unitario de vivienda (lts/seg/vivienda)

$Q_{maxh}$  = caudal máximo horario

$No_v$  = Número de viviendas futuras

$$Q_{uv} = \frac{3,77 \text{ lts/seg}}{239 \text{ viviendas}} = \frac{0,01577 \text{ lts}}{\text{seg}} / \text{vivienda}$$

#### 2.1.10. Diseño hidráulico de los componentes

A continuación, se describe el diseño hidráulico de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

### 2.1.10.1. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

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

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

Donde:

H<sub>f</sub> = pérdida de carga en metros

C = coeficiente de fricción interno (para HG (C=100), y para PVC (C=150))

∅ = diámetro interno en pulgadas

L = longitud de diseño en metros

Q = caudal en litros por segundo

Conociendo la altura máxima disponible por perder, se toma como H<sub>f</sub>, la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua. Despejando el diámetro de la fórmula anterior se tiene:

$$\emptyset = \left[ \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right]^{1/4,87}$$

Obteniendo el diámetro teórico, se procede a seleccionar el diámetro comercial superior y se calcula el H<sub>f</sub> final.

### **2.1.10.2. Clases de tubería**

En la mayor parte del proyecto se utilizará tubería de cloruro de polivinilo PVC, bajo las denominaciones SDR, de las cuales se usarán las siguientes.

SDR 13,5 presión de trabajo de 315 psi (222 m.c.a.)

SDR 17, presión de trabajo de 250 psi (176 m.c.a.)

SDR 26, presión de trabajo de 160 psi (113 m.c.a.)

En algunos tramos, por el tipo de suelo y la topografía, se usará tubería de hierro galvanizado tipo liviano.

### **2.1.10.3. Velocidades y presiones mínimas y máximas**

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

- Presión estática en tuberías

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

La máxima presión estática que deben soportar las tuberías es del 90% de la presión de trabajo, teóricamente, pueden soportar más, pero por efectos de seguridad se establece este límite.

La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 m.c.a, que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro. La topografía es irregular y es difícil mantener este valor; por lo que se podría considerar en casos extremos una presión dinámica mínima de 6 m.c.a, partiendo del criterio que, en una población rural, es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

- Presión dinámica en la tubería

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor, disminuye por la resistencia o fricción de la pared de la tubería, lo que era altura de carga estática ahora, se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión que se le llama pérdida de carga.

La energía consumida o pérdida de carga varía con respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

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

c) Velocidades

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

Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, según las normas de UNEPAR, se consideran los siguientes límites:

- Para línea conducción: mínima = 0,40 m/s y máxima = 3,00 m/s
- Para red de distribución: mínima = 0,60 m/s y máxima = 3,00 m/s

Bases generales de diseño

#### **2.1.10.4. Diseño de la captación**

Es toda estructura que se construye para recolectar el agua de una fuente, se deberá construir de manera que proteja el nacimiento de personas ajenas y de elementos que contaminen y deterioren la fuente. Para la protección del brote se construirán muros de gravedad de concreto ciclópeo, se colocarán piedra y se fundirá la losa con su tapadera de inspección, los elementos que la conforman son los siguientes: caja captación, cajas para válvulas de compuerta, contracuneta y desarenador.

#### **2.1.10.5. Diseño de línea de conducción**

Es el conjunto de tuberías, trabajando a presión, que viene desde la captación al tanque de distribución. Para el presente diseño se trabajará el sistema por gravedad.

En el diseño de la línea de conducción se deben tener en cuenta los principios de hidráulica, como la carga disponible, piezométrica, pérdidas y otras herramientas. A continuación, se presenta la ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = \frac{(1\,743,811) * (L) * (Q)^{1,85}}{C^{1,85} * (\emptyset)^{4,87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdidas por fricción en la tubería (pérdidas de carga) en m

L = Longitud del tramo en m

Q = Caudal en l/s

Ø = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

C = Coeficiente que depende del material de la tubería

PVC; C = 150

HG; C = 100

Ejemplo de diseño

- Tramo 1, (conducción)

Datos

Cota inicial del tramo E-0: 1210,00 m

Cota final del tramo E-3: 1195,85 m

Altura máxima disponible por perder:

Cota inicial- cota final = 1210,00-1195,85 = 14,15 m

Longitud: 54,3638 m

Caudal máximo diario: 1,88 l/s

Coeficiente "C" PVC: 150

Cálculo diámetro teórico

$$\emptyset = \left[ \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{H_{disp} * C^{1,85}} \right]^{1/4,87}$$

$$\emptyset = \left[ \frac{1743,811 * 54,3638 * 1,88^{1,85}}{14,15 * 150^{1,85}} \right]^{1/4,87} = 1,16 \text{ pulgadas}$$

Se tomó un diámetro comercial de 2", con diámetro interno de 2,193", para este caso, se decidió utilizar este diámetro ya que en un tramo siguiente se

encuentra un punto donde se dispone de una altura por perder con poca incerteza.

Cálculo de pérdida:

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

$$H_f = \frac{(1743,811) * (54,3638) * (1,88)^{1,85}}{150^{1,85} * (2,193)^{4,87}} = 0,63 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad

$$V = \frac{1,9735 * Q_d}{\emptyset^2}$$

$$V = \frac{1,9735 * 1,88}{2,193^2} = 0,77 \text{ m/s}$$

0,40 m/s < V=0,77 m/s < 3,00 m/s; por consiguiente, el diámetro de tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cota piezométrica:

$$CP = \text{Cota inicial} - H_f$$

$$CP = 1210,00 - 0,63 = 1209,37 \text{ m}$$

Tabla V. Resumen diseño línea de conducción (tubería 160 psi y 250 psi)

EST.	P.O.	CAMINAMIENTO	DIST. DISEÑO ACUMU. (m)	COTA (m)	Hf disp.	DIÁMETRO TERORICO	DIÁMETRO NOM. (")	DIÁMETRO INT. (")	CLASE TUBERIA	PRESIÓN TRABAJO	C	Q(l/s)	V (m/s)	Hf(m) REAL	PIEZOMÉTRICA (m)	PRESION DINÁMICA (m)
<b>LÍNEA DE CONDUCCION</b>																
E-0	CAP NORTE	0+000,00		1210,00											1210,00	
E-3	E-3	0+051,78	54,3638	1195,85	14,15	1,16	2	2,193	PVC	160	150	1,88	0,77	0,63	1209,37	13,53
E-5	E-5	0+099,89	50,5193	1188,24	21,13	1,05	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	1,73	1207,64	19,40
E-5.2	E-5.2	0+121,09	22,2596	1187,41	20,24	1,04	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	2,03	1205,61	18,21
E-5.2	E-7	0+135,29	14,9078	1187,07	18,54	0,84	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	0,51	1205,10	18,03
E-7	E-8	0+153,20	18,8077	1183,44	21,66	0,99	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	1,72	1203,39	19,95
E-8	E-14	0+258,78	110,8602	1171,37	32,02	1,13	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	3,80	1199,59	28,22
E-14	E-14.2	0+264,97	6,4983	1171,37	28,22	0,76	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	0,59	1199,00	27,62
E-14.2	E-51	0+983,85	761,3274	1151,82	47,18	1,55	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	26,07	1172,93	21,11
E-14.2	E-78 CRP	1+874,18	1696,1673	1039,01	159,99	1,42	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	58,07	1140,92	101,92
E-78 CRPE-80		1+982,06	113,2786	1000,42	38,58	1,09	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	3,88	1035,13	34,71
E-78 CRPE-94		2+362,35	512,5855	926,31	112,70	1,20	1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	17,55	1021,46	95,15
E-94	E-96	2+428,87	69,8394	908,68	112,78	0,80	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	2,98	1018,48	109,79
E-96	E-97	2+470,87	44,0998	906,93	111,55	0,85	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	4,02	1014,45	107,52
E-97	E-105	2+762,07	305,7609	882,79	131,67	1,04	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	13,06	1001,39	118,60
E-105	E-106	2+781,38	20,2804	883,49	117,89	0,71	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	1,85	999,54	116,04
E-106	E-109	2+880,71	104,2948	886,74	112,79	0,86	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	4,46	995,08	108,34
E-109	E-110	2+908,91	27,5091	884,88	110,20	0,77	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	2,51	992,57	107,69
E-110	E-115	2+992,64	90,0138	889,44	103,13	0,85	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	3,85	988,72	99,29
E-115	E-116	3+004,77	12,7363	887,88	100,84	0,67	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	1,16	987,56	99,68
E-116	E-131	3+457,45	475,3130	850,23	137,33	1,13	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	20,31	967,25	117,02
E-131	E-132	3+468,25	11,3399	850,77	116,48	0,63	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	1,03	966,22	115,45
E-132	E-133	3+486,42	19,0853	852,41	113,81	0,61	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	0,82	965,40	113,00
E-133	E-134	3+505,78	20,3216	855,08	110,33	0,72	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	1,85	963,55	108,47
E-134	E-162	3+989,37	507,7776	840,57	122,97	1,17	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	21,70	941,85	101,28
E-134	E-177	4+308,11	842,4449	797,71	165,84	1,22	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	36,00	927,55	129,84
E-177	E-178	4+330,58	23,5971	796,52	131,03	0,72	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	2,15	925,40	128,87
E-178	E-183	4+436,41	111,1250	819,20	106,20	0,89	1/2	1,676	PVC	250	150	1,88	1,32	4,75	920,65	101,45
E-183	E-183.2	4+442,41	6,2992	819,56	101,09	0,58	1/2	1,673	HG	TL	100	1,88	1,33	0,57	920,08	100,52

Continuación tabla V.

EST.	P.O.	CAMINAMIENTO	DIST. DISEÑO ACUMU. (m)	COTA (m)	Hf disp.	DIÁMETRO TERORICO	DIÁMETRO NOM. (")	DIÁMETRO INT. (")	CLAS E TUBERIA	PRESIÓN TRABAJO	C	Q(l/s)	V (m/ s)	Hf(m) REAL	P/IEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN DINÁMICA (m)
<b>LINEA DE CONDUCCION</b>																
E-183.2	E-189	4+538.84	101.2489	836.19	83.88	0.91	1 1/2	1.676	PVC	250	150	1.88	1.32	4.33	915.75	79.56
E-189	E-198	4+689.72	158.4273	848.20	67.55	1.05	1 1/2	1.754	PVC	160	150	1.88	1.21	5.42	910.32	62.13
E-198	E-198.2	4+700.72	11.5499	848.71	61.62	0.73	1 1/2	1.673	HG	TL	100	1.88	1.33	1.05	909.27	60.57
E-198.2	E-203	4+779.90	83.1329	858.25	51.02	0.97	1 1/2	1.754	PVC	160	150	1.88	1.21	2.85	906.42	48.17
E-203	E-204	4+796.80	17.7539	858.05	48.38	0.83	1 1/2	1.673	HG	TL	100	1.88	1.33	1.62	904.80	46.76
E-204	E-211	4+962.83	174.3243	880.98	23.82	1.32	1 1/2	1.754	PVC	160	150	1.88	1.21	5.97	898.84	17.86
E-211	E-212 CRÉ	5+001.34	214.7582	881.16	23.64	1.38	1 1/2	1.754	PVC	160	150	1.88	1.21	7.35	897.45	16.29
E-212 CRÉ	E-236	5+614.32	643.6326	776.77	104.39	1.27	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	7.43	873.74	96.96
E-236	E-247	5+846.01	243.2734	710.05	163.69	0.95	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	3.51	870.23	160.18
E-247	E-248	5+859.70	14.3784	710.22	160.01	0.62	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.39	869.84	159.62
E-248	E-250	5+938.48	82.7160	714.73	155.11	0.77	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	1.19	868.64	153.92
E-250	E-251	5+944.47	6.2947	715.13	153.51	0.53	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.17	868.47	153.34
E-251	E-252	5+994.30	52.3129	719.21	149.26	0.71	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	0.75	867.72	149.50
E-252	E-259	6+210.73	279.5727	736.93	131.54	1.02	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	4.03	864.44	127.51
E-259	E-260	6+217.23	6.8250	737.82	128.62	0.56	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.19	864.26	126.43
E-260	E-263	6+308.18	95.4889	743.20	121.06	0.84	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	1.38	862.88	119.68
E-263	E-264	6+316.16	8.3858	744.63	118.25	0.59	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.23	862.65	118.02
E-264	E-269	6+501.66	194.7778	759.30	103.34	1.00	2	2.095	PVC	250	150	1.88	0.85	2.81	859.84	100.54
E-269	E-278	6+751.39	262.2070	758.28	101.56	1.07	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	3.02	856.82	98.53
E-278	E-279	6+757.38	6.2972	758.11	98.71	0.58	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.17	856.64	98.54
E-279	E-288	6+972.20	225.5542	763.63	93.01	1.05	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	2.60	854.04	90.41
E-288	E-296	7+177.97	441.6197	761.44	95.20	1.20	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	5.09	851.55	90.11
E-296	E-297	7+184.07	6.4050	761.21	90.34	0.59	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.18	851.37	90.16
E-297	E-298	7+196.54	13.0919	761.77	89.60	0.59	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	0.15	851.22	89.45
E-298	E-299	7+208.10	12.1361	764.34	86.89	0.68	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.33	850.89	86.55
E-299	E-316	7+653.84	468.0253	786.03	64.87	1.32	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	5.40	845.49	59.47
E-316	E-317	7+664.59	11.2942	787.98	57.51	0.73	2	2.142	HG	TL	100	1.88	0.81	0.31	845.16	57.20
E-317	E-329	7+996.68	348.6891	801.95	43.23	1.35	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	4.02	841.16	39.21
E-329	E-317 TD	8+617.51	1000.5610	800.01	45.17	1.66	2	2.193	PVC	160	150	1.88	0.77	11.54	833.64	33.62

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10.6. Diseño de red de distribución

Son las líneas y ramales de abastecimiento que alimentan de agua a cada uno de los usuarios. Las redes de distribución son en su mayoría tuberías de PVC.

Para este proyecto, la red de distribución es del tipo de ramales abiertos. Se diseña con el caudal de hora máxima, por medio de la ecuación de Hazen & Williams.

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

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdidas por fricción en la tubería (pérdidas de carga) en m

L = Longitud del tramo en m

Q = Caudal en l/s

∅ = Diámetro interno de la tubería en pulg.

C = Coeficiente que depende del material de la tubería

PVC; C = 150

HG; C = 100

Ejemplo de diseño

- Tramo 1 (distribución)

Datos

Cota inicial del tramo tanque E- 352: 800.01 m

Cota final del tramo E-362: 772.21 m

Altura máxima disponible por perder:

Cota inicial- cota final = 800,01-772,21 = 27,80 m

Longitud: 157,2280 m

Caudal día máximo: 3,7683 l/s

Coefficiente "C" PVC: 150

Cálculo diámetro teórico

$$\begin{aligned}\emptyset &= \left[ \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{H_{dis}, C^{1,85}} \right]^{1/4,87} \\ \emptyset &= \left[ \frac{1743,811 * 157,2280 * 3,7683^{1,85}}{27,80 * 150^{1,85}} \right]^{1/4,87} = 1,63 \text{ pulgadas}\end{aligned}$$

Se tomó un diámetro comercial de 2", con diámetro interno de 2,193".

Cálculo de pérdida:

$$\begin{aligned}H_f &= \frac{(1743,811) * (L) * (Q)^{1,85}}{C^{1,85} * (\emptyset)^{4,87}} \\ H_f &= \frac{(1743,811) * (157,2280) * (3,7683)^{1,85}}{150^{1,85} * (2,193)^{4,87}} = 6,57 \text{ m}\end{aligned}$$

Cálculo de velocidad

$$\begin{aligned}V &= \frac{1,9735 * Q_d}{\emptyset^2} \\ V &= \frac{1,9735 * 3,7683}{2,193^2} = 1,55 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$0,60 \text{ m/s} < V=1,55 \text{ m/s} < 3,00 \text{ m/s}$ ; por consiguiente, el diámetro de tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cota piezométrica

$$CP = \text{Cota inicial} - H_f$$

$$CP = 800,01 - 6,57 = 793,44 \text{ m}$$

Tabla VI. Resumen diseño red de distribución

EST.	P.O.	PIST ACUMUL DISEÑO (m)	CAMINAMIENT O	COTA (m)	Ht disp.	DIAMETRO TERORICO	DIAMETRO NOM. "	DIAMETRO INT. "	CLAS E TUBERIA	C	VIVIENDAS /TRAMO	VIVIENDAS ACUMULADAS	VERIDAS ACUMULADAS FUTURAS	QHM (l/s)	Qd (l/s)	V (m³/s) 0.80 <V>=3.00	H(m)REAL	P IEZOMETRICA (m)	PRESION DINAMICA (m)	PRESION ESTADICA (m)	
<b>RAMAL 1</b>																					
TD	E-352	0.00	8+624.62	800.01		3.05	2	2.193	PVC	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	0.35	799.65	-0.43	-0.07	
E-352	E-353	8.48	8+624.62	800.08	0.07	1.62	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	0.87	799.14	2.97	3.84
E-352	E-354	20.76	8+636.31	796.17	3.84	1.71	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	1.38	798.63	3.22	4.00
E-352	E-355	32.99	8+647.96	795.41	7.03	1.93	2	2.193	PVC	160	100	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	2.26	797.75	5.67	7.92
E-352	E-356	42.34	8+658.87	792.97	4.00	1.69	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	3.17	796.83	10.96	14.13
E-352	E-357	54.01	8+667.98	792.08	7.92	1.61	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	4.59	795.42	16.05	20.64
E-352	E-359	75.95	8+688.88	785.67	14.13	1.61	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	5.70	794.31	18.64	24.33
E-352	E-380	109.91	8+721.21	779.37	24.33	1.63	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55	6.57	793.44	21.23	27.80
E-352	E-381	136.44	8+746.48	775.67	24.33	1.63	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55				
E-352	E-382	157.23	8+766.28	772.21	27.80	1.63	2	2.193	PVC	160	150	118	233	3.05	3.77	3.77	1.55				
<b>RAMAL 1.1</b>																					
0	E-382	0.00	8+766.28	772.21																	
E-382	E-382.1	14.13	8+779.74	768.38	25.06	0.45	3/4	0.926	PVC	160	150	5	10	0.45	0.16	1.03	0.72	792.72	24.34	31.63	
E-382	E-382.2	25.54	8+788.70	766.39	27.05	0.49	3/4	0.926	PVC	160	150	5	10	0.45	0.16	1.03	0.48	792.96	26.57	33.62	
E-382	E-382.3	33.24	8+797.94	764.53	28.91	0.52	3/4	0.926	PVC	160	150	5	10	0.45	0.16	1.03	0.50	792.94	28.41	35.47	
E-382	E-382.4	41.57	8+805.68	762.31	31.13	0.54	3/4	0.926	PVC	160	150	5	10	0.45	0.16	1.03	0.43	793.01	30.71	37.70	
<b>RAMAL 1</b>																					
0	E-382	0.00	8+766.28	772.21																	
E-382	E-384	26.37	8+791.40	767.65	25.79	1.10	1 1/2	1.754	PVC	160	150	106	209	2.89	3.39	3.39	2.17	2.68	790.76	23.11	32.36
E-382	E-384.1	49.28	8+813.21	761.20	32.24	1.20	1 1/2	1.754	PVC	160	150	106	209	2.89	3.39	3.39	2.17	5.01	788.43	27.23	36.80
E-382	E-385	84.53	8+846.59	750.50	42.94	1.26	1 1/2	1.754	PVC	160	150	106	209	2.89	3.39	3.39	2.17	8.57	784.87	34.37	49.51
E-382	E-386	126.50	8+893.91	749.30	44.14	1.30	1 1/2	1.754	PVC	160	150	106	209	2.89	3.39	3.39	2.17	12.42	783.02	37.72	50.70
E-382	E-387	141.88	8+901.41	747.45	45.89	1.38	1 1/2	1.754	PVC	160	150	106	209	2.89	3.39	3.39	2.17	15.46	781.65	39.71	52.56
<b>RAMAL 1.2</b>																					
0	E-388	0.00	8+901.41	747.45																	
E-388	E-388.1	9.35	8+909.36	747.75	34.27	0.43	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	2.83	776.19	31.44	45.25
E-388	E-388.2	13.46	8+912.23	749.37	40.65	0.46	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	4.67	774.16	36.09	61.64
E-388	E-370	18.46	8+918.28	749.05	40.97	0.49	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	6.26	772.76	34.71	61.96
E-388	E-371	40.74	8+940.21	734.48	44.54	0.56	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	13.82	765.20	30.72	65.52
E-388	E-372	66.08	8+964.34	730.05	48.97	0.61	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	22.42	756.60	26.55	69.96
E-388	E-373	90.43	8+987.53	724.94	54.08	0.64	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	30.68	748.34	23.40	75.07
E-388	E-374	116.59	9+012.45	721.09	57.93	0.66	1/2	0.716	PVC	315	150	9	18	0.61	0.29	0.61	2.36	39.56	739.46	18.38	78.92
<b>RAMAL 1</b>																					
0	E-388	0.00	8+901.41	747.45																	
E-388	E-375	6.54	8+910.51	747.35	31.67	0.80	1 1/2	1.754	PVC	160	150	89	176	2.64	2.84	2.84	1.82	0.70	776.32	30.68	52.65
E-388	E-376	13.54	8+916.21	747.19	31.83	0.89	1 1/2	1.754	PVC	160	150	89	176	2.64	2.84	2.84	1.14	1.77	777.88	30.68	52.81





Continuación tabla VI.

EST.	P.O.	DIST. ACUMUL. DISEÑO (m)	CAMMINAMIENT O	COTA (m)	HF disp.	DIÁMETRO TÈORICO	DIÁMETRO NOML.	DIÁMETRO INT.	CLAS E TUBERÍA	PRESIÓN TROBADO	C	VIVIENAS /RÍBAMO	VIVIENAS ACUMULADAS	VIVIENAS ACUMULADAS FUTURAS	QHM (l/s)	Qd (l/s)	V (m/s) 0.60-493.00	H(m) REAL	PIEZOMÈTRICA (m)	PRESIÓN DINÀMICA (m)	PRESIÓN ESTÀTICA (m)	
<b>RAMAL 1.6</b>																						
0	E-454	0.00	9+174.12	702.11		0.70	1	1.195	PVC	160	150				0.74	0.42	0.74	1.03	1.60	714.98	20.21	27.05
E-454	E-455	39.95	9+212.17	694.67	21.81	0.73	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	2.08	714.40	21.21	28.53
E-454	E-456	52.02	9+250.26	687.68	26.50	0.78	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	3.58	712.90	24.92	33.74
E-454	E-457	89.39	9+290.00	684.14	32.35	0.81	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	4.87	711.61	27.48	37.59
E-454	E-458	133.75	9+301.50	682.56	33.92	0.82	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	5.35	711.13	28.57	39.16
E-454	E-460	143.73	9+311.00	681.40	35.08	0.82	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	5.75	710.73	29.33	40.32
E-454	E-461	159.47	9+326.00	679.89	36.49	0.84	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	6.38	710.10	30.11	41.73
E-454	E-462	198.22	9+361.00	678.70	37.78	0.87	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	7.85	708.63	29.83	43.03
E-454	E-463	206.72	9+371.00	676.29	40.19	0.86	1	1.195	PVC	160	150	13	26	26	0.74	0.42	0.74	1.03	8.27	708.21	31.92	45.43
<b>RAMAL 1</b>																						
0	E-464	0.00	9+174.12	702.11		0.46	1	1.195	PVC	160	150				0.49	0.19	0.49	0.68	0.14	716.35	14.10	19.48
E-464	E-465	26.74	9+196.58	691.42	25.07	0.53	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	0.50	715.98	24.57	30.31
E-464	E-466	41.82	9+213.86	685.07	31.41	0.56	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	0.78	715.70	30.63	36.65
E-464	E-467	102.17	9+241.95	684.47	32.67	0.62	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	1.31	715.15	30.74	37.58
E-464	E-468	136.58	9+304.20	685.37	31.11	0.72	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	2.56	713.93	28.65	36.95
E-464	E-469	185.93	9+351.20	688.19	30.29	0.77	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	3.48	713.00	26.81	35.53
E-464	E-469.1	249.28	9+411.53	693.05	22.83	0.86	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	4.67	711.82	18.17	28.08
E-464	E-470	292.53	9+452.72	698.54	17.94	0.84	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	5.47	711.01	12.47	23.18
E-464	E-471	315.10	9+474.22	697.74	18.74	0.84	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	5.90	710.59	12.84	23.98
E-464	E-472	336.96	9+495.04	694.30	22.18	0.82	1	1.195	PVC	160	150	6	12	12	0.49	0.19	0.49	0.68	6.31	710.18	15.87	27.42
<b>RAMAL 1.7</b>																						
0	E-472	0.00	9+495.04	694.30		0.34	3/4	0.926	PVC	250	150				0.26	0.13	0.26	0.60	0.11	710.06	14.58	26.24
E-472	E-473	5.76	9+500.52	695.48	14.70	0.34	3/4	0.926	PVC	250	150	4	8	8	0.26	0.13	0.26	0.60	0.11	710.06	14.58	26.24
E-472	E-474	24.63	9+518.49	690.76	19.42	0.51	3/4	0.926	PVC	250	150	4	8	8	0.26	0.13	0.26	0.60	1.03	709.15	18.39	30.97
E-472	E-475	49.73	9+542.40	687.54	22.64	0.49	3/4	0.926	PVC	250	150	4	8	8	0.26	0.13	0.26	0.60	0.98	709.19	21.66	34.19
E-472	E-476	65.98	9+557.87	688.46	23.71	0.51	3/4	0.926	PVC	250	150	4	8	8	0.26	0.13	0.26	0.60	1.30	708.87	22.41	35.26
E-472	E-477	83.72	9+574.77	685.68	24.50	0.53	3/4	0.926	PVC	250	150	4	8	8	0.26	0.13	0.26	0.60	1.65	708.52	22.84	36.04
<b>RAMAL 1</b>																						
0	E-472	0.00	9+495.04	694.30		0.37	1/2	0.716	PVC	315	150				0.15	0.03	0.15	0.57	0.88	709.20	21.81	34.03
E-472	E-476	35.90	9+526.23	687.69	22.48	0.41	1/2	0.716	PVC	315	150	1	2	2	0.15	0.03	0.15	0.57	1.76	708.42	25.71	39.01
E-472	E-479	71.94	9+563.55	682.71	27.46	0.41	1/2	0.716	PVC	315	150	1	2	2	0.15	0.03	0.15	0.57	2.64	707.54	30.78	44.97
E-472	E-480	108.04	9+597.94	675.76	33.42	0.43	1/2	0.716	PVC	315	150	1	2	2	0.15	0.03	0.15	0.57	3.19	706.98	31.55	46.29
E-472	E-481	130.81	9+619.62	675.44	34.74	0.44	1/2	0.716	PVC	315	150	1	2	2	0.15	0.03	0.15	0.57	3.19	706.98	31.55	46.29
E-472	E-482	164.22	9+651.44	674.13	36.04	0.46	1/2	0.716	PVC	315	150	1	2	2	0.15	0.03	0.15	0.57	4.01	706.17	32.04	47.59

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.11. Obras hidráulicas**

Dentro de las obras hidráulicas que se construyen en los proyectos de agua potable, se mencionan: válvula de limpieza, válvula de aire, caja rompe presión, tanque de distribución, conexiones domiciliarias.

#### **2.1.11.1. Tanque de almacenamiento**

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

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

Se podría suprimir el tanque de almacenamiento, solo cuando la fuente asegure un caudal superior a 3 veces el consumo medio diario de la población, en toda época del año.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará

del 25% al 35% del consumo medio diario y en sistemas por bombeo de 35% al 50%.

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

- Cálculo del volumen

En los sistemas por gravedad se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 25% al 35% del caudal medio diario o el 25% del caudal máximo diario, según normas de diseño.

$$Vol = \left( Qmd * \%almacenamiento * 1m^3 * 86\,400 \frac{s}{dia} \right) / 1\,000$$

Donde:

Vol. = volumen del tanque

Qmd = caudal medio diario

En este proyecto se tomó un almacenamiento del 35% del caudal máximo diario.

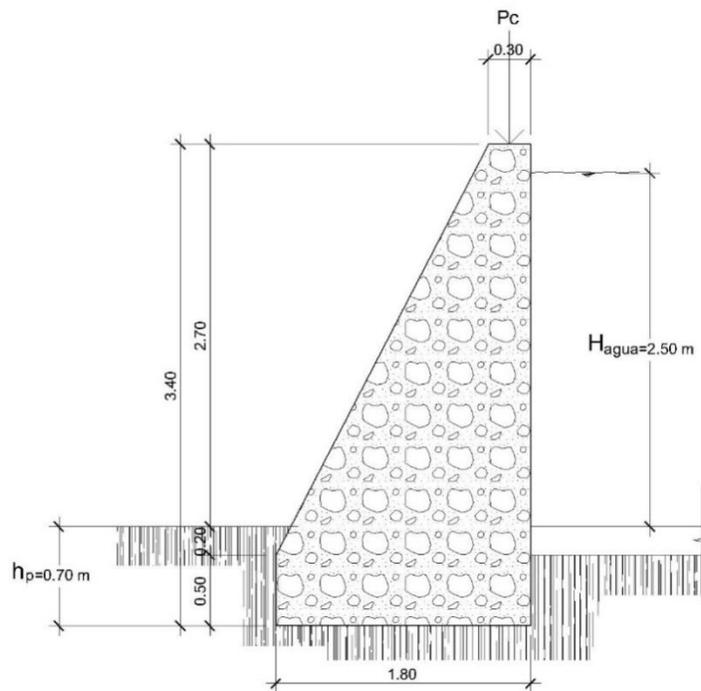
$$Vol = \frac{\left( 1,26 * 35\% * 1m^3 * 86\,400 \frac{s}{dia} \right)}{1\,000} = 38,10 m^3$$

El tanque de distribución cuenta con las siguientes dimensiones 4,45 m de largo por 4,45 m de ancho la capacidad real = 40 m<sup>3</sup> (ver detalle de tanque en planos en anexo) se tomó dicha capacidad, ya que la comunidad no cuenta con un terreno más grande.

- Diseño estructural del tanque

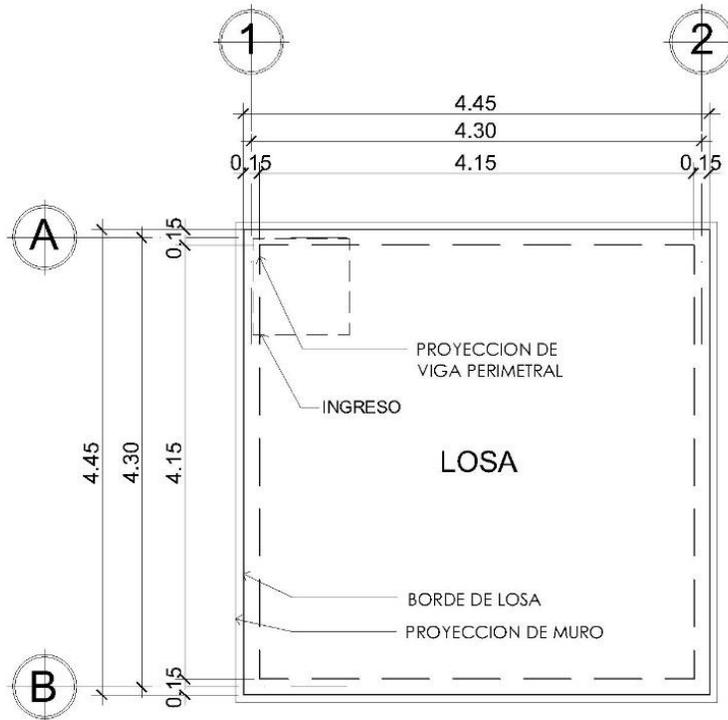
Los tanques de distribución o almacenamiento, normalmente, se construyen de muros de gravedad de concreto ciclópeo, concreto reforzado, mampostería reforzada, la cubierta de losa de concreto reforzado. En los tanques elevados predomina el uso de acero. Debido a las características del terreno y los requerimientos de la red de distribución, los tanques pueden estar totalmente enterrados, semienterrados, superficiales o elevados. En particular el tanque se diseñará con muros de concreto ciclópeo y cubierta de concreto reforzado y, para evitar la excesiva excavación, se diseñará en estado semienterrado en el cual, la condición crítica, se manifiesta cuando se encuentra completamente llena. Para este caso, se construirá el tanque superficialmente.

Figura 1. Dimensiones del tanque (perfil)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 2. Dimensiones del tanque (planta)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño de la losa del tanque de distribución:

Datos

$$a = 4,15$$

$$b = 4,15$$

$$\text{Carga viva} = 100 \text{ kg/m}^2$$

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

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

$$\gamma_{\text{con}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{S.C (sobre carga)} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Determinación de la dirección en que trabaja la losa:

$$m = \frac{a}{b}$$

$Sim \leq 0,50$  Trabaja en un sentido

$Sim \geq 0,50$  Trabaja en dos sentido

$$m = \frac{4,15}{4,15} = 1 > 0,50 \Rightarrow \text{losa en dos direcciones}$$

Cálculo del espesor de la losa:

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{16,60}{180} = 0,0922$$

Según el ACI 318-2011 en sección 9.5.3 el espesor mínimo que se debe utilizar en losas que trabajan en dos direcciones es 0,10 m. por lo cual es el que se utilizará.

Cálculo del peso propio de la losa

$$Wm = 2400 * t + Sc$$

$$Wm = 2400 * 0,10 + 100 = 340 \text{ Kg/m}^2$$

Integración de cargas últimas

$$CU = 1,7CV + 1,4CM$$

$$CU = 1,7(100) + 1,4(340) = 646 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos

Se realizará utilizando el método 3 (método de los coeficientes) del ACI.

Caso 1:

$$Ma^- = 0 \text{ kg} - m \quad Ma^+ = 400 \text{ kg} - m$$

$$Mb^- = 0 \text{ kg} - m \quad Mb^+ = 400 \text{ kg} - m$$

Cálculo de momentos negativos en bordes discontinuos

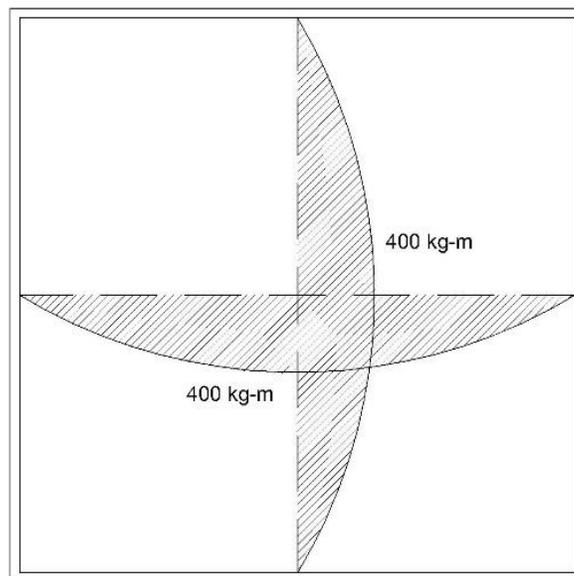
Los momentos serán igual a un tercio de los momentos positivos.

$$Ma^- = (1/3)Ma^+ = (1/3) * 400 = 133 \text{ kg} - m$$

$$Mb^- = (1/3)Mb^+ = (1/3) * 430 = 133 \text{ kg} - m$$

Los cuales, en este caso, no aplican debido a que la losa esta simplemente apoya en el muro de concreto ciclópeo.

Figura 3. **Diagrama de momento último en losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cálculo de peralte de losa

$$d = t - Rec - \frac{\phi}{2} = 10 - 2,5 - 0,48 = 7,02$$

Cálculo del refuerzo requerido

Datos

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

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

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

$$d = 7,02 \text{ cm}$$

$$As_{min} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{fy} * b * d = \frac{0,80\sqrt{210}}{2810} * 100 * 7,02 = 2,89 \text{ cm}^2$$

Pero no menor de:

$$As_{min} = \left(\frac{14,10}{fy}\right) * b * d = \left(\frac{14,10}{2810}\right) * 100 * 7,02 = 3,52 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto use  $As_{min} = 3,52 \text{ cm}^2$

Cálculo de la separación del refuerzo:

Según ACI 318-2011 en sección 13.3

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

Armado para  $As_{min}$  usando varillas No. 3

$$3,52 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 - S \Rightarrow S = 20,17 < S_{max}$$

Cálculo del momento que resiste el  $A_{s_{min}}$ :

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * (A_{s_{min}} * f_y) * \left( d - \frac{A_{s_{min}} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right)$$

$$M_{A_{s_{min}}} = \left[ 0,90 * (3,52 * 2810) * \left( 7,02 - \frac{3,52 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] / 100 = 601,31 \text{ kg} - \text{m}$$

Como el momento  $M_{A_{s_{min}}}$  es mayor que los momentos actuantes en la losa armado así:

Armado

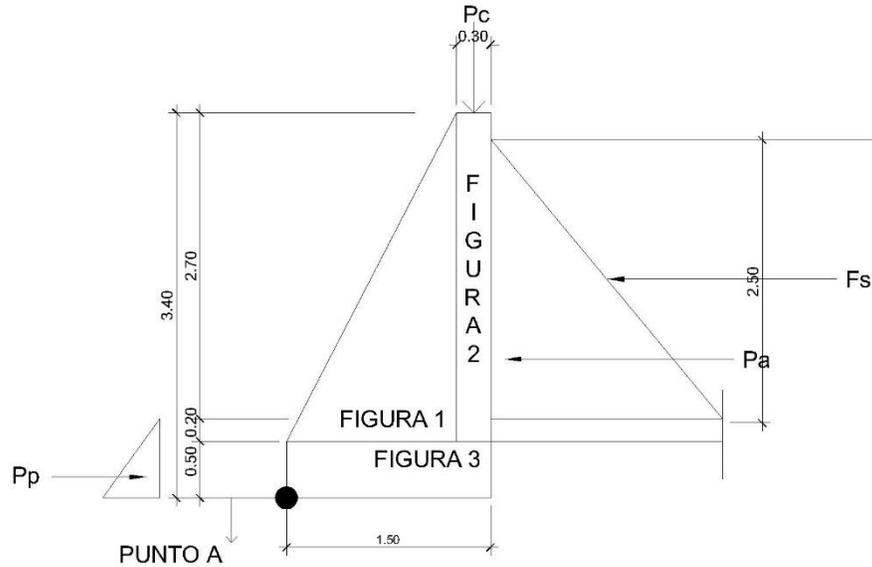
Núm. 3 @ 20 cm. en ambos sentidos.

Diseño del muro del tanque

Datos:

- Ángulo de fricción interna  $\phi = 25^\circ$  (suelo arcilloso)
- Peso específico del agua  $\gamma_a = 1\ 000 \text{ kg /m}^3$
- Peso específico del concreto  $\gamma_c = 2\ 400 \text{ kg /m}^3$
- Peso específico del concreto ciclópeo  $\gamma_{cc} = 2\ 700 \text{ kg /m}^3$
- Peso específico del suelo  $\gamma_s = 1\ 360 \text{ kg/m}^3$
- Valor soporte del suelo  $V_s = 16\ 000 \text{ kg /m}^2$  (suelo limoso)
- Zona sísmica 4,2 (ver anexo, figura 1)
- Coeficiente de aceleración sísmica  $A_o = 0,40 \text{ g}$  (ver anexo, figura 1)
- Altura del agua  $H_{\text{agua}} = 2,50 \text{ m}$
- Profundidad de la cimentación  $D_f = 0,70 \text{ m}$   
(predimensionamiento)
- Base del muro  $b = 1,50 \text{ m}$   
(predimensionamiento)

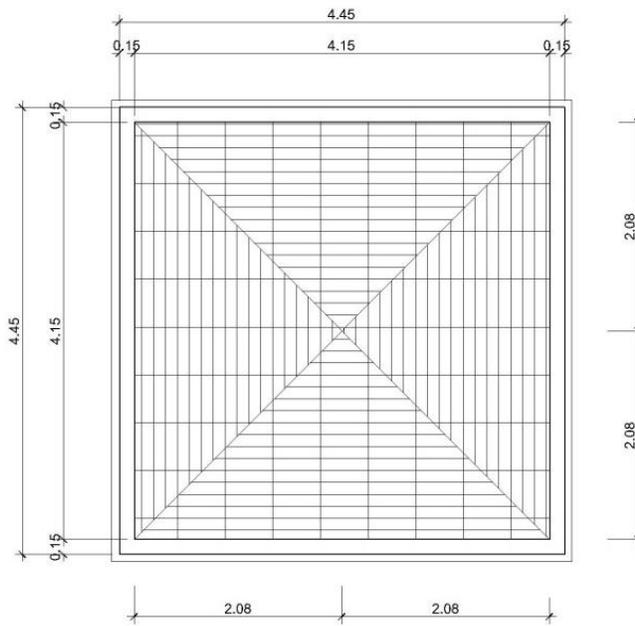
Figura 4. Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Determinación de la carga uniforme sobre el muro (W sobre - muro)

Figura 5. Área tributaria sobre muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$W_{\text{sobre-muro}} = \text{Peso del \u00e1rea tributaria de la losa} + \text{Peso de viga perimetral}$

Peso del \u00e1rea tributaria de la losa sobre el muro ( $W_{At}$ )

$$W_{at} = CU * At$$

Donde: CU = integraci\u00f3n de carga \u00faltima

At = \u00e1rea tributaria de la losa sobre el muro

De la figura 5 se obtiene:

$$At = \left(\frac{1}{2}\right) * bh = \left(\frac{1}{2}\right) * 2,075 * 2,075 = 4,31 \text{ m}^2$$

Sustituyendo valores:

$$W_{at} = 646 * 4,31 = 2784,26 \text{ kg},$$

Peso de viga perimetral ( $W_{\text{viga-Perimetral}}$ )

$$W_{\text{viga-perimetral}} = \text{Volumne de viga perimetral} * \gamma_c * 1,4$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{viga-perimetral}} = (0,15 * 0,20 * 4,45) * 2400 * 1,4 = 448,56 \text{ kg},$$

$$\Rightarrow W_{\text{sobre-muro}} = 2784,26 + 448,56 = 3232,82 \text{ kg},$$

El peso total para un metro unitario de muro es:

$$W_{\text{metro unitario de muro}} = \frac{W_{\text{sobre-muro}}}{\text{longitud de muro}} = \frac{3232,82}{4,45} = 726,47 \text{ kg/m}$$

Considerando W como carga puntual ( $P_c$ )

$$P_c = 726,47 \text{ kg/m} * 1\text{m} = 726,47 \text{ kg}$$

Cálculo del momento de la carga puntual (Pc) respecto del punto a:

$$M_{Pc} = Pc * brazo = 726,47 * (1,50 + (0,30/2)) = 1\ 198,68\ kg - m$$

Cálculo de la fuerza activa (fa):

$$Fa = \left(\frac{1}{2}\right) * \gamma_a * H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) * 1000\ kg/m^3 * (2,50\ m)^2 = 3125\ kg$$

Cálculo de momento de volteo respecto al punto a:

$$M_v = Fa * H/3 = 3125 * \left(\left(\frac{2,50}{3}\right) + 0,70\right) = 4\ 791,67\ kg - m$$

Se realizaron varias iteraciones para el cálculo de la presión, determinando que el valor de la base del muro (cimiento) que cumple es de 1,80 m.

Tabla VII. **Cálculo de momento estabilizante respecto al punto A**

FIGURA	DIMENSIONES (m)		AREA (M <sup>2</sup> )	WR (kg)	BRAZO (m)	MOMENTO RESISTENTE (kg-m)
1	1,50	2,90	2,175	5872,50	1,00	5872,50
2	0,30	2,90	0,87	2349,00	1,65	3875,85
3	1,80	0,50	0,9	2430,00	0,90	2187,00
			<b>TOTAL</b>	<b>10651,50</b>		<b>11935,35</b>

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la carga total (W<sub>total</sub>):

$$W_{total} = WR + Pc = 1\ 0651,50 + 726,47 = 11\ 377,97\ kg$$

Cálculo de la fuerza pasiva:

$$F_P = K_P * \gamma_S * \frac{h^2}{2}$$

$$K_P = \frac{(1 + \sin \phi)}{(1 - \sin \phi)} = \frac{(1 + \sin 25)}{(1 - \sin 25)} = 2,46$$

$$F_P = 2,46 * 1\,360 * \frac{(0,70)^2}{2} = 819,67 \text{ kg}$$

Cálculo del momento de la fuerza pasiva:

$$M_P = F_P * \frac{h}{3} = 819,67 * \frac{0,70}{3} = 191,26 \text{ kg} - m$$

Cálculo de la fuerza sísmica:

$$F_S = \left( \frac{1}{2} * \gamma * H^2 \right) * 0,10 * (1 - C_{SV})$$

Donde:

$\gamma$ = peso específico del agua

H= altura del agua

$C_{sv}$ = coeficiente vertical sísmico

$C_{sh}$ = coeficiente horizontal sísmico

$$C_{sh} = 0,50 * A_o = 0,50 * 0,40 = 0,20$$

$$C_{sv} = 0,70 * C_{sh} = 0,70 * 0,20 = 0,14$$

$$F_S = \left( \frac{1}{2} * 1000 * 2,50^2 \right) * 0,10 * (1 - 0,14) = 268,75 \text{ kg}$$

Cálculo del momento por sismo:

$$M_S = F_S * \frac{H}{2} = 268,75 * \frac{2,50}{2} = 335,94 \text{ kg} - m$$

Chequeo contra volteo ( $F_{sv}$ ) > 1,5:

$$F_{sv} = \frac{(MR + M_{pc} + M_p)}{(Mv + M_s)} = \frac{(11\,935,35 + 11\,98,68 + 191,26)}{(4\,791,67 + 335,94)} = 2,69 > 1,50$$

Chequeo contra deslizamiento ( $F_{sd}$ ) > 1,5:

$$Fd = W_{total} * \text{Coeficiente de fricción}$$

$$Fd = 11\,377,97 * 0,90 * \text{tg}(25^\circ) = 4\,775,07 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = (Fd + F_p) / (Fa + F_s) = \frac{(4\,775,07 + 819,67)}{(3\,125,00 + 268,75)} = 1,65 > 1,50$$

Chequeo contra asentamiento en la base del muro,  $P_{\text{máx}} < V_s$  y  $p_{\text{min}} > 0$ :

$$ex = (\text{base}/2) - a$$

$$a = \frac{MR + M_{pc} + M_p - M_v - M_s}{W_{total}} =$$

$$a = \frac{(11\,935,35 + 11\,98,68 + 191,26 - 4\,791,67 - 335,94)}{(11\,377,97)} = 0,72$$

$$ex = (1,80/2) - 0,72 = 0,18$$

Módulo de sección ( $S_x$ )

$$S_x = \frac{1}{6} * \text{base}^2 * \text{long} = \frac{1}{6} * (1,80)^2 * 1 = 0,54 \text{ m}^3$$

Cálculo de la presión:

$$P = \frac{W_{total}}{A} \pm \frac{W_{total} * ex}{S_x} = \frac{11\,377,97}{1,80 * 1} \pm \frac{11\,377,97 * 0,18}{0,54}$$

$$P_{\text{máx}} = 10\,113,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < 16\,000,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{min} = 2528,44 \frac{kg}{m^2} > 0 \frac{kg}{m^2}$$

### Conclusión

De acuerdo con los resultados, las dimensiones de la base del muro (cimiento) cumple con  $P_{m\acute{a}x} < V_s$  y  $P_{m\acute{i}n} > 0$ . Así también, para el predimensionamiento de la misma se usó el criterio de  $0,40H_{total} - 0,60H_{total}$ .

### 2.1.11.2. Desinfección

Se utilizará un alimentador automático de tricloro, instalado en serie con la tubería de conducción a la entrada del tanque de distribución.

La cantidad de litros que se tratarán a través del sistema será el caudal de conducción durante un día. Este caudal es de 1,88 l/s, cuyo total es de 162 432 litros diarios.

Las tabletas de tricloro son una forma de presentación del cloro: pastillas de 200 gramos de peso, 3 pulgadas de diámetro, por 1 pulgada de espesor; con una solución de cloro al 90% y 10% de estabilizador. La velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas. Para determinar la cantidad de tabletas al mes para clorar el caudal de conducción se hace mediante la fórmula para hipocloritos, y ésta es:

$$G = \frac{C * M * D}{\%CL}$$

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro deseados

M = litros de agua a tratarse por día

D = número de días

%CL = concentración de cloro.

La cantidad de gramos de tricloro oscila entre 0,07% y 0,15%, Este depende del caudal a tratar, para este proyecto (1,88 l/s = 162 432 lt/día) se utilizará un valor del 0,1%, por lo que se tiene:

$$G = \frac{0,001 * 162432 \text{ lt/dia} * 30 \text{ dias}}{0,90}$$

$$G = 5414,40 \text{ gramos}$$

Esto significa que se necesitan 27 tabletas mensuales que serán colocadas por el encargado de mantenimiento de forma gradual en el alimentador, cuidando de su limpieza una vez al mes. El gasto de operación del sistema de desinfección será tomado en cuenta para la propuesta de tarifa.

### **2.1.11.3. Obras de arte**

Son utilizadas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para optimizar su funcionamiento.

### **2.1.11.3.1. Válvulas de limpieza**

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

Estas válvulas se componen básicamente por una tee a la cual se conecta lateralmente un niple (tubería menor de 6 m), además de una válvula de compuerta que se puede abrir para que, por medio del agua, se expulsen de la tubería los sólidos acumulados. La ubicación de las válvulas de limpieza se detalla en los planos constructivos. Se ubicarán en las estaciones E-105, E-131, E-160, E-178 Y E-247.

### **2.1.11.3.2. Válvulas de aire**

Las líneas por gravedad tienen tendencias a acumular aire en los puntos altos. Cuando se tienen presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado; pero en los puntos altos de relativa baja presión el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería. La acumulación de aire en los puntos altos provoca una reducción del área de flujo del agua y, consecuentemente, se produce un aumento de las pérdidas y una disminución del caudal. Para prevenir este fenómeno deben utilizarse válvulas que, ubicadas en todos los puntos altos, permitirán la expulsión de aire y la circulación del caudal deseado. Se colocarán en las estaciones: E-37, E-44, E-55, E-65, E-74, E-89, E-114, E-119, E-138, E-163, E-192, E-210, E-270 y E-343.

#### **2.1.11.3.3. Válvulas de compuerta**

Son las válvulas de mayor aislamiento y de mayor uso en la captación, tanque de distribución, caja rompe presión y en las conexiones domiciliarias; principalmente, por su bajo costo disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están totalmente abiertas. Tienen un valor limitado como válvulas de control, por el desgaste del asiento, la desviación y traqueteo del disco de la compuerta y aguas abajo. Además, el área abierta y el volumen de circulación de agua por la válvula no son proporcionales al porcentaje de abertura de la compuerta.

#### **2.1.11.3.4. Cajas rompedores**

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, rompiendo o aliviando la presión en la línea de conducción o de distribución. Se evita, así, la falla de tubería y accesorios, cuando la presión estática o dinámica de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máxima de los mismos. La caja disipa la presión en el instante en que el agua tiene contacto con la atmósfera y disminuye súbitamente su velocidad, al haber un cambio drástico de sección hidráulica. La caja rompe presión se coloca antes de que la presión dinámica sobrepase los 111m.c.a. en la línea de conducción y los 40m.c.a. en la red de distribución, éstas serán ubicada en las estaciones: E-78, E-212, E-386, E-399, E-408, E-429 y E-434.

#### **2.1.11.3.5. Conexiones domiciliarias**

Éstas se construirán inmediatas al perímetro de las propiedades, con el objetivo de que el costo de las conexiones sea lo más bajo posible, debido a la variación de estas longitudes y para efectos de presupuesto se asumieron cuatro tubos de PVC de ½" por conexión domiciliar.

#### 2.1.11.4. Pasos aéreos y de zanjón

Estos se colocan cuando se necesita salvar una depresión del terreno o un río. Se recomienda que un paso de zanjón tenga máximo una longitud de 12 metros (dos tubos), mayores a ese tamaño deberán ser diseñados como pasos aéreos. Estos pasos serán diseñados con tubería HG.

Paso aéreo No. 1

Datos:

Longitud del claro: 42,00 m.

Tubería: 1½ pulgadas HG tipo liviano

Peso del tubo: 2,80 lb/ft

Peso específico del agua: 62,4 lb/ft<sup>3</sup>

Ver planta y elevación en anexos, planos del sistema de agua potable, hoja 18/25.

Cálculo de cargas verticales

Carga muerta:

$$CM = P_{tubo} + P_{agua}$$
$$CM = 2,80 \frac{lb}{ft} + \frac{\pi}{4} * \left(\frac{1,63}{12}\right)^2 * 62,4 \text{ lb/ft}^3$$
$$CM = 3,70 \text{ lb/ft}$$

Carga viva: se asume que una persona pasaría sobre la tubería.

$$CV = \frac{170 \text{ lb}}{20 \text{ ft}} = 8,50 \text{ lb/ft}$$

Cargas horizontales: la carga horizontal que se tomará será la del viento, se asumirá una velocidad de viento de 70 Km/h, que conlleva una presión de 20 lb/ft<sup>2</sup>.

$$W_v = \phi_{tub} * presión_{viento}$$

Donde:

$$W_v = carga\ del\ viento$$

$$\phi_{tub} = diámetro\ de\ tubería$$

$$W_v = \left(\frac{1,63}{12}\right) ft * 20 \frac{lb}{ft^2}$$

$$W_v = 2,72\ lb/ft$$

Según ACI 350 en sección 9.2

$$CU = 0,75 * (1,4 Cm + 1,7Cv + 1,7W)$$

Donde:

$$CU = carga\ última$$

$$Cm = carga\ muerta$$

$$Cv = carga\ viva$$

$$W = carga\ del\ viento$$

$$CU = 0,75 * (1,4 * 3,70 + 1,7 * 8,50 + 1,7 * 2,72)$$

$$CU = 18,19\ lb/ft$$

CU no debe ser menor que  $1,4 Cm + 1,7 Cv$

$$CU = 1,4 * 3,70 + 1,7 * 8,50$$

$$CU = 19,64\ lb/ft$$

Se utiliza  $CU = 19,64\ lb/ft$

Cálculo de flecha

Se utilizará la relación  $l/12$

$$d = \frac{l}{12}$$

Donde:

$$d = flecha$$

$l = \text{luz de paso aéreo}$

$$d = \frac{42}{12} = 3,50 \text{ mts}$$

Se propone utilizar cable de 3/8" de diámetro con un esfuerzo de ruptura de 4480 kg. (9873,92 lb)

Se calcula nuevamente la carga muerta pero esta vez se toma en cuenta el peso del cable que es de 0,28 kg/m. (0,188lb/ft)

$$CM = CM + \text{peso}_{\text{cable}}$$

$$CM = 3,70 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} + 0,188 \text{ lb/ft}$$

$$CM = 3,89 \text{ lb.}$$

Se calcula nuevamente la carga última (CU)

$$CU = 0,75 * (1,4 CM + 1,7CV + 1,7W)$$

Donde:

$CU = \text{carga última}$

$Cm = \text{carga muerta}$

$Cv = \text{carga viva}$

$W = \text{carga del viento}$

$$CU = 0,75 * (1,4 * 3,89 + 1,7 * 8,50 + 1,7 * 2,72)$$

$$CU = 18,39 \text{ lb/ft}$$

CU no debe ser menor que 1,4 CM+1,7 CV

$$CU = 1,4 * 3,89 + 1,7 * 8,5$$

$$CU = 19,90 \text{ lb/ft}$$

Como CU es menor, entonces utilizar 19,90 lb/ft

Con la nueva carga última se procede a calcular las tensiones del cable.

Tensión del cable

$$T_H = \frac{CU * l^2}{8 * d}$$
$$T = T_H * \left(1 + \frac{16 * d^2}{l^2}\right)^{1/2}$$
$$T_v = (T^2 - T_H^2)^{1/2}$$

Donde:

$CU =$  carga última

$T_H =$  tensión horizontal

$T =$  tensión máxima

$T_v =$  tensión vertical

$l =$  luz

$d =$  flecha

$$T_H = \frac{19,90 * (42,00 * 3,28)^2}{8 * (3,5 * 3,28)} = 4\ 112,14\ lb$$

$$T = 4112,14 * \left(1 + \frac{16 * (3,5 * 3,28)^2}{(42 * 3,28)^2}\right)^{1/2} = 4\ 334,58\ lb$$

$$T_v = (4334,58^2 - 4112,14^2)^{1/2} = 1\ 370,73\ lb$$

Como el cable de 3/8" tiene un esfuerzo de ruptura de 4480kg (9873 lb), por lo que si soporta la tensión aplicada.

Péndola o tirantes

2,00 m de separación

$$Q_p = CU * \text{separación}_{\text{péndola}}$$

Donde:

$$Q_p = \text{carga de péndola}$$

$$CU = \text{carga última}$$

$$Q_p = 19,90 * (2 * 3,28)$$

$$Q_p = 130,54 \text{ lb.}$$

Si se utiliza cable de ¼ de diámetro con una resistencia de 2150 kg (4730

lb)

$$Y = CU * X \frac{(L - X)}{2 * T_H}$$

Donde:

$$Y = \text{variación de la flecha}$$

$$U = \text{Carga última (kg/m)}$$

$$X = \text{Separación de la péndola respecto torre mas cerca (mts)}$$

$$L = \text{luz del paso aéreo (mts)}$$

$$T_H = \text{Tensión Horizontal}$$

$$Y = 19,90 * (2) * \frac{(42 - 2)}{2 * 4112,14}$$

$$Y = 0,19 \text{ m}$$

A la longitud de péndola se la añade 15% más por atadura y dobleces

Tabla VIII. Longitud de péndola de paso aéreo No. 1

No. PENGOLA	X (m)	L-X (m)	$U/2 \cdot T_H$	Y (m)	Long. (m)	No. PENDO	Lx PENDOLA (m)
1	2	40	0,007937	0,6349206	3,36508	1	3,3650794
2	4	38	0,007937	1,2063492	2,79365	1	2,7936508
3	6	36	0,007937	1,7142857	2,28571	1	2,2857143
4	8	34	0,007937	2,1587302	1,84127	1	1,8412698
5	10	32	0,007937	2,5396825	1,46032	1	1,4603175
6	12	30	0,007937	2,8571429	1,14286	1	1,1428571
7	14	28	0,007937	3,1111111	0,88889	1	0,8888889
8	16	26	0,007937	3,3015873	0,69841	1	0,6984127
9	18	24	0,007937	3,4285714	0,57143	1	0,5714286
10	20	22	0,007937	3,4920635	0,50794	1	0,5079365
11	22	20	0,007937	3,4920635	0,50794	1	0,5079365
12	24	18	0,007937	3,4285714	0,57143	1	0,5714286
13	26	16	0,007937	3,3015873	0,69841	1	0,6984127
14	28	14	0,007937	3,1111111	0,88889	1	0,8888889
15	30	12	0,007937	2,8571429	1,14286	1	1,1428571
16	32	10	0,007937	2,5396825	1,46032	1	1,4603175
17	34	8	0,007937	2,1587302	1,84127	1	1,8412698
18	36	6	0,007937	1,7142857	2,28571	1	2,2857143
19	38	4	0,007937	1,2063492	2,79365	1	2,7936508
20	40	2	0,007937	0,6349206	3,36508	1	3,3650794
SUMA							31,111111
con 15%							35,777778

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de columnas soporte

Determinar la esbeltez con ecuación de Euler; Si  $E < 21$ , se diseña como columna corta y se utilizan los datos originales del análisis estructural.

Si  $21 \leq E \leq 100$ , se diseña como columna intermedia y se deberá magnificar los momentos actuantes. Si  $E > 100$  será una columna larga y por lo tanto no se construye.

$$E = \frac{2 * Lu}{r}$$

$$r = \left(\frac{I}{A}\right)^{1/2}$$

Donde:

$$E = \text{esbeltez}$$

$$lu = \text{Longitud libre de la columna}$$

$$r = \text{radio de giro}$$

$$I = \text{inerencia}$$

$$A = \text{área}$$

Datos:

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\text{Ancho de columna} = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Base de columna} = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Longitud libre} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total} = 4 \text{ m} + 1 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Carga actuante en la columna} = 1370,67 \text{ libras}$$

$$r = \left(\frac{0,30^4}{\frac{12}{0,30^2}}\right)^{1/2} = 0,087$$

$$E = \frac{2 * 4}{0,087} = 91,95$$

La columna es columna intermedia, ya que  $100 > E > 21$ .

Cálculo carga crítica

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(k * l)^2}$$

Donde:

$P_{cr} = \text{carga crítica}$

$I = \text{inercia}$

$l = \text{longitud}$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (15100 * \sqrt{210}) * (30^4 / 12)}{(2 * 500)^2} * (1/1000)$$

$$P_{cr} = 145,78 \text{ toneladas}$$

- Cálculo de refuerzo de columnas

$$A_{s_{min}} = 0,01 * 30^2$$

$$A_{s_{min}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

Distribuyendo el área en varillas

Varilla Núm. 4

Área 1,27 cm<sup>2</sup>

Refuerzo a utilizar 8 Núm. 4 = 10,16

Cálculo de carga última para área de acero real

$$P_u = \phi * (0.85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * f_y)$$

Donde:

$P_u = \text{carga última}$

$f'c = \text{resistencia del concreto}$

$A_g = \text{área de la columna}$

$A_s = \text{área de acero}$

$f_y = \text{resistencia del acero}$

$$P_u = 0,7 * (0,85 * 210 * (30^2 - 10,16) + 10,16 * 2810)$$

$$P_u = 131,17 \text{ toneladas}$$

Como  $P_u >$  carga actuante, entonces la columna si soportará la carga axial aplicada.

Para refuerzo transversal se tendrán estribos Núm.3 @ 20 cm.

- Cálculo de zapatas

Se asume un peralte de 20 cm y recubrimiento de 8.00 cm con dimensiones de 1,00\*1,00 mts.

Cálculo de factor de carga última.

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV}$$

Donde:

*Fcu = factor de carga última*

*CU = carga última*

*CM = carga muerta*

*CV = carga viva*

$$F_{cu} = \frac{19,90}{3,89 + 8,50}$$

$$F_{cu} = 1,61$$

Cálculo de integración de cargas que soporta la zapata

Carga última	0,62 ton
Peso de columna	1,08 ton
Peso de suelo	1,27 ton
Peso propio	0,48 ton
Total	3,45 ton

$$\frac{Pt}{Az^2} = \frac{3,45}{1,00^2} = 3,45 \text{ ton}$$

Cálculo de carga última soportada por la zapata

$$Cu = 3,45 \text{ ton} * 1,61$$

$$Cu = 5,55 \text{ ton/m}^2$$

Verificar corte simple

$$d = 20 - 8 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

$$e = 100 - 12 = 88 \text{ cm}$$

Corte actuante

$$Va = Cu * \text{ancho de zapata} * e$$

Donde:

$$Va = \text{corte actuante}$$

$$Cu = \text{carga última}$$

$$e = \text{corte simple}$$

$$Va = 5,55 * 1,00 * 0,88$$

$$Va = 4,88 \text{ ton}$$

Corteresistente

$$Vc = 0,85 * 0,53 * f'c^{\frac{1}{2}} * b * d$$

Donde:

$$Vc = \text{corte resistente}$$

$$f'c = \text{resistencia del concreto}$$

$$b = \text{base}$$

$$d = \text{peralte}$$

$$Vc = 0,85 * 0,53 * 210^{\frac{1}{2}} * 100 * 12 * \frac{1}{1000}$$

$$Vc = 7,83 \text{ ton}$$

Por lo que si cumple que  $Va < Vc$

Verificar corte punzonante

Corte punzonante actuante

$$C_{pa} = Cu * (Az - Apz)$$

Donde:

$C_{pa}$  = corte punzonate actuante

$C_u$  = carga última

$A_z$  = área de zapata

$A_{pz}$  = área punzonante de la zapata

$$C_{pa} = 5.55 * (1,00^2 - (0,3 + 0,12)^2)$$

$$C_{pa} = 4,57 \text{ ton}$$

Corte punzonante resistente

$$C_{pc} = 0,85 * Per_{punz} * d * 1,07 * \sqrt{f'c}$$

Donde:

$C_{pc}$  = corte punzonate

$Per_{punz}$  = perímetro punzonante

$d$  = peralte

$f'c$  = resistencia del concreto

$$C_{pc} = 0,85 * (4 * (30 + 12)) * (12) * 1,07 * \sqrt{210} * \frac{1}{1000}$$

$$C_{pc} = 26,57 \text{ ton}$$

Si se cumple que  $C_{pa} < C_{pc}$

Cálculo de acero

$$Mu = \frac{5,55 * ((1,00 - 0,30)/2)^2}{2} * 1000$$

$$Mu = 339,94 \text{ kg} * m$$

$$As = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{fy}$$

Donde:

$As$  = área de acero

$b$  = base

$d = \text{peralte}$

$M_u = \text{momento último}$

$f'c = \text{resistencia del concreto}$

$f_y = \text{resistencia del acero}$

$$A_s = \left[ 100 * 12 - \sqrt{(100 * 12)^2 - \frac{339,94 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 1,13 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$\text{Pero no menor de } A_{s_{min}} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

Donde:

$A_{s_{min}} = \text{área de acero mínimo}$

$b = \text{base}$

$d = \text{peralte}$

$f_y = \text{resistencia del acero}$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80\sqrt{210}}{2810} * 100 * 12 = 4,95 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pero no menor de } A_{s_{min}} = \frac{14,10}{2810} * 100 * 12$$

$$A_{s_{min}} = 6,02 \text{ cm}^2$$

Por lo cual total a utilizar es de 6,02 cm<sup>2</sup>

Armado

10 Ø 3

As total = 0,71\*9= 7,10 cm<sup>2</sup>

### Cálculo de anclajes

Serán de concreto ciclópeo con dimensiones que a continuación se calcularán.

Tensiones del cable principal

Donde:

$$T_H = \text{tensión horizontal}$$

$$T = \text{tensión total}$$

$$T_v = \text{tensión vertical}$$

A continuación, se realiza una conversión de medidas para que se facilite el cálculo.

$$T_H = 4112,14 \text{ lb} = 1865,76 \text{ kg}$$

$$T = 4334,58 \text{ lb} = 1966,69 \text{ kg}$$

$$T_v = 1370,73 \text{ lb} = 621,93 \text{ kg}$$

Como la tensión total se divide en dos ya que se reparte en un anclaje de cada lado, procedemos a dividir las tensiones en 2.

$$T_H = 1865,76 \frac{\text{kg}}{2} = 932,88 \text{ kg}$$

$$T = 1966, \frac{69}{2} = 983,35 \text{ kg}$$

$$T_v = 621,93 \frac{\text{kg}}{2} = 310,97 \text{ kg}$$

Cálculo del peso del anclaje, el cual deberá ser 2 veces mayor que la tensión total ejercida en el mismo.

$$W_{C_{\text{ciclopeo}}} = 2T$$

$$W_{C_{\text{ciclopeo}}} = 2 * 983,35 \text{ kg} = 1966,70 \text{ kg}$$

$$V_{\text{anclaje}} = W_{C_{\text{ciclopeo}}} / \gamma_{\text{concreto ciclópeo}}$$

$$V_{\text{anclaje}} = \frac{1966,70 \text{ kg}}{2500,00 \text{ kg/m}^3} = 0,79 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimension anclaje} = V_{\text{anclaje}}^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{Dimension anclaje} = (0,79)^{\frac{1}{3}} = 0,92 \text{ m}$$

Dimensiones propuestos: 1,00\*1.00\*1,00 m.

### **2.1.12. Elaboración de planos**

Los planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable se presentan en el anexo; están conformados por: planta de conjunto, planta y perfil de línea de conducción y red de distribución, planta de densidad de vivienda, tanque de distribución, detalles generales y estructurales de tanque de distribución, detalle de hipoclorador, planta y detalles de cajas rompe presión, detalles de pasos de zanjón y pasos aéreos y detalles de válvulas.

### **2.1.13. Elaboración de presupuesto**

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales según planos finales. Los precios de mano de obra y materiales fueron basados en precios o salarios de trabajo y cotizaciones respectivamente Dentro de los costos indirectos se consideran los gastos de supervisión, administración y la utilidad proponiendo un 35 por ciento sobre el costo directo total.

**Tabla IX. Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para el  
caserío Los Pérez, Nuevo Progreso**

<b>PRESUPUESTO INTEGRADO</b>					
<b>No.</b>	<b>RENLÓN DE TRABAJO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
1	TRAZO Y REPLANTEO	ML	11011,76	Q 1,50	Q 16 517,64
2	CAPTACIÓN	GLOBAL	1,00	Q 28 864,40	Q 28 864,40
3	LINEA DE CONDUCCIÓN (TUBERIA PVC Ø 2" DE 250 PSI)	ML	1500,32	Q 65,00	Q 97 520,80
4	LINEA DE CONDUCCIÓN (TUBERIA PVC Ø 2" DE 160 PSI)	ML	2167,62	Q 50,00	Q 108 381,00
5	LINEA DE CONDUCCIÓN (TUBERIA PVC Ø 1 1/2" DE 250 PSI)	ML	2176,50	Q 45,00	Q 97 942,50
6	LINEA DE CONDUCCIÓN (TUBERIA PVC Ø 1 1/2" DE 160 PSI)	ML	2773,06	Q 40,00	Q 110 922,40
7	VÁLVULAS DE AIRE CON CAJA	UNIDAD	14,00	Q 2 000,00	Q 28 000,00
8	VÁLVULAS DE LIMPIEZA CON CAJA	UNIDAD	5,00	Q 1,600,00	Q 8 000,00
9	PASO DE ZANJÓN TIPO A	UNIDAD	6,00	Q 2 600,00	Q 15 600,00
10	PASO DE ZANJÓN TIPO B	UNIDAD	5,00	Q 2 250,00	Q 11 250,00
11	PASO AÉREO No. 1 (42.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 18 500,00	Q 18 500,00
12	PASO AÉREO No. 2 (20.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 12 250,00	Q 12 250,00
13	PASO AÉREO No. 3 (28.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 13 400,00	Q 13 400,00
14	PASO AÉREO No. 4 (14.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 10 800,00	Q 10 800,00
15	PASO AÉREO No. 5 (12.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 10 750,00	Q 10 750,00
16	PASO AÉREO No. 6 (20.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 12 250,00	Q 12 250,00
17	PASO AÉREO No. 7 (24.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 12 900,00	Q 12 900,00
18	PASO AÉREO No. 8 (18.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 11 560,00	Q 11 560,00
19	PASO AÉREO No. 9 (14.00 ML)	UNIDAD	1,00	Q 10, 950,00	Q 10 950,00
20	CAJA ROMPE PRESIÓN LINEA DE CONDUCCIÓN	UNIDAD	2,00	Q 6 400,00	Q 12 800,00
21	TANQUE DE DISTRIBUCION (40.00 M3)	UNIDAD	1,00	Q180 000,00	Q 180 000,00
22	CLORADOR DE PASTILLAS	UNIDAD	1,00	Q 15 000,00	Q 15 000,00
23	RED DE DISTRIBUCIÓN (TUBO PVC Ø 2" DE 160 PSI)	ML	149,74	Q 50,00	Q 7 487,00
24	RED DE DISTRIBUCIÓN (TUBO PVC Ø 1 1/2" DE 160 PSI)	ML	149,92	Q 40,00	Q 5 996,80
25	RED DE DISTRIBUCIÓN (TUBO PVC Ø 1" DE 160 PSI)	ML	1026,03	Q 38,00	Q 38,989.14

Continuación tabla IX.

26	RED DE DISTRIBUCIÓN (TUBO PVC Ø 3/4" DE 250 PSI)	ML	801,17	Q 35,00	Q 28 040,95
27	RED DE DISTRIBUCIÓN (TUBO PVC Ø 1/2" DE 315 PSI)	ML	267,44	Q 30,00	Q 8 023,20
28	CAJA ROMPE PRESIÓN + VF RED DISTRIBUCIÓN	UNIDAD	5,00	Q 6 900,00	Q 34 500,00
29	CONEXIONES DOMICILIARES	UNIDAD	118,00	Q 1 200,00	Q 141 600,00
30	VÁLVULAS DE CONTROL	UNIDAD	5,00	Q 1 550,00	Q 7 750,00
31	LIMPIEZA FINAL	GLOBAL	1,00	Q 3 454,17	Q 3 454,17
<b>TOTAL DEL PROYECTO:</b>				<b>Q</b>	<b>1 120 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo del proyecto asciende a la cantidad de: UN MILLÓN CIENTO VEINTE MIL QUETZALES EXACTOS (Q 1 120 000,00).

#### **2.1.14. Programa de operación y mantenimiento**

Esta etapa es muy importancia y debe considerarse prioritaria, ya que ningún sistema de agua potable puede funcionar por sí mismo; ni funcionar de manera correcta si se opera de manera inadecuada. Así mismo su mantenimiento es indispensable, Por tal razón se pretende que exista un comité capaz de resolver de manera inmediata la mayoría de los problemas técnicos, operativos y administrativos que se presenten durante el servicio del sistema de agua potable.

- **Administración**

El comité de agua o autoridades locales, debidamente organizado es el encargado de velar por el uso adecuado del sistema y de racionar equitativamente el suministro en caso de emergencia. Así mismo, debe dirigir al

encargado del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema e implementar los mecanismos de seguridad adecuados; que estén a su alcance para evitar actos de vandalismo contra el sistema y perjuicio de los usuarios.

Puesto que el comité tiene a su bien la administración del sistema, debe efectuar el cobro de la tarifa previamente determinada, en la fecha estipulada; dicha tarifa incluye ingresos para cubrir gastos administrativo, reparaciones, cambios y mejoras en el sistema. Además, tiene a su cargo llevar el registro de cuántos usuarios están conectados al sistema y otorgar nuevos derechos de conexión; sin sobre pasar la capacidad del mismo para ello debe elaborarse un reglamento interno, esta actividad se recomienda que sea supervisada por la misma comunidad.

Para que la administración sea funcional, la comunidad tiene que estar en completo acuerdo con los diferentes elementos que intervienen o que la componen. Por lo que el comité, la tarifa y los reglamentos sobre el uso del agua deben determinarse o avalarse en una asamblea comunitaria.

- Operación y mantenimiento

El encargado del funcionamiento debe ser preferiblemente un fontanero asalariado, que realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema para garantizar su adecuado funcionamiento.

Entre las actividades más comunes del fontanero están: detectar posibles fugas cuando se registra continuamente insuficiencia, efectuar reparaciones necesarias alimentación y limpieza del sistema de desinfección; mantener limpia las unidades y velar por el buen funcionamiento de todas las obras

complementarias. Si no se contara con un fontanero, entonces, el comité de agua o autoridades locales serán los encargados de realizar dichas actividades.

Es importante enfatizar que ningún sistema de agua funciona adecuadamente sin la supervisión del elemento humano de lo contrario, el sistema tarde o temprano colapsará y dejará de prestar el servicio.

#### **2.1.15. Propuesta de tarifa**

Un sistema de agua potable no es solamente la fase de construcción, se le debe dar una operación y un mantenimiento adecuado; para garantizar la sostenibilidad del mismo durante el período para el que ha sido diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle mantenimiento cada tres meses y cuando así lo amerita también correctivo; dichos recursos solo pueden obtenerse a través del pago mensual de una tarifa que cada una de los usuarios deberá cancelar.

- Costo de operación (O)

Representa el pago mensual al fontanero por reparación o instalación de tubería, conexiones domiciliarias, mantenimiento y operación de los sistemas de desinfección. Para el desarrollo del presente proyecto se consideró Q 1 500,00, ya que actualmente son pocos los usuarios que utilizarán el sistema.

- Costo de mantenimiento (M)

Este costo se utilizará para la compra de materiales del proyecto, cuando sea necesario mejorar o sustituir los que estén instalados. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto presupuestado para el período de diseño.

$$M = \frac{0,004 * \text{Costo del proyecto}}{\text{periodo de diseño}} =$$

$$M = \frac{0,004 * Q. 1\ 120\ 000,00}{23} = Q\ 194,78$$

- Costo de tratamiento (T)

Este será el que se requiere para la compra y mantenimiento del método de desinfección, gasto mensual.

$$T = \text{Costo de tabletas en gramos} * \text{Número de tabletas utilizadas en un mes}$$

$$T = \frac{Q\ 10,50}{\text{tableta}} * 27 \frac{\text{tableta}}{\text{mes}} = Q\ 283,50$$

- Costo de administración (A)

Representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima un 15% de la suma de los anteriores.

$$A = 0,15 * (O + M + T) = 0,15 * (Q\ 1\ 500,00 + Q\ 194,78 + Q\ 283,50) = Q\ 296,74$$

- Costo de reserva (R)

Cantidad de dinero dedicada a cualquier imprevisto que afecte al proyecto. Será del 12% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 0,12 * (O + M + T) = 0,12 * (Q\ 1\ 500,00 + Q\ 194,78 + Q\ 283,50) = Q\ 237,39$$

- Cálculo de tarifa propuesta (TAR)

$$TAR = \frac{O + M + T + A + R}{\# Viviendas} =$$
$$TAR = \frac{Q 1 500,00 + Q 194,78 + Q 283,50 + Q 296,74 + Q 237,39}{118} = Q 21,29$$

Se propone una tarifa mínima de Q 25,00 por servicio mensual. Este es un valor accesible para la población, ya que las tarifas que la municipalidad propone oscilan entre Q 10,00 y Q 25,00 mensuales.

#### **2.1.16. Evaluación de impacto ambiental**

En el siguiente cuadro se identifica él o los impactos ambientales que podrán ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto.

Tabla X. Cuadro de impactos ambientales

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Pequeñas partículas de polvo de suelo y cemento portland.	En todo lugar donde se hagan excavaciones y se construyan obras de concreto y mampostería.	Tratar de humedecer los lugares donde vaya excavar y manejo del cemento portland adecuado, así mismo brindar a los trabajadores la protección necesaria, por medio de lentes y mascarías.
		Ruido	No aplica	No aplica	No aplica, porque es la construcción de un sistema de abastecimiento donde no habrá demoliciones o maquinaria de gran magnitud.
		Vibraciones	No aplica	No aplica	No aplica, porque no se utilizarán maquinarias de gran magnitud.
		Olores	No aplica	No aplica	No aplica, porque no se utilizarán sustancias que causen olores.

Continuación tabla X.

22	Agua	Abastecimiento de agua	Generación de gran cantidad de aguas residuales por uso desmedido del agua.	En el caserío que se va abastecer.	Se utilizará únicamente la cantidad necesaria, tanto para construcción del sistema, como para el consumo diario de la comunidad beneficiada, a través de una dotación y cuidado de las fuentes de agua.
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: el porcentaje de retorno estipulado según la dotación asignada a cada usuario.	En la comunidad beneficiada con el proyecto.	Conducirlo en un punto adecuado donde no afecte la salud de los vecinos, así mismo darle el tratamiento adecuado, a través de fosas sépticas o planta de tratamiento.
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias).	Cantidad: No aplica.	Descarga: No aplica	No aplica, porque es el sistema solo será para uso doméstico e higiene personal de los vecinos.
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	No aplica, por lo expuesto anteriormente.
		Agua de lluvia	Captación No aplica	Descarga: No aplica	No aplica para esta construcción.

Continuación tabla X.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: Lo producido por la construcción.	En donde se construya obras de concreto y mampostería.	Recolectar los desechos sólidos producidos y conducirlos a los depósitos de basura de la municipalidad.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bio-infecciosos).	Cantidad: No aplica.	Disposición No aplica	No aplica para esta construcción.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo).	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		<b>Modificación del relieve o topografía del área.</b>	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
	<b>Biodiversidad</b>	<b>Flora (árboles, plantas).</b>	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Fauna (animales)	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
		Ecosistema	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
	Visual	Modificación del paisaje.	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.
	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos.	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

### **2.1.17. Evaluación económica financiera**

En general, los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable tienen un gran componente social; éstos proyectos dan un enfoque para el análisis de su evaluación en este sentido. Deben entonces considerárselos efectos indirectos y de valorización social, de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización.

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

#### **2.1.17.1. Valor presente neto**

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales; así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si Este es rentable al término del período de funcionamiento.

Para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11%. El procedimiento a realizar será:

Costo de ejecución= Q1 120 000,00 debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna

institución sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sostenible.

Costo de operación y mantenimiento anual (CA), del análisis de tarifa se tiene:

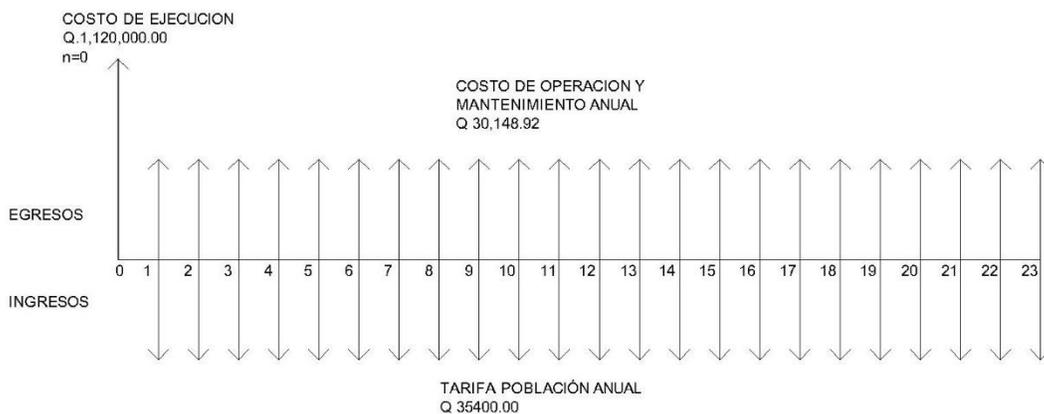
$$CA = (Q\ 1\ 500,00 + Q\ 194,78 + Q\ 283,50 + Q\ 296,74 + Q\ 237,39) * 12$$

$$= Q\ 30\ 148,92$$

Tarifa poblacional anual (IA)

$$IA = \frac{Q25,00}{vivienda} * 118\ viviendas * 12\ meses = Q\ 35\ 400,00$$

Figura 6. Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right] = Q\ 30\ 148,92 * \left[ \frac{(1 + 0,11)^{23} - 1}{0.11(1 + 0,11)^{23}} \right] = Q\ 249\ 223,99$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right] = Q 35 400,00 * \left[ \frac{(1 + 0,11)^{23} - 1}{0,11(1 + 0,11)^{23}} \right] = Q 285 878,12$$

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

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

$$VPN = Q 285 878,12 - Q 249 223,99$$

$$VPN = Q 36 654,13$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento. Además, se dispondrá de una cantidad de dinero adicional para otros proyectos pequeños de carácter social para el caserío Los Pérez.

#### **2.1.17.2. Tasa interna de retorno**

Para la tasa interna de retorno se debe considerar el concepto de ésta. La tasa interna de retorno trata de considerar un número en particular que resuma los méritos de un proyecto. Dicho número no depende de la tasa de interés que rige el mercado de capitales. Por ello es que se llama tasa interna de rentabilidad, el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa.

Cuando se desconoce el valor de la tasa de descuento, se establece que el valor presente neto es igual a cero ya que cuando ocurre es indiferente aceptar o no la inversión. La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un valor presente neto de cero cuando se le utiliza como tasa de descuento.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio. Este se determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \text{inversión inicial} - \text{VPN} = Q\ 1\ 120\ 000,00 - Q\ 36\ 654,13 \\ &= Q\ 1\ 083\ 345,87 \end{aligned}$$

$$\text{Beneficio} = \text{No. habitantes beneficiados(a futuro)} = 423 \text{ habitantes}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{Q\ 1\ 083\ 345,87}{835 \text{ habitantes}} = Q\ 1\ 297,42/\text{hab.}$$

Las instituciones de inversión social toman las decisiones con base al valor anteriormente obtenido y las disposiciones económicas que posean. Según las expectativas de las entidades que colaboran con la municipalidad de Nuevo Progreso, se tiene un rango aproximado de hasta Q.1 500,00 por habitante.

De lo anterior, se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente con la municipalidad.

## **2.2. Diseño de puente vehicular de 12 metros para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso**

Después de realizar la priorización de las necesidades del cantón San Rafael Vuelta Colorada, se determinó realizar el diseño de un puente vehicular de 12 metros que se detalla a continuación.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un puente vehicular de concreto reforzado, de un carril para soportar una carga viva AASHTO H15-44, con una longitud de 14 m. (inicialmente se había determinado que la longitud fuera de 12.00 ml, sin embargo por la condiciones topográficas, de suelo e hidráulicas del río, condicionaron la longitud a 14.00 ml), con un ancho de rodadura de 3.60 m. y banquetas laterales de 0.70 m. El puente contará con los elementos estructurales siguientes: estribos muros de gravedad de concreto ciclópeo, viga de apoyo, vigas principales, diafragma interno, losa de rodadura y banquetas de concreto armado, los barandales se construirán con postes de concretos y tubos de HG de 3". Además, contará con drenaje y protección en los aproches.

### **2.2.2. Diseño de puente vehicular en cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso**

Para el diseño de este puente se utilizó las normas de "*Standard Specifications Highway Bridges*" de la *American Association of State Highway and Transportation Officials*, (AASHTO), considerando la carga viva de diseño tipo AASHTO H 15-44.

### **2.2.3. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa**

Se deben tomar en cuenta algunos criterios antes de desarrollar el diseño de un puente. Es de mucha importancia para el diseñador ajustarse a ciertas especificaciones que normalicen el proyecto a ejecutarse, dentro de las especificaciones tomadas en cuenta; en el presente diseño se encuentran las normas de la AASHTO, ACI, ASTM.

Recubrimientos: AASHTO 8.22. Se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto. Para cimientos y muros 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. Se proporcionará a todas las barras, la longitud necesaria a partir del punto donde se requieren por diseño; la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento. 15 diámetros de la barra o la luz/20.

Traslapes: AASHTO 8.25. DGC 509.080. Se calcula con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No. 11 o mayores, de tal modo que desarrollen un 125% de la resistencia nominal ( $f_y$ ) de la barra.

Ganchos: AASHTO 8.23.2.2. DGC 509. Los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados, y 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.

Formaletas: Se construyen de acuerdo con la sección DGC 505.04.

Para la superestructura se debe tomar en cuenta:

- La acera y el barandal deben construirse posteriormente a la deflexión libre de las vigas.
- Todos los elementos de metal deben cubrirse con dos capas de diferente color de pintura anticorrosiva, exceptuando los pernos que deben estar debidamente engrasados.

Para la subestructura se debe tomar en cuenta:

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad establecida por el estudio de suelos.
- Debe evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes al punto de estudio, para evitar futuras socavaciones.

#### **2.2.4. Levantamiento topográfico**

El estudio topográfico constituye uno de los elementos básicos para realizar el diseño de un puente, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente.

Para este proyecto se realizaron los levantamientos siguientes:

##### **2.2.4.1. Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación.

Para este proyecto se realizó el levantamiento por medio del método de conservación de azimut y el equipo que se utilizó fue: teodolito marca wild T-1, estadal, cinta métrica, plomada, estacas y clavos.

#### **2.2.4.2. Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría se defina la superficie en estudio.

Para este proyecto se utilizó el método taquimétrico y para su realización se tomó en consideración, la toma de las medidas de la lectura de hilos superior, medio e inferior y la altura del instrumento. El equipo que se utilizó fue: teodolito marca wild T-1, estadal, cinta métrica, plomada, estacas y clavos.

#### **2.2.5. Estudio hidrológico e hidráulico**

En el diseño de puentes, el dato más útil e indispensable en el perfil transversal del cauce, es el que corresponde al tirante normal, al tirante de creciente máxima y al tirante de creciente máxima extraordinaria, los cuales son necesarios para calcular la luz y altura del puente. El tirante normal de un río es aquel que lleva cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de cierto rango durante la época seca. La creciente máxima es aquella que se produce con mayor frecuencia en las épocas de lluvia y se determinan a través de las señales que deja, o por la información de vecinos del lugar. Este tipo de crecidas ocurre cada año y la máxima extraordinaria, cada 20 años.

Para el cálculo de los caudales, existen varios métodos, entre los cuales se tiene: aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico, sección-pendiente, entre otros. El método que se utilizó en el presente proyecto fue el de sección-pendiente.

#### **2.2.5.1. Método sección-pendiente**

Para la utilización de este método de cálculo de caudales, es necesario el conocimiento de la sección transversal y la altura extrema a la que ha llegado el agua en las crecidas máximas. Para conocer la altura máxima a la que ha llegado el agua se recurre a los siguientes procedimientos:

- Verificar las señales que han dejado grandes crecidas
- Preguntar a los habitantes del lugar
- Por medio de archivos o crónicas locales si las hubieran.

Ya obtenida la información necesaria, se procede a calcular el área "A" que abarca la sección transversal máxima y utilizar la ecuación de continuidad  $Q = V * A$  para determinar el caudal máximo. La velocidad de la corriente se determina aplicando la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{\eta} (R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

En donde:

$V =$  velocidad en m/s

$R =$  Radio hidráulico = área/perímetro mojado

$S =$  Pendiente del terreno donde pasa la corriente

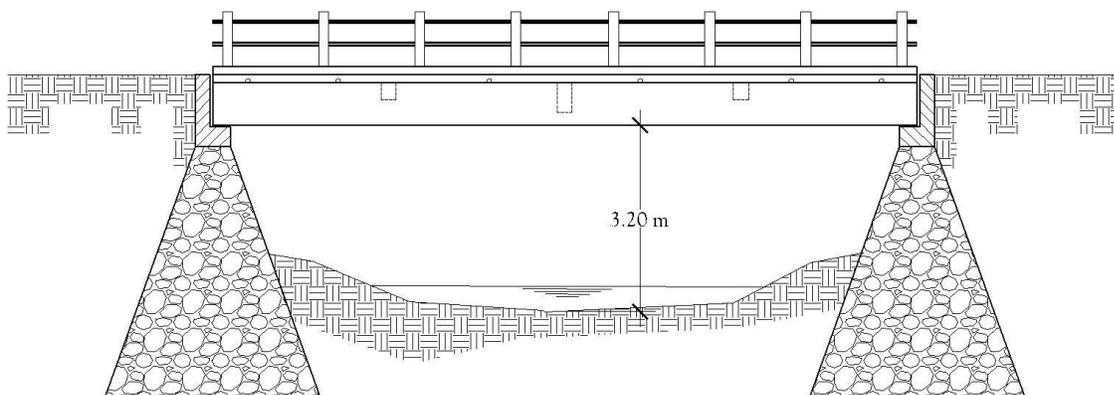
$\eta =$  Coeficiente de rugosidad de Manning.

La pendiente del terreno se obtuvo midiendo la distancia, a la cual la pendiente cambiaba utilizando para el efecto el teodolito; una cinta métrica y estacas. La pendiente se determinó en los puntos más cercanos en donde se construirá el puente. Llevando a cabo el procedimiento descrito, se obtuvo la siguiente pendiente de 1,56%.

Para la determinación de la altura máxima de la corriente, se preguntó a los habitantes de los lugares cercanos al lugar del cruce y se determinó la altura de 1.20 m. sobre el lecho del río y como altura de la crecida máxima.

Para este caso, la altura será de 3,20 metros sobre el nivel del lecho del río considerando el criterio para asegurar que no se vea afectada la estructura en crecidas críticas, ya que según AASHTO, debe tener una altura mínima de 1,50 a 2,50 m, sobre el nivel máximo de las aguas, para el este caso se tendrá una altura de 2,00 m.

**Figura 7. Diagrama altura del puente sobre el lecho del río**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### **2.2.6. Determinación de la calidad del suelo**

En el diseño de un puente es importante realizar un estudio de suelos, Este se hace por medio de perforaciones dinámicas; pero por el costo de Este y a que la municipalidad no cuenta con suficientes recursos, se hizo un ensayo de compresión triaxial.

Este es un estudio muy importante ya que sirve para determinar la carga que soporta el suelo.

Con los datos que se obtengan del estudio de suelos, se llega a seleccionar el tipo de subestructura y cimentación del proyecto.

Generalmente se plantea el eje central del puente y se extrae la muestra correspondiente.

Datos obtenidos del ensayo:

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: arena limosa con grava

Dimensión y tipo de probeta: 2,5" X 5,0"

Ángulo de fricción interna:  $15,10^{\circ}$

Cohesión: 4,00 ton/m<sup>2</sup>

(ver anexo ensayo triaxial).

Determinación del valor soporte del suelo:

El suelo es una arena limosa con grava, para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo se realizó una excavación a 3.00metros de profundidad; donde se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie<sup>3</sup>. Los datos del ensayo son:

Ángulo de fricción interna  $\phi = 15,10^\circ$

Cohesión  $C_u = 4,00 \text{ ton/ m}^2$

Descripción del suelo = arena limosa con grava

Densidad seca =  $1,65 \text{ ton/ m}^3$ .

Para el cálculo del valor soporte del suelo, se aplicó la ecuación del Dr. Karl Terzaghi.

$$Q_d = 1.3 * C' * N'_c + \gamma_s * Z * N'_q + 0.40 * \gamma_s * B * N_w$$

Donde:

$Q_d$  = Capacidad de carga límite en ton/m<sup>2</sup>

$C'$  = Cohesión del suelo en ton/m<sup>2</sup>

$\gamma_{suelo}$  = peso volumétrico del suelo en ton/m<sup>3</sup>

$Z$  = Profundidad 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 a través de ecuaciones, o determinarse mediante gráficas.

Para este caso los valores de  $N'_c$ ,  $N'_q$  y  $N_w$ , fueron obtenidos de la tabla XI:

Tabla XI. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

$\phi$	$N_c'$	$N_q'$	$N_r'$	$\phi$	$N_c'$	$N_q'$	$N_r'$
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: BRAJA M. DAS. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 160.

Datos:

$$C' = 4 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,65 \text{ ton/m}^3$$

$$Z = 3 \text{ m}$$

$$B = 3,50 \text{ m}$$

$$N'_c = 9,67$$

$$N'_q = 2,73$$

$$N_w = 0,57$$

Entonces:

$$Q_d = 1,3 * 4 * 9,67 + 1,65 * 3 * 2,73 + 0,40 * 1,65 * 4,20 * 0,57$$

$$Q_d = 65,38 \text{ ton/m}^2$$

Como se puede observar, el valor de  $q_d$  es el esfuerzo límite, más no el admisible o de diseño de cimentación. Terzaghi recomienda para  $q_{adm}$  un factor de seguridad no menor de tres, por lo tanto:

$$V_s = \frac{q_d}{F_s} = \frac{65,38}{3} = 21,79 \text{ ton/m}^2$$

Por lo tanto, se adopta un valor soporte ( $V_s$ )= 20,00 ton/ m<sup>2</sup>

Según la tabla XII, el  $V_s$  permisible se encuentra dentro del rango de los suelos arenosos, limosos y gravas.

Tabla XII. **Valor soporte permisible, según tipo de suelo**

<b>Material del suelo</b>	<b>Ton/m2</b>	<b>Observaciones</b>
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad media

Fuente: VILLALAZ, CRESPO. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

### **2.2.7. Diseño de la superestructura**

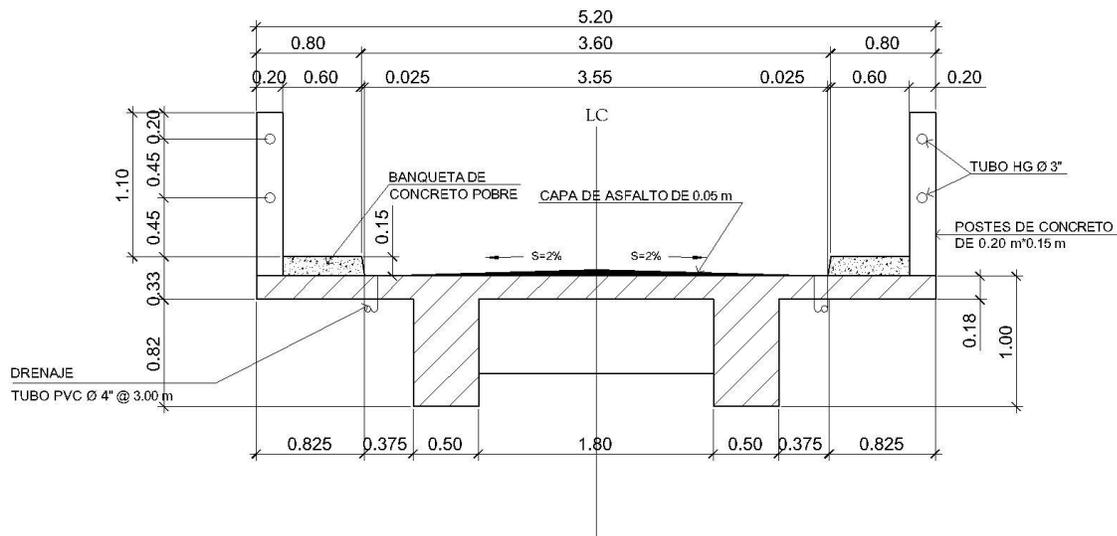
La superestructura está compuesta de elementos como: vigas, diafragmas, losas, barandas y banquetas. Sobre la superestructura se realiza la circulación de los vehículos y de los peatones. Usualmente se le llama tablero del puente.

#### **2.2.7.1. Predeterminación de la sección de la viga y losa**

Las vigas principales son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que éstas transmiten cargas externas transversales hacia los apoyos, tanto carga muerta como carga viva; que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes.

El espaciamiento entre vigas queda a criterio del diseñador, este caso se tendrá una separación de 2,30 m. Para el diseño de este proyecto se contará con dos vigas principales con iguales dimensiones para la superestructura del puente, la sección de las vigas se obtiene con base a la luz del puente.

Figura 8. Sección transversal de superestructura



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para no chequear deflexiones y alabeo se calcula de la siguiente manera según ACI.

$$H = \frac{L}{16} = \frac{14.00}{16} = 0,875 \text{ m} \cong \text{Se adopta } 1,00 \text{ m, por motivo de que después}$$

de realizar el diseño la altura no era suficiente para soportar las cargas.

$$b = \frac{2}{5} H = \frac{2}{5} (1,00) = 0,40 \text{ m} \cong 0,50 \text{ m}.$$

Para mantener una relación de 1/2 base/altura.

### 2.2.7.2. Diseño de losa

Según especificaciones AASHTO, para losas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito recomienda un espesor mínimo de 17,50 cm, así también AASHTO en la sección 8.9.2 recomienda la formula siguiente.

$$T = 1,2 * \frac{L + 3,05}{30}$$

(Losas con refuerzo principal paralelo al tráfico. luces simples, tabla 8.9.2,)

Donde:

T = Espesor

L = Luz libre entre vigas

$$T = 1.2 * \frac{1,80 + 3,05}{30} = 0,194 \text{ m}$$

No se tomará en cuenta este dato, debido a que se diseñará según el caso A de AASHTO sección 3.24.3.1, losas con refuerzo principal perpendicular al tráfico, por lo que se usará un espesor de 18,00 cm.

#### 2.2.7.2.1. Cálculo de peralte

Para el presente proyecto se toma un espesor de losa de 18.00 centímetros.

Tomando varilla  $\emptyset$  4 G. 40:

$$d = t - R - \emptyset \frac{1}{2}$$

Donde:

d = Peralte efectivo en m.

t = Espesor de la losa en m.

R = Recubrimiento

Ø= Diámetro de la varilla usada (Núm. 4).

$$d = 0,18 - 0,025 - 0,0127/2$$

$$d = 0,14865 \text{ m} = 14,87 \text{ cm.}$$

### 2.2.7.2.2. Integración de cargas

El análisis de integración de cargas se realiza para conocer el total de carga muerta y sobre carga que puedan afectar a la estructura del puente, con éstos datos se puede proceder a realizar el cálculo de momentos.

Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = W_{\text{concreto}} * t * b = 2\,400 * 0,18 * 1,00 = 432,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{asfalto}} = W_{\text{asfalto}} * t * b = 2\,100 * 0,05 * 1,00 = 105,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{barandal}} = W_{\text{concreto}} * \text{volumen del barandal} / 2 = (0,20 * 0,15 * 2\,400 * 1,10) / 2 = 39,60 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{banqueta}} = W_{\text{concreto}} * \text{volumen de la banqueta} * 2 / \text{ancho puente} = (0,15 * 0,60 * 1 * 2\,400 * 2) / 5,20 = 83,08 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{cm}} = 659,68 \text{ kg/m.}$$

Sobrecarga:

$$P = 12\,000 \text{ lb ó } 5\,443 \text{ kg (carga en el eje más pesado).}$$

Según la AASTHO la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, por lo que el refuerzo principal es perpendicular al tránsito vehicular.

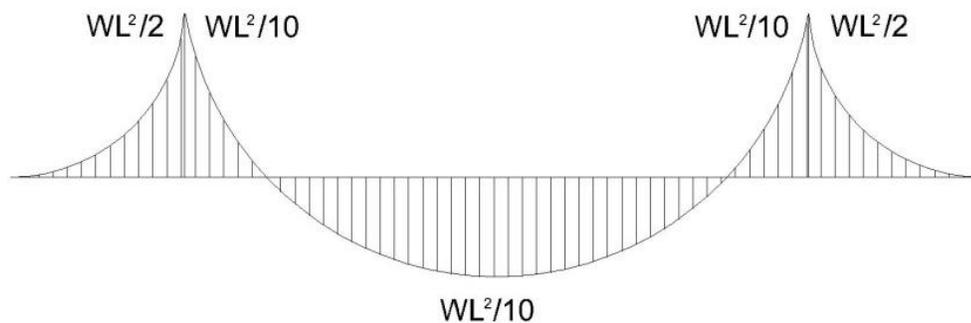
### 2.2.7.2.3. Cálculo de momentos

Los momentos que se analizarán son: momento por carga muerta, sobrecarga (carga viva) e impacto, obteniendo con ello el momento total con el cual se procederá posteriormente al cálculo del refuerzo.

### 2.2.7.2.4. Momento debido a la carga muerta

La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de la construcción incluyendo su estructura, estas cargas provocan momentos en la estructura por lo que se analiza para determinar los momentos máximos.

Figura 9. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$M_{CM} = W_{CM} * \frac{S^2}{10} \quad \text{ó} \quad W_{CM} * L^2/2$$

Donde:

$W_{CM}$  = carga muerta total (543,60 kg/ m)

S = distancia entre vigas (1,80 m)

L = longitud de voladizo (1,20 m).

$$M_{CM} = \frac{659,68 * 1,80^2}{10} = 213,74 \text{ kg} - m$$

$$M_{CM} = \frac{659,68 * 1,20^2}{2} = 474,97 \text{ kg} - m$$

Se toma el mayor que es 474,97 kg-m.

- Momento debido a la sobrecarga

Según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, para refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, el momento por carga viva está dado por:

$$M_{CV} = [0,80 * (S + 2)/32] * P$$

Donde:

S = luz libre entre vigas (pies) = 5,904 pies

P = carga del eje más pesado (lb) = 12 000 lb.

$$M_{CV} = [0,80 * (5,904 + 2)/32] * 12000 = 2371,20 \text{ lb} - \text{pie} \cong 328,01 \text{ kg} - m$$

- Momento debido al impacto

Está especificado como un porcentaje de la carga viva y tiene que ser menor o igual al 30% de la misma, según AASHTO 3.8.2.1

$$I = 15,24/(S + 38)$$

Donde:

I = fracción de impacto

S = Luz entre vigas a ejes = 2,30 m.

$$I = \frac{15,24}{2,30 + 38} = 0,38 \cong 38 \% > 30\%$$

Como  $I = 38\% > I \text{ máx.}$ , se utilizará  $I = 30\%$

- Momento último

Según AASTHO 1.2.22, la ecuación se integra de la siguiente manera:

$$M_U = 1,3 * (M_{CM} + 5/3(M_{CV} * I))$$

Donde:

$M_{cm}$  = momento por carga muerta = 474,97 kg-m

$M_{cv}$  = momento por carga viva = 328,01 kg-m

I = impacto = 30%

$$M_U = 1,3 * \left( 474,97 + \frac{5}{3} * (328,01 * 1,30) \right) = 1541,36 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del peralte efectivo

El peralte efectivo se determina así:

$$d = t - \text{recubrimiento} - 1/2 \text{ diámetro}(\text{varilla No. 4})$$

$$d = 0,18 - 0,025 - \frac{0,0127}{2} = 0,1487 \text{ m.}$$

- Cálculo de refuerzo transversal cama inferior

Para calcular el área de acero se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'c}} \right] * \frac{0,85 f'c}{f_y}$$

Donde:

$$\emptyset = 0,85$$

$$M_u = 1541,36 \text{ kg-m}$$

$$d = 14,87 \text{ cm}$$

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

$$f'c = 281 \text{ kg/ cm}^2$$

$$f_y = 2\ 810 \text{ kg/ cm}^2$$

$$A_s = \left[ 100 * 14,87 - \sqrt{(100 * 14,87)^2 - \frac{1\ 541,36 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\ 810}$$

$$A_s = 4,17 \text{ cm}^2$$

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s\min}$ ) se aplica la siguiente ecuación:

$$A_{s\min} = \frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d =$$

$$A_{s\min} = \frac{0,80 \sqrt{281}}{2\ 810} * 100 * 14,87 = 7,09 \text{ cm}^2$$

Pero no menor de:

$$A_{s\min} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

$$A_{s\min} = \frac{14,10}{2\ 810} * 100 * 14,87 = 7,46 \text{ cm}^2$$

Para calcular el área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * \delta_{bal} * bd$$

$$\delta_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * \varepsilon_c * f'_c * E_s}{(\varepsilon_c * E_s + f_y) * f_y} = \frac{0,85 * 0,85 * 0,003 * 281 * 2,03 \times 10^6}{(0,003 * 2,03 \times 10^6 + 2810) * 2810} = 0,049$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * 0,049 * 100 * 14,87 = 36,43 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s_{\min}}$ ; entonces se utiliza  $A_{s_{\min}} = 7,46 \text{ cm}^2$

Espaciamiento entre varillas (S)  $\varnothing$  4

Donde:

$A_s$  = área de acero requerido

$A_{var}$  = área de la varilla a utilizar

S = espaciamento.

$$S = \frac{A_{var} * 100}{A_s} = \frac{1,27 * 100}{7,46} = 17,024 \text{ cm, como máximo}$$

Utilizar varillas  $\varnothing$  4 G 40 @ 0,16 m. refuerzo transversal cama inferior.

- Cálculo del refuerzo transversal cama superior

Para encontrar el área de acero ( $A_s$ ) se calcula el refuerzo por temperatura:

$$A_s = 0,002 * b * t$$

Donde:

b = base unitaria = 100 cm,

t = espesor = 18 cm,

$$A_s = 0,002 * 100 * 18 = 3,60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varillas (S) Ø 3

Donde:

$A_s$  = área de acero requerido

$A_{var}$  = área de la varilla a utilizar

S = espaciamento

$$S = \frac{A_{var} * 100}{A_s} = \frac{0,71 * 100}{3,60} = 19,72 \text{ cm, como máximo.}$$

Utilizar varillas Ø 3 G 40 @ 0,16 m, refuerzo transversal cama superior.

- Cálculo del refuerzo longitudinal cama superior e inferior

Para encontrar el área de acero ( $A_s$ ) según la AASTHO, recomienda que se calcule mediante la siguiente ecuación:

$$FL = \frac{220}{\sqrt{S}} < 67\%$$

S = luz libre entre vigas = 5,904 pies (1,80 m)

$$FL = \frac{220}{\sqrt{5,904}} = 90,54 > 67\%$$

Entonces se utiliza: 67%

$$A_s = 0,67 * A_{s_{trans,inf}}$$

$$A_s = 0,67 * 7,46 = 4,99 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varillas (S) Ø 3

Donde:

$A_s$  = área de acero requerido

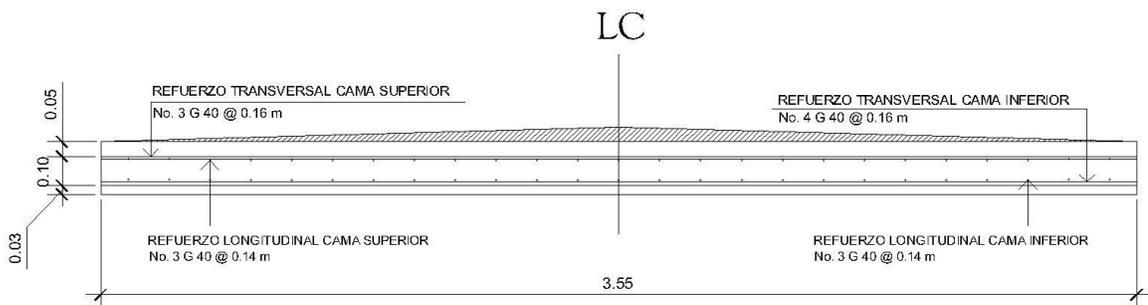
$A_{var}$  = área de la varilla a utilizar

$S$  = espaciamiento.

$$S = \frac{A_{var} * 100}{A_s} = \frac{0,71 * 100}{4,99} = 14,23 \text{ cm}$$

Utilizar varillas  $\varnothing$  3 G 40 @ 0,14 m, refuerzo longitudinal cama superior e inferior.

Figura 10. Esquema final armado de losa

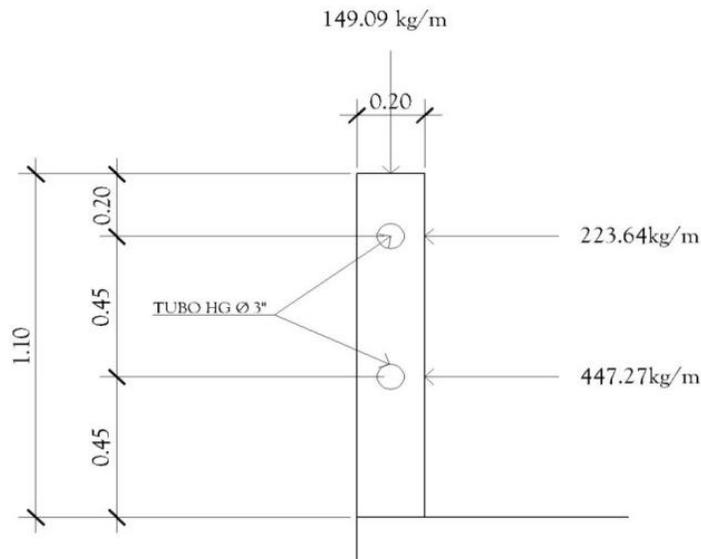


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.7.3. Diseño de barandal

Está formado por unidades longitudinales y protegen a los peatones. Las soportan postes de concreto reforzado que se diseñan para una carga de  $P/4$  de la carga estandarizada por AASHTO. Los postes de los pasamanos deben tener una altura mínima de 1,10 metros. Además de la carga del camión estandarizado, AASHTO recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie; una carga horizontal de 300 lb/pie que son producto de los peatones que circulan por la acera.

Figura 11. Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de pasamanos

Este se diseñará como una viga continua y se tomará la carga no mayor de 447,21 kilogramos por metro = 300 libras por pie, en el cual se colocarán tubos estándar de diámetro 3 pulgadas de hierro galvanizado, según AISC se tiene:

$$\phi_{ext} = 3,50$$

$$\phi_{int} = 3,50$$

$$I_{inercia} = 3,017 \text{ pulg}^4$$

Módulo de sección:

$$S = \frac{I_{inercia}}{C} = \frac{3,017}{1,75} = 1,724 \text{ pulg}^3$$

Análisis de resistencia de tubo:

$$M_u = S * f$$
$$f = 20\,000 \text{ lb/pulg}^2$$

$$M_u = 1,724 * 20\,000 = 34\,480 \text{ lb} - \text{pulg} \cong 2\,873,33 \text{ lb} - \text{pie}$$

Por ser tramos continuos se utiliza:

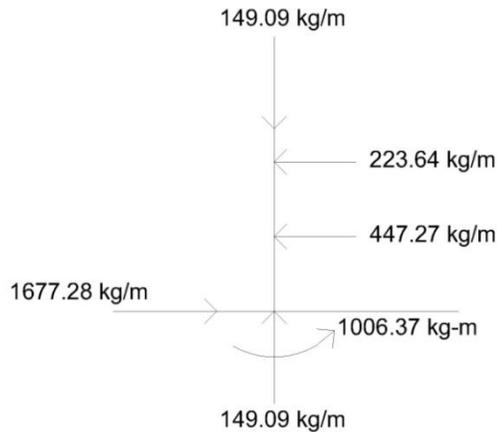
$$M_u = \frac{W * L^2}{10}$$
$$L = \sqrt{\frac{10 * M_u}{W}} = \sqrt{\frac{10 * 2\,873,33 \text{ lb} - \text{pie}}{300 \text{ lb/pie}}} = 9,79 \text{ pie} \cong 2,98 \text{ m}$$

Se distribuirán tubos de  $\varnothing 3''$  HG. entre postes con separación máxima de 2,50 metros.

- Diseño de postes

Se colocarán postes de concreto a cada 2,00 metros, cada uno se diseñará como una columna a flexocompresión, es decir que actúa sobre ella una carga axial más un momento flexionante; de acuerdo con el diagrama de cuerpo libre de cargas actuantes que se muestra en la siguiente figura.

Figura 12. Diagrama de cargas para diseño de postes



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se seguirá el procedimiento del ACI-318 05 para el diseño de columna a flexocompresión, calculando primero su esbeltez, para clasificar la columna.

Cálculo de esbeltez:

$$E = \frac{K * L_u}{r}$$

E = esbeltez de la columna

K = factor de longitud efectiva de la columna

Lu = luz de la columna

r = radio de giro (0,30 h).

$$K = \frac{20 * (1,10 + 0)^{\frac{1}{2}}}{20} = 1,05$$

$$r = 0,30 * 0,20 = 0,06$$

$$E = \frac{1,05 * 1,10}{0,06} = 19,25 < 21$$

Como su relación de esbeltez es menor que 21, se clasifica como una columna corta.

Proponiendo,  $\rho = 0,01$

$$A_s = \rho * A_g$$

$$A_s = 0,01 * 20 * 15 = 3 \text{ cm}^2$$

Utilizando 4  $\varnothing$  4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

$$A_{st} = 4 * 1,27 = 5,08 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{real} = \frac{5,08}{20 * 15} = 0,0169$$

Cálculo de resistencia a la compresión  $P_u$

$$\phi P_n = 0,80 * \phi [0,85 * f'_c * (A_g - A_{st}) + A_{st} * f_y]; \phi = 0,70$$

$$\phi P_n = 0,80 * 0,70 [0,85 * 210 * (20 * 15 - 5,08) + 5,08 * 2810]$$

$$\phi P_n = 37474,09 \text{ kg} > 372,73 \text{ kg}$$

Cálculo de resistencia al cortante del concreto  $V_c$

$$V_c = 0,53 \left( 1 + \frac{N_u}{140 * A_g} \right) * \sqrt{f'_c} * b d$$

$$V_c = 0,53 \left( 1 + \frac{37474,09}{140 * 20 * 15} \right) * \sqrt{210} * 15 * 17,5$$

$$V_c = 3814,97 \text{ kg} > 1677,28 \text{ kg}$$

Se armaron los postes con 4  $\varnothing$  4 y para cubrir corte, se necesita estribos  $\varnothing$  3 @ 10 cm.

Espaciamiento entre estribos:

$$= 48 \varnothing \text{ varilla estribo} = 48 * 0,95 = 45,60 \text{ cm.}$$

S = 16 Ø varilla long. = 16\*1,27 = 20,32 cm.

= lado menor = 15 cm.

Utilizar estribos Ø 3 G 40 @ 0,15 m.

Cálculo de resistencia al momento Mu:

$$M_n = \phi * \left[ A_s * f_y * d - \left( \frac{A_s^2 * f_y^2}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]; \phi = 0,70$$

$$M_n = 0,70 * \left[ 5,08 * 2810 * 17,5 - \left( \frac{5,08^2 * 2810^2}{1,7 * 210 * 15} \right) \right]$$

$$M_n = 148\,229,71 \text{ kg} - \text{cm} \cong 1\,482,29 \text{ kg} - \text{m} > 1\,006,37 \text{ kg} - \text{m}$$

Se utilizará para el armado de la columna del barandal varillas 4 Ø 4 G 40 + estribos Ø 3 G 40 @ 0. 15 m.

#### 2.2.7.4. Diseño del diafragma

Los diafragmas son vigas secundarias que sirven para transmitir cargas de la losa a las vigas principales y rigidizar el sistema ante cargas laterales. Se deben utilizar en los extremos ó al centro.

Para luces mayores de 12 metros se recomiendan intermedios y externos, en el punto de máximo momento positivo según AASHTO 8.1.2. y define los peraltes mínimos para diafragmas; tanto internos, como externos, de la siguiente manera: los diafragmas exteriores serán como mínimo de 1/2 de la altura de la viga principal, pero no menor de 50 centímetros; los diafragmas interiores serán de 3/4 de la altura de la viga principal.

Según AASTHO, el predimensionamiento de la sección de los diafragmas se hará de la siguiente manera:

## Dimensionamiento

Para este diseño se usaron dos diafragmas exteriores y uno interior, debido a la luz del tramo de 14,00 metros. Los diafragmas exteriores se calculan con una altura de medio peralte de la viga principal. El ancho de los diafragmas es generalmente de 30 centímetros. Recubrimiento = 5 centímetros AASHTO 8.19.3.

### 2.2.7.4.1. Diafragma externo

La altura del diafragma externo según AASHTO debe ser 1/2 de la altura de las vigas, pero no menor de 0,50 m y un base mínima de 0,30 m.

$$\begin{aligned}h_{ext.} &= 0,50 * h_{viga\ prin,} \\h_{viga\ prin,} &= 1,00\ m \\h_{ext,} &= 0,50 * 1,00 = 0,50\ m \\b_{ext,} &= 0,30\ m\end{aligned}$$

De acuerdo con especificaciones AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo ( $A_{s\min}$ ) requerido por la sección.

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s\min}$ ) se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$A_{s\min} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

Pero no menor que:

$$A_{s\min} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

Cálculo del peralte efectivo:

$$d = (h_{ext} - \text{recubrimiento inf} - \frac{\emptyset\#6}{2})$$

$$d = \left( 50 - 5 - \frac{1,59}{2} \right) = 44,20 \text{ cm}$$

Cálculo del acero mínimo  $A_{s\text{mín}}$ :

$$A_{s\text{mín}} = \frac{0,80\sqrt{210}}{2810} * 30 * 44,20 = 5,48 \text{ cm}^2$$

Pero no menor que:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,10}{2810} * 30 * 44,20 = 6,65 \text{ cm}^2$$

Utilizar 4  $\emptyset$  5 G40 corridas tanto en la cama superior como en la inferior.

Debe colocarse un refuerzo adicional en cada cara del elemento, equivalente a 0,25 pulgadas cuadradas por cada pie de alto, equivalente a una varilla  $\emptyset$  5 en cada lado.

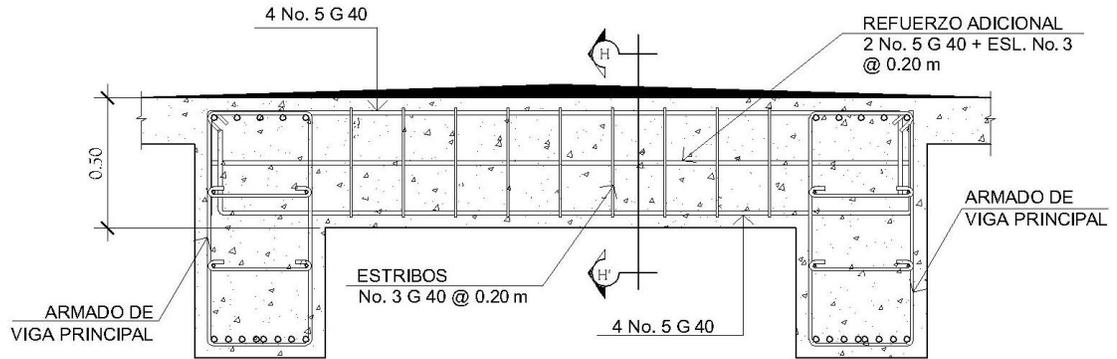
Para el refuerzo transversal, se colocará diámetro mínimo a  $S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$

$$S_{ref,trans,} = \frac{d}{2} \leq 0,30 \text{ cm máximo}$$

$$S_{ref,trans,} = \frac{44,20}{2} = 22,10 \text{ cm}$$

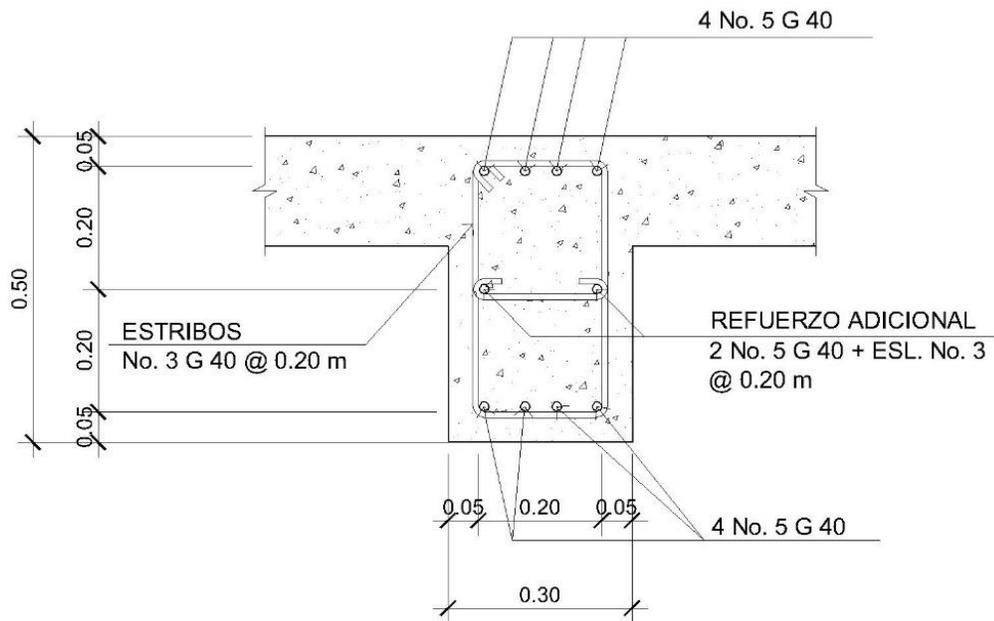
Utilizar estribos  $\emptyset$  3 G 40 @ 0,20 m.

**Figura 13. Armado de diafragma exterior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

**Figura 14. Sección de diafragma exterior**



**SECCION E-E' (DIAFRAGMA EXTERIOR)**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.7.4.2. Diafragma interior

La altura del diafragma interior según AASHTO debe ser 3/4 de la altura de las vigas y una base mínima de 30 centímetros.

$$h_{diaf,int} = \frac{3}{4} * h_{viga\ principal}$$

$$h_{diaf,int} = \frac{3}{4} * 1,00 = 0,75\ m$$

$$b_{diaf,int} = 0,30\ m$$

De acuerdo con especificaciones AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo ( $A_{s\min}$ ) requerido por la sección.

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s\min}$ ) se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$A_{s\min} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

Pero no menor que:

$$A_{s\min} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

- Cálculo del peralte efectivo

$$d = (h_{int} - \text{recubrimiento inf} - \frac{\emptyset\#6}{2})$$

$$d = \left(75 - 5 - \frac{1,91}{2}\right) = 69,05\ cm$$

Cálculo del acero mínimo  $A_{s\min}$ :

$$A_{s\min} = \frac{0,80\sqrt{210}}{2\ 810} * 30 * 69,05 = 8,55\ cm^2$$

Pero no menor que:

$$A_{s_{min}} = \frac{14,10}{2810} * 30 * 69,05 = 10,39 \text{ cm}^2$$

Utilizar 4 Ø 6 G40 corridas tanto en la cama superior como en la inferior.

Debe colocarse un refuerzo adicional en cada cara del elemento, equivalente a 0,25 pulgadas cuadradas por cada pie de alto, equivalente a una varilla Ø 5 en cada lado.

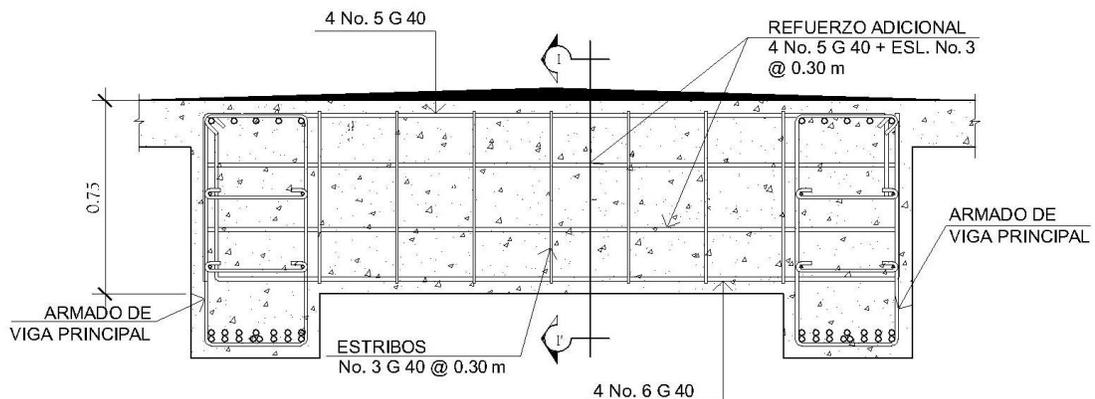
Para el refuerzo transversal, se colocará diámetro mínimo a  $S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$

$$S_{ref,trans,} = \frac{d}{2} \leq 0,30 \text{ cm m\acute{a}ximo}$$

$$S_{ref,trans,} = \frac{69,05}{2} = 34,53 \text{ cm}$$

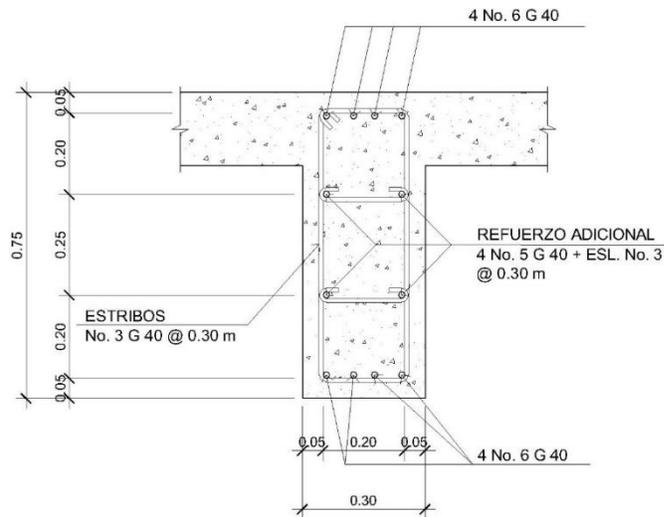
Utilizar estribos Ø 3 G 40 @ 0,30 m.

Figura 15. Armado de diafragma interior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 16. **Sección de diafragma interior**



SECCION I-I' (DIAFRAGMA INTERIOR)

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.7.5. **Diseño de vigas principales**

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que transmiten las cargas externas transversales hacia los apoyos; tanto carga muerta como carga viva que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes. Además, las vigas de concreto para superestructuras de puentes, pueden ser vigas reforzadas para luces cortas y preesforzadas para luces grandes. La cantidad de vigas que se diseñarán dependerá del ancho de rodadura del puente. En este proyecto se diseñarán dos vigas por ser el puente de un solo carril.

El análisis de la carga viva para las vigas comprende dos tipos diferentes de cargas. Para las superestructuras simplemente apoyadas de luces iguales o menores de 25 metros, la carga que produce mayores efectos es la carga de

camión y no la carga de pista; por lo que para este estudio no fue tomada en cuenta esta última.

### 2.2.7.5.1. Cálculo de momento por carga muerta

El primer paso por realizar para determinar los momentos debidos a carga muerta es la integración de cargas muertas. En la integración de estas cargas se toman en cuenta el peso de la losa, carpeta de concreto, barandal, y viga como cargas distribuidas y el peso de los diafragmas como una carga puntual.

Integración de cargas.

Carga muerta:

$$W_{losa} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,18 \text{ m} * 5,20 \text{ m} = \frac{2\,246,40}{2} = 1\,123,20 \text{ kg/m}$$

$$W_{asfalto} = 2\,100 \text{ kg/m}^3 * 0,05 \text{ m} * 3,55 \text{ m} = \frac{372,75}{2} = 186,38 \text{ kg/m}$$

$$W_{barandal} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,20 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 1,10 \text{ m} = \frac{79,20}{2} = 39,60 \text{ kg/m}$$

$$W_{banqueta} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,15 \text{ m} * 0,80 \text{ m} * 2 = \frac{576,00}{2} = 288,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 1,00 \text{ m} * 0,50 \text{ m} = 1200,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{CM\ total} = 2\,837,18 \text{ kg/m}$$

El peso de los diafragmas se toma como carga puntual.

$$W_{Diaf,ext} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,50 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * (1,80 + 2 * 0,50)/2 = 504,00 \text{ kg}$$

$$W_{Diaf,int} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,75 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * (1,80 + 2 * 0,50)/2 = 756,00 \text{ kg}$$

$$M_{CM} = \left( \frac{W_{CM\ total} * L^2}{8} \right) + P_{di} * a_{di} + P_{de} * a_{de}$$

Donde:

$W_{cm\ total}$  = carga muerta total = 2837,18 kg/m

L = longitud de la viga principal = 14,00 m

$P_{di}$  = carga de diafragma interior = 756,00 kg

$P_{de}$  = carga de diafragma exterior = 1008,00 kg

$a_{di}$  = distancia al apoyo diaf, int, = 7,00 m

$a_{de}$  = distancia al apoyo diaf, ext, = 3,5 m

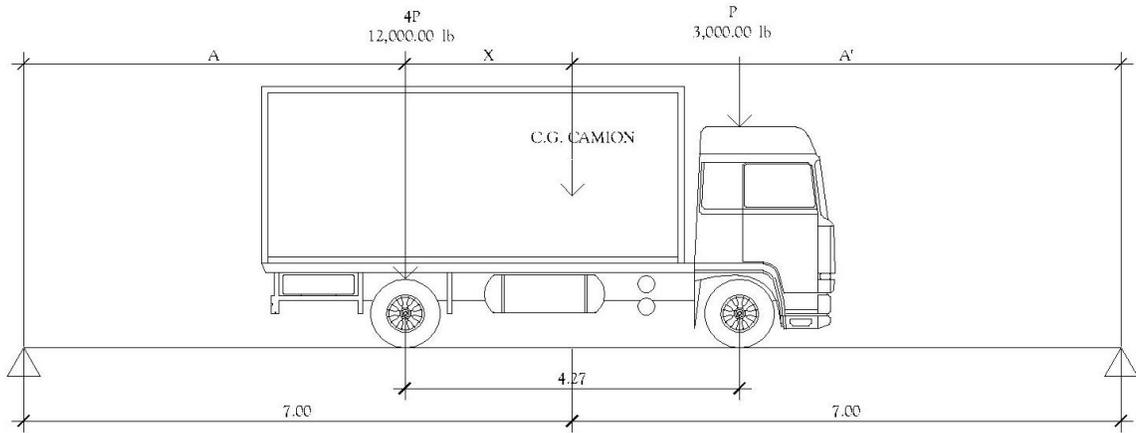
$$M_{CM} = \left( \frac{2837,18 * 14,00^2}{8} \right) + 756,00 * 7,00 + 1008,00 * 3,50 = 78\ 330,91\ kg - m$$

- Cálculo de momento por sobrecarga

Según especificaciones AASTHO, el momento máximo por sobrecarga se presenta cuando el camión se encuentra ubicado a lo largo del puente 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 su centro de gravedad de otro apoyo.

Figura 17. Diagrama de carga viva sobre viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$P_1 = 12\ 000,00\ lb = 5\ 443,00\ kg$$

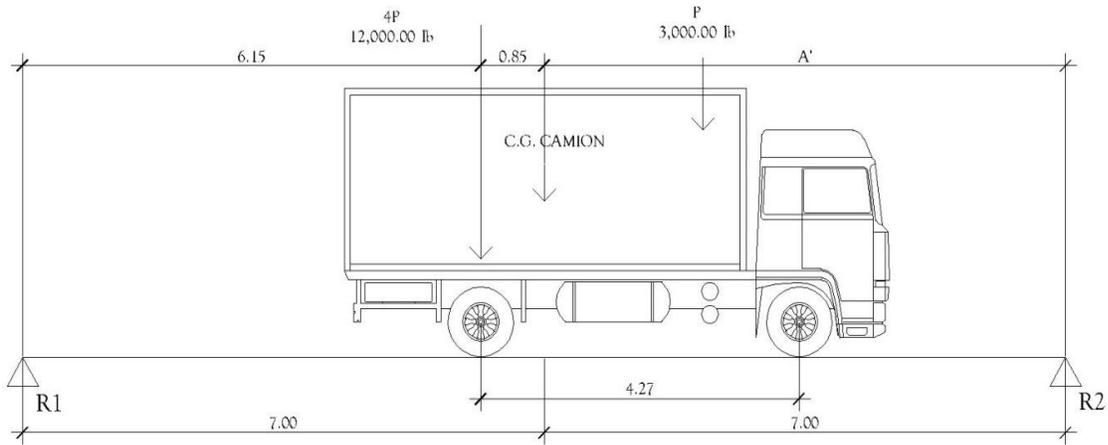
$$P_2 = 3\ 000,00\ lb = 1\ 361,00\ kg$$

Encontrando los valores de "A" y "X", se hace sumatoria de momentos con respecto al "Cg".

$$\begin{aligned} \sum M_{cg} &= 0 + \overset{\curvearrowright}{\downarrow} \overset{\curvearrowleft}{\uparrow} \\ -P_2 * (4.27 - X) + P_1 * X &= 0 \\ -1\ 361 * (4.27 - X) + 5\ 443 * X &= 0 \\ X &= 0,85\ m \\ A + X &= 7,00\ m \\ A &= 7,00 - 0,85 \\ A &= 6,15 \end{aligned}$$

Para encontrar la reacción R2, se debe hacer sumatoria de momentos con respecto a la reacción R1.

Figura 18. Diagrama de fuerzas por cargas vivas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\sum M_{R_1} = 0 + \begin{matrix} \leftarrow \\ \downarrow \\ \rightarrow \end{matrix}$$

$$-P_1 * (6,15) - P_2 * (6,15 + 4,27) + R_2 * 14 = 0$$

$$-5\,443 * (6,15) - 1\,361 * (6,15 + 4,27) + R_2 * 14 = 0$$

$$R_2 = 3\,404,01 \text{ kg}$$

$$\sum F_Y = 0 + \uparrow$$

$$R_1 - P_1 - P_2 + R_2 = 0$$

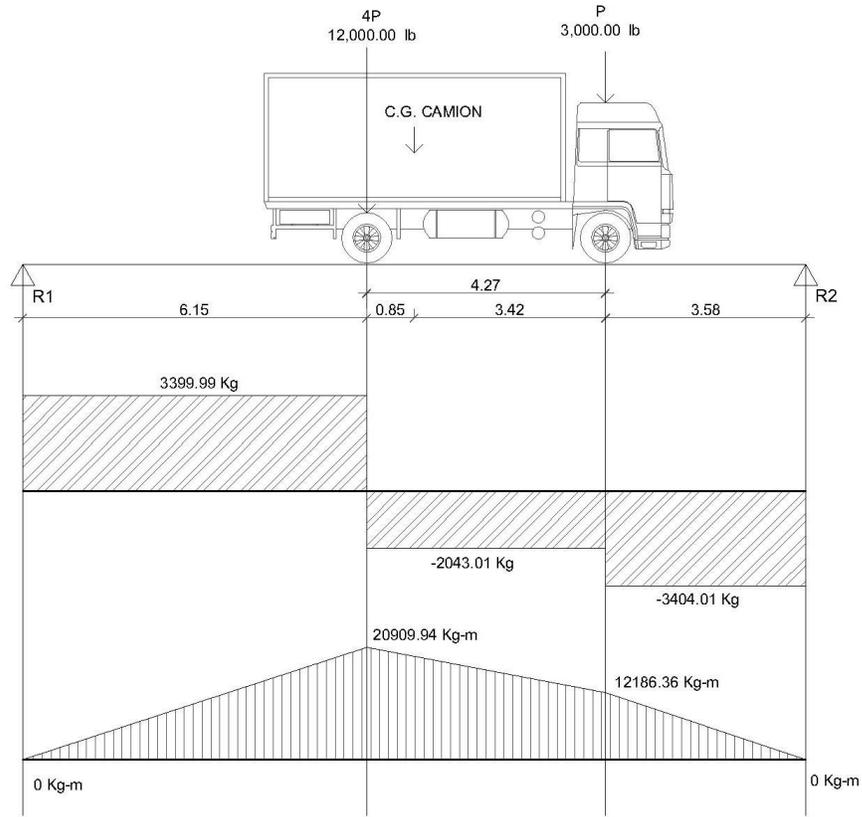
$$R_1 - 5\,443,00 - 1\,361,00 + 3\,404,01 = 0$$

$$R_1 = 3\,399,99 \text{ kg}$$

El momento máximo por sobrecarga, se calcula haciendo sumatoria de momentos en el eje más cercano al centro de gravedad.

$$M_{m\acute{a}x \text{ CV}} = 3\,399,99 * 6,15 = 20\,909,94 \text{ kg} - m$$

Figura 19. Diagrama de corte y momento producido por carga viva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de momento debido al impacto

Los camiones aplican cargas dinámicas violentas a los puentes; esto produce incrementos en las fuerzas internas de la estructura. Está especificado como un porcentaje de la carga viva y este debe ser menor o igual al 30% según AASTHO 3.8.2.1

$$I = \left( \frac{15,24}{L + 38} \right) \leq 30 \%$$

L = luz del puente = 14,00 m

$$I = \left( \frac{15,24}{14 + 38} \right) = 0,2930 \cong 29\% \text{ como es } < 30\%$$

Se toma este valor

Factor de distribución

La fracción de la carga de la rueda que absorbe cada viga es:

$S / 1,75$  en donde S es la separación máxima entre vigas.

$$FD = \frac{1,80}{1,75} = 1,03$$

- Cálculo del momento total

El momento máximo o último en las vigas se utilizará, posteriormente, para calcular el refuerzo longitudinal y transversal; el cálculo de momento máximo se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$M_u = 1,3 \left( M_{CM} + \frac{5}{3} (M_{CV} * I * FD) \right)$$

Donde:

$M_u$  = momento último (kg-m)

$M_{CM}$  = momento por carga muerta (kg-m)

$M_{CV}$  = momento por carga viva (kg-m)

I = impacto ( $\leq 30\%$ )

FD = factor de distribución

$$M_u = 1,3 \left( 78\,330,91 + \frac{5}{3} (20\,909,94 * 1,29 * 1,03) \right)$$

$$M_u = 162\,026,76 \text{ kg} - \text{m}$$

### 2.2.7.5.2. Cálculo del refuerzo longitudinal y transversal

Este cálculo se realiza para determinar la cantidad de acero que se puede utilizar en la viga tanto en forma longitudinal como transversal, para esto debe de cumplir con las siguientes comprobaciones.

Para el refuerzo en el centro de la viga se tiene:

$$M_u = 162026.76 \text{ kg-m}$$

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

$$h = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 95 \text{ cm.}$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y (\text{G40}) = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular el área de acero ( $A_s$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

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

$$A_s = \left[ 50 * 95 - \sqrt{(50 * 95)^2 - \frac{162026,76 * 50}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2810}$$

$$A_s = 74,27 \text{ cm}^2$$

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s\text{mín}}$ ) se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

Pero no menor que:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80\sqrt{281}}{2810} * 50 * 95 = 22,67 \text{ cm}^2$$

Pero no menor que:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2810} * 50 * 95 = 23,83 \text{ cm}^2$$

Para calcular el área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * \rho_{bal} * b * d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * \epsilon_c * f'c * E_s}{(\epsilon_c * E_s + f_y) * f_y}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 0,003 * 281 * 2,03 \times 10^6}{(0,003 * 2,03 \times 10^6 + 2810) * 2810} = 0,049$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * 0,049 * 50 * 95 = 116,38 \text{ cm}^2$$

Como  $A_{s_{\min}} < A_s < A_{s_{\max}}$ ; entonces se utiliza  $A_s = 74,27 \text{ cm}^2$ , equivalente a  $15 \text{ } \varnothing 8 = 76,05 \text{ cm}^2$ .

- Armado de viga principal

Refuerzo cama superior (refuerzo por sismo):

$$A_{s_{\min}} = 23,83 \text{ cm}^2$$

$$33\%A_s = 0,33 * 76,05 = 25,10 \text{ cm}^2$$

Utilizar 33 por ciento del  $A_s$ , equivalente a 5  $\varnothing$  8 G 40 corridos cama superior =  $25.34\text{cm}^2$ .

Refuerzo cama inferior (refuerzo calculado en apoyos):

$$A_{s_{\min}} = 23,83\text{cm}^2$$

$$50\%A_s = 0,50 * 76,05 = 38,03 \text{ cm}^2$$

Utilizar 50 por ciento del  $A_s$  equivalente a 8  $\varnothing$  8 G 40 corridos en cama inferior =  $40,54 \text{ cm}^2$ .

Refuerzo adicional, 0,25 pulgadas cuadradas por cada pie de alto.

$A_{s_{\text{ref.adicional}}}$  = Equivalente a 1 varilla  $\varnothing$  5 G 40 corrido como refuerzo adicional a cada 30 centímetros como máximo en cada cara.

Refuerzo cama inferior (en  $L/2$  medidos del centro hacia los apoyos).

$$A_{s_{\text{faltante por cubrir}}} = 76,05 - 40,54 = 35,51 \text{ cm}^2$$

Utilizar 7  $\varnothing$  8 G 40, con longitud de  $L/2$  + longitud de desarrollo como bastones, ver elevación en página 117.

Longitud de desarrollo AASTHO 8.24.1.2. Se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria a partir del punto donde se requieran por diseño, la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento; 15 diámetros de la barra o la luz/20.

$$d = 95 \text{ cm}$$

$$15\varnothing_b = 15 * 2,54 = 38,10 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{20} = \frac{1400}{20} = 70 \text{ cm}$$

Se toma la mayor, por lo tanto, la longitud de desarrollo es 95 cm.

Cálculo del cortante

Carga muerta

El esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{CM} = \frac{W_{CM\ total} * L}{2} + \frac{P}{2}$$

Donde:

$W_{cm, total}$  = carga muerta total = 2 837,18 kg/m,

$L$  = longitud de la viga principal = 14,00 m

$P$  = carga del diafragma =  $D_{int} + D_{ext} = 756,00 + 1\ 008,00 = 1764,00$  kg

$$V_{CM} = \frac{2\ 837,18 * 14,00}{2} + \frac{1\ 764,00}{2} = 20\ 742,26\ kg$$

Impacto:

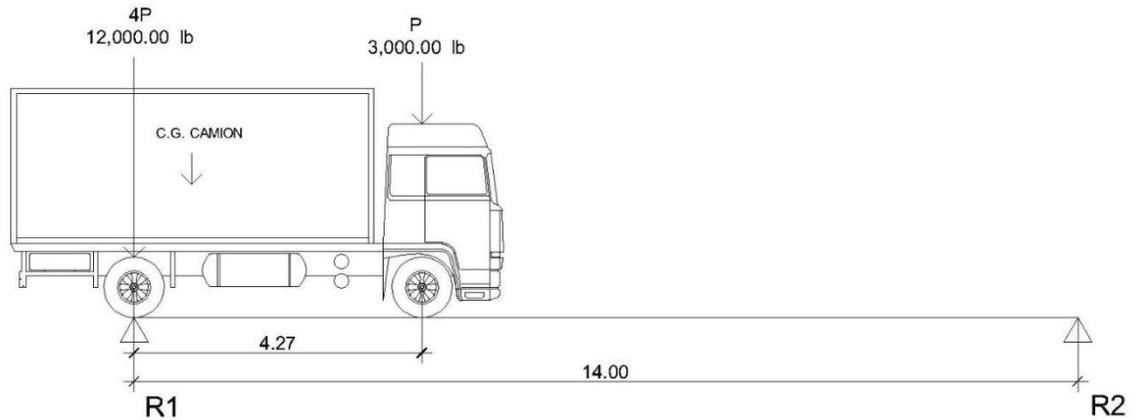
$$I = \left( \frac{15,24}{L + 38} \right) \leq 30\%$$

$$I = \left( \frac{15,24}{14,00 + 38} \right) = 0,2931 \cong 29\% < 30\%$$

Sobrecarga

El corte máximo por sobrecarga ocurre cuando la carga mayor del camión se encuentra sobre el apoyo.

Figura 20. Diagrama de posición de camión que produce el cortante máximo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Carga por factor de distribución:

$$P_1 = 5\,443,16 * 1,03 = 5\,606,45$$

$$P_2 = 1\,360,79 * 1,03 = 1\,401,61$$

Para encontrar el cortante máximo ( $V_{\text{máx}}$ ) se hace sumatoria de momentos en R2.

$$\sum M_{R_2} = 0 + \begin{matrix} \rightarrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \leftarrow \end{matrix}$$

$$R_1 * 14 - 5\,606,45 * 14,00 - 1\,401,61 * (14,00 - 4,27) = 0$$

$$14 * R_1 = 92\,127,97$$

$$R_1 = 6\,580,57 \text{ kg}$$

$$\sum Fy = 0 + \uparrow$$

$$R_1 - P_1 - P_2 + R_2 = 0$$

$$6\,580,57 - 5\,606,45 - 1\,401,61 + R_2 = 0$$

$$R_2 = 427,49$$

Cálculo del cortante último para viga principal:

$$V_u = 1,3 \left( V_{CM} + \frac{5}{3} (V_{CV} * I) \right)$$

Donde:

$V_u$  = cortante último (kg)

$V_{cm}$  = cortante por carga muerta (kg)

$V_{cv}$  = cortante por carga viva (kg)

$I$  = impacto.

$$V_u = 1,3 \left( 20\,742,26 + \frac{5}{3} (6\,580,57 * 1,29) \right) = 45\,357,63 \text{ kg}$$

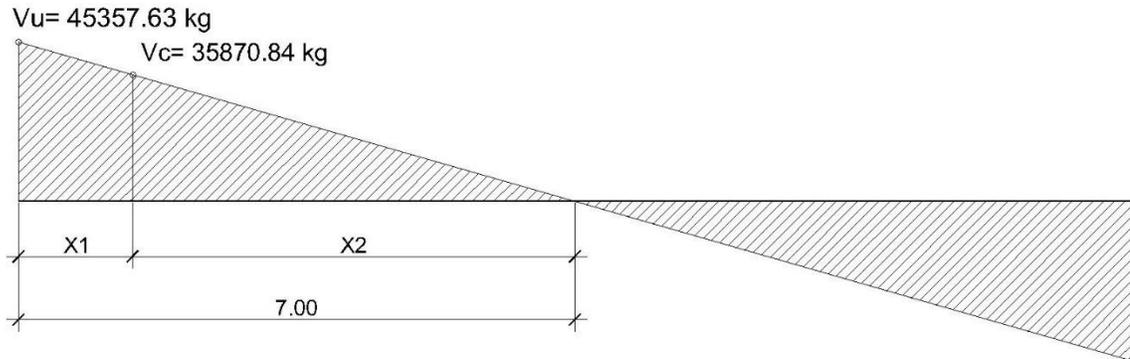
Corte que resiste el concreto:

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

$$V_c = 0,85 * 0,53 \sqrt{281} * 50 * 95$$

$$V_c = 35\,870,84 \text{ kg}$$

Figura 21. Diagrama para relación de corte en viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$X_1$  = Distancia donde se debe reforzar por corte (zona de confinamiento)

$X_2$  = Distancia donde se debe colocar refuerzo mínimo.

Relación de triángulos:

$$\frac{7}{45\,357,63} = \frac{X_2}{35\,870,84}$$

$$X_2 = 5,54 \text{ m}$$

$$X_1 = 7 - 5,54 = 1,46 \text{ m} \approx 1,50 \text{ m (zona de confinamiento)}$$

Cálculo del refuerzo a corte

Espaciamiento de refuerzo en zona de confinamiento (varillas  $\varnothing 4$ )

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_u}$$

$$S = \frac{2 * 1,27 * 2\,810 * 95}{45\,357,63} = 14,95 \text{ cm} \approx 0,16 \text{ m}$$

Utilizar estribos  $\varnothing 4$  G 40 @ 0.14 metros.

Espaciamiento de estribos en zona no confinada.

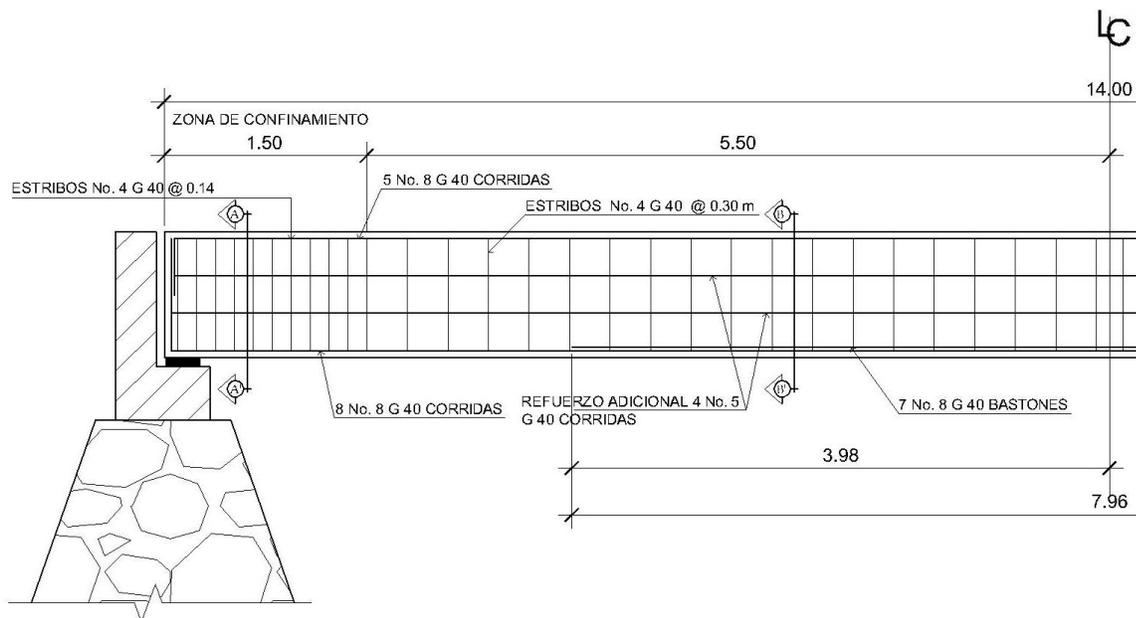
$$S_{\text{zona no confinada}} = \frac{d}{2} \leq 30 \text{ cm máximo}$$

$$S_{\text{zona no confinada}} = \frac{95}{2} = 42,5 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

Se toma la separación de 30 centímetros en la zona no confinada.

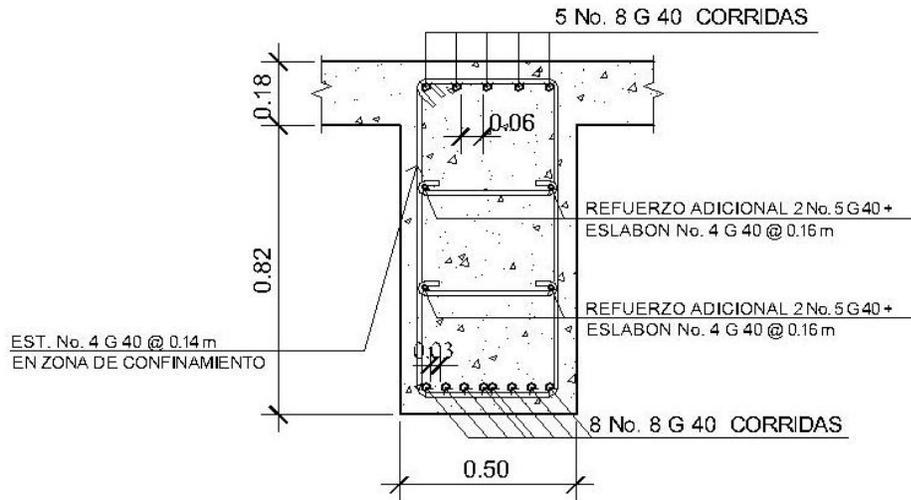
Utilizar estribos  $\varnothing 4$  G 40 @ 0,30 metros.

Figura 22. Armado de viga principal

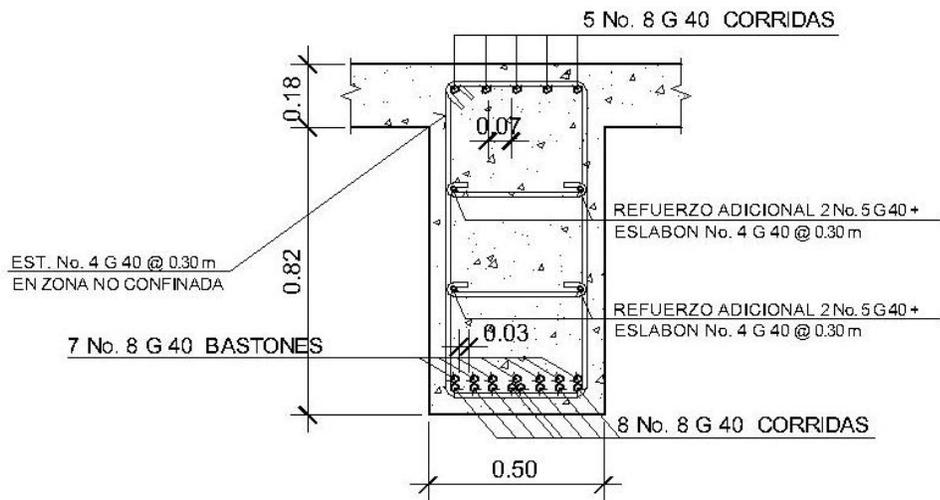


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 23. Secciones viga principal



SECCION A-A' (VIGA PRINCIPAL)



SECCION B-B' (VIGA PRINCIPAL)

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

## 2.2.8. Diseño de la subestructura

El diseño de la subestructura requiere mayores consideraciones por estar expuesta a varios tipos de carga, como la de la superestructura, de agua, de relleno y del suelo de cimentación. Con sus tipos de falla respectivos, como volteo, deslizamiento y presión portante, la subestructura estará compuesta por los elementos siguientes: cortina, vigas de apoyo, estribos.

### 2.2.8.1. Diseño de la cortina

Sirve para detener el relleno en sentido longitudinal, se considera empotrado a la viga de apoyo; el alto depende de la altura de la viga principal del puente.

- Predimensionamiento de cortina

La cortina se diseñará a flexión y corte. Sobre ésta actúan fuerzas de empuje de tierra (E), fuerza de sismo (S), fuerza longitudinal (FL). La cortina debe diseñarse para tener un equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de 480 kilogramos por metro cúbico según especificaciones AASTHO 1.1.19.

$$b_{cortina} = 0,30 \text{ m mínimo}$$
$$H_{cortina} = H_{viga\ principal} = 1,00 \text{ m}$$

- Cálculo de la fuerza de sismo

$$S_{sismo} = 0,12 * W$$
$$W = \text{Peso de la viga de apoyo} + \text{cortina}$$
$$W = [(2\ 400 * 0,70 * ,40) + (2\ 400 * 0,30 * 1,00)]$$

$$W = 1\,392,00 \text{ kg}$$

$$S_{sismo} = 0,12 * 1\,392,00 = 167,04 \text{ kg}$$

- Cálculo de la fuerza longitudinal

Esta será producida por las llantas del camión en el terraplén o aproche, la cual es transmitida a la cortina de la siguiente manera:

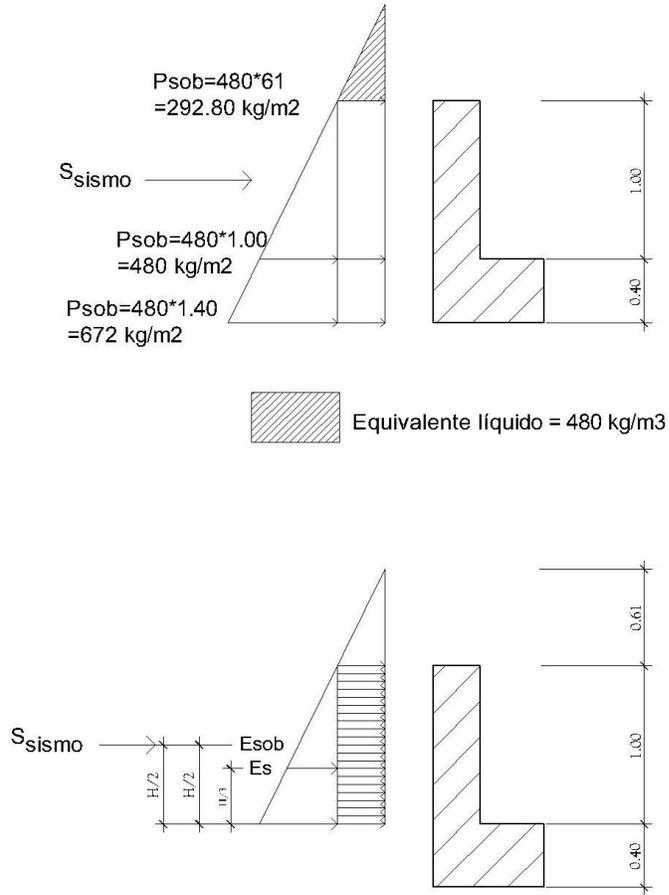
$$FL = 0,05 * \frac{P}{2H}$$

P = Peso del camión = 5 443,16 kg (12 000 lb)

H = altura de cortina = 1,00 m,

$$FL = 0,05 * \frac{5\,443,16}{2 * 1,00} = 136,08 \text{ kg}$$

Figura 24. Empuje sobre la cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de fuerza debido al empuje de tierra

$$E = E_s + E_{sob}$$

Donde:

$E_s$  = Empuje de la tierra sobre la cortina.

$E_{sob}$  = Sobrecarga del suelo equivalente líquido de 2 pies de alto con una presión de 480 kilogramos por metro cúbico.

$$E_s = P_s \left( \frac{H}{2} \right)$$

$$E_s = 480 \left( \frac{1,00}{2} \right) = 240 \text{ kg/m}$$

$$E_{sob} = P_s * H_{cortina}$$

$$E_{sob} = 480 * 0,61 * 1,00 = 292,80 \text{ k/m}$$

$$E = 240,00 + 292,80 = 532,80 \text{ k/m}$$

- Cálculo de momentos

$$M_{Esob} = E_{sob} * \text{centroide de figura}$$

$$M_{Esob} = 292,80 * \frac{1,00}{2} = 146,40 \text{ kg} - m$$

$$M_{Es} = E_s * \text{centroide de figura}$$

$$M_{Es} = 240 * \frac{1,00}{3} = 80,00 \text{ kg} - m$$

$$M_s = S_{sismo} * \text{centroide de figura}$$

$$M_s = 167,04 * \frac{1,00}{2} = 83,52 \text{ kg} - m$$

$$M_{FL} = FL * \text{centroide de figura}$$

$$M_{FL} = 136,08 * \frac{1,00}{2} = 68,04 \text{ kg} - m$$

Combinación de cargas para momentos

Según la AASHTO 3.22.1, cuando existe sismo se deberá comparar las ecuaciones del grupo III y grupo VII para aplicar la más crítica.

$$\text{Grupo III} = 1.3 * (M_{Esob} + M_{Es} + M_{FL})$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 * (M_{Esob} + M_{Es} + M_s)$$

Donde:

$M_{Esob}$  = Momento debido a la sobrecarga de 2 pies aplicada al centro de la cortina.

$M_{Es}$  = Momento debido a la carga de suelo aplicada a un tercio de la cortina.

$M_{FL}$  = Momento debido a la fuerza longitudinal aplicada en toda la cortina.

$M_s$  = Momento debido a la fuerza de sismo aplicada al centro de la cortina.

$$\text{GRUPO III} = 1,3 \cdot (146,40 + 80,00 + 68,04)$$

$$\text{GRUPO III} = 382,77 \text{ kg-m}$$

$$\text{GRUPO VII} = 1,3 \cdot (146,40 + 80,00 + 83,52)$$

$$\text{GRUPO VII} = 402,89 \text{ kg-m}$$

Se toma el mayor.

Cálculo del refuerzo por flexión en cortina

$$M_u = 402,89 \text{ kg} - m$$

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

$$d = 27,50 \text{ cm}$$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

Para calcular el área de acero ( $A_s$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'c}} \right] * \frac{0,85 f'c}{fy}$$

$$As = \left[ 100 * 27,50 - \sqrt{(100 * 27,50)^2 - \frac{402,89 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2810}$$

$$As = 0,58 cm^2$$

Para calcular el área de acero mínimo ( $As_{\min}$ ) se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$As_{\min} = \frac{0,80 \sqrt{f'c}}{fy} * b * d$$

Pero no menor que:

$$As_{\min} = \frac{14,10}{fy} * b * d$$

$$As_{\min} = \frac{0,80 \sqrt{281}}{2810} * 100 * 27,50 = 13,12 cm^2$$

Pero no menor que:

$$As_{\min} = \frac{14,10}{2810} * 100 * 27,50 = 13,80 cm^2$$

Para calcular el área de acero máximo ( $As_{\max}$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$As_{\max} = 0,50 * \rho_{bal} * b * d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * \epsilon_c * f'c * E_s}{(\epsilon_c * E_s + fy) * fy}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 0,003 * 281 * 2,03 \times 10^6}{(0,003 * 2,03 \times 10^6 + 2810) * 2810} = 0,049$$

$$As_{\max} = 0,50 * 0,049 * 100 * 27,50 = 67,38 cm^2$$

Como  $As < As_{\min} < As_{\max}$ ; entonces se utiliza  $As_{\min} = 13,80 cm^2$

Espaciamiento entre varillas (S)  $\varnothing$  6

$As =$  Área de acero requerido =  $13,80 cm^2$

$A_{varilla} =$  Área de la varilla a utilizar =  $2,85 cm^2$

S = Espaciamiento.

$$S = \frac{A_{var} * 100}{A_s} = \frac{2,85 * 100}{13,80} = 20,65 \text{ cm} \cong 0,20 \text{ m}$$

Utilizar varillas  $\varnothing$  6 G 40 @ 0,20 m, colocar en ambas caras de la cortina, refuerzo principal.

- Combinación de cargas para corte

Según la AASTHO 3.22.1, cuando existe sismo se debe comparar las ecuaciones del grupo III y grupo VII, para aplicar la más crítica.

$$\text{Grupo III} = 1,3*(E+FL)$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3*(E+S)$$

Donde:

E = Empuje

FL = Fuerza longitudinal

S = Sismo

$$\text{Grupo III} = 1,3*(532,80+136,08)$$

$$\text{Grupo III} = 869,54 \text{ kg}$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3*(532,80+167,04)$$

$$\text{Grupo VII} = 909,79 \text{ kg}$$

Se toma el mayor.

Corte que resiste el concreto:

$$V_c = \varnothing * 0,53\sqrt{f'c}bd$$

$$V_c = 0,85 * 0,53\sqrt{281} * 100 * 27,50$$

$$V_c = 20767,33 \text{ kg}$$

Debido a que el  $V_c > V_{m\acute{a}x}$ , el concreto resiste el cortante. Se colocará refuerzo mínimo al cortante.

Para el espaciamiento mínimo se calcula el área de la varilla necesaria por ACI 11.4.7.2.

$$A_v = \frac{V_u * S}{f_y * d}$$

Donde:

S = Espaciamiento (cm)

$A_v$  = Área de acero de la varilla (cm<sup>2</sup>)

d = Peralte efectivo (cm)

$f_y$  = Fluencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>)

$V_u$  = Cortante último (kg)

$$A_v = \frac{909,79 * 30}{2810 * 27,50} = 0,35 \text{ cm}^2$$

Utilizar varillas Núm. 3 G 40 @ 0,30 m. colocar en ambas caras de la cortina refuerzo por corte.

### **2.2.8.2. Diseño de la viga de apoyo**

Como va apoyada a lo largo de todo el estribo no hay flexión, solo se revisa por aplastamiento. Se coloca  $A_s$  mínimo.

## Predimensionamiento de la viga de apoyo

Esta irá apoyada a todo lo largo del estribo, se recomienda colocar para el armado acero mínimo. La viga de apoyo deberá tener una altura igual o mayor que 0.40 metros. Se chequeará por aplastamiento y se deberá colocar refuerzo por corte, refuerzo mínimo y espaciamiento máximo.

$$b_{\text{mínima}} = 2 \text{ cm por cada metro lineal de luz libre del puente } \text{ ó } 0,40 \text{ m}$$

$$b_{\text{mínima}} = 0,02 * 14,00 = 0,28 \text{ m} < 0,40 \text{ m entonces utilizar } 0,40 \text{ m}$$

$$b_{\text{total}} = b_{\text{mínima}} + b_{\text{cortina}}$$

$$b_{\text{total}} = 0,40 + 0,30 = 0,70 \text{ m}$$

$$H_{\text{mínima}} = 0,40 \text{ m}$$

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s\text{mín}}$ ) se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

Pero no menor que:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,10}{f_y} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{0,80\sqrt{281}}{2810} * 40 * 35 = 6,68 \text{ cm}^2$$

Pero no menor que:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,10}{2810} * 40 * 35 = 7,02 \text{ cm}^2$$

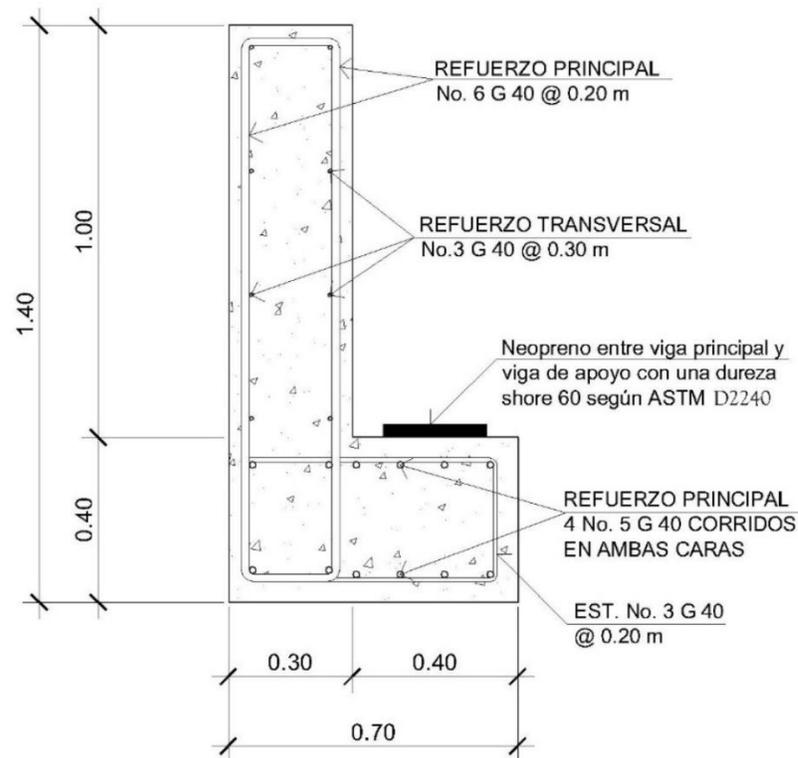
Utilizar 4  $\varnothing$  5 G 40 corridos en ambas camas de la viga de apoyo.

Para el refuerzo por corte se deberá colocar el refuerzo mínimo y espaciamiento máximo, pero a no menos de  $H/2$ , esto solo por seguridad:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{H}{2} = \frac{0,40}{2} = 0,20 \text{ m}$$

Utilizar estribos  $\varnothing 3 \text{ G } 40 @ 0.20 \text{ m}$ .

Figura 25. Detalle armado de cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.8.3. Diseño de la almohadilla neopreno

El dispositivo de apoyo es un órgano de vínculo entre dos elementos estructurales, que tienen la función de transmitir determinados componentes de

solicitación (fuerza o momento) sin movimiento entre los mismos elementos; el trabajo de estos es permitir sin oponer resistencia apreciable. Los movimientos relativos entre elementos (desplazamiento o rotación).

Según La AASHTO sección 14 división I y la sección 25 división II, se establece las condiciones de apoyo para un puente en función de la longitud de su claro. Para apoyos fijos de claros de 15,24 metros (50 pies), no es necesario hacer consideraciones por deflexión; mientras que para claros mayores o iguales a 15,24 metros (50 pies) deberán proveerse tipo de apoyos especiales que toleren mayores niveles de rotación.

El tipo de material del que están hechos los apoyos pueden clasificarse en metálicos y elastómeros (entre estos se encuentra el neopreno). El uso de apoyos metálicos, generalmente, se limita a puentes con superestructura a base metálica, mientras que los apoyos elastoméricos se usan independientemente en puentes con superestructura de concreto o metálicas.

Otra de las funciones del apoyo elastomérico (neopreno) es amortiguar o disipar los esfuerzos de impacto, además sirve para que el puente quede simplemente apoyado. Tiene tres ventajas importantes: son económicos, efectivos y no requieren de mantenimiento mayor; es por esto que se propone la utilización de estos apoyos para el presente proyecto.

El apoyo de neopreno tiene las cualidades elásticas del caucho natural, pero posee mejor resistencia que aquel contra corrosión y envejecimiento, especialmente, en los procesos de oxidación acelerada ante la luz y la intemperie.

Este apoyo puede estar constituido parcial o totalmente de elastómeros, pueden contener una sola placa o ser laminados, este armado forma un bloque

que contiene un conjunto caucho sintético que contiene láminas de acero en su interior, adheridas mediante un proceso de vulcanización. La capacidad de este bloque tiene la función de soportar cargas verticales y que se incremente su resistencia mediante el número de láminas de acero que se coloquen.

Una de las propiedades más importantes del elastómero es su módulo de cortante, el cual puede definirse como la fuerza por pulgada cuadrada del área de contacto necesaria para deformar una cantidad igual a su espesor. Para el presente proyecto se utilizará una dureza Shore A 60 y los datos que corresponden según la tabla XIII.

**Tabla XIII. Dureza Shore para elastómeros**

Table 14.6.5.2-1 Elastomer properties At Different Hardnesses			
Handness (Shore 'A')	50	60	70
Shear modulus at 73°F (psi) Creep deflection at 25 yrs	95 - 130	130 - 200	200 - 300
Instantaneous deflection	25 %	35 %	45 %

Fuente: Normas AASHTO tabla 14.6.5.2-1.

- **Predimensionamiento**

Para el predimensionamiento del elemento elastomérico se toman en cuenta los factores de base máxima y espesor, sabiendo que estos son datos que se asumen; para luego revisarlos por medio de ecuaciones que corresponden.

$$\text{base máxima} = b_{\text{máx}} = \text{ancho viga} - 2 \text{ cm} = 50 - 2 = 48 \text{ cm.}$$

espesor = t

$1\text{ cm} < t < (w/5)$  siendo w = largo del elemento

Donde  $5t < w \leq b$

asumiendo  $b = w = 25\text{ cm}$  y  $t = 1,3\text{ cm}$

- Cálculo de la deformación por compresión

La deformación instantánea por compresión del elastómero, será calculado bajo los valores máximos permitidos según la AASHTO y para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$\delta = \sum \epsilon_i h_{ri}$$

Donde:

$\epsilon_1$  = tensión instantánea de compresión en la capa de elastómero i-esimo de un elemento de elastómero laminado.

$h_{ri}$  = espesor de la capa de elastómero en el elemento

Se deben determinar los valores a partir de resultados de la prueba o análisis racional. Los efectos de la fluencia del elastómero, se añade a la deformación instantánea al considerar desviaciones a largo plazo que debe ser calculado a partir de la información pertinente para el compuesto elastomérico usado. En ausencia de información específica sobre el particular, puede usarse las gráficas de la figura 23 (tomada de la figura 14.6.5.3.3.1 de la AASHTO).

Con base en lo anterior se encuentra el valor de compresión por deformación, eligiendo como porcentaje de compresión un 5 por ciento y se encuentra el factor de forma S como sigue:

$$S = \text{área cargada} / \text{área efectiva libre de abombarse}$$

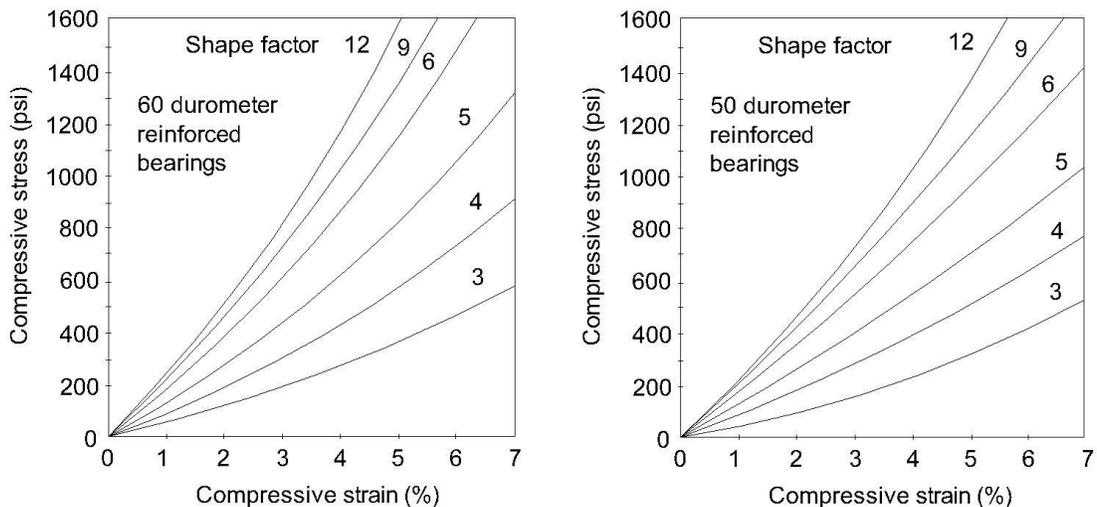
Donde:

$$\text{área cargada} = 50 * 100 = 5000$$

$$\text{área libre de abombarse} = b * w = 25 * 25 = 625$$

$$S = (5000 / 625) = 8$$

Figura 26. Gráficos de compresión para SHORE 60 y 50



Fuente: Normas AASHTO, figura 14.6.5.3.3.1.

Con los datos se obtiene que el esfuerzo de compresión sea de 1380 psi equivalente a 97,05 kg/cm<sup>2</sup>. La carga resistente es el esfuerzo de compresión por el área del elastómero lo que da una resistencia a la carga de 60 656,25 kilogramos. Verificando se tiene que el corte actuante  $V_u = 45\ 357,63$  kilogramos, por lo tanto, el espesor y el área propuestos si cumplen.

- Cortante

La deformación por cortante ( $\Delta_s$ ) será tomada como la máxima deformación posible causada por flujo plástico, contracción postensionamiento y efectos térmicos calculados entre la temperatura de instalación y la menos favorable temperatura extrema; a menos que un dispositivo para desplazamiento se instale.

El apoyo será diseñado de forma que  $h_{gt} \geq 2\Delta_s$

Donde:

$h_{gt}$  = espesor total del elastómero (pulgadas) = 1.00"

$\Delta_s$  = servicio de máxima deformación de corte del elastómero (pulgada).

$$\Delta_s = \frac{h_{gt}}{2} = \frac{1.00}{2} = 0.50 \text{ pulgadas, máxima deformación del elastómero.}$$

- Estabilidad

Para garantizar la estabilidad del apoyo se realiza la revisión con la ecuación siguiente, que involucra el espesor total, la longitud y el ancho del elemento compuesto. De la siguiente forma:

$$\frac{3,84 \left( \frac{h_{gt}}{L} \right)}{S \sqrt{1 + 2 \frac{L}{w}}} \leq \frac{2,67}{S(S + 2) \left( 1 + \frac{L}{4w} \right)}$$

La presión se establece para todas las cargas admisibles en esta especificación y sin mayor consideración de la estabilidad que se requiere.

Donde:

$h_{gt} = 1,00$  pulg,  
 $L = 25$  cm = 10,00 pulg,  
 $w = 25$  cm = 10,00 pulg,  
 $S = t/2 = 1,3$  cm = 0,50 pulg,

$$\frac{3,84 \left(\frac{1}{10}\right)}{0,50 \sqrt{1 + 2 \frac{10}{10}}} \leq \frac{2,67}{0,50(0,50 + 2) \left(1 + \frac{10}{4 * 10}\right)}$$

$$0,44 < 1,71$$

Por lo que si cumple, entonces se puede concluir que la sección es estable y no representa ningún problema.

- Refuerzo

El acero de refuerzo consiste en placas o láminas de acero de dimensiones que cubran el área completa del elastómero según la geometría descrita en el siguiente inciso.

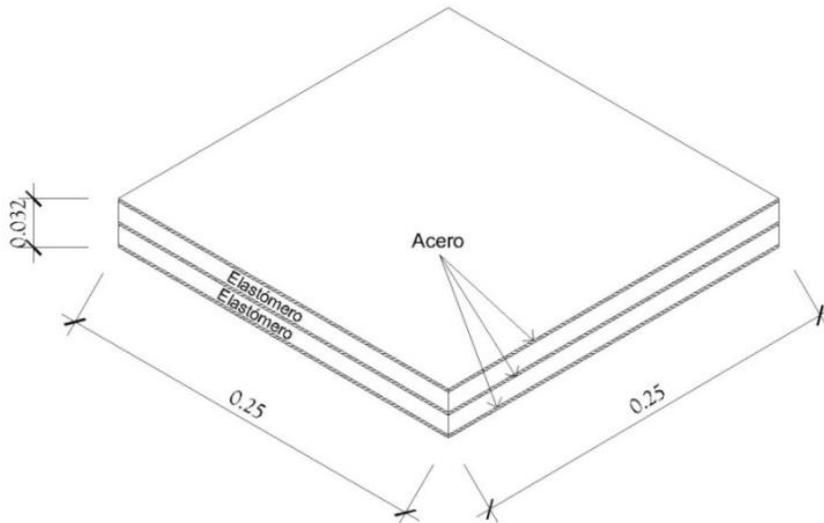
Se utilizará acero con estas propiedades:

- Tendrá propiedades de alargamiento a la rotura mayor del 23%
- El esfuerzo de fluencia será mayor de 2 400 kg/cm<sup>2</sup>
- El esfuerzo de rotura será mayor de 4 200 kg/cm<sup>2</sup>

- Geometría

El apoyo estará compuesto de 2 placas de elastómero de 0,013 metros de espesor + 3 placas de acero de 0,002 metros, en total será de 0,032 metros de espesor.

Figura 27. **Geometría neopreno**

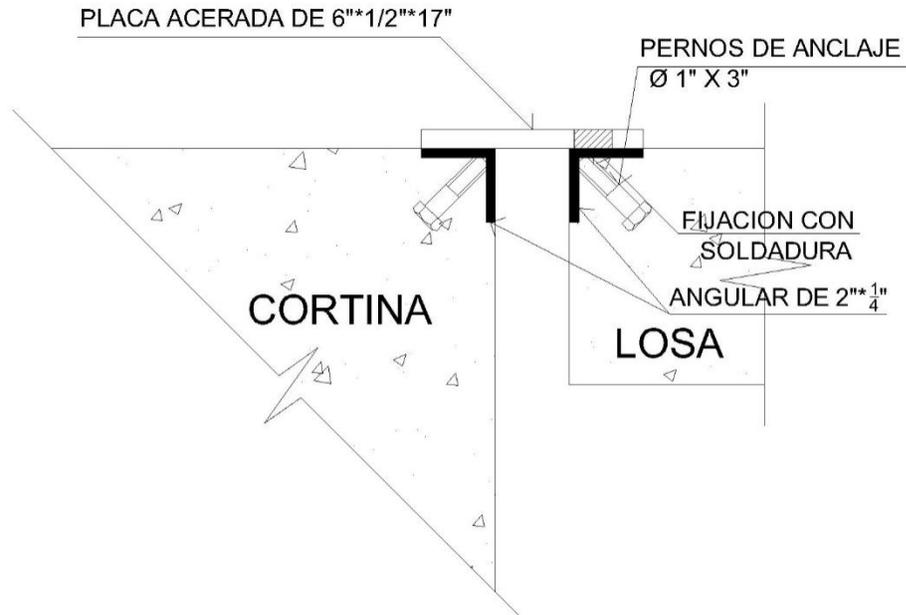


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### **2.2.8.4. Junta de construcción**

Las juntas de construcción son dispositivos que permiten los movimientos relativos entre dos partes de una estructura. Algunos proyectos de puentes interrumpen los tableros para cubrir requerimientos estructurales de diseño y construcción, para garantizar los movimientos reológicos como cambios de temperatura, efectos de retracción o flujo plástico, acortamientos por pretensado, cargas de tráfico, asentamientos diferenciales o tolerancias requeridas, compatibles con las condiciones de apoyo. En tales casos, en la estructura se deben considerar movimientos permisibles que garanticen un desempeño adecuado para los diferentes estados límites de utilización del puente, donde el deterioro o la falla de las juntas puede comprometer su seguridad.

Figura 28. Detalle de junta de construcción



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.8.5. Diseño del estribo

Elemento cuya función es transmitir las cargas de la superestructura hacia el suelo. También tiene por función contener la carga del relleno circundante. El tipo de estribo por diseñar en este proyecto corresponde a un muro de gravedad de concreto ciclópeo. Consiste en asumir una sección del muro, con ello se verifica volteo, deslizamiento y presiones.

Peso específico concreto = 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo = 1 650 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico concreto ciclópeo = 2 700 kg/m<sup>3</sup>

Valor soporte = 21 700,00 kg/m<sup>2</sup>

Base = 3,50 m (predimensionamiento)

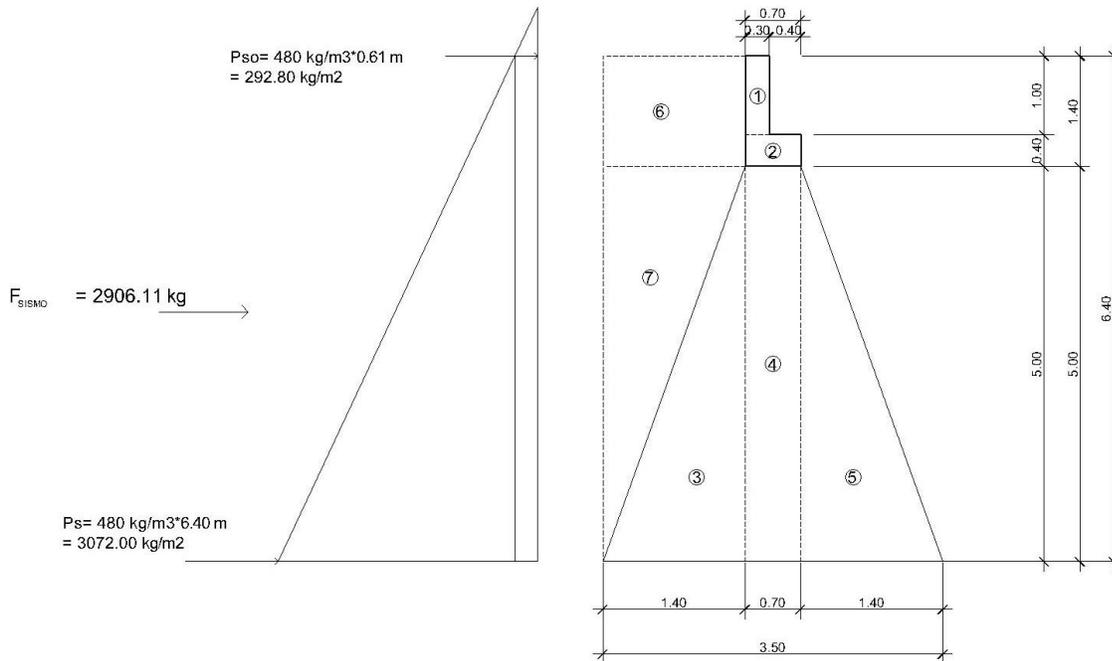
Altura total = 6,40 m

Eqv, Líquido = 480 kg/m<sup>3</sup>

Zona sísmica = 4,2

$A_0 = 0.40$  g (Aceleración máxima efectiva para el sismo básico, ver anexo, figura1)

Figura 29. Geometría y diagrama de presiones en estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo del momento de volteo (MV)

Este es producido por el empuje de la tierra sobre el estribo, se calcula de acuerdo con la figura anterior y da como resultado la siguiente tabla:

Tabla XIV. Resultado de las fuerzas aplicadas al estribo

Sección	H (m)	Pres. (kg/m <sup>2</sup> )	Empuje (kg)		Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	6,4	292,8	1 873,92		3,2	5 996,54
II	3,2	3072	9 830,4		2,13	20 971,52
<b>TOTALES</b>			<b>11 704,32</b>			<b>26 968,06</b>

$F_v$   $M_v$

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de la fuerza sísmica

$$F_{SISMICA} = \left( \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 \right) * 0,10 * (1 - C_{sv})$$

Donde:

$\gamma_s$ = peso específico del suelo

H= altura total

$C_{sv}$ = coeficiente vertical sísmico

$C_{sh}$ = coeficiente horizontal sísmico

$$C_{sh} = 0,50A_0 = 0,50 * 0,40 = 0,20$$

$$C_{sv} = 0,70 * C_{sh} = 0,70 * 0,20 = 0,14$$

$$F_{SISMICA} = \left( \frac{1}{2} * 1\,650 * 6,40^2 \right) * 0,10 * (1 - 0,14) = 2\,906,11\,kg$$

- Cálculo del momento por sismo

$$M_{SISMO} = F_{SISMO} * \frac{H}{2}$$

$$M_{SISMO} = 2906,11 * \frac{6,40}{2} = 9299,55\,kg - m$$

Se realizaron varias iteraciones para el cálculo de las presiones, determinando que el valor de la base del estribo (cimiento) que cumple es de 4,30 m.

- Cálculo del momento estabilizante

Es producido por el peso de la estructura y el relleno,

Tabla XV. **Resultado de las fuerzas estabilizantes en el estribo**

FIGURA	Largo (m)	Alto (m)	Área (m <sup>2</sup> )	γ (kg/M <sup>3</sup> )	W (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	0,30	1,00	0,30	2 400,00	720,00	2,35	1 404,00
2	0,70	0,40	0,28	2 400,00	672,00	2,15	1 176,00
3	1,80	5,00	4,50	2 700,00	12150,00	3,10	2 4255
4	0,70	5,00	3,50	2 700,00	9450,00	2,15	16 537,50
5	1,80	5,00	4,50	2 700,00	12 150,00	1,20	8 820,00
6	1,80	1,40	2,52	1 650,00	4 158,00	3,40	9 055,20
7	1,80	5,00	4,50	1 650,00	7 425,00	3,70	17 517,50
			<b>TOTAL</b>		<b>46 725,00</b>		<b>117 309,00</b>
					<b>W<sub>E</sub></b>	<b>M<sub>E2</sub></b>	

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del peso y momento que ejerce la superestructura
  - Integración de carga muerta

$$W_{losa} = \frac{2\,400 * 0,18 * 5,20 * 14}{2 * 5,20} = 3\,024,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{asfalto} = \frac{2\,100 * 0,05 * 3,55 * 14}{2 * 5,20} = 501,78 \text{ kg/m}$$

$$W_{barandal} = \frac{2\,400 * 0,20 * 0,15 * 1,10 * 16}{2 * 5,20} = 121,85 \text{ kg/m}$$

$$W_{banqueta} = \frac{2\,400 * 0,15 * 0,80 * 2 * 14}{2 * 5,20} = 775,38 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = \frac{2\,400 * 0,50 * 0,82 * 14 * 2}{2 * 5,20} = 2\,649,23 \text{ kg/m}$$

$$W_{diaf,ext,} = \frac{2\,400 * 0,32 * 0,30 * 1,80}{5,20} = 79,75 \text{ kg/m}$$

$$W_{diaf,int,} = \frac{2\,400 * 0,57 * 0,30 * 1,80}{2 * 5,20} = 71,03 \text{ kg/m}$$

$$\mathbf{TOTAL = W_{CM} = 7\,223,02 \text{ kg/m}}$$

- Integración de carga viva

$W_{CV}$ = Reacción más crítica en el apoyo

$W_{CV}$ = 1 265,50 kg/m

$W_{total\ superestructura} = W_{CM} + W_{CV}$

$W_{total\ superestructura} = 7\,223,02 + 1\,265,50 = 8\,488,52 \text{ kg/m}$

Momento estabilizante (ME)

$M_E = M_{E1} + M_{E2}$

$M_{E1} = W_{total\ superest,} * \text{Brazo}$

$M_{E1} = 8\,488,52 * 2,15 = 18\,250,32 \text{ kg-m,}$

$M_{E2} = \text{momento estabilizante de la subestructura} = 117\,309,00 \text{ kg-m,}$

$M_E = 18\,250,32 + 117\,309,00 = 135\,559,32 \text{ kg-m,}$

- Chequeo contra volteo

$$\text{Volteo} = \frac{M_E}{M_V + M_{SISMO}} > 1,50$$

$$\text{Volteo} = \frac{135\,559,32}{(26\,968,06 + 9\,299,55)} = 3,74 > 1,50$$

- Chequeo contra deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = \frac{W_E + W_{total\ superestructura}}{F_V + F_{SISMO}} > 1,50$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{46\,725,00 + 8\,488,52}{(11\,704,32 + 2\,906,11)} = 3,78 > 1,50$$

- Chequeo contra asentamiento

$$A = \text{área} = 4,30\text{m}^2$$

$$b = 4,30\text{ m}$$

$$a = (M_E - M_V - M_{SISMO}) / (W_E + W_{total\ superest.})$$

$$a = \frac{135\,559,32 - 26\,968,06 - 9\,299,55}{46\,725,00 + 8\,488,52} = 1,80$$

$$3a > b \Rightarrow 3 * 1,80 = 5,40 > 4,30\text{ ok}$$

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

$$e = \frac{4,30}{2} - 1,80 = 0,35$$

$$Presión = \frac{W_E + W_{total\ superest.}}{A} * \left( 1 \pm 6 \left( \frac{e}{b} \right) \right)$$

$$Presión_{máxima} = \frac{46\,725,00 + 8\,488,52}{4,30} * \left( 1 + 6 \left( \frac{0,35}{4,30} \right) \right)$$

$$Presión_{máxima} = 19\,132,12 \frac{kg}{m^2} < V_s = 20\,000,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$Presión_{mínima} = \frac{46\,725,00 + 8\,488,52}{4,30} * \left( 1 - 6 \left( \frac{0,35}{4,30} \right) \right)$$

$$Presión_{mínima} = 6\,548,58 \frac{kg}{m^2} > 0$$

### Conclusión

De acuerdo con los resultados las dimensiones de la base del muro (cimiento) cumple con  $P_{máx} < V_s$  y  $P_{mín} > 0$ .

### 2.2.8.6. Obras de protección

Para proteger las bases del puente y evitar su socavación y el colapso de la estructura; las obras de protección en este proyecto son los aletones.

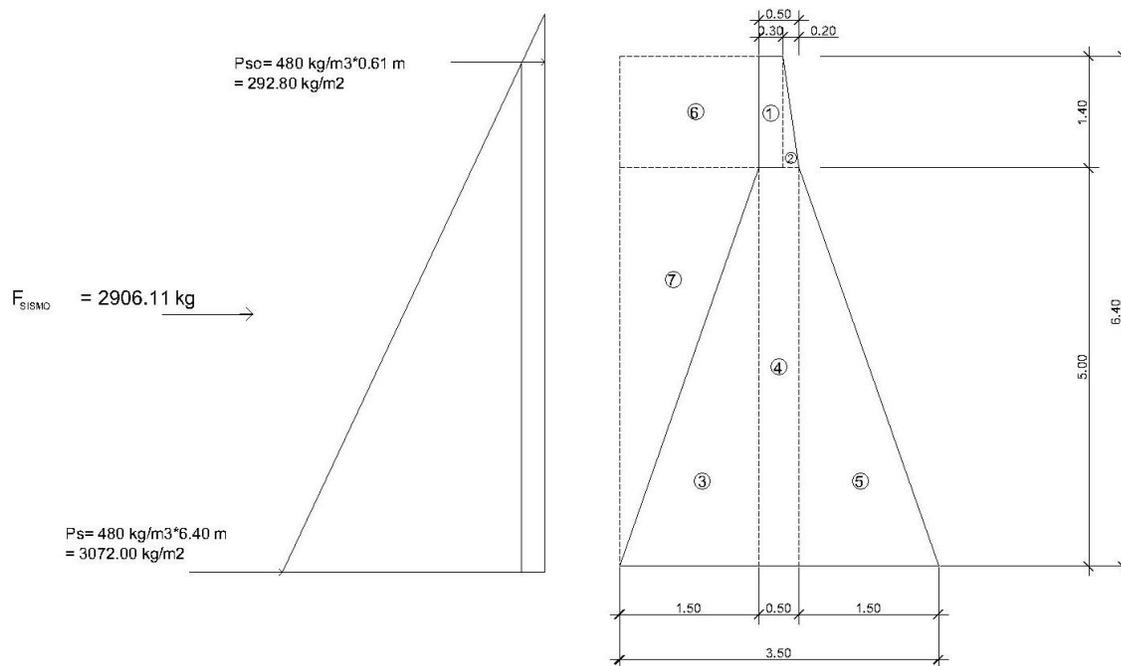
#### 2.2.8.6.1. Diseño de aletones

Los aletones deberán ser construidos de concreto ciclópeo, su función principal será proteger la subestructura y los aproches de posibles socavaciones y colisiones directas de escombros que arrastre el río.

## Predimensionamiento

A continuación, se presenta la figura que describe las dimensiones asumidas. Más adelante se verificará si cumple o no con las revisiones necesarias para evitar la falla del aletón.

Figura 30. Geometría asumida para el aletón



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo del momento de volteo

El momento de volteo ( $M_v$ ) es producido por el empuje del suelo sobre el aletón y al igual que el estribo, debe realizarse el cálculo mediante el siguiente análisis y ecuaciones:

$$P_{sob} = P_{sob,liq} * h_{sob,liq}$$

$$P_s = \text{Equiv, liqui,* } H_{total}$$

Donde:

$P_{sob.}$  = presión de sobrecarga del suelo (a 2 pies=0,61 metros por arriba de la base superior).

$P_s$  = presión del suelo

$$P_{sob} = 480 * 0,61 = 292,80 \text{ kg/m}^2$$

$$P_s = 480 * 6,40 = 3\,072,00 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo del empuje

$$E_{sob} = P_{sob} * H_{total}$$

$$E_{sob} = 292,80 * 6,40 = 1\,873,92 \text{ kg}$$

$$E_s = P_s * \frac{H_{total}}{2}$$

$$E_s = 3\,072,00 * \frac{6,40}{2} = 9\,830,40 \text{ kg}$$

- Cálculo del momento que produce el empuje

$$ME_{sob} = E_{sob} * \text{centroide de figura}$$

$$ME_{sob} = 1\,873,92 * \frac{6,40}{2} = 5\,996,54 \text{ kg} - m$$

$$ME_s = E_s * \text{centroide de figura}$$

$$ME_s = 9\,830,40 * \frac{6,40}{3} = 20\,971,52 \text{ kg} - m$$

Tabla XVI. Resultado de las fuerzas aplicadas al aletón

Sección	H (m)	Pres, (kg/m <sup>2</sup> )	Empuje (kg)		Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	6,4	292,8	1 873,92		3,2	5 996,54
II	3,2	3 072	9 830,4		2,13	20 971,52
<b>TOTALES</b>			<b>1 1704,32</b>			<b>26 968,06</b>

$F_v$

$M_v$

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de la fuerza sísmica

$$F_{SISMICA} = \left( \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 \right) * 0,10 * (1 - C_{sv})$$

Donde:

$\gamma_s$ = peso específico del suelo

H= altura total

$C_{sv}$ = coeficiente vertical sísmico

$C_{sh}$ = coeficiente horizontal sísmico

$$C_{sh} = 0,50A_0 = 0,50 * 0,40 = 0,20$$

$$C_{sv} = 0,70 * C_{sh} = 0,70 * 0,20 = 0,14$$

$$F_{SISMICA} = \left( \frac{1}{2} * 1 650 * 6,40^2 \right) * 0,10 * (1 - 0,14) = 2906,11kg$$

- Cálculo del momento por sismo

$$M_{SISMO} = F_{SISMO} * \frac{H}{2}$$

$$M_{SISMO} = 2 906,11 * \frac{6,40}{2} = 9 299,55 kg - m$$

Se realizaron varias iteraciones para el cálculo de las presiones, determinando que el valor de la base del estribo (cimiento) que cumple es de 4,00 m.

- Cálculo del momento estabilizante

Para el cálculo del momento estabilizante provocado por el peso propio del aletón, se cuantifican las áreas que forman la geometría del mismo indicadas en la figura 30 y se genera la tabla siguiente:

Tabla XVII. **Momento estabilizante**

FIGURA	Largo (m)	Alto (m)	Área (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kg/M <sup>3</sup> )	W (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	0,30	1,40	0,42	2 700,00	1134,00	2,10	2 381,40
2	0,20	1,40	0,14	2 700,00	378,00	1,88	711,90
3	1,75	5,00	4,38	2 700,00	11812,50	2,83	33 468,75
4	0,50	5,00	2,50	2 700,00	6750,00	2,00	13 500,00
5	1,75	5,00	4,38	2 700,00	11812,50	1,17	13 781,25
6	1,75	1,40	2,45	1 650,00	4042,50	3,13	12 632,81
7	1,75	5,00	4,38	1 650,00	7218,75	3,42	2 381,40
			<b>TOTAL</b>		<b>43 148,25</b>		<b>101 140,18</b>
					<b>W<sub>E</sub></b>	<b>M<sub>E</sub></b>	

Fuente: elaboración propia.

- Revisión al volteo

La revisión al volteo se realiza para verificar que el aletón resista por sí solo el empuje producido por el suelo que soporta, utilizando un factor de seguridad que será de 1,5 y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Volteo} = \frac{M_E}{M_V + M_{SISMO}} > 1,50$$

$$\text{Volteo} = \frac{101\,140,18}{26\,968,06 + 9\,299,55} = 2,79 > 1,50$$

- Revisión al deslizamiento

Para evitar los deslizamientos provocados por el suelo que soporta el aletón, se realiza la revisión que corresponde y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Deslizamiento} = \frac{W_E}{F_V + F_{SISMO}} > 1,50$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{43\,148,25}{11\,704,32 + 2\,906,11} = 2,95 > 1,50$$

- Cálculo de presiones

Para el cálculo y la revisión de las presiones provocadas por el aletón sobre el suelo que la soporta, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Presión} = \frac{W_E}{A} * \left( 1 \pm 6 \left( \frac{e}{b} \right) \right)$$

Donde:

A = área

e = excentricidad = b/2 – a

b = base de estribo

$$a = \frac{M_E - M_V - M_{SISMO}}{W_E} = \frac{101\,140,18 - 26\,968,06 - 9\,299,55}{43\,148,25} = 1,50$$

$$3a > b \Rightarrow 3 * 1,50 = 4,50 > 4,00$$

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{4,00}{2} - 1,50 = 0,50$$

$$Presión_{m\acute{a}xima} = \frac{43\ 148,25}{4,00} * \left( 1 + 6 \left( \frac{0,50}{4,00} \right) \right)$$

$$Presión_{m\acute{a}xima} = 18877,36 \frac{kg}{m^2} < V_s = 20\ 000,00 \text{ kg/m}^2$$

$$Presión_{m\acute{i}nima} = \frac{43\ 148,25}{4,00} * \left( 1 - 6 \left( \frac{0,50}{4,00} \right) \right)$$

$$Presión_{m\acute{i}nima} = 2\ 696,77 \text{ kg/m}^2 > 0$$

### Conclusión

De acuerdo con los resultados las dimensiones de la base del muro (cimiento) cumple con  $P_{m\acute{a}x} < V_s$  y  $P_{m\acute{i}n} > 0$ .

### 2.2.9. Elaboración de planos

Los planos elaborados del proyecto de diseño del puente vehicular del cantón San Rafael Vuelta Colorada, del Municipio de Nuevo Progreso del Departamento de San Marcos son los siguientes:

- Plano de ubicación y localización
- Plano de ubicación del puente sobre el río
- Plano de geometría de superestructura + detalles de diafragmas

- Plano de armado de superestructura + detalles de viga principal
- Plano de detalles de subestructura y detalle junta de construcción

### 2.2.10. Presupuesto

El presupuesto se elaboró con base en los precios unitarios, tomando como referencia los precios de materiales que se cotizan en el área de Nuevo Progreso. Para los salarios de mano de obra calificada y no calificada, se utilizó los que la municipalidad tiene para casos similares. Entre los costos indirectos se consideran los gastos de supervisión, administración y la utilidad proponiendo un 35 por ciento sobre el costo directo total.

Tabla XVIII. **Presupuesto construcción de puente vehicular para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, Nuevo Progreso, San Marcos**

<b>P R E S U P U E S T O I N T E G R A D O</b>					
<b>No,</b>	<b>REGLÓN DE TRABAJO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
1	TRAZO Y NIVELACIÓN	M2	136,00	Q 60,00	Q 9 240,00
2	ESTRIBO DE CONCRETO CICLÓPEO	M3	109,20	Q 1 800,00	Q 223 200,00
3	ALETONES DE CONCRETO CICLÓPEO	M3	152,00	Q 1 800,00	Q 327 600,00
4	VIGA DE APOYO + CORTINA	ML	10,40	Q 3 100,00	Q 32 240,00
5	VIGA PRINCIPAL	ML	28,00	Q 3 200,00	Q 89 600,00
6	DIAFRAGMA INTERNO	ML	1,80	Q 2 000,00	Q 3 600,00
7	DIAFRAGMA EXTERNO	ML	3,60	Q 1 500,00	Q 5 400,00
8	LOSA DE CONCRETO	M2	57,18	Q 1 100,00	Q 62 898,00
9	POSTES MAS BARANDAL	ML	28,00	Q 445,00	Q 12 460,00

Continuación tabla XVIII.

10	BANQUETA	M2	16,80	Q 420,00	Q 7 056,00
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>773 294,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El presupuesto asciende a la cantidad de: SETECIENTOS SETENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO QUETZALES EXACTOS



## CONCLUSIONES

1. Con la realización del Ejercicio Profesional Supervisado EPS, se realizaron varias actividades tanto en campo como en gabinete. Esta experiencia fue muy importante para complementar lo aprendido a lo largo de la carrera, por lo que personalmente recomiendo optar por este medio para culminar el trabajo de graduación, ya que también se contribuye con el desarrollo de nuestro país.
2. En la realización del diseño de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez se determinó que la distancia de la captación es de gran magnitud e incluye varios pasos de zanjón y aéreos. Esto incrementa el costo de la cobertura de la necesidad. Por esta razón, es necesario que la Municipalidad y COCODE gestionen aportes de instituciones de gobierno e internacionales para realizar este proyecto importante para el desarrollo integral de los vecinos del caserío.
3. Los resultados del examen bacteriológico realizados a la fuente de agua determinan que no es potable, por tal razón es necesario la desinfección por medio de un hipoclorador de pastillas para evitar posibles enfermedades.
4. En la realización del diseño del puente vehicular para el cantón San Rafael Vuelta Colorada, se tenía inicialmente una longitud propuesta de 12 metros lineales, pero por parámetros hídricos y de calidad de suelos era necesario la incrementación de este, por lo que se diseñó con una longitud de 14 metros para cumplir con las normas de diseño.



## RECOMENDACIONES

### A la Municipalidad y COCODES

1. Capacitar a los miembros del COCODE del caserío Los Pérez para que operen y mantengan de forma adecuada el sistema de agua potable. Para ello, se deben basar en el manual que le será proporcionado al momento de la conclusión y ejecución del proyecto. Además, deben cobrar la tarifa estimada para cubrir el buen funcionamiento de este.
2. Capacitar al COCODE del cantón San Rafael Vuelta Colorada, para que le den el mantenimiento al puente vehicular para garantizar su funcionamiento y estabilidad. De esta forma, también reducirán el viaje y promoverán la visita a centros de salud cercanos.
3. Cuando se apruebe la ejecución de los proyectos, se deben actualizar los precios ya que cambian constantemente.
4. La construcción del puente vehicular es preferible que se ejecute en época seca, ya que en época lluviosa se dificulta la ejecución.
5. Monitorear la cantidad y calidad de agua, verificándola con exámenes físicos y bacteriológicos de la fuente; además ir reforestando el área cercana a la misma.
6. Aplicar la cloración al sistema, para prevenir enfermedades gastrointestinales y de la piel.



## BIBLIOGRAFÍA

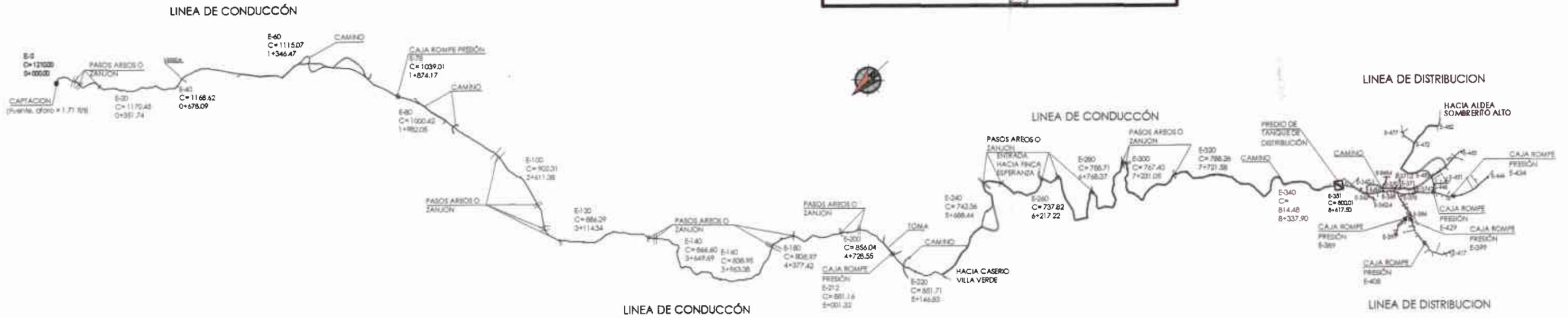
1. American Concrete Institute. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentario*. ACI 318-2002. 357p.
2. INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*, 2011. 64 p.
3. RECINOS AQUINO, José Mario, *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo y puente vehicular en la aldea La Paz, Municipio de Jalapa*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2011. 111 p.



## APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Pérez y del puente vehicular de 12 metros para el cantón San Rafael Vuelta Colorada**

Fuente, elaboración propia, empleando AutoCAD.



# PLANTA DE CONJUNTO

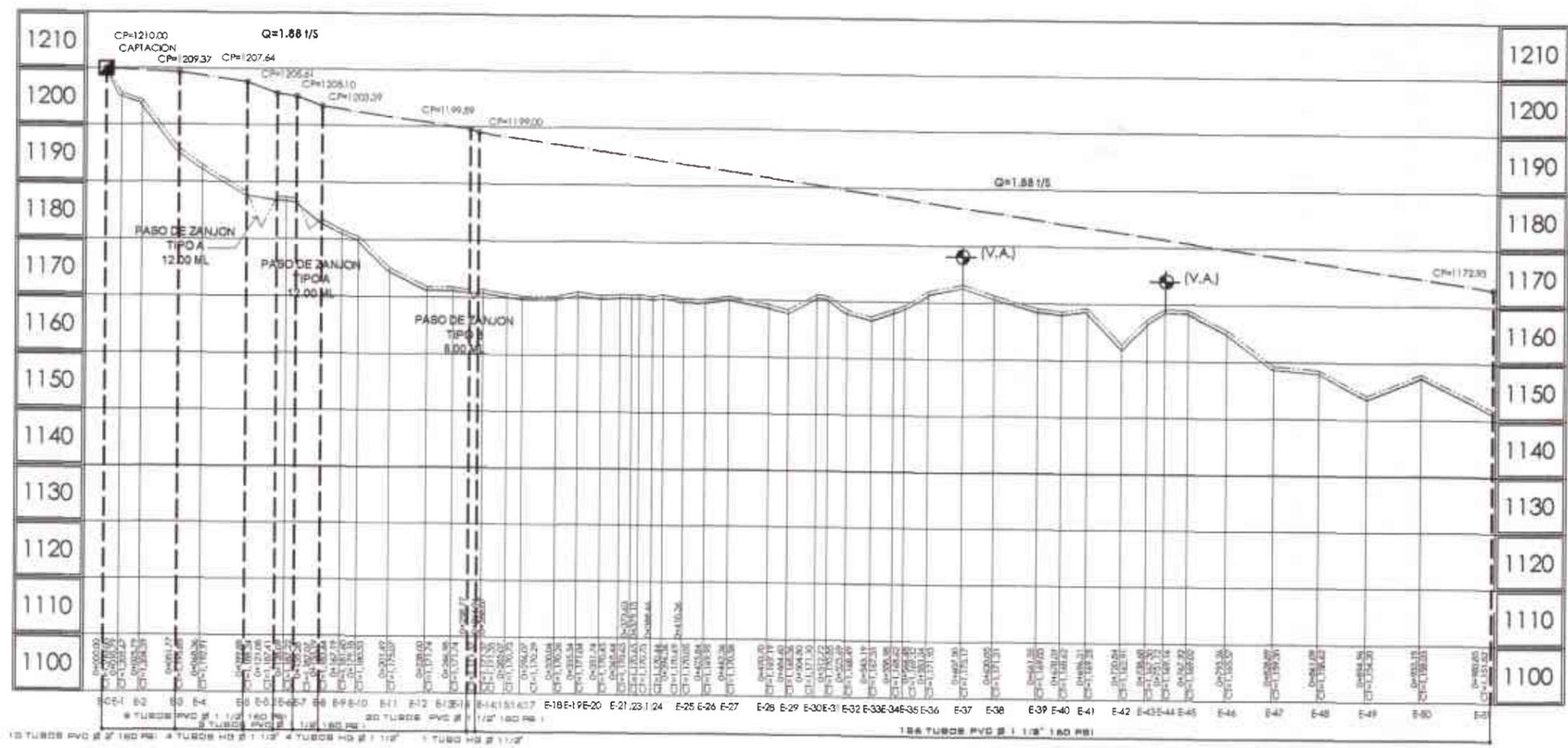
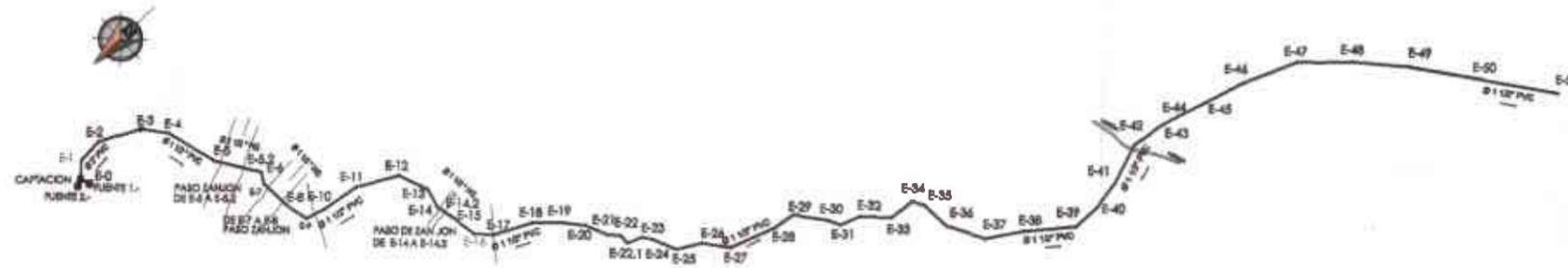
## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

ESCALA 1/2000

### PARAMETROS DE DISEÑO

DESCRIPCION	VALOR
Tipo de sistema	Gravedad
Viviendas actuales (viv)	118.00
Densidad de vivienda (hab/viv)	3.58
Población actual (hab)	423.00
Tasa de crecimiento (%)	3.00%
Periodo de diseño (años)	23
Aforo en conjunto (l/s)	1.71
Dotación (L/hab/día)	130.00
Factor máximo diario - FMD	1.50
Factor máximo horario - FMH	3.00
% para calcular vol. en T.D.	35%
Viviendas futuras (viv)	233
Población futura (hab)	835
Caudal medio diario Qmd (L/s)	1.26
Caudal máximo diario - CMD (l/s)	1.88
Caudal máximo horario - CMH (l/s)	3.77
Tanque distribución calculado (m³)	38
Tanque distribución recomendado (m³)	40





# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-1 A E-51

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

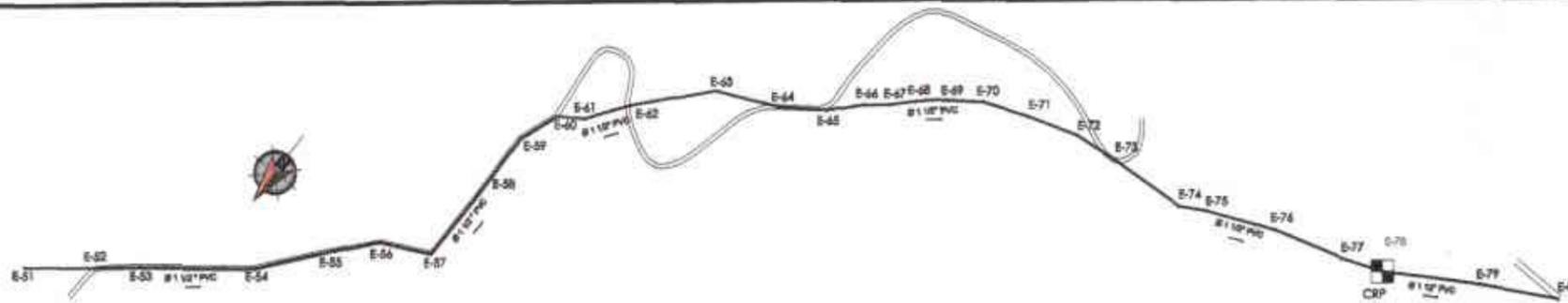
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL TOWNSHIP PEREZ, NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

ING. JUAN RICARDO NAVARRO

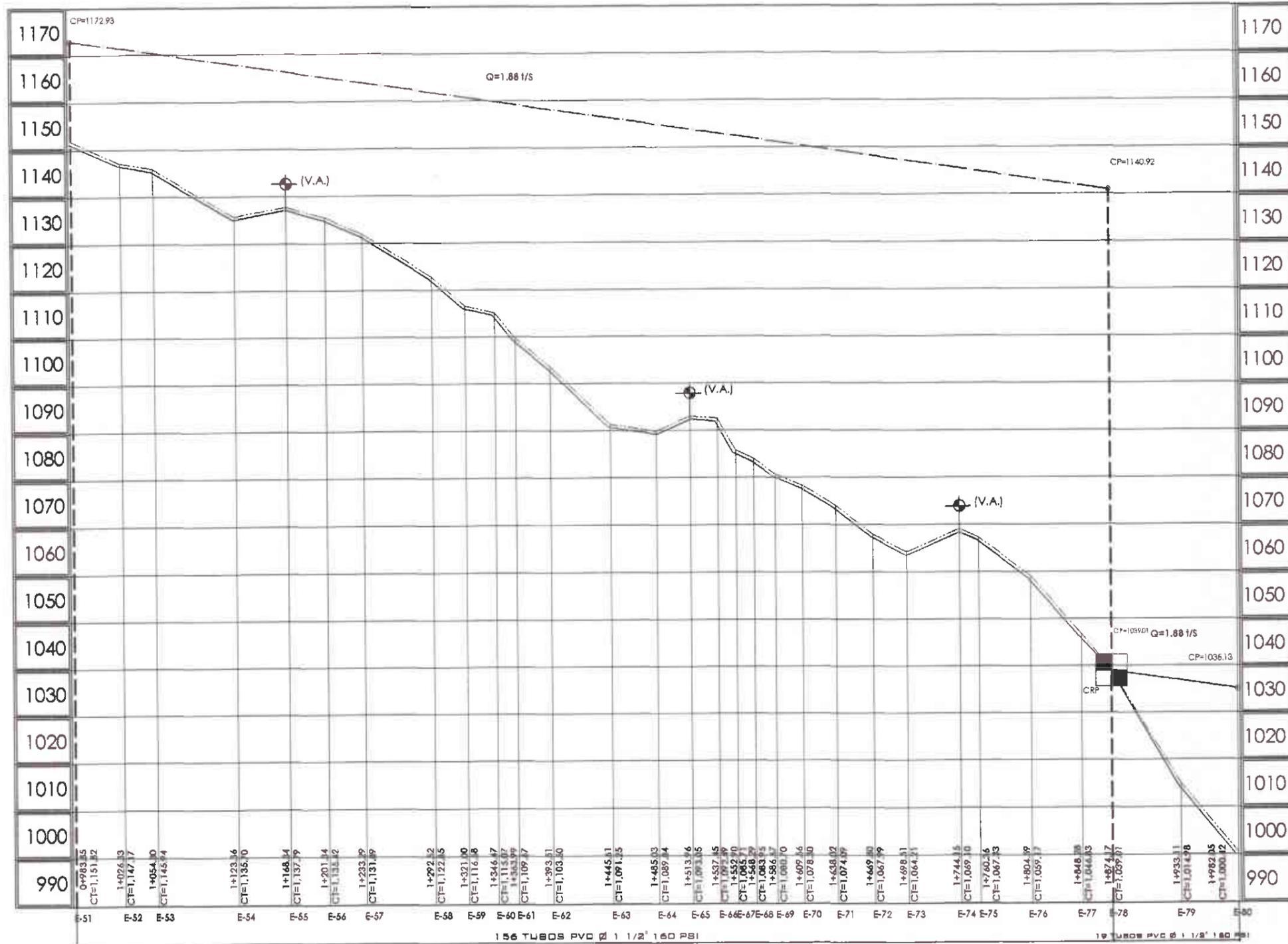
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION E-51 A E-80

ESCALA 1/2000



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-51 A E-80

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

ELABORADO POR: RICARDO NAVARRO - INGENIERO

FECHA: 25/05/2004

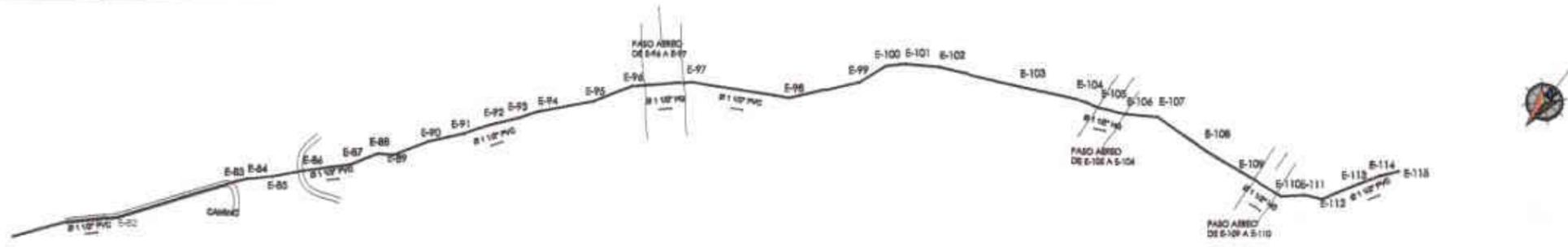
Ing. Ricardo Navarro

25

Facultad de Ingeniería

25

25



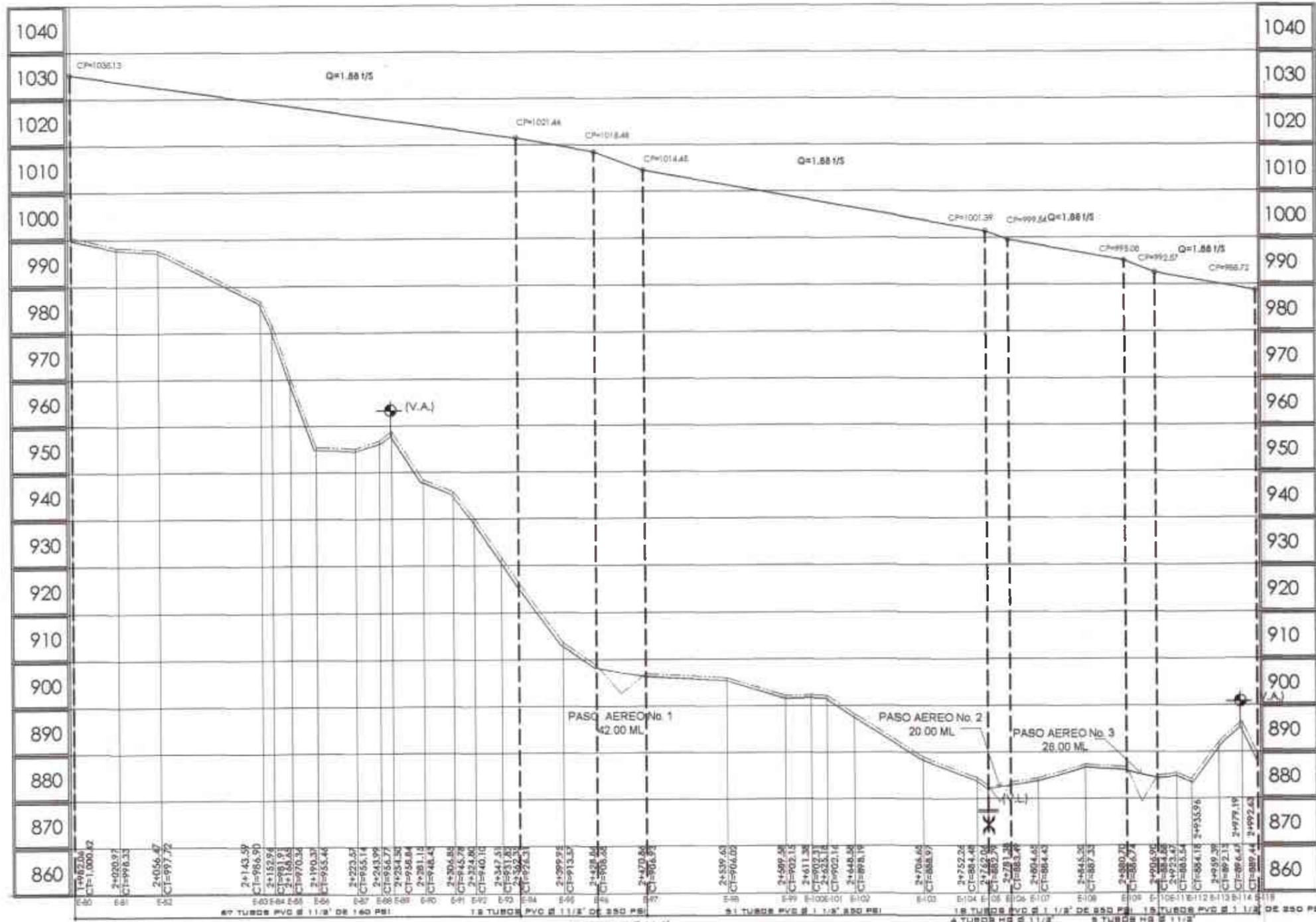
# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION DE E-80 A E-115

ESCALA 1/2000

### SIMBOLOGIA

E-1 992.94	ESTACION (E) ELEVACION DE ESTACION	D1	CASA (NUMERO DE VIVIENDA)
	CAMINO, CARRETERA	(V.A)	VALVULA DE AIRE
	QUEBRADA, RIO	(V.L)	VALVULA DE LIMPIEZA
	LINEA PIEZOMETRICA		CAPTACION
CP=927.31	COTA DE LINEA PIEZOMETRICA (CPM)		CAJA ROMPE-PRESION PERFL
	TUBERIA DISTRIBUCION		TANQUE DE DISTRIBUCION
			CAJA DE VALVULA DE CONTROL



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION E-80 A E-115

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CARRIZO LOS PEREZ, NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

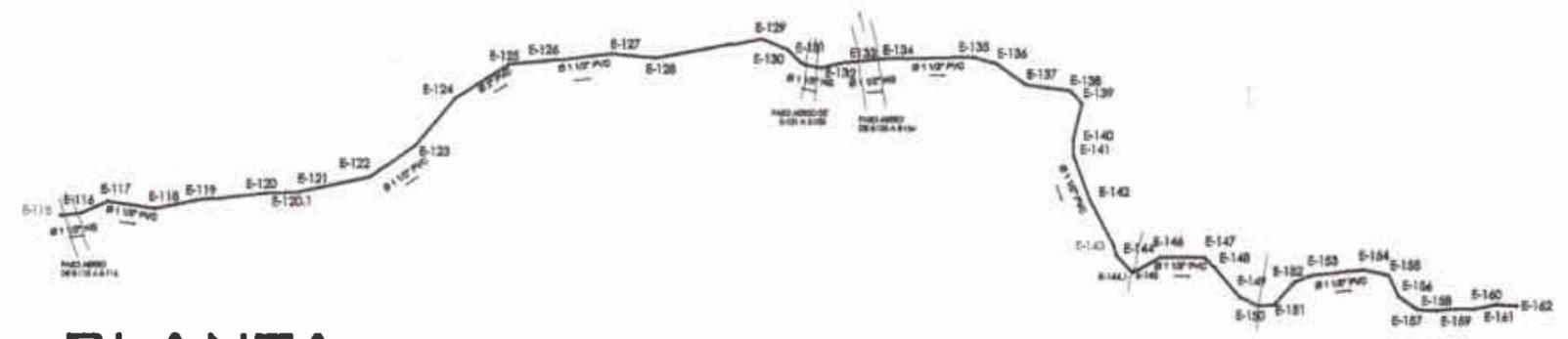
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

PROFESOR: PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

ALUMNO: SELVA RICARDO NAVARRO

FECHA: 2001-1-2004

Ing. Juan Carlos Méndez  
Asesor  
Unidad de Tecnología e Ingeniería



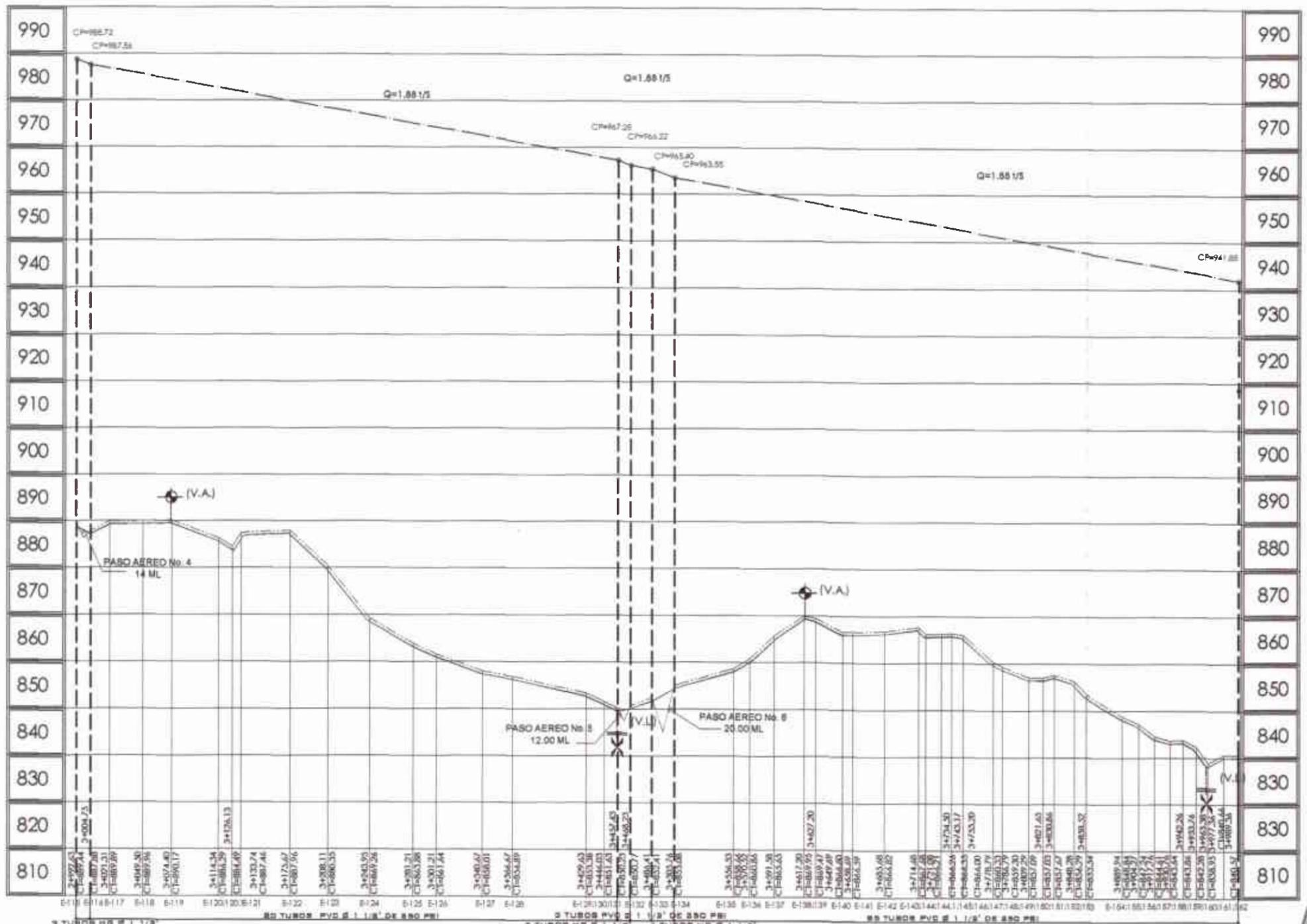
# PLANTA

LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-115 A E-162

ESCALA 1/2000

### SIMBOLOGIA

	ESTACIÓN (E) ELEVACIÓN DE ESTACIÓN		CASA (NÚMERO DE VIVENDA)
	CAMINO, CARRETERA		VALVULA DE AIRE
	QUEBRADA, RIO		VALVULA DE LIMPIEZA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA		CAPTACIÓN
	COTA DE LÍNEA PIEZOMÉTRICA (CP)		CAJA ROMPE-PRESIÓN PERIF.
	TUBERÍA DISTRIBUCIÓN		TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
			CAJA DE VALVULA DE CONTROL



# PERFIL

LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-115 A E-162

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

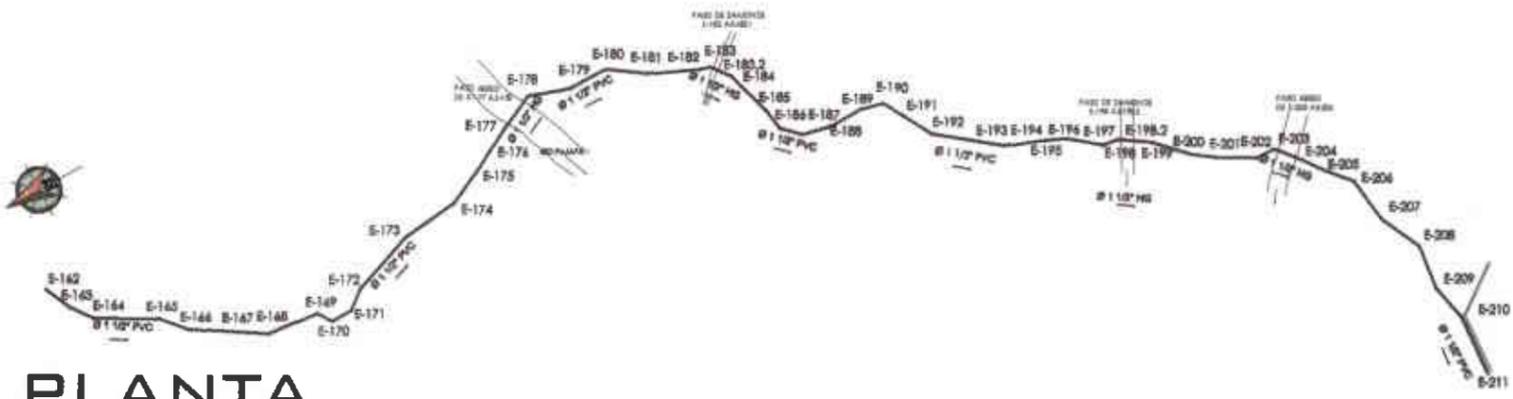
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LOS PEÑALES, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PLANTA + PERFIL, LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ELABORADO POR: ELVIN RIGARDO NAVARRO SARDI  
NAVARRO

2001110004

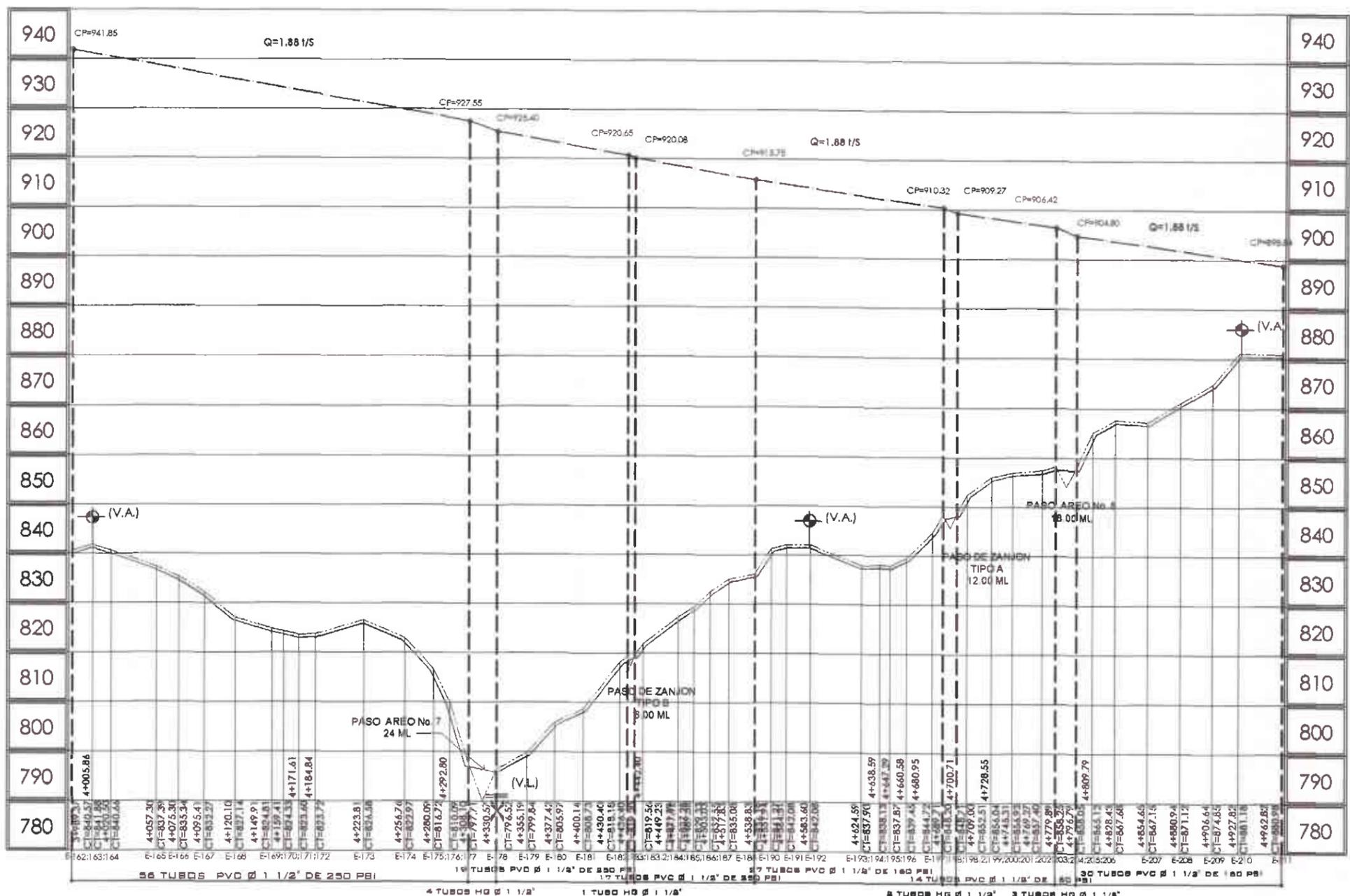


# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION DE E-162 A E-211 ESCALA 1/2000

### SIMBOLOGIA

E-1 993.94	ESTACION (E) ELEVACION DE ESTACION	D1	CASA (NUMERO DE VIVIENDA)
---	CAMINO, CARRETERA	(V.A.)	VALVULA DE AIRE
---	QUEBRADA, RIO	(V.L.)	VALVULA DE LIMPEZA
---	LINEA PIEZOMETRICA	■	CAPTACION
○	COTA DE LINEA PIEZOMETRICA (CP=)	⊠	CAJA ROMPE-PRESION PERIF.
---	TUBERIA DISTRIBUCION	⊠	TANQUE DE DISTRIBUCION
		⊠	CAJA DE VALVULA DE CONTROL



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-162 A E-211 ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

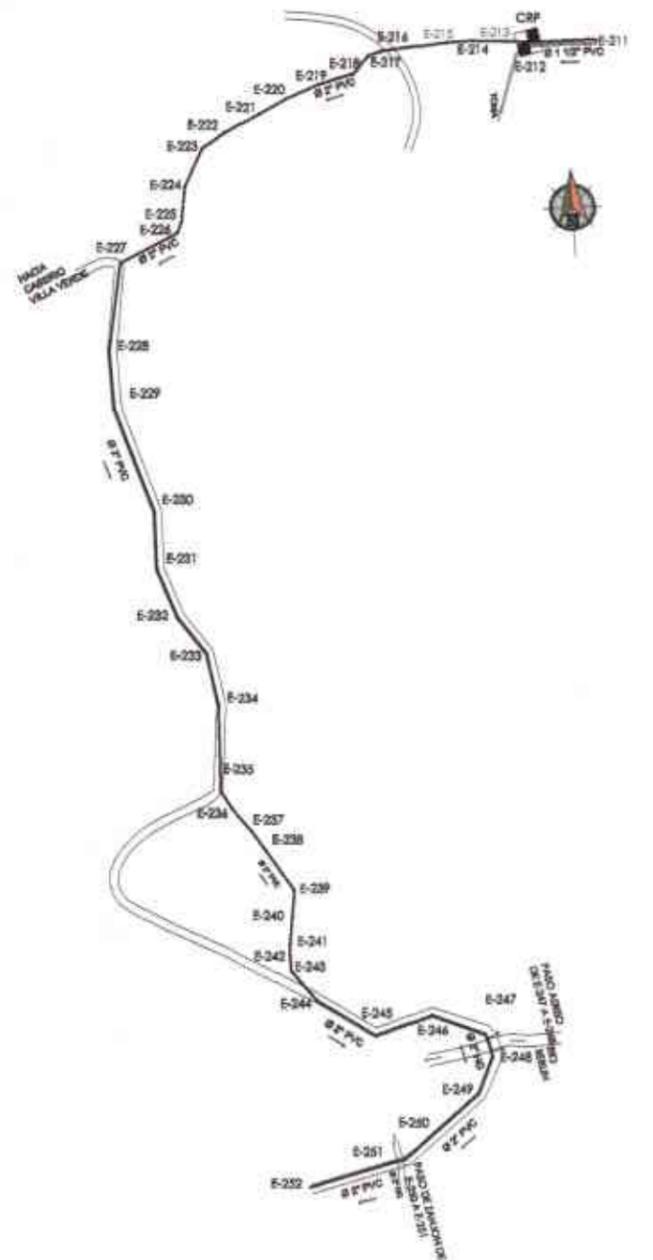
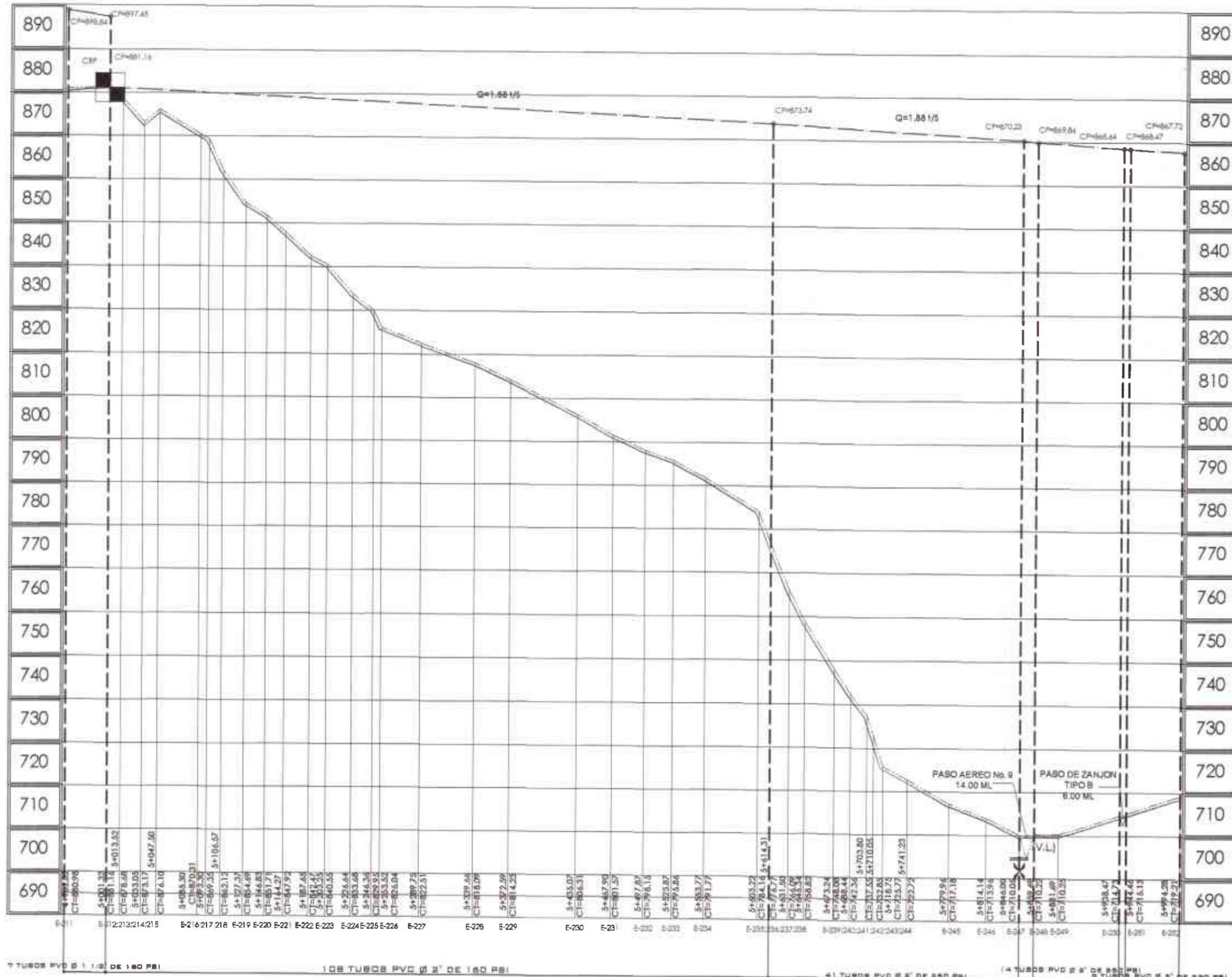
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INSTITUTO NACIONAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CARENTE SOCIAL EN NUEVOS PROCEDIMIENTOS, SAN MARCOS

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

REVISOR: EDUARDO NAVARRO  
DISEÑADOR: EDUARDO NAVARRO

3001-12554



**PLANTA**  
 LINEA DE CONDUCCION DE E-211 A E-252  
 ESCALA 1/2000

**PERFIL**  
 LINEA DE CONDUCCION DE E-211 A E-252  
 ESC. H. 1/2000  
 ESC. V. 1/500

**SIMBOLOGIA**

E-1 ESTACION (S) ELEVACION DE ESTACION	DI CASA (NUMERO DE VIVIENDA)
CAMINO, CARRETERA	(V.A.) VALVULA DE AIRE
QUEBRADA, RIO	(V.L.) VALVULA DE LIMPIEZA
LINEA PIEZOMETRICA	CANTACION
COTAS DE LINEA PIEZOMETRICA (CPM)	CAJA BOMBA-FRACCION PERIL
TUBERIA DISTRIBUCION	TANQUE DE DISTRIBUCION
	CAJA DE VALVULA DECORATIVA

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

INGENIERO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASARIO LOS PEÑEZ, NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

PROYECTO: PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

INGENIERO EN CARGO: EDUARDO NAVARRO SAAVEDRA

FECHA: 2021-11-20

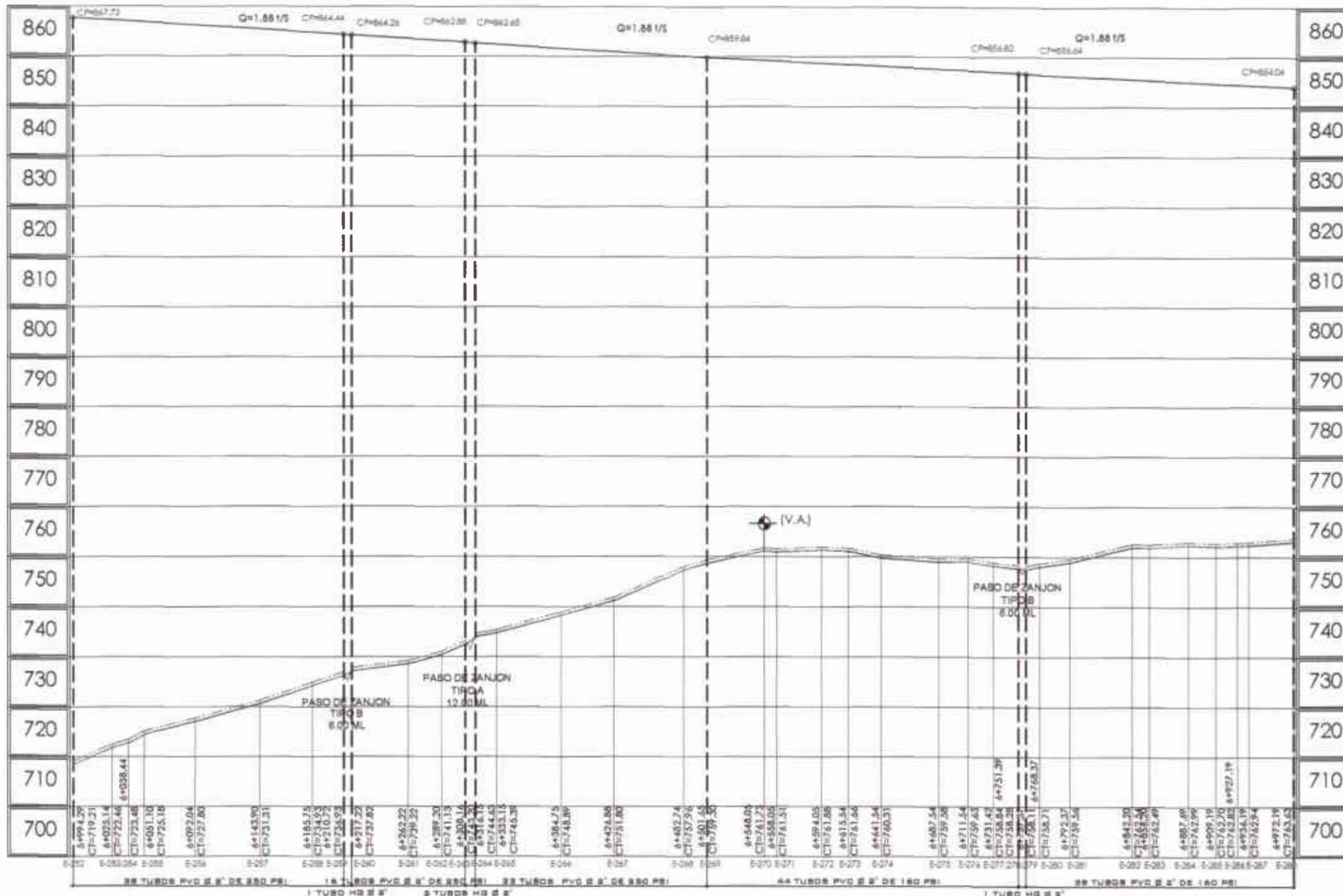
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 INGENIERIA CIVIL  
 ASISTENTE DE INVESTIGACION EN INGENIERIA CIVIL



# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION DE E-252 A E-288

ESCALA 1/2000



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-252 A E-288

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

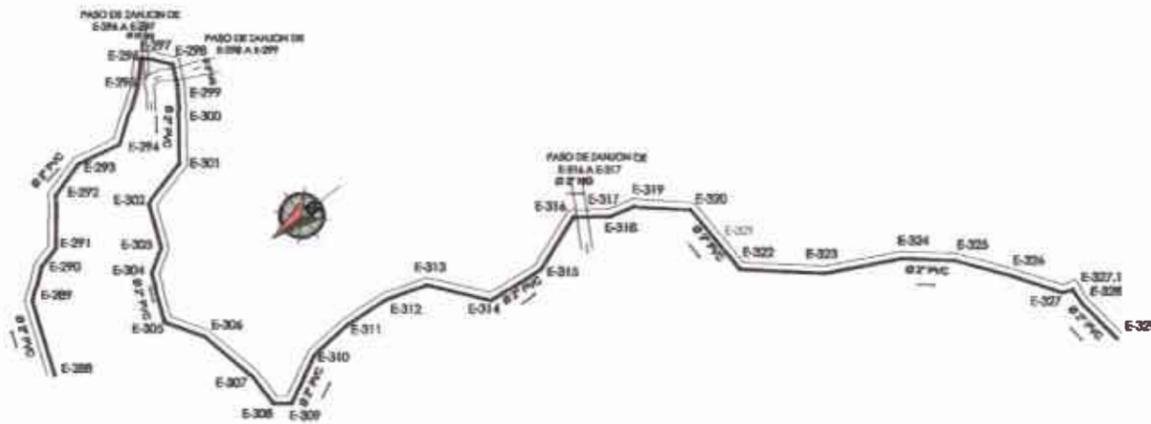
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

ING. CARLOS NAVARRO

25

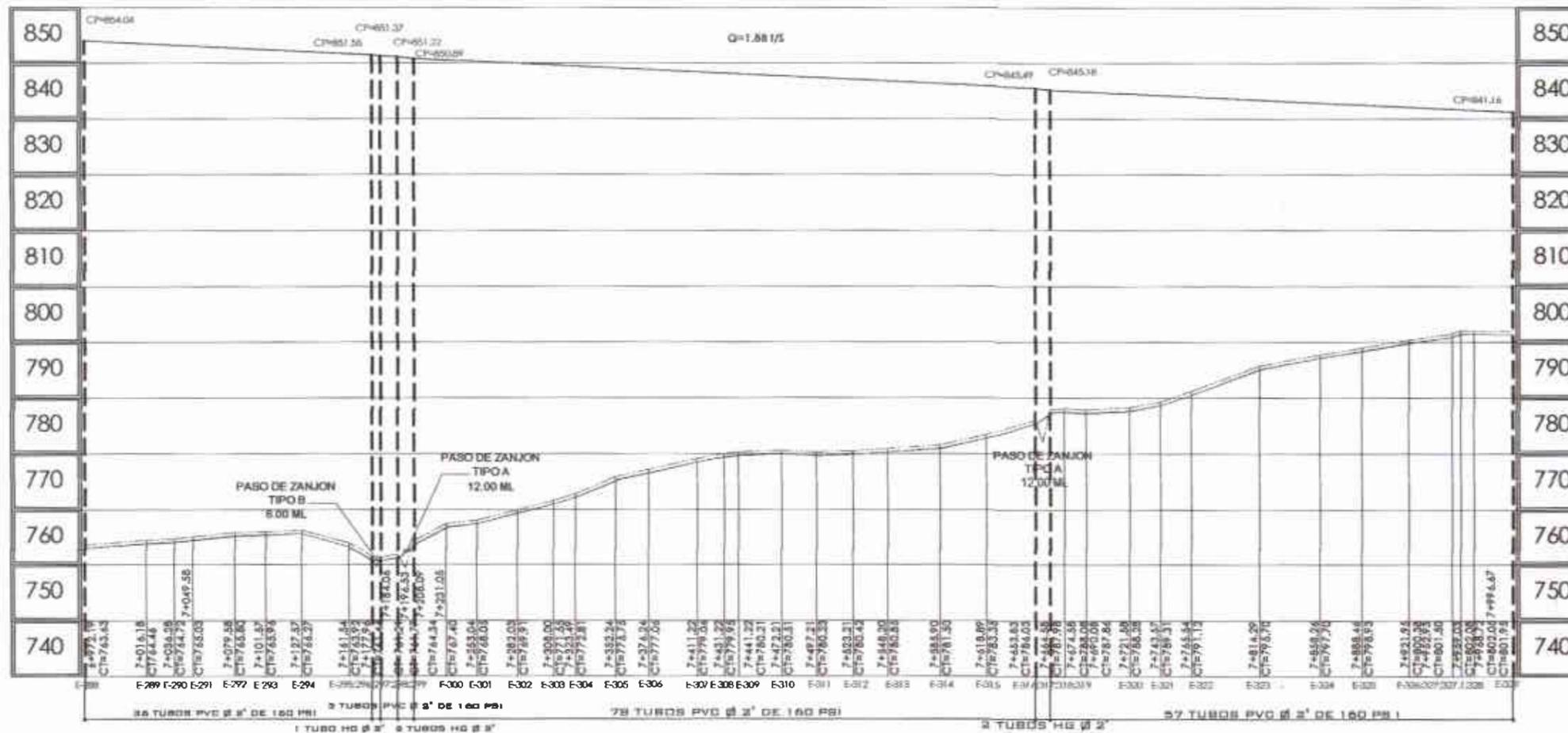
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION DE E-288 A E-329

ESCALA 1/2000



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-288 A E-329

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL

ING. JUAN MERCADERES  
ASISTENTE DE ENSEÑANZA

MUNICIPALIDAD DE NUEVOS PROGRESOS, SAN MARCOS

PLANTA + PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

ELABORADO POR: JUAN CARLOS NAVARRO

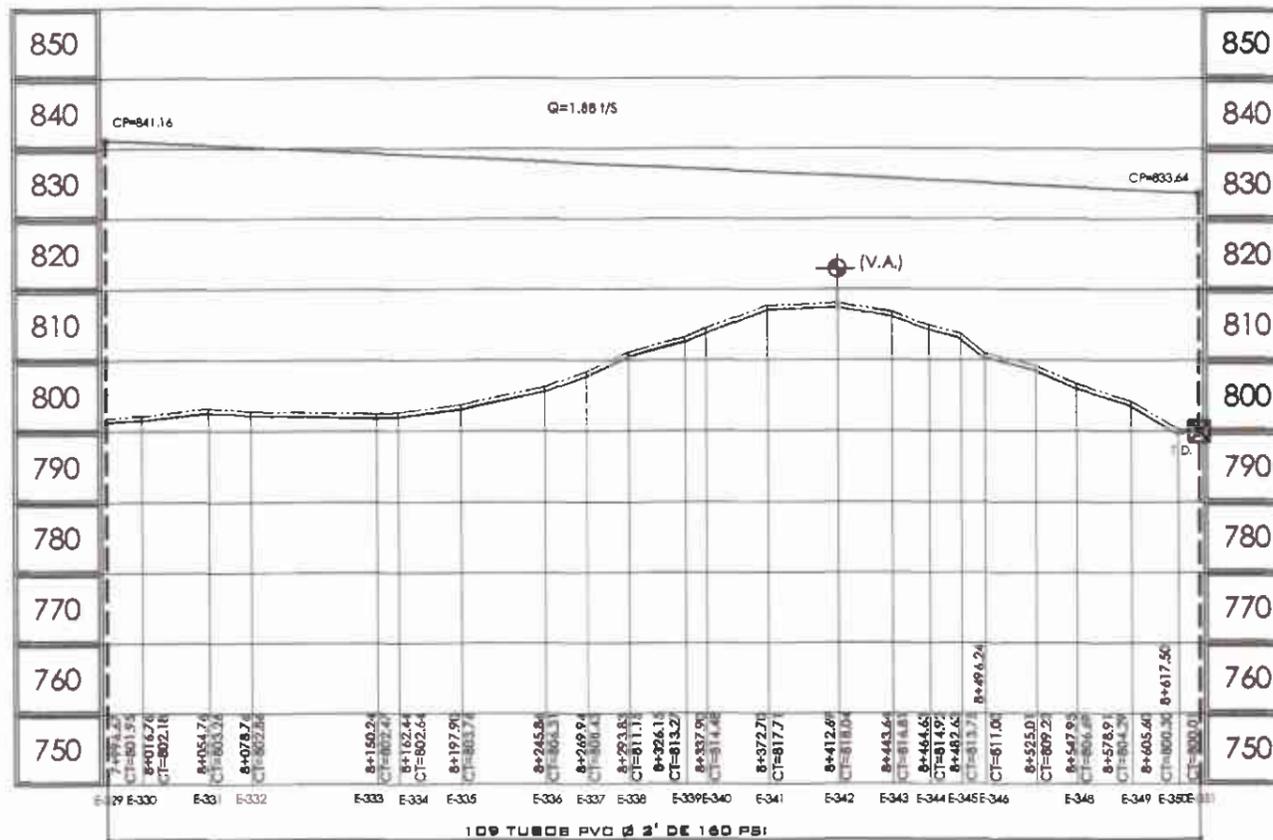
25



# PLANTA

LINEA DE CONDUCCION DE E-329 A E-351

ESCALA 1/2000



# PERFIL

LINEA DE CONDUCCION DE E-329 A E-351

ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

---

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO LOS SEÑALES, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PROYECTO: PLANTA Y PERFIL, LINEA DE CONDUCCION

PROYECTISTA: ENRIQUE NAVARRO

FECHA: 2001-12-04

---

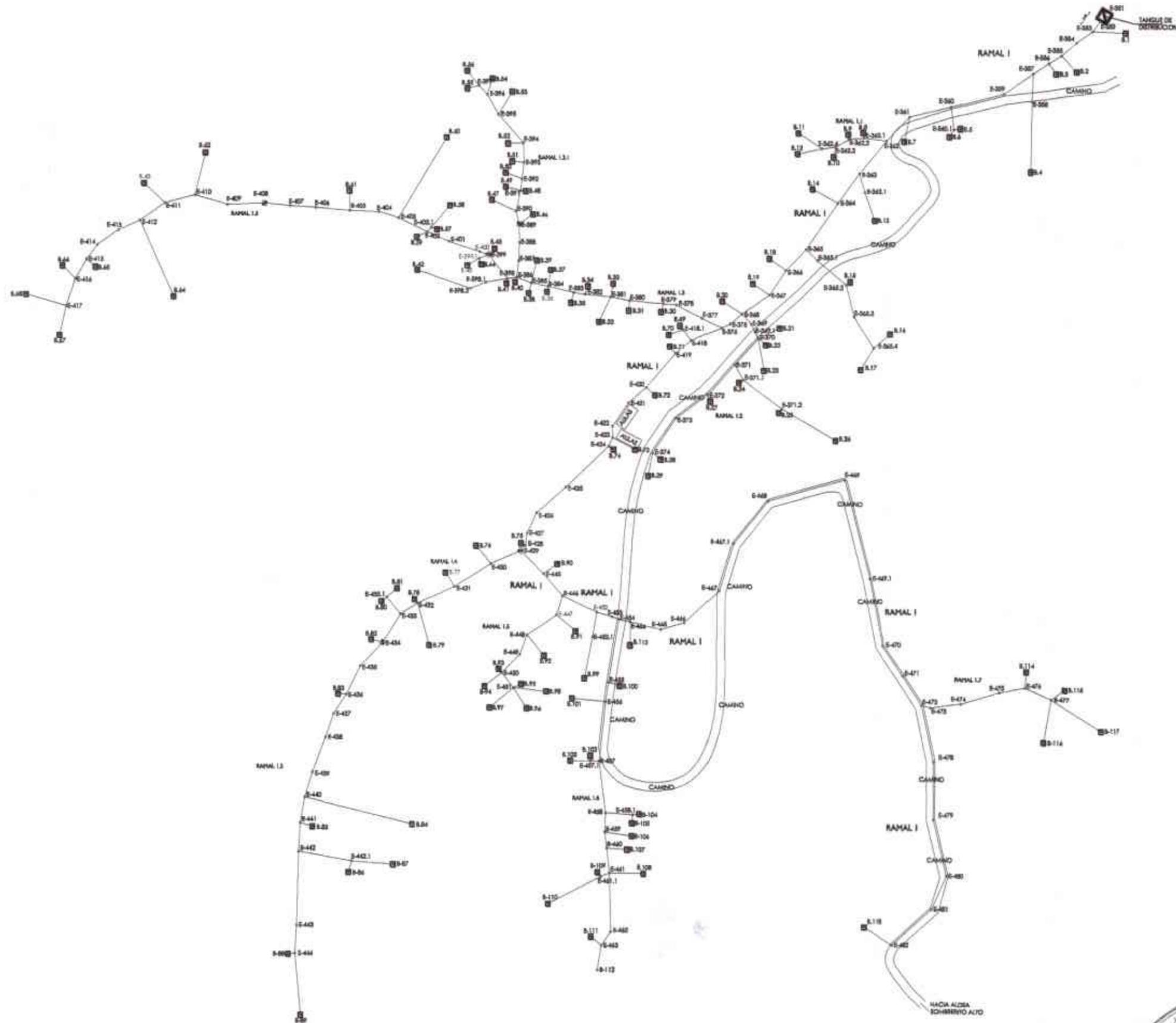
Universidad de San Carlos de Guatemala

Instituto de Ingeniería

Facultad de Ingeniería

ENRIQUE NAVARRO

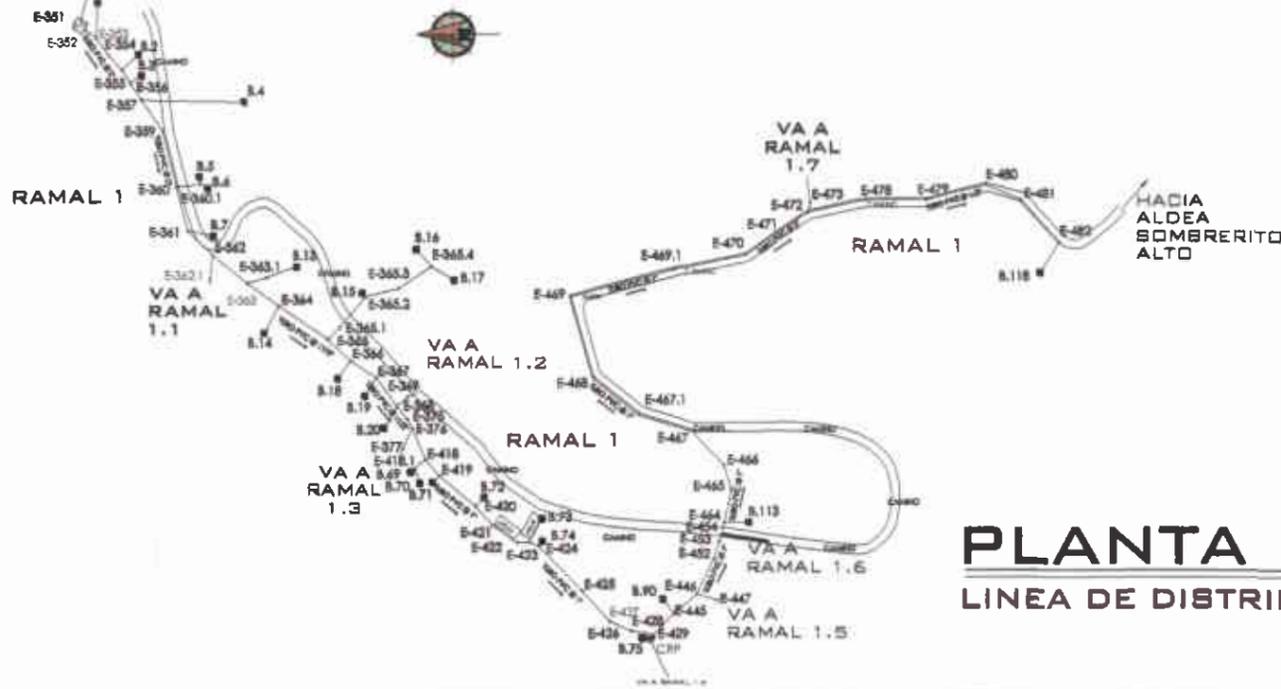
2001-12-04



**PLANTA**  
**DENSIDAD DE POBLACION Y RED DE**  
**DISTRIBUCION** ESC. H. 1/1250

 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COMUNIDADES DE SAN CARLOS, NUEVO PROGRESO, SAN MARCO	
	MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO DENSIDAD DE POBLACION Y RED DE DISTRIBUCION ELABORADO POR: BELVIN ESCOBAR NAVARRO NAVARRO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Ing. Juan Manuel... ASSESOR SUPLENTE... Unidad de Proyectos... Facultad de Ingenieria...		DE NO EXISTIR...

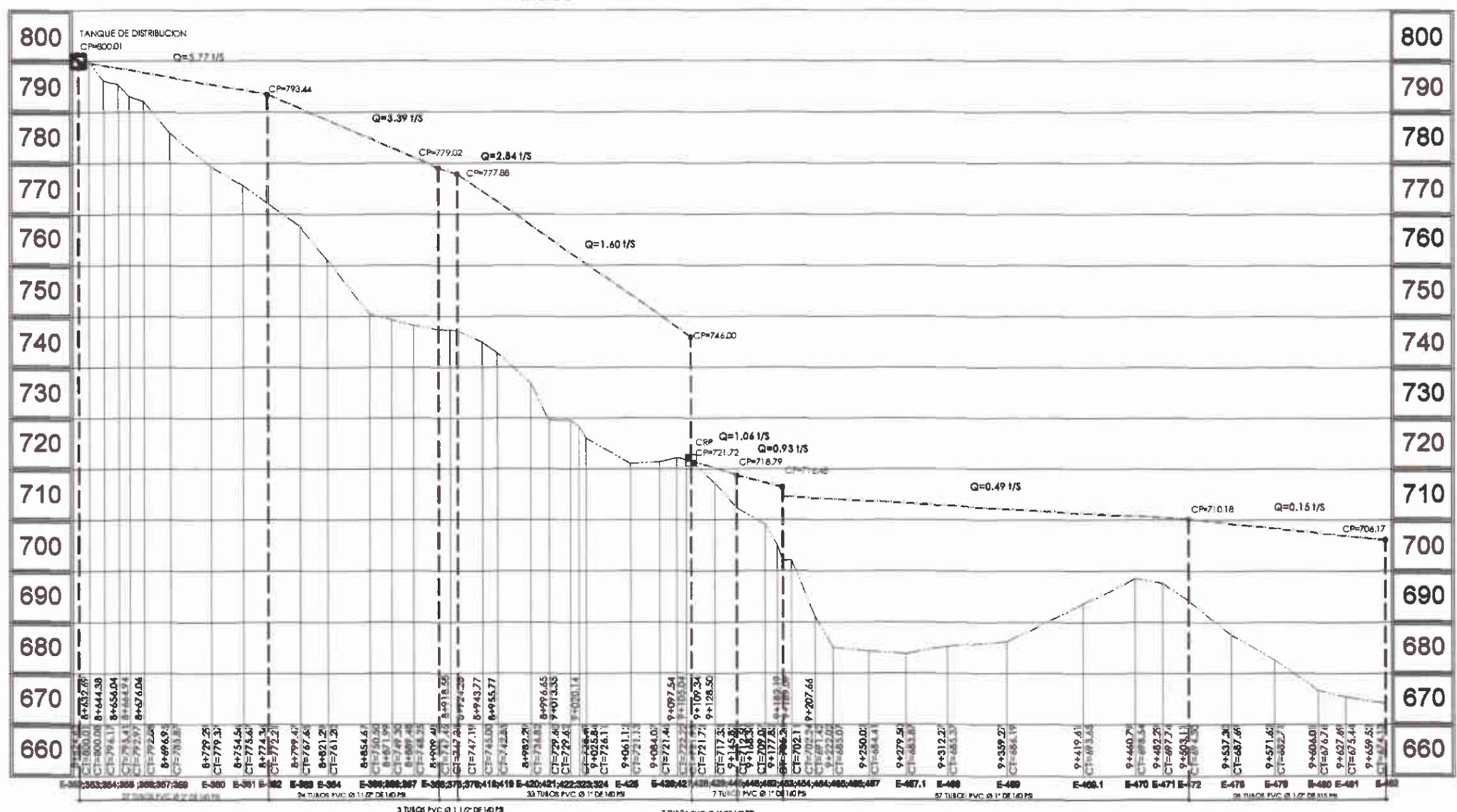
TANQUE DE DISTRIBUCION



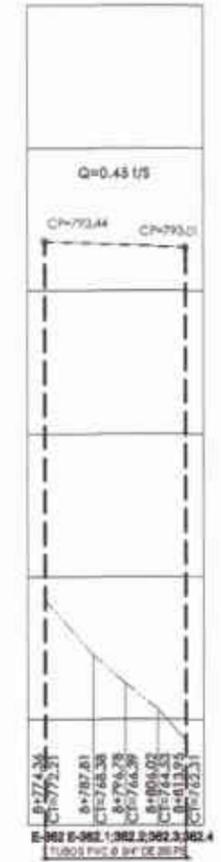
PLANTA RAMAL 1.1  
LINEA DE DISTRIBUCION DE E-342 A E-342.4  
ESC. 1/1000

# PLANTA RAMAL 1

LINEA DE DISTRIBUCION E-351 A E-482  
ESCALA 1/2000



800  
790  
780  
770  
760  
750  
740  
730  
720  
710  
700  
690  
680  
670  
660



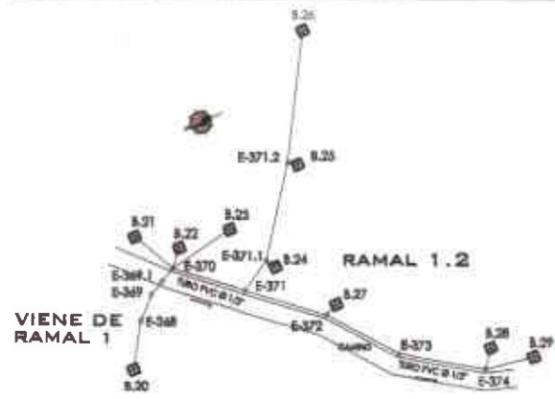
PLANTA RAMAL 1.1  
LINEA DE DISTRIBUCION DE E-342 A E-342.4  
ESC. H. 1/1000  
ESC. V. 1/850

# PERFIL RAMAL 1

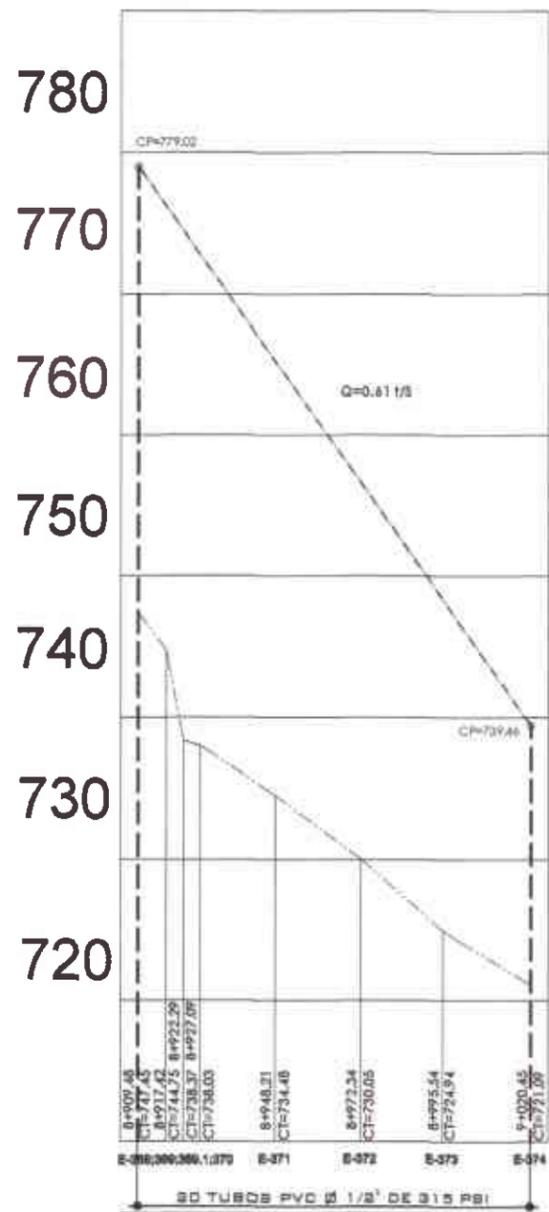
LINEA DE DISTRIBUCION DE E-351 A E-482  
ESC. H. 1/2000  
ESC. V. 1/500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL  
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

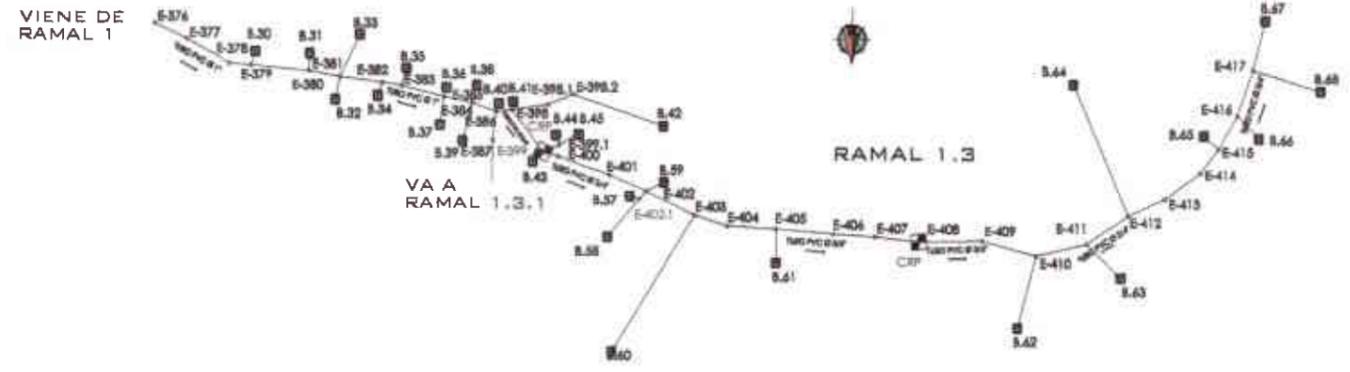
PROYECTO: PLANTA + PERFIL, RAMALES DE DISTRIBUCION  
ELABORADO POR: SILVIA BIZARDO NAVARRO  
FECHA: 2021-1-18-2024



**PLANTA RAMAL 1.2**  
LINEA DE DISTRIBUCION DE E-368 A E-374 ESCALA 1/1000



**PERFIL RAMAL 1.2**  
LINEA DE DISTRIBUCION DE E-368 A E-374 ESCALA 1/1000  
E.C. V. 1/800

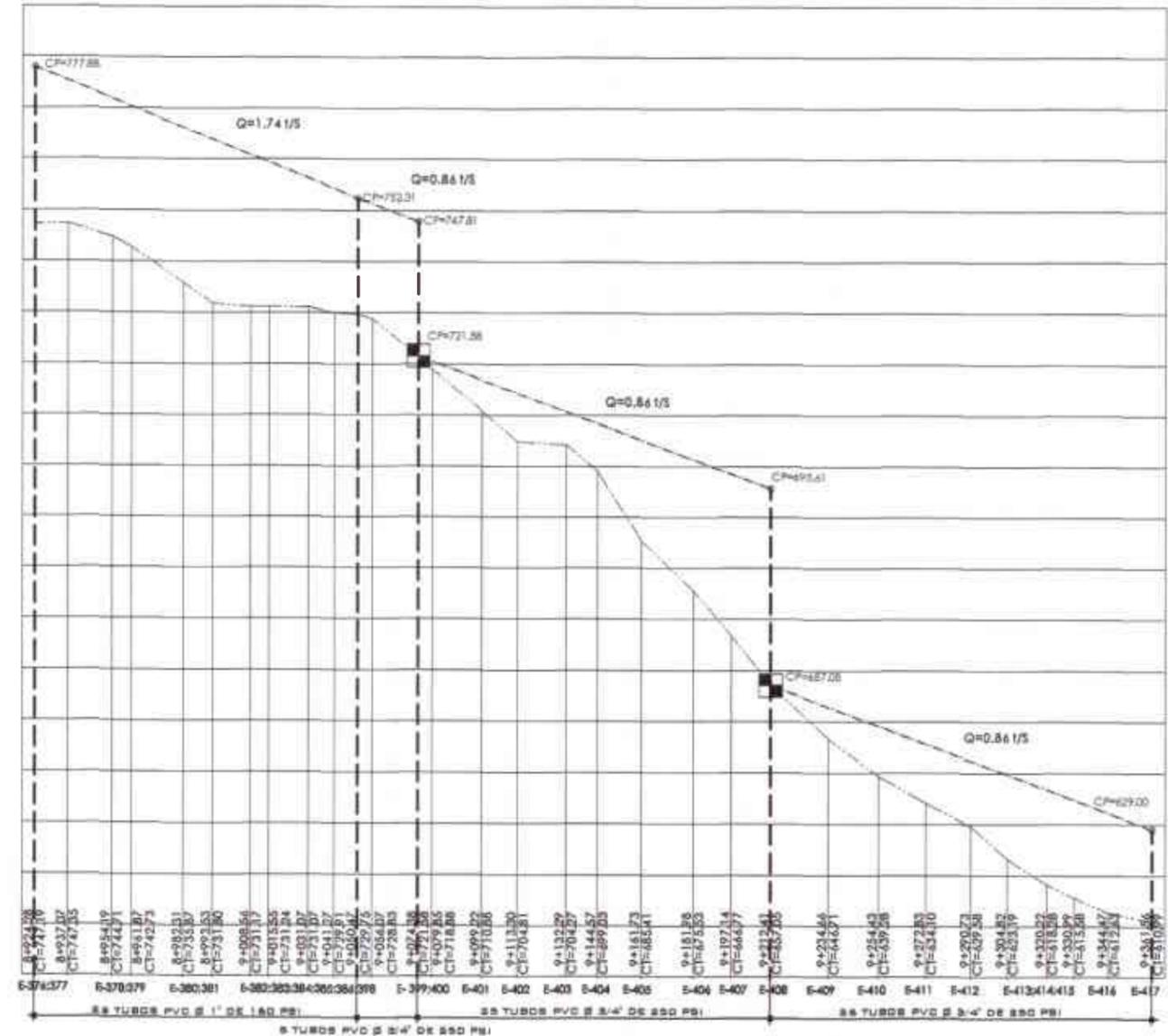


**PLANTA RAMAL 1.3**

LINEA DE DISTRIBUCION DE E-376 A E-417

ESCALA 1/1850

780  
770  
760  
750  
740  
730  
720  
710  
700  
690  
680  
670  
660  
650  
640  
630  
620  
610  
600



**PERFIL RAMAL 1.3**

LINEA DE DISTRIBUCION DE E-376 A E-417

ESCALA 1/1850  
E.C. V. 1/800

SIMBOLOGIA	
E-1 ELEVACION DE ESTACION	D1 CASA (NUMERO DE VIVIENDA)
CAMINO, CARRETERA	(VA)1 VALVULA DE AIRE
QUESADA, NO	(VA)2 VALVULA DE LIMPIEZA
LINEA PIEZOMETRICA	CAPTACION
COTA DE LINEA PIEZOMETRICA (CP)	CAJA ROMPE-PRESION PERIL
TUBERIA DISTRIBUCION	TANQUE DISTRIBUCION
	CAJA DE VALVULA DE CONTROL

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROYECTO: PLAN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

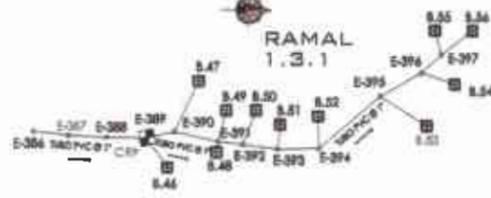
**PLANTA + PERFIL, RAMALES DE DISTRIBUCION**

PROYECTISTA: EVELYN RICARDO NAVARRO  
NÚMERO: 3001-18264

FECHA: 13/05/2015

ING. FREDY...  
ING. FREDY...

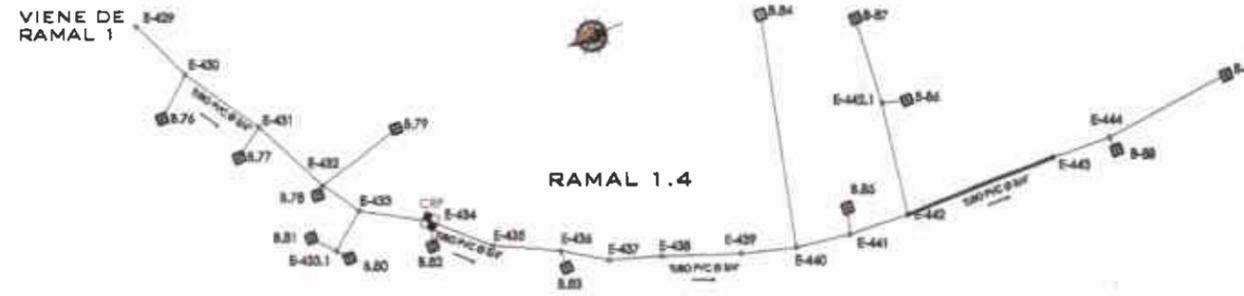
VIENE DE RAMAL 1.3



PLANTA RAMAL 1.3.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-386 A E-397 ESCALA 1/1000

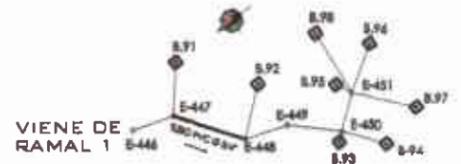
VIENE DE RAMAL 1



PLANTA RAMAL 1.4

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-429 A E-444 ESCALA 1/1000

VIENE DE RAMAL 1



RAMAL 1.5

PLANTA RAMAL 1.5

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-446 A E-451 ESCALA 1/1000

750

740

730

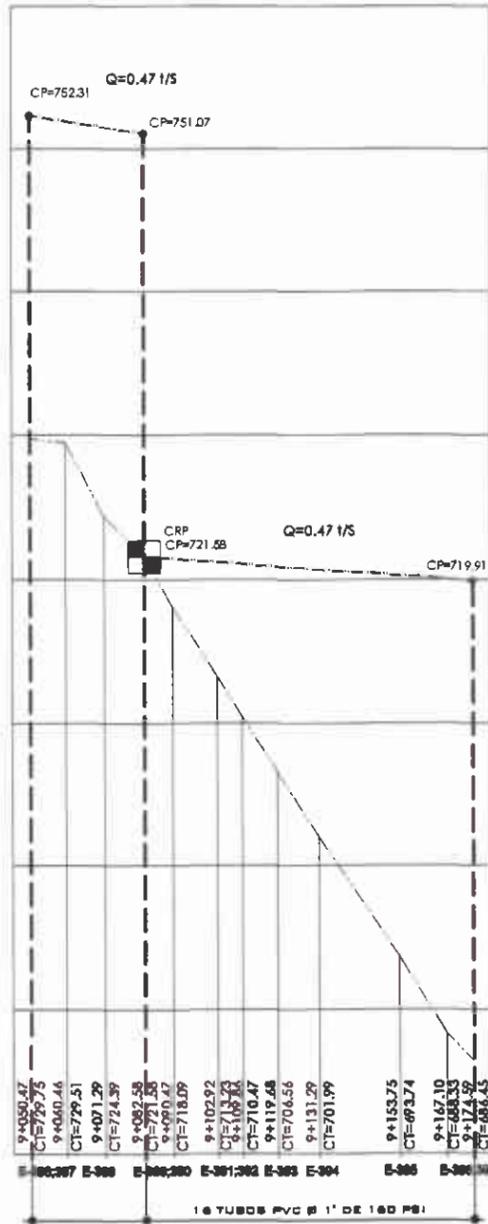
720

710

700

690

680



PERFIL RAMAL 1.3.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-386 A E-397 ESCALA 1/1000 ESC. V. 1/500

740

730

720

710

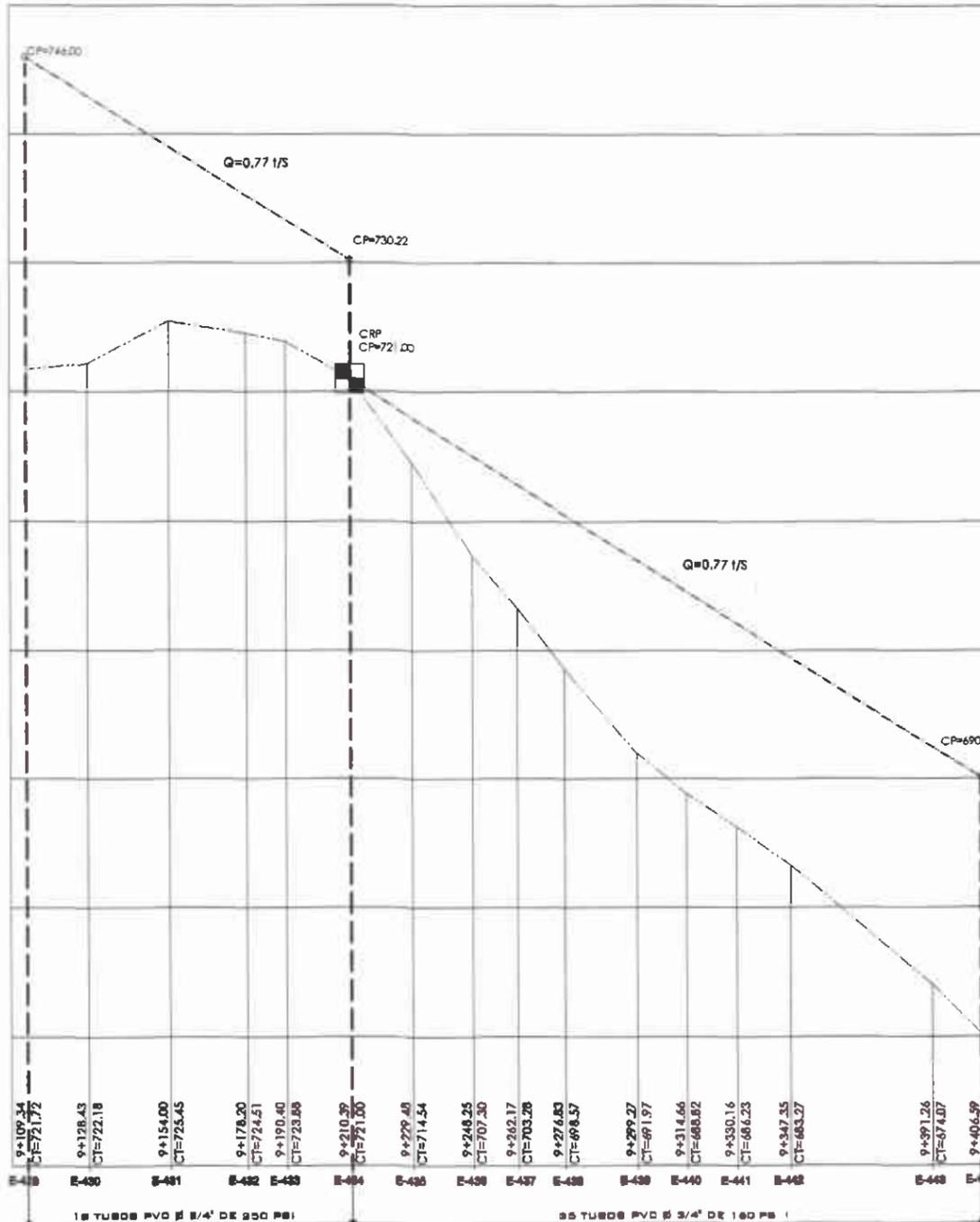
700

690

680

670

660



PERFIL RAMAL 1.4

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-429 A E-444 ESC. H. 1/1000 ESC. V. 1/500

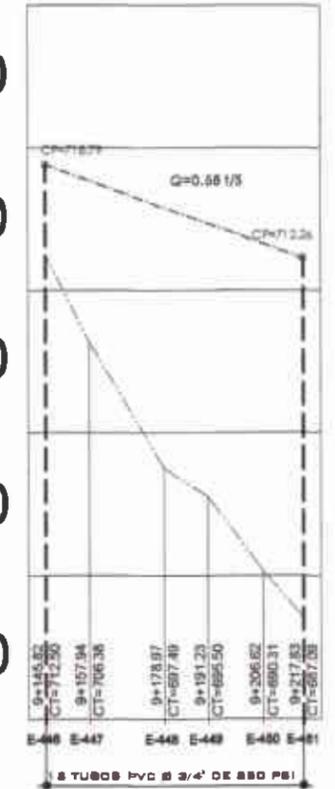
720

710

700

690

680



PERFIL RAMAL 1.5

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-446 A E-451 ESC. V. 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE AGUAS  
ING. JUAN M. GONZÁLEZ  
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

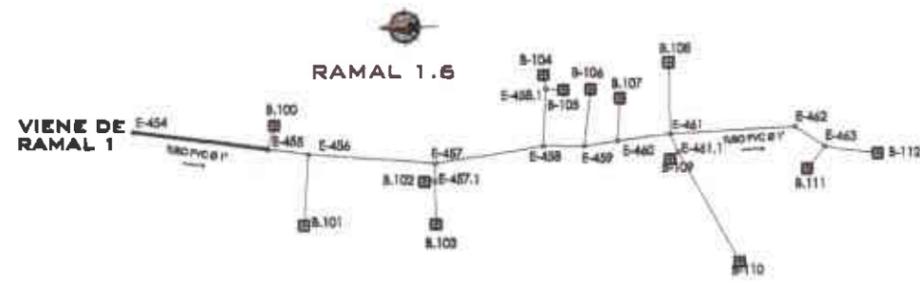
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL, RAMALES DE DISTRIBUCIÓN

APROBADO: SELVIN RICARDO NAVARRO  
INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS

FECHA: 25/01/2024

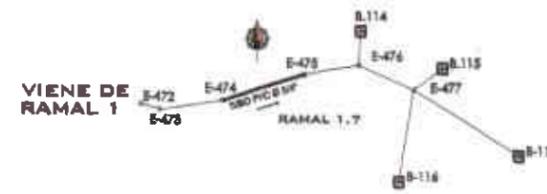
ESCALA: 1/1000



PLANTA RAMAL 1.6

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-454 A E-463

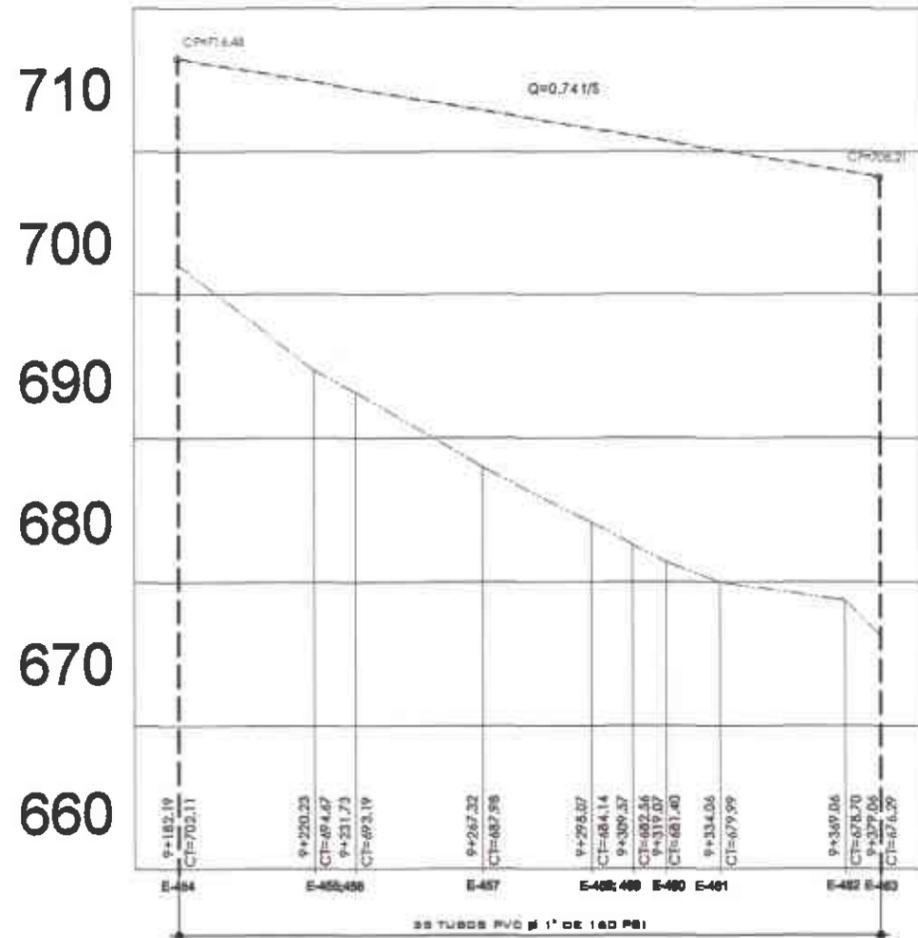
ESCALA 1/1500



PLANTA RAMAL 1.7

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-472 A E-477

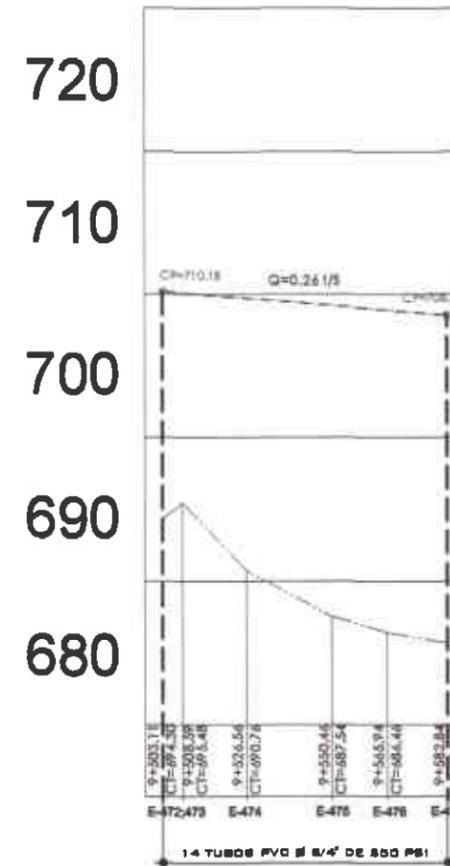
ESCALA 1/1500



PERFIL RAMAL 1.6

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-454 A E-463

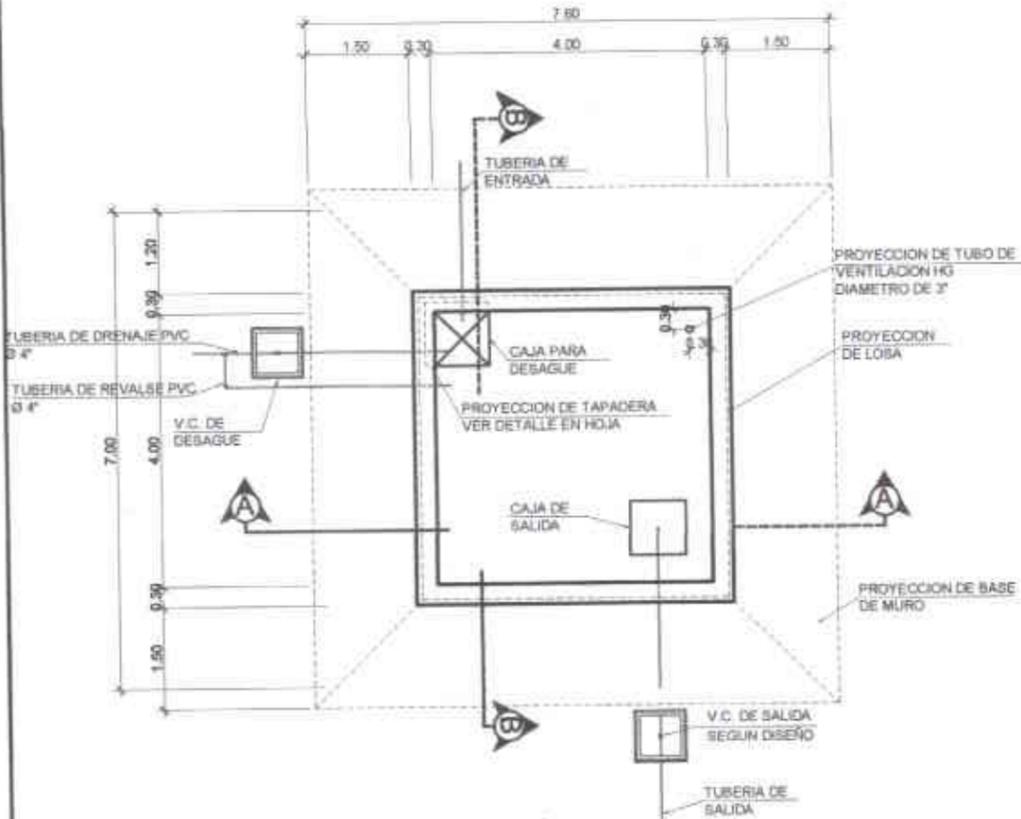
ESC. H. 1/1000  
ESC. V. 1/800



PLANTA RAMAL 1.7

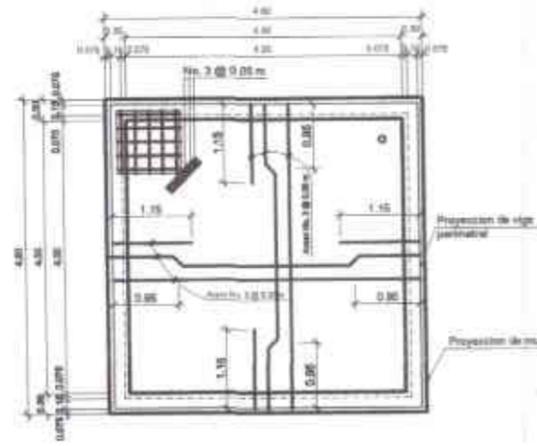
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE E-472 A E-477

ESC. H. 1/1000  
ESC. V. 1/800



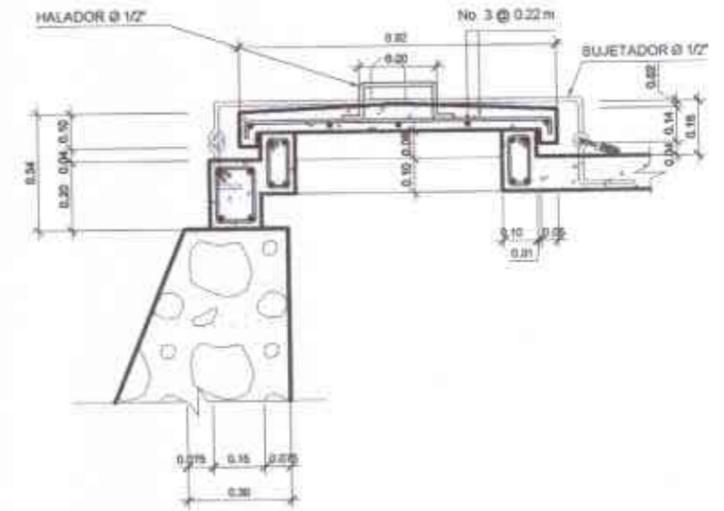
PLANTE DE TANQUE

ESCALA 1:50



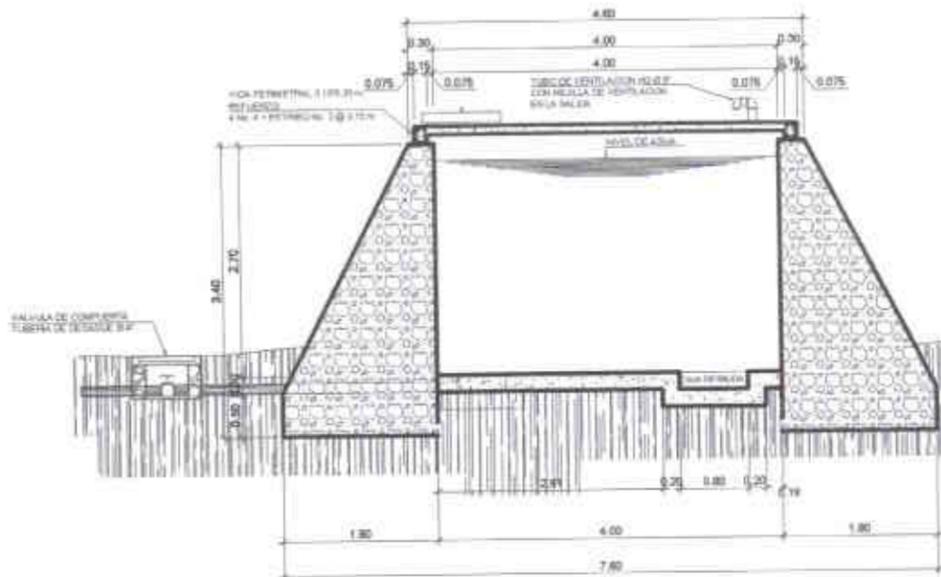
PLANTA DE LOSA DE TECHO

ESCALA 1:50



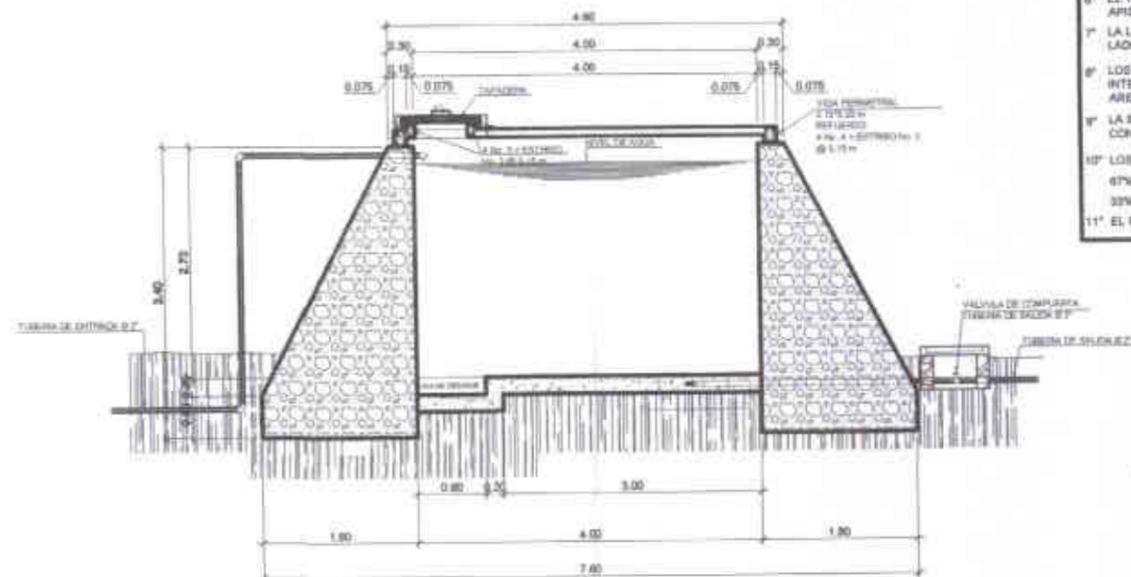
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10



SECCION A-A

ESCALA 1:40



SECCION B-B

ESCALA 1:40

NOTAS GENERALES

- 1 CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pq) A LOS 28 DIAS
- 2 ACERO DE REFUERZO: DE USARA ACERO DE REFUERZO DE fy=280 kg/cm<sup>2</sup> (GRADO 40 KSI)
- 3 MUROS: LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE O COMO DEBAJO DE TIERRA
- 4 TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS
- 5 LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL COSTADO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO
- 6 EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBER SER PERFECTAMENTE APISONADO
- 7 LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS
- 8 LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZAR EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CARA DE SABETA DE CEMENTO + ARENA PROPORCION (1:2) DEBIDAMENTE ALISADO
- 9 LA SUPERFICIE DE LA LOSA DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERVIÑAS CON CEMENTO + ARENA
- 10 LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE CONCRETO CICLOPEO  
67% PIEDRA BOLA  
33% CONCRETO
- 11 EL RECUBRIMIENTO DE LA LOSA SERA DE 3.0CM

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FECHA: 16/05/2024

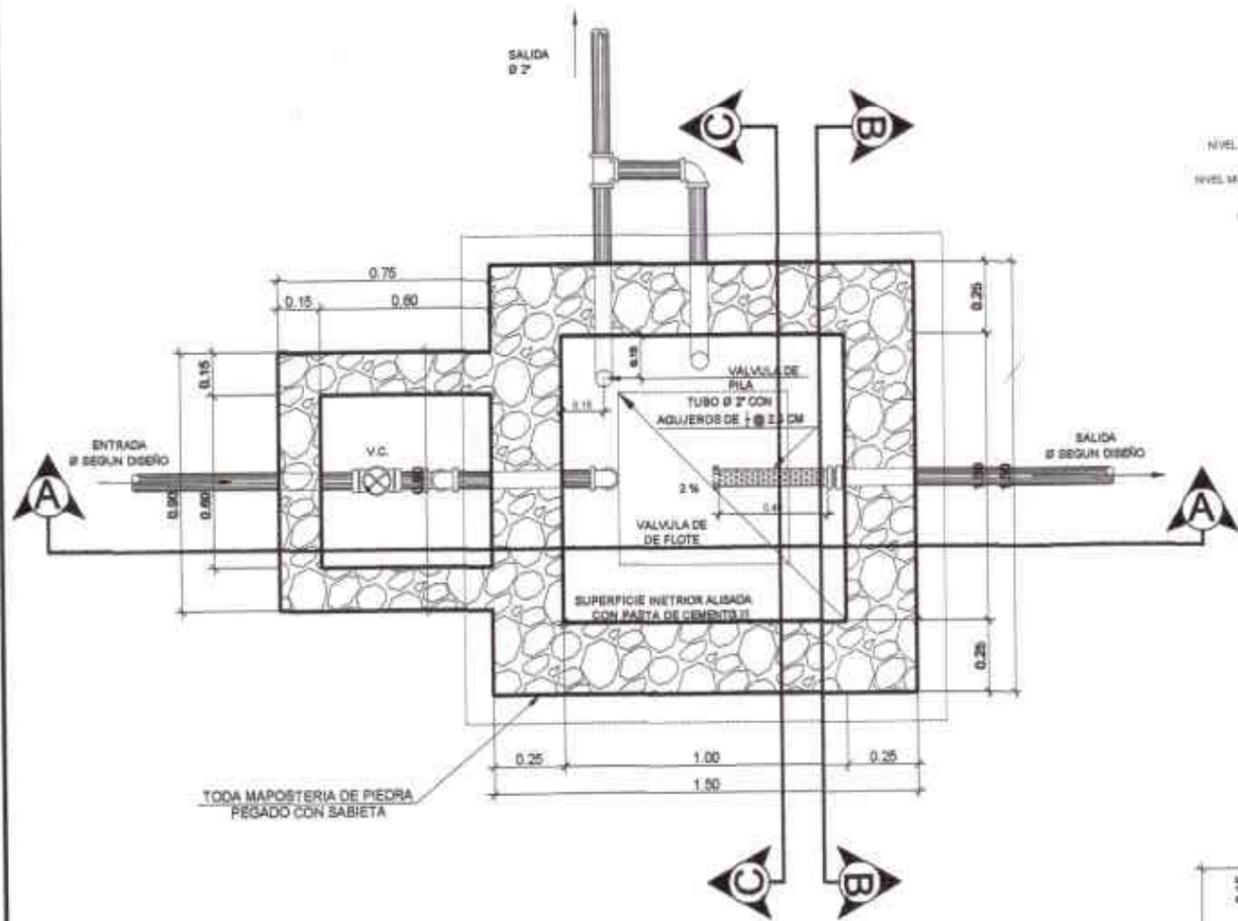
TRABAJO: PLANTA Y SECCIONES DE LOSA DE CEMENTO

ALUMNO: JUAN CARLOS MORALES

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS MORALES

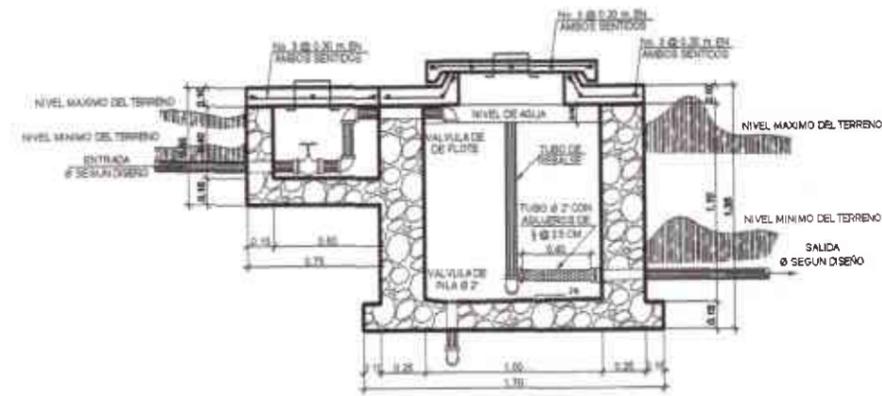
16/05/2024

JUAN CARLOS MORALES  
Facultad de Ingeniería



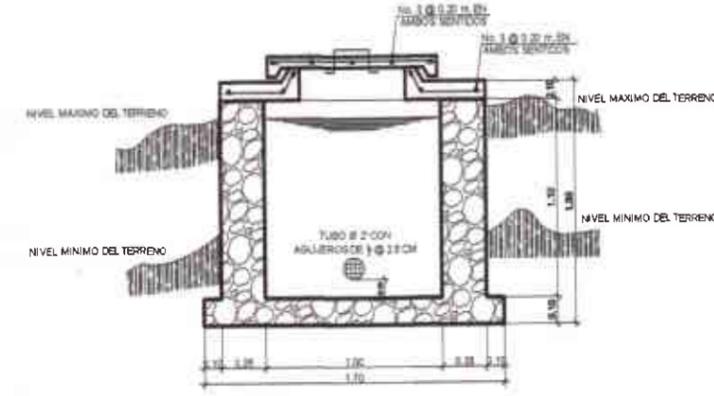
**PLANTA**

ESCALA 1:12.5



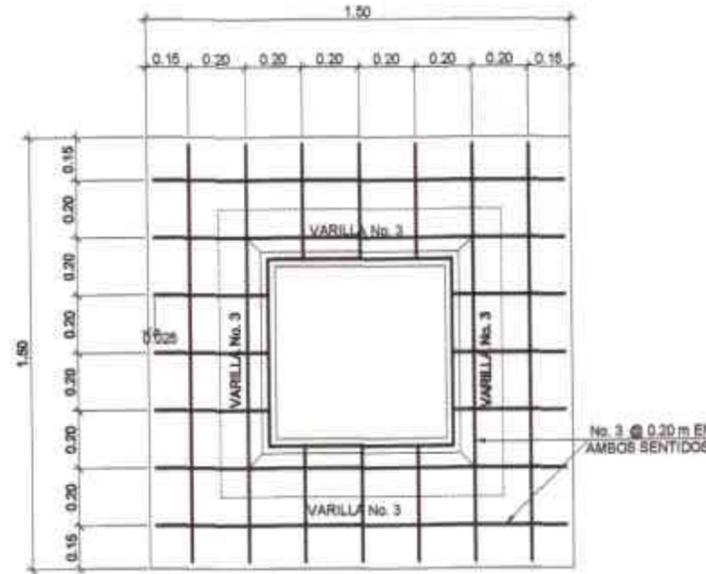
**SECCION A-A**

ESCALA 1:20



**SECCION B-B**

ESCALA 1:20



**DETALLE DE LOSA**

ESCALA 1:12.5

LISTADO DE MATERIALES		
ACCESORIO DE ENTRADA (SEGUN DISEÑO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VALVULA DE COMPUERTA Ø	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	2	U
ADAPTADOR HEMBRA PVC	1	U
VALVULA DE FLOTE	1	U
ACCESORIO DE SALIDA (SEGUN DISEÑO)		
PICACHA (Ø)	1	U
ADAPTADOR MACHO (PVC)	1	U
ACCESORIO DE DRENAJE Y REBALSE		
TEE (SEGUN CASO)	1	U
CODOS DE 90° PVC	3	U
VALVULA DE PILA Ø 2"	1	U
CEMENTO	11	SACOS
PIEDRA	1.4	m³
ARENA DE RIO	1.2	m³
PARALES DE 3"x2"x10"	36	FT
TABLA DE PINO RUSTICA 1"x2"x10"	40	FT
CLAVO	2	LBR
ALAMBRE DE AMARRE	1	LBR
HIERRO DE 3/8"	9	VAR
HIERRO DE 1/2"	2	VAR

**NOTAS**

MAPOSTERIA 67.00% PIEDRA  
33.00% SABIETA 1: CEMENTO  
2: ARENA DE RIO  
CONCRETO = PC-3 kg

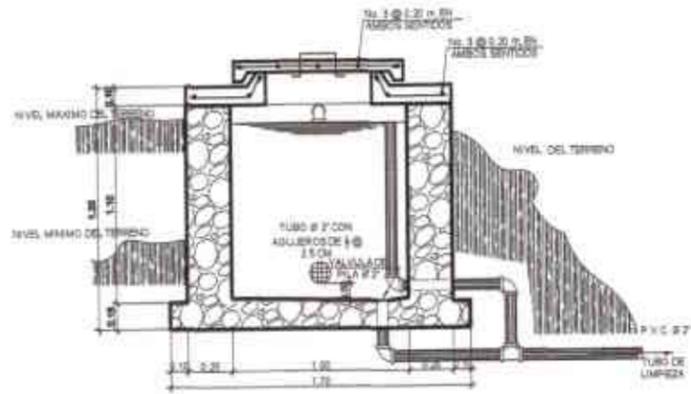
**ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE FLOTE**

MATERIALES  
CUERPO Y VARILLA = BRONCE  
SELO = CAUCHO  
PELOTA = COBRE

PRESION DE TRABAJO  
100 kg / pulg 2 en rasca

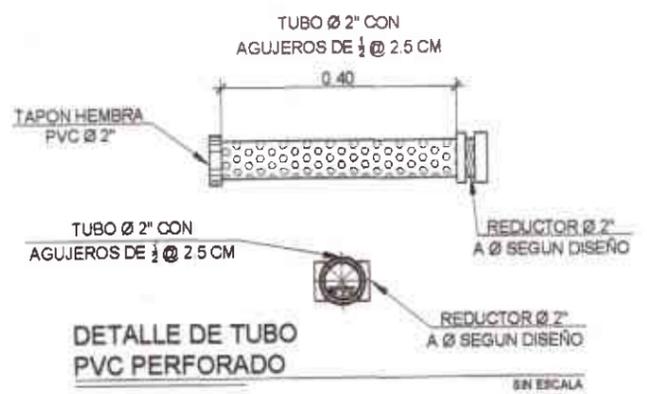
INSTALACION  
HORIZONTAL DESVIACION MAXIMA PERMITIDA Ø

REFERENCIAS  
EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE SERA MAYOR QUE LE DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ENTRADA Y EL MINIMO SERA Ø 2"



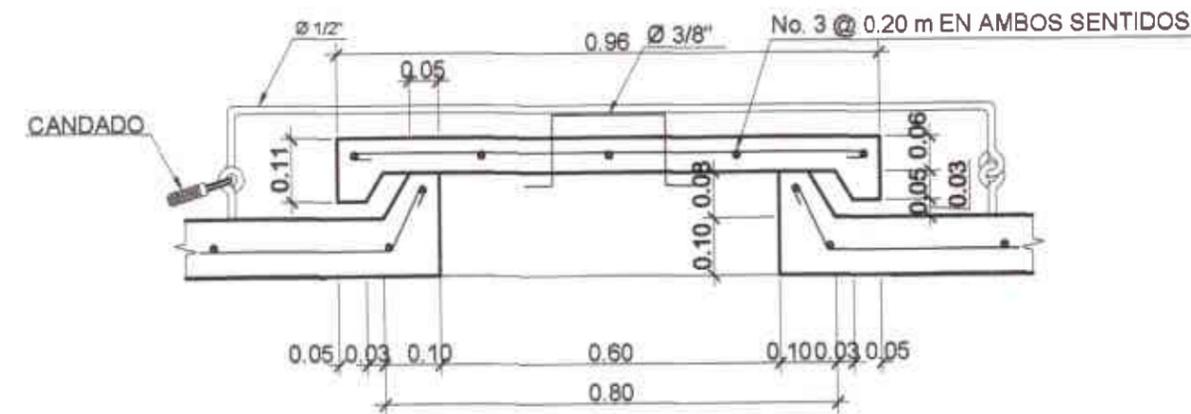
**SECCION C-C**

ESCALA 1:20



**DETALLE DE TUBO PVC PERFORADO**

SIN ESCALA



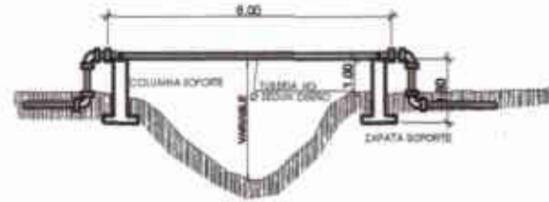
**DETALLE DE TAPADERA**

ESCALA 1:12.50

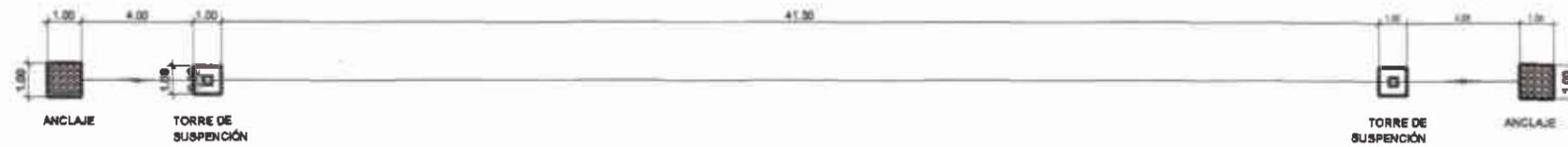
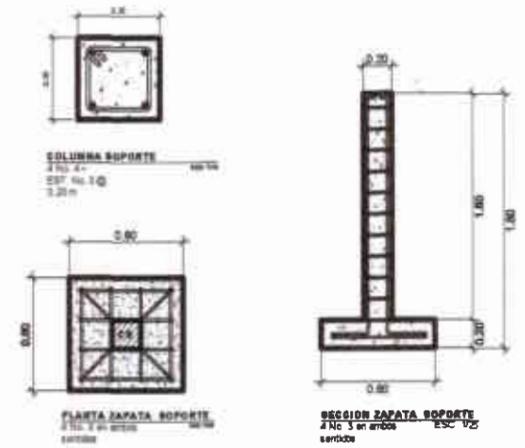
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO 5  
CONTENIDO: PLANTA, SECCIONES + DETALLES DE CAJA ROMPE PRESION  
ING. JUAN M. NAVARRO  
25



ELEVACION PASO DE ZANJON TIPO A  
ESCALA 1:50

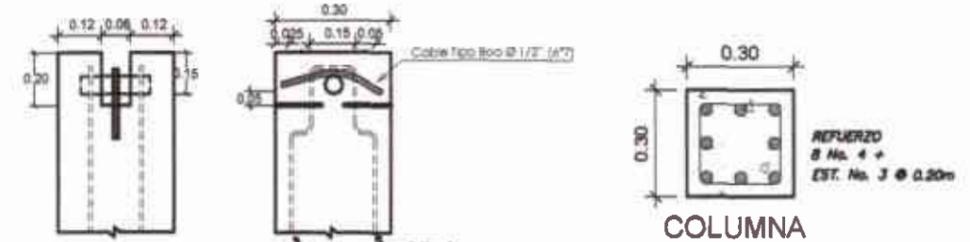


ELEVACION PASO DE ZANJON TIPO B  
ESCALA 1:50



PLANTA PASO ELEVADO No. 1 (42 METROS)

ESC: 1/125

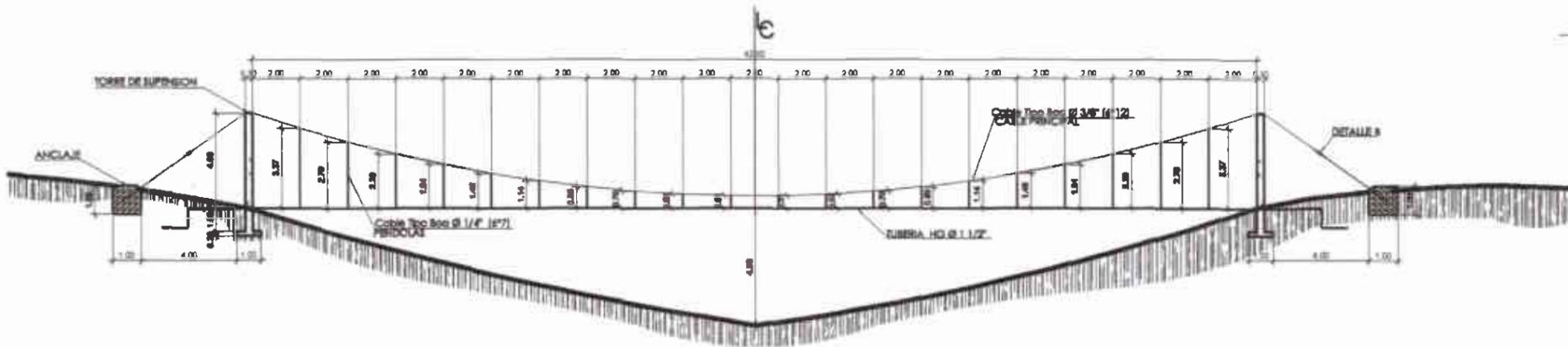


APOYO DE CABLE EN COLUMNA

COLUMNA

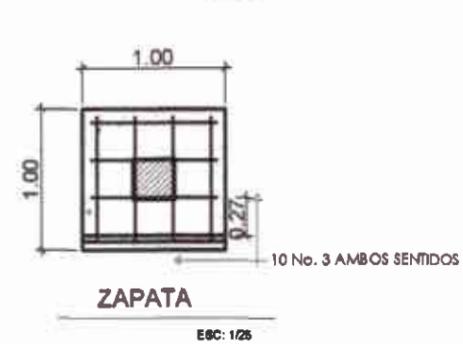
ESC: 1/10

TORRE DE SUSPENSION



ELEVACION PASO ELEVADO No. 1 (42 METROS)

ESC: 1/125

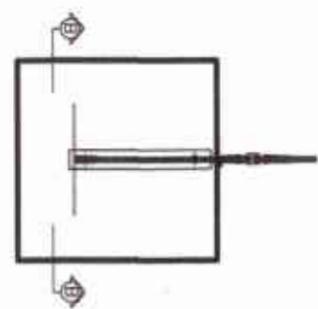


ZAPATA

ESC: 1/25

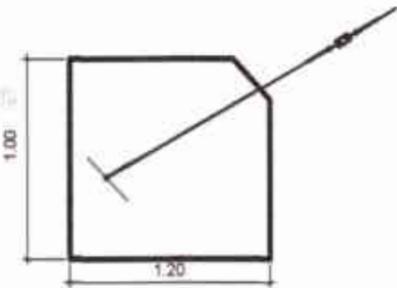
NOTAS:

- la resistencia que se utilizara para el concreto será de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pulg<sup>2</sup>)
- a 28 días para la fundación de columnas y zapatas.
- el acero de refuerzo deberá ser de grado 40 legítimo.
- el cable será de acero galvanizado compuesto de seis cordones de siete alambres por cordón con un diámetro según para cada uso.
- el nivel de cimentación de esta columna deberá ser el mismo para ambas columnas y estas últimas quedaran perfectamente alineadas con los muerlos respectivos.
- la estructura esta diseñada para un suelo con valor soporte de 15 ton/m<sup>2</sup>.
- a los ganchos de anclaje se les deberán aplicar dos manos de pintura anticorrosiva.
- todas las dimensiones estan dadas en metros.
- todos los extremos del cable deberan protegerse con 6 a 10 vueltas de alambre de alambre galvanizado.
- si el terreno tiene pendiente, la localización del muelto estara definida considerando que el cable tiene una inclinación con relación 1 vertical y 2 horizontal.



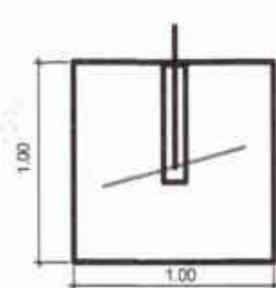
PLANTA DE ANCLAJE

SN ESCALA



CORTE B-B' DE ANCLAJE

SN ESCALA



ELEVACION DE ANCLAJE

SN ESCALA



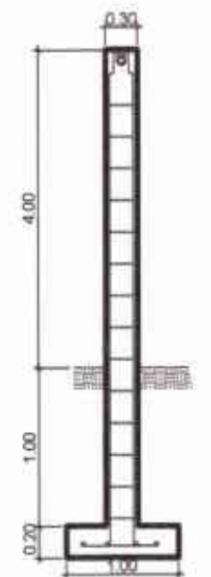
DETALLE B

SN ESCALA

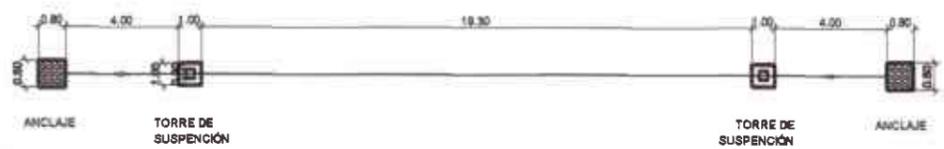


DETALLE DE SUSPENSION DE TUBO

SN ESCALA

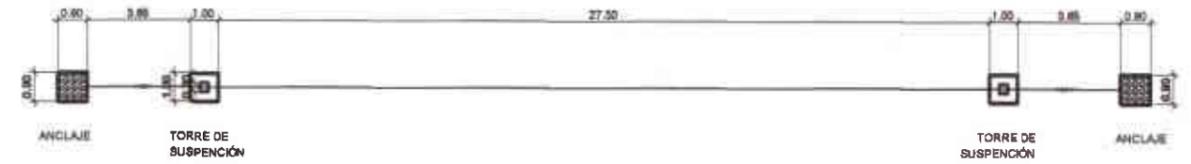


ELEVACION  
SN ESCALA



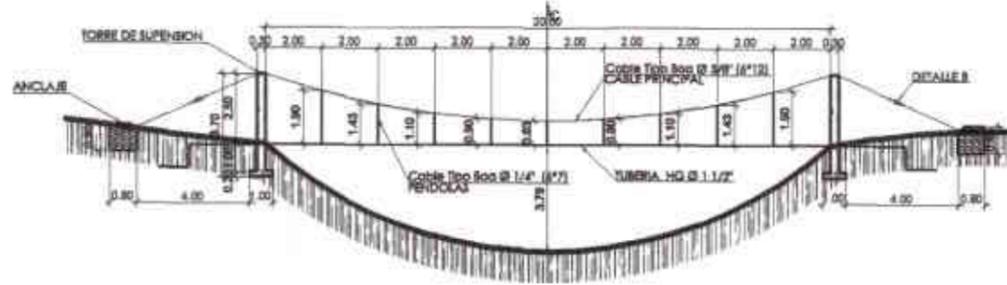
PLANTA PASO ELEVADO No. 2 (20 METROS)

ESC: 1/125



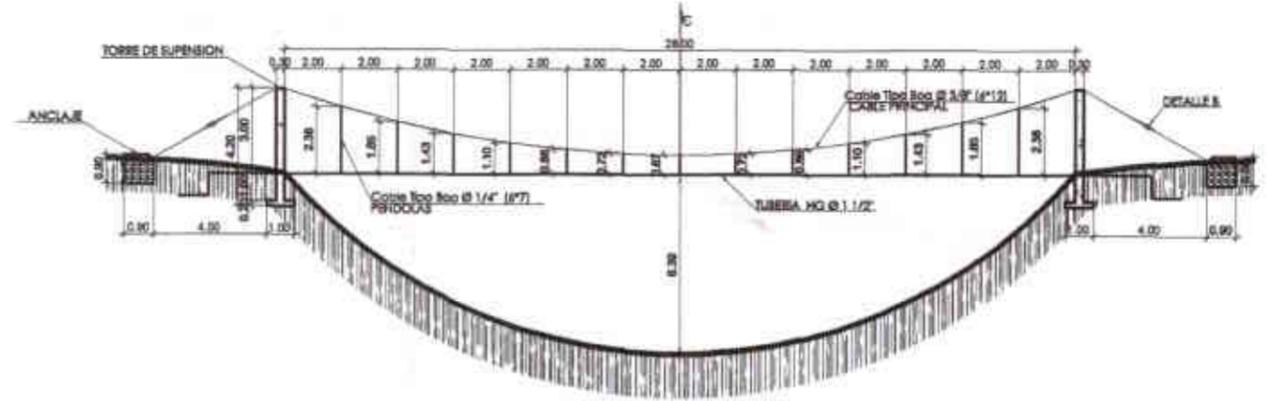
ELEVACION PASO ELEVADO No. 3 (28 METROS)

ESC: 1/125



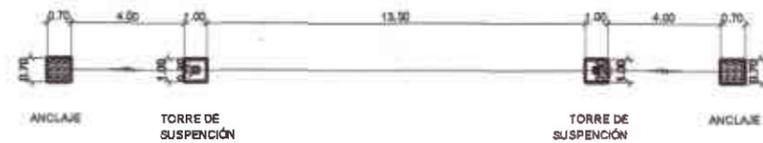
ELEVACION PASO ELEVADO No. 2 (20 METROS)

ESC: 1/125



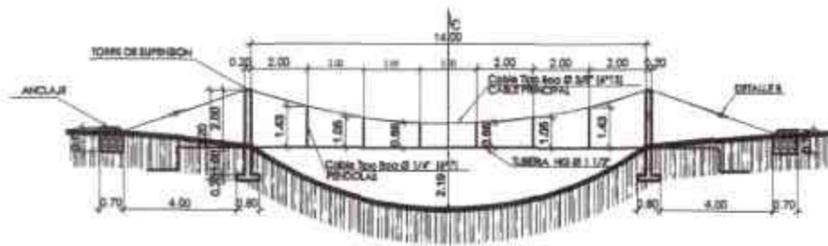
ELEVACION PASO ELEVADO No. 3 (28 METROS)

ESC: 1/125



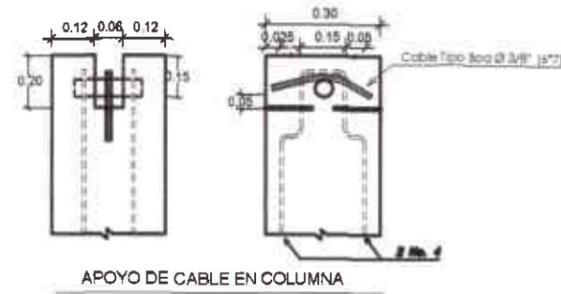
PLANTA PASO ELEVADO No. 4 (14 METROS)

ESC: 1/125



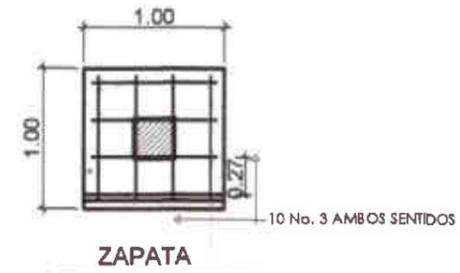
ELEVACION PASO ELEVADO No. 4 (14 METROS)

ESC: 1/125



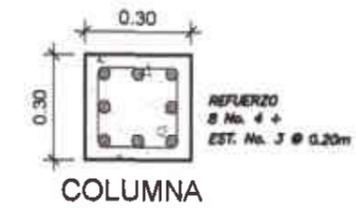
APOYO DE CABLE EN COLUMNA

ESC: 1/20



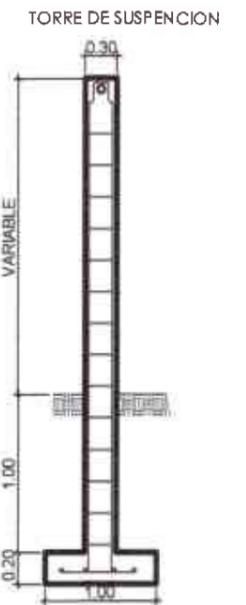
ZAPATA

ESC: 1/20



COLUMNA

ESC: 1/10



ELEVACION

SIN ESCALA



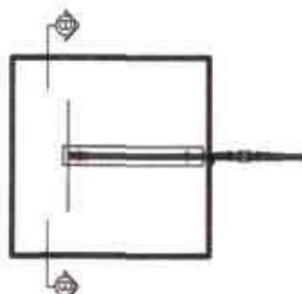
DETALLE B

SIN ESCALA



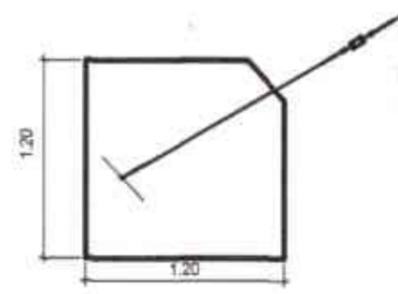
DETALLE DE SUSPENSION DE TUBO

SIN ESCALA



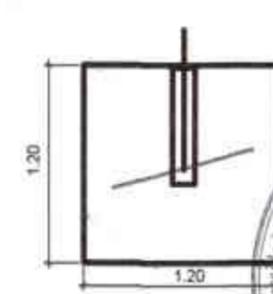
PLANTA DE ANCLAJE

SIN ESCALA



CORTE B-B' DE ANCLAJE

SIN ESCALA



ELEVACION DE ANCLAJE

SIN ESCALA

- NOTAS:**
- la resistencia que se utilizara para el concreto será de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pulg<sup>2</sup>)
  - a 20 días para la fundición de columnas y zapatas.
  - el acero de refuerzo deberá ser de grado 40 legítimo.
  - el cable será de acero galvanizado compuesto de seis cordones de siete alambres por cordón con un diámetro según para cada uso.
  - el nivel de cimentación de cada columna deberá ser el mismo para ambas columnas y estas últimas quedarán perfectamente alineadas con los muerlos respectivos.
  - la estructura está diseñada para un suelo con valor soporte de 15 ton/m<sup>2</sup>.
  - a los ganchos de anclaje se les deberán aplicar dos manos de pintura anticorrosiva.
  - todas las dimensiones están dadas en metros.
  - todos los extremos del cable deberán protegerse con 8 a 10 vueltas de alambre de alambre galvanizado.
  - si el terreno tiene pendiente, la localización del muerto estará definida considerando que el cable tiene una inclinación con relación 1 vertical y 2 horizontal.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LOS PERES, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

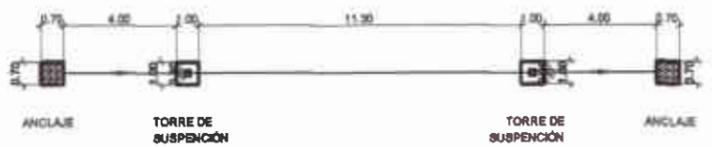
ENTREGA: PLANTA, ELEVACION + DETALLES DE PASOS AEROS

INGENIERO: EDWIN RICARDO NAVARRO - DANIEL NAVARRO

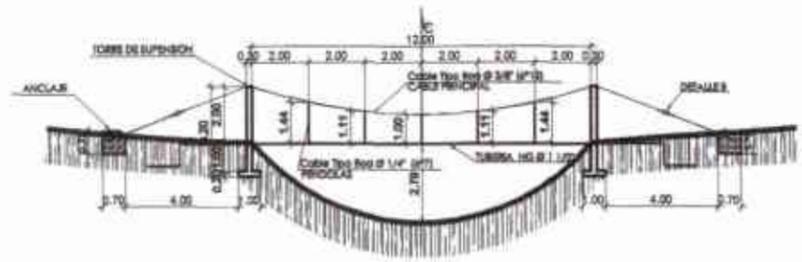
BOG 113864

ING. JUAN CARLOS DE LA CRUZ

19



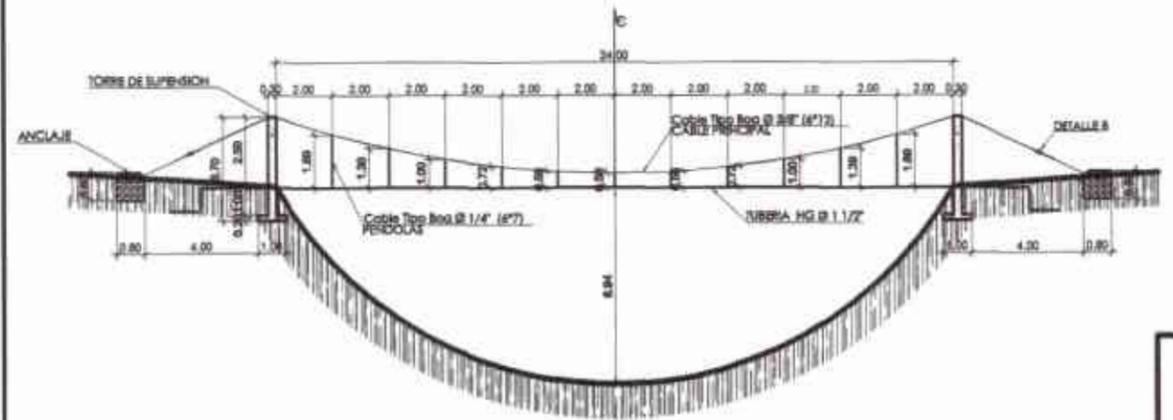
ELEVACION PASO ELEVADO No. 5 (12 METROS)  
ESC: 1/125



ELEVACION PASO ELEVADO No. 5 (12 METROS)  
ESC: 1/125



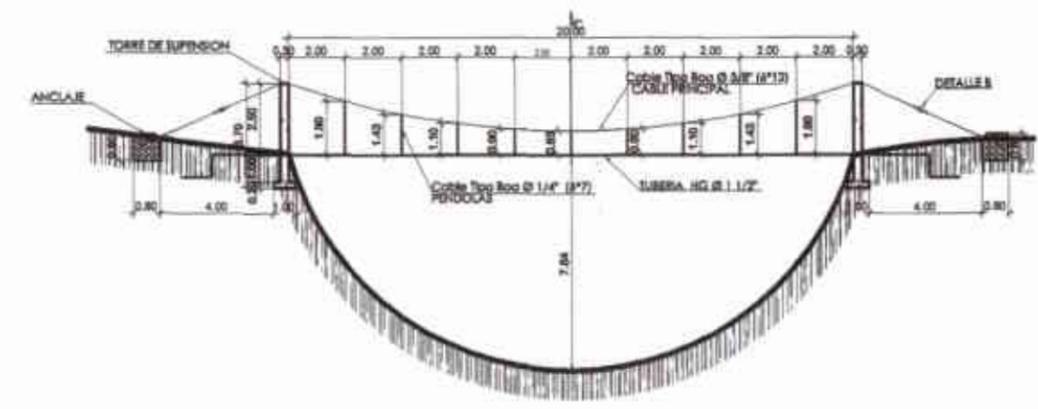
PLANTA PASO ELEVADO No. 7 (24 METROS)  
ESC: 1/125



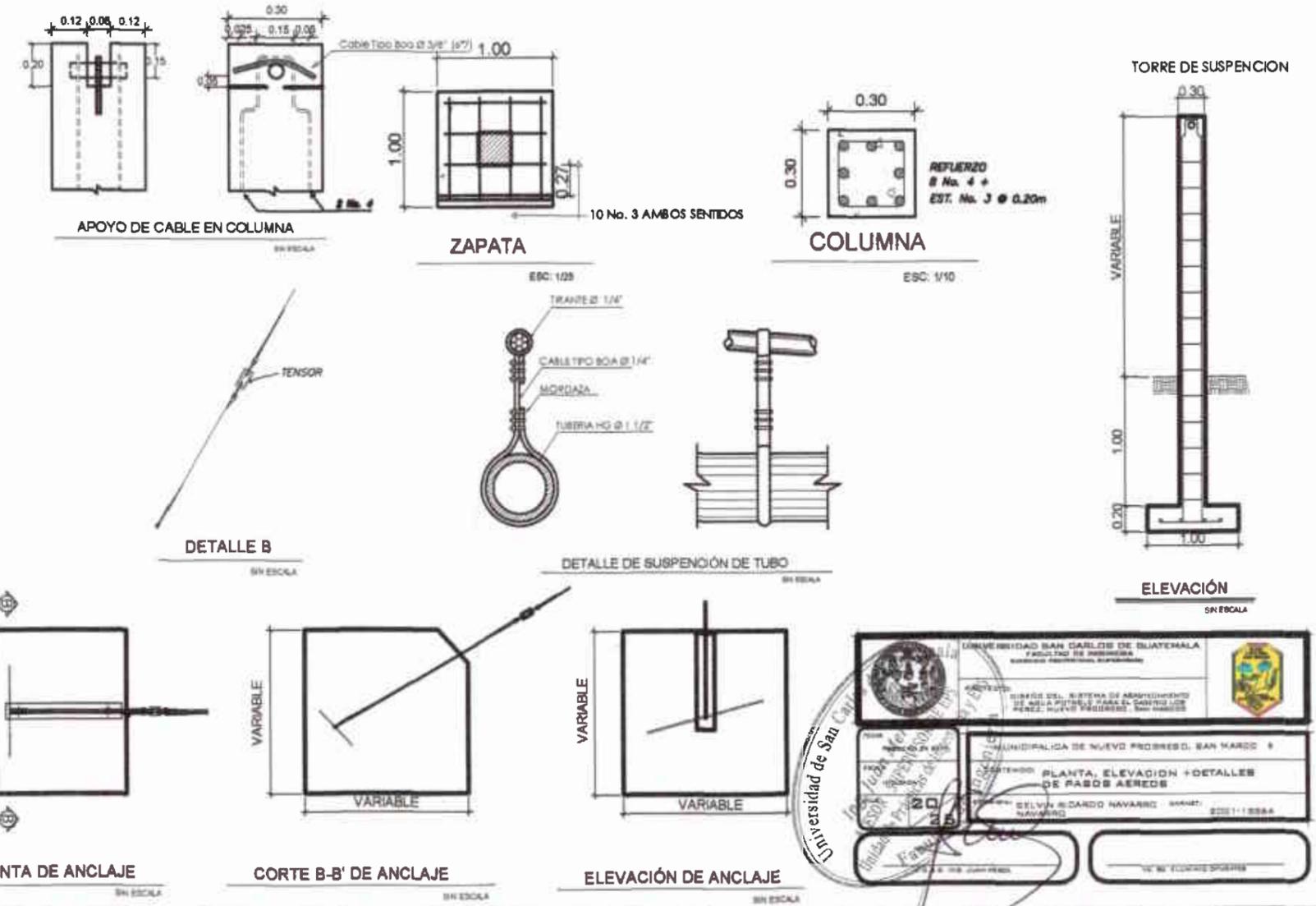
ELEVACION PASO ELEVADO No. 7 (24 METROS)  
ESC: 1/125



PLANTA PASO ELEVADO No. 6 (20 METROS)  
ESC: 1/125

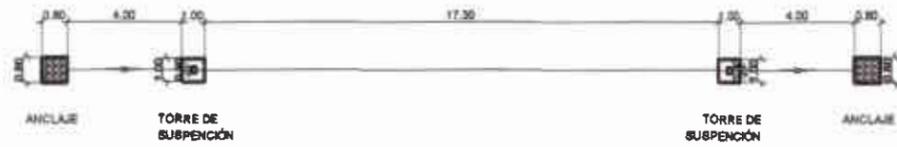


ELEVACION PASO ELEVADO No. 6 (20 METROS)  
ESC: 1/125



- NOTAS:
- la resistencia que se utilizara para el concreto sera de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/inch<sup>2</sup>) a 28 dias para la fundación de columnas y zapatas
  - el acero de refuerzo deberá ser de grado 40 legítimo
  - el cable será de acero galvanizado compuesto de seis cordones de siete alambres por cordón con un diámetro según para cada uso
  - el nivel de alimentación de cada columna deberá ser el mismo para ambas columnas y estas últimas quedarán perfectamente alineadas con los muros respectivos.
  - la estructura está diseñada para un suelo con valor soporte de 15 ton/m<sup>2</sup>
  - a los ganchos de anclaje se les deberán aplicar dos manos de pintura anti-rust.
  - todas las dimensiones están dadas en metros
  - todos los extremos del cable deberán protegerse con 8 a 10 vueltas de alambre de alambre galvanizado.
  - si el terreno tiene pendiente, la localización del muro estará definida considerando que el cable tiene una inclinación con relación 1 vertical y 2 horizontal.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL  
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO  
PLANTA, ELEVACION + DETALLES DE PASOS AEROS  
SELVIN EDUARDO NAVARRO  
2021-1-8884



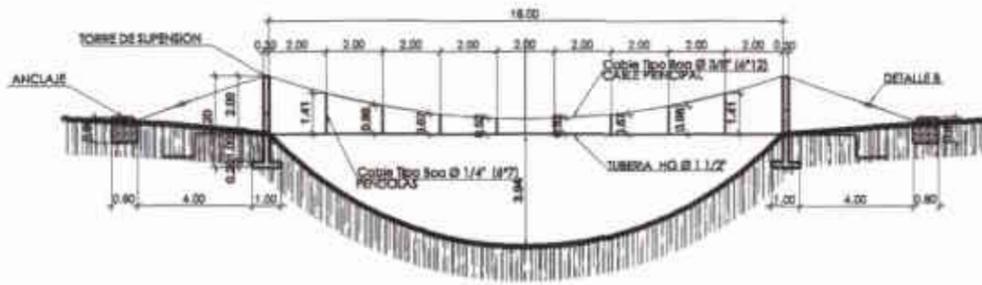
PLANTA PASO ELEVADO No. 8 (18 METROS)

ESC: 1/125



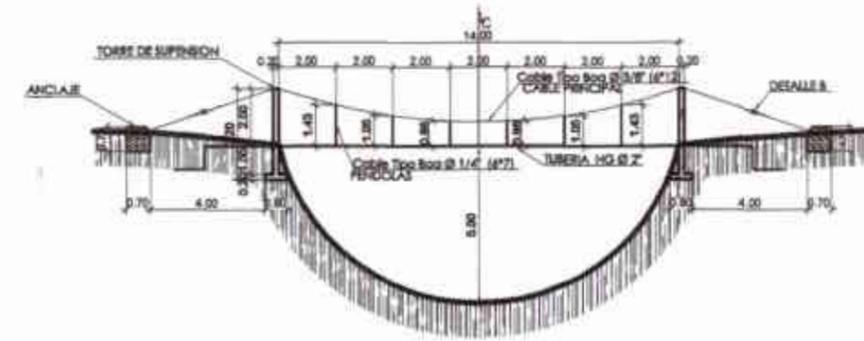
PLANTA PASO ELEVADO No. 9 (14 METROS)

ESC: 1/125



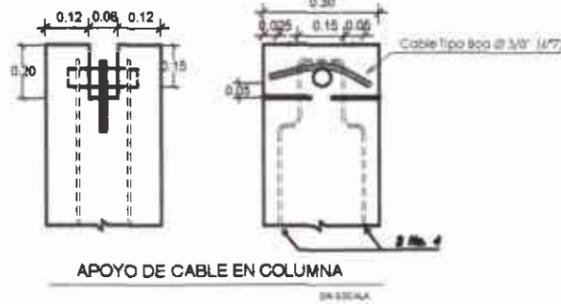
ELEVACION PASO ELEVADO No. 8 (18 METROS)

ESC: 1/125



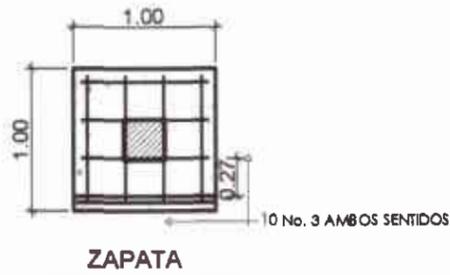
ELEVACION PASO ELEVADO No. 9 (14 METROS)

ESC: 1/125



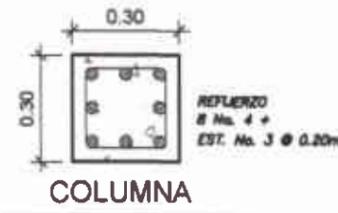
APOYO DE CABLE EN COLUMNA

SIN ESCALA



ZAPATA

ESC: 1/20



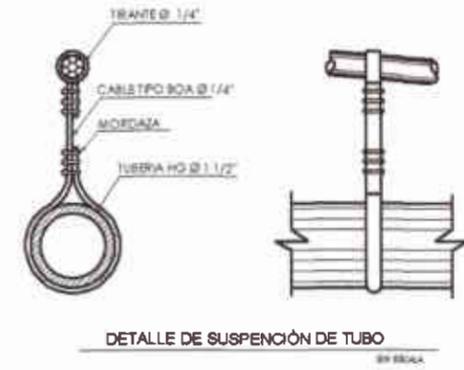
COLUMNA

ESC: 1/10



DETALLE B

SIN ESCALA

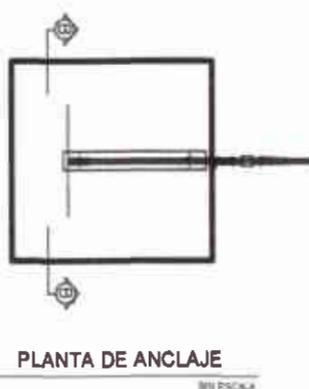
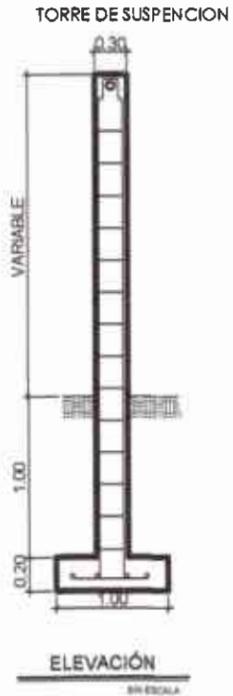


DETALLE DE SUSPENSIÓN DE TUBO

SIN ESCALA

NOTAS:

- La resistencia que se utilizara para el concreto será de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pulg<sup>2</sup>) a 28 días para la fundición de columnas y zapatas.
- El acero de refuerzo deberá ser de grado 40 legítimo.
- El cable será de acero galvanizado compuesto de seis cordones de acero alambre por cordón con un diámetro según para cada uso.
- El nivel de alimentación de cada columna deberá ser el mismo para ambas columnas y estas últimas quedarán perfectamente alineadas con los muerlos respectivos.
- La estructura está diseñada para un suelo con valor soporte de 15 ton/m<sup>2</sup>.
- A los ganchos de anclaje se les deberán aplicar dos manos de pintura anticorrosiva.
- Todas las dimensiones están dadas en metros.
- Todos los extremos del cable deberán protegerse con 8 a 10 vueltas de alambre de alambre galvanizado.
- Si el terreno tiene pendiente, la localización del muelto estará definida considerando que el cable tiene una inclinación con relación 1 vertical y 2 horizontal.



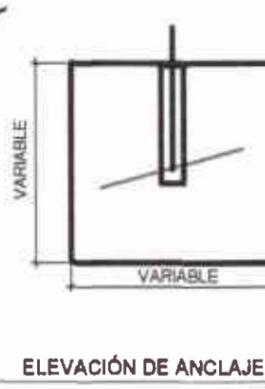
PLANTA DE ANCLAJE

SIN ESCALA



CORTE B-B' DE ANCLAJE

SIN ESCALA



ELEVACIÓN DE ANCLAJE

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL TERCER LOTE PERE: NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

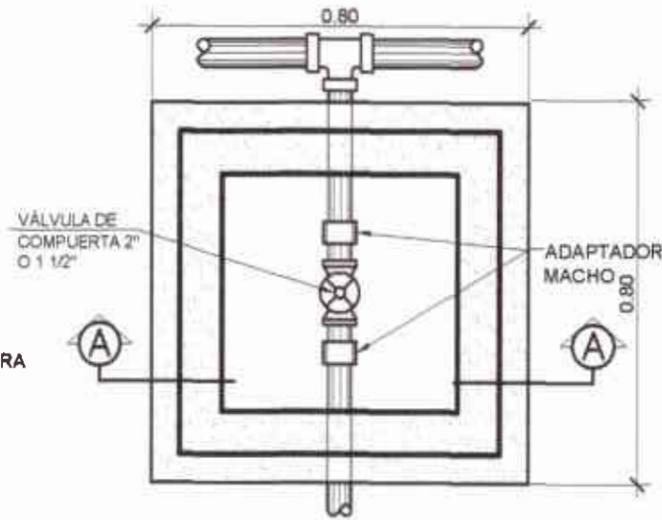
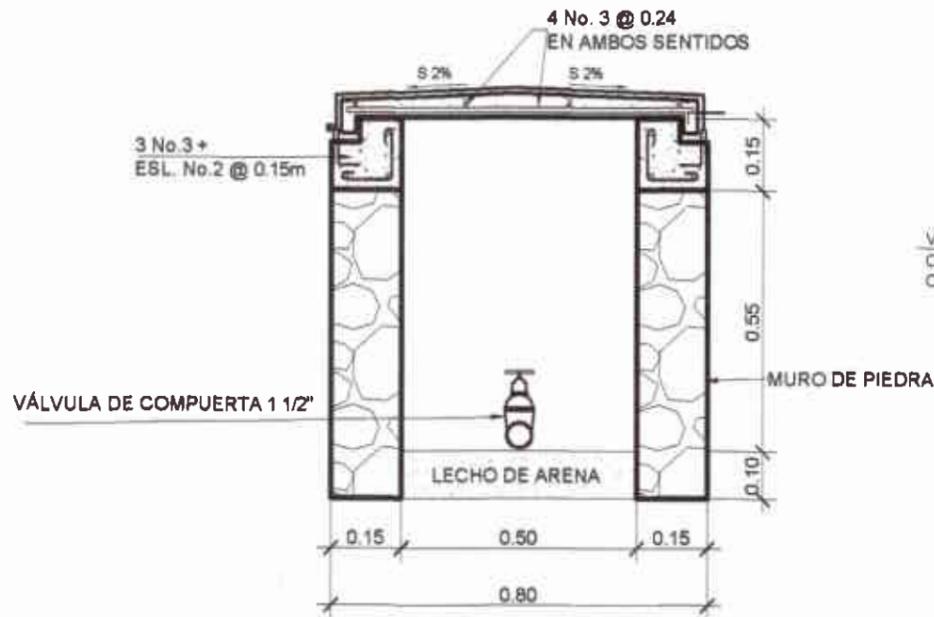
CONTENIDO: PLANTA, ELEVACION + DETALLES DE PASOS AEROS

ELABORADO POR: BELVIN EDUARDO NAVARRO NAVARRO

FECHA: 2021-1-28/24

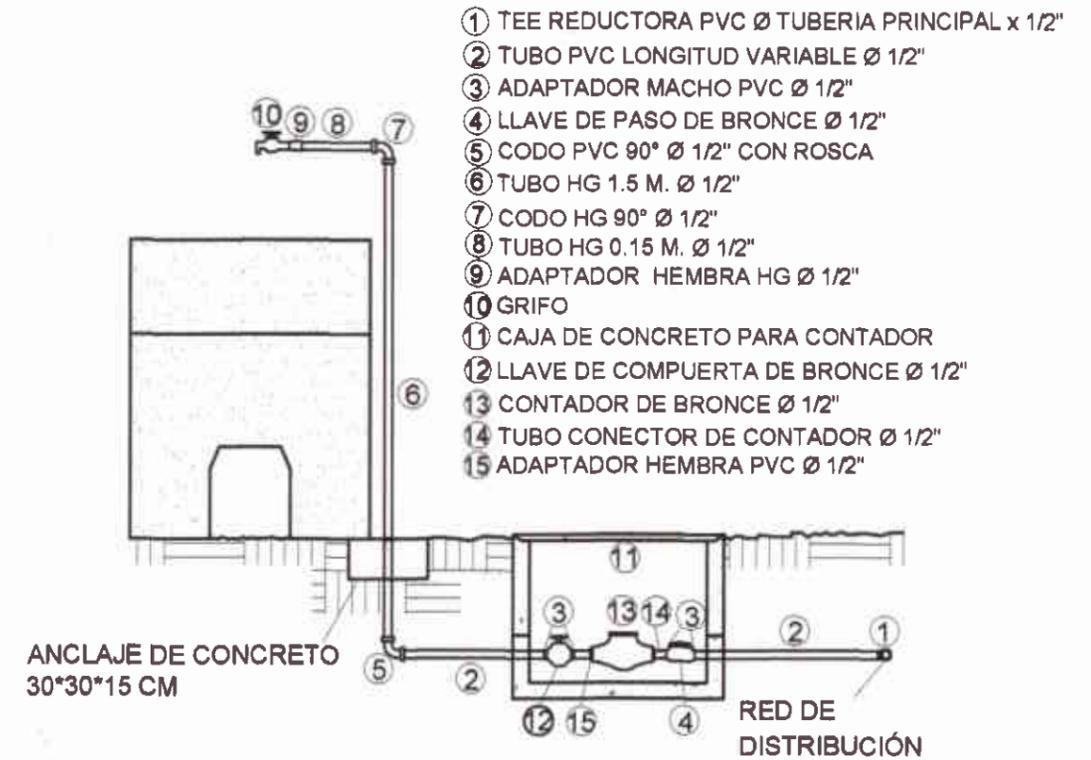
ING. JUAN RIVERA

ING. JUAN RIVERA



CAJA PARA VÁLVULA DE LIMPIEZA

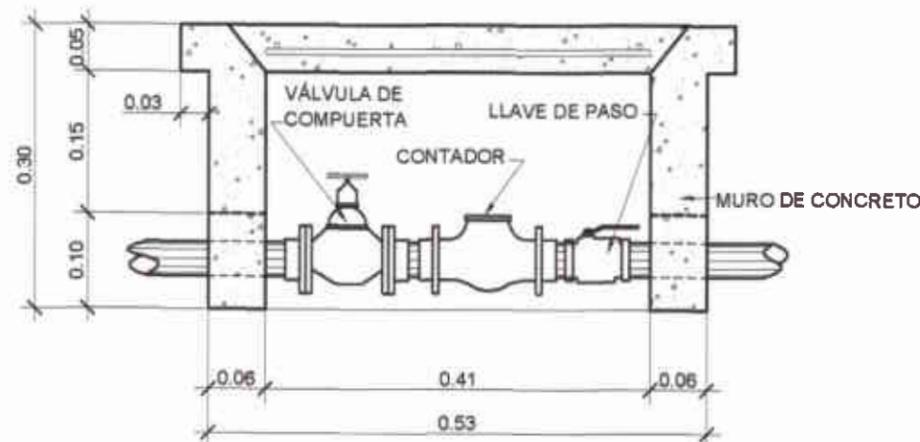
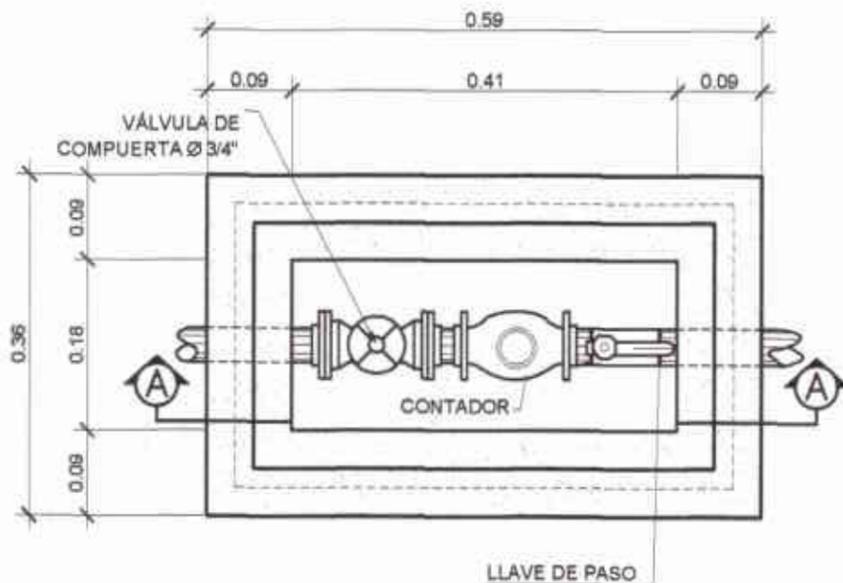
ESC:1/7.5



CONEXIÓN DOMICILIAR SIN ESCALA

SIN ESCALA

- NOTAS:
- LA MAMPOSTERIA DE PIEDRA SE HARÁ DE LA SIGUIENTE MANERA: 33% DE MORTERO Y 67% DE PIEDRA BOLA.
  - EL MORTERO SE HARÁ EN LA PROPORCIÓN, EN VOLUMEN 1:2; CEMENTO Y ARENA DE RÍO RESPECTIVAMENTE.
  - EL CONCRETO SERA DE UNA RESISTENCIA  $f_c=3,000$  PSI.
  - SE REPELLARA EL INTERIOR Y EL EXTERIOR CON SABIETA: PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2, CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CMS.
  - EN LAS TAPADERAS SE DEJARA UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA DE UN 2%.
  - SE REALIZARA UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCIÓN 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.
  - EL ACERO A UTILIZAR DEBERÁ SER GRADO 40 LEGITIMO.



CAJA PARA CONTADOR DE AGUA

ESC:1/3.75

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL

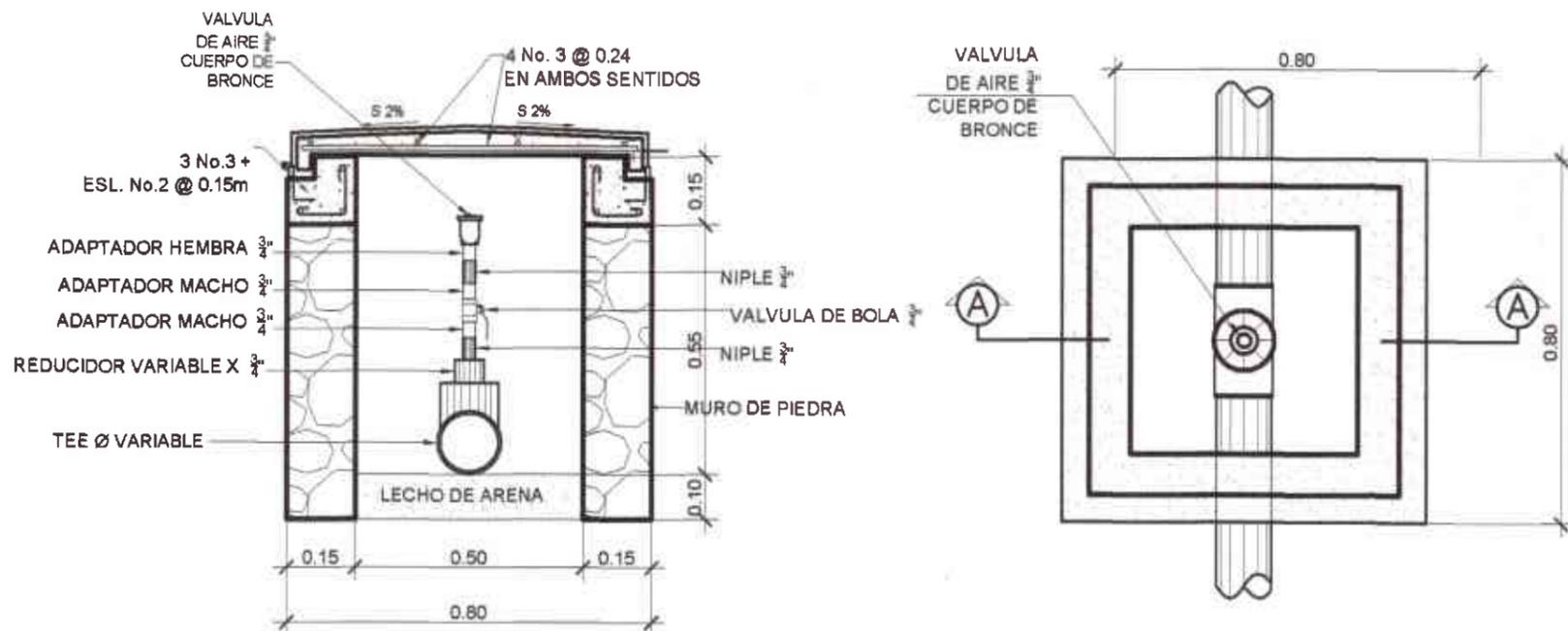
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO LOS PASILLOS, NUEVO PROGRESO, SAN MARCO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL

Ing. Juan Merck Cos  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería

DETALLES DE VALVULAS DE LIMPIEZA Y CONEXION DOMICILIAR

SELYN EDGARDO NAVARRO (8487)  
NAVARRO (8487) 800 113364

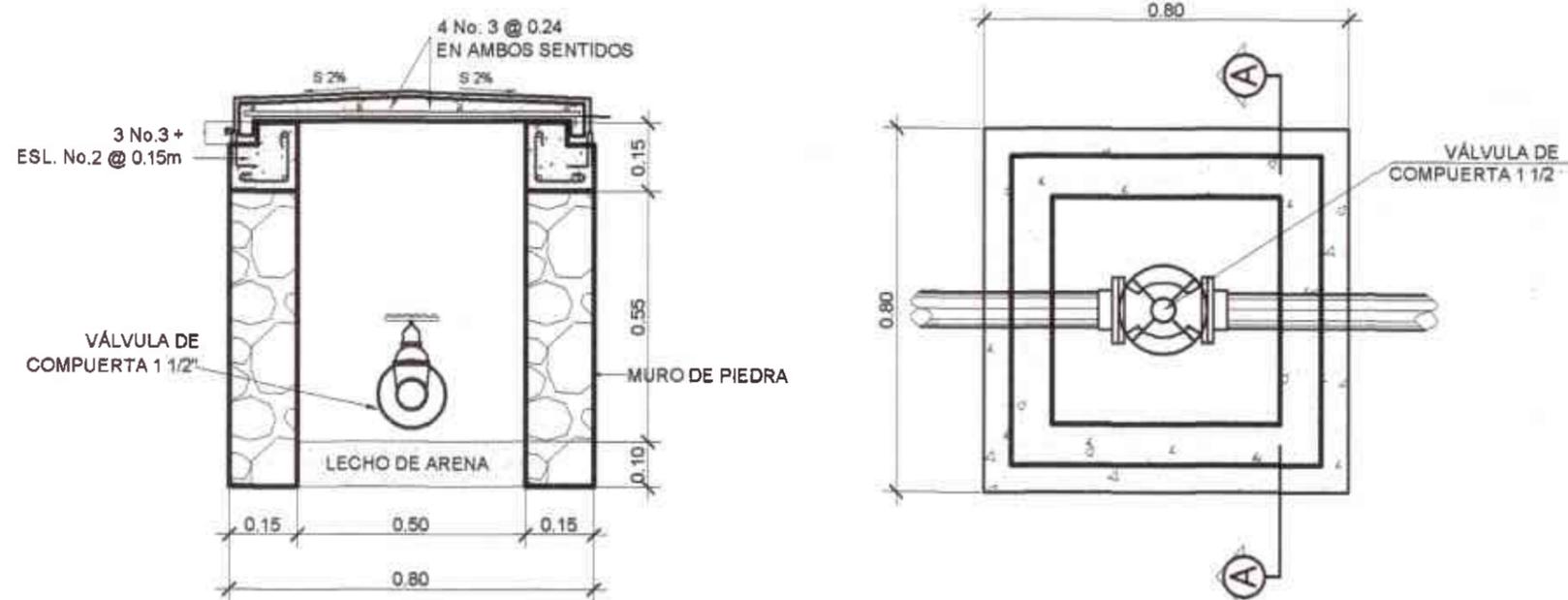


CAJA PARA VÁLVULA DE AIRE

ESC:1/7.5



TEE HORIZONTAL  
SIN ESCALA



CAJA PARA VÁLVULA DE COMPUERTA

ESC:1/7.5

NOTAS:

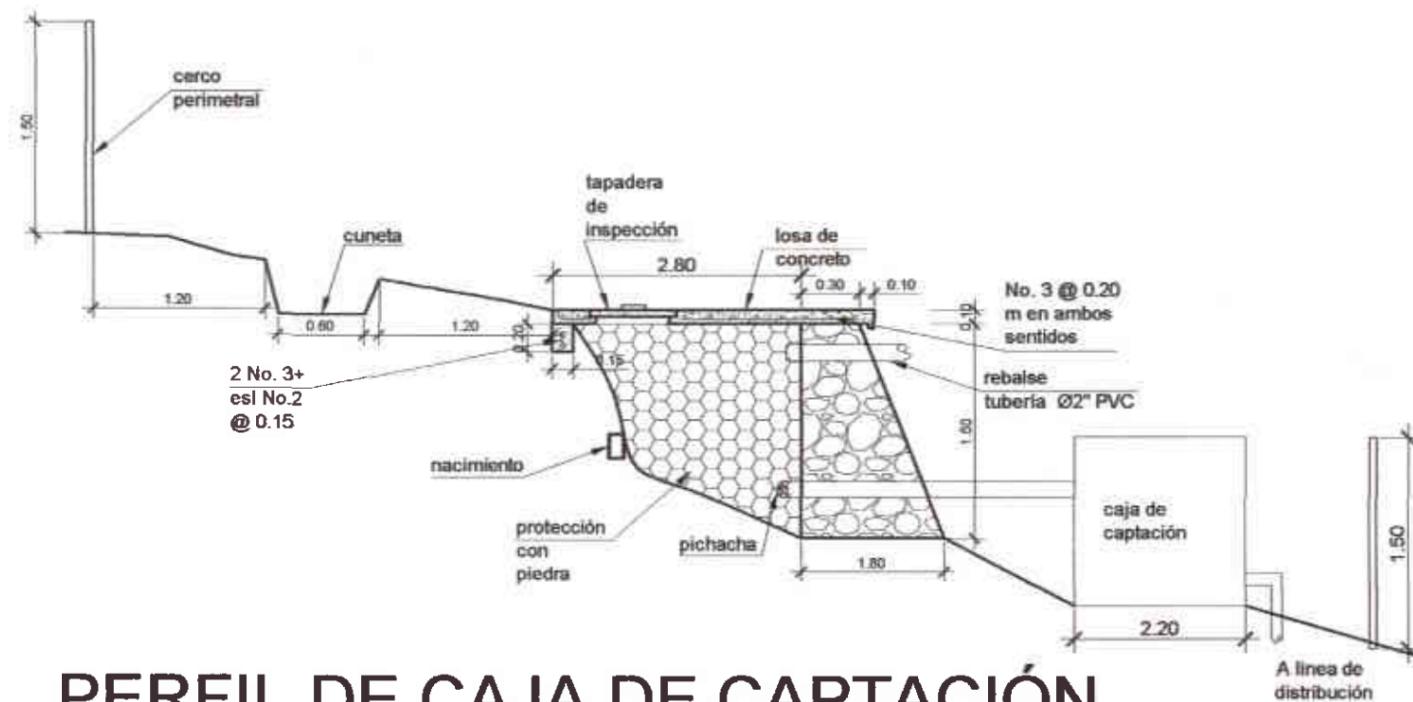
- LA MAMPOSTERIA DE PIEDRA SE HARA DE LA SIGUIENTE MANERA: 33% DE MORTERO Y 67% DE PIEDRA BOLA.
- EL MORTERO SE HARÁ EN LA PROPORCIÓN, EN VOLÚMEN 1:2; CEMENTO Y ARENA DE RÍO RESPECTIVAMENTE.
- EL CONCRETO SERA DE UNA RESISTENCIA f'c=3,000 PSI.
- SE REPELLARA EL INTERIOR Y EL EXTERIOR CON SABIETA: PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2, CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CMS.
- EN LAS TAPADERAS SE DEJARA UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA DE UN 2%.
- SE REALIZARA UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCIÓN 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.
- EL ACERO A UTILIZAR DEBERÁ SERÁ GRADO 40 LEGITIMO.

CODO 90°  
SIN ESCALA



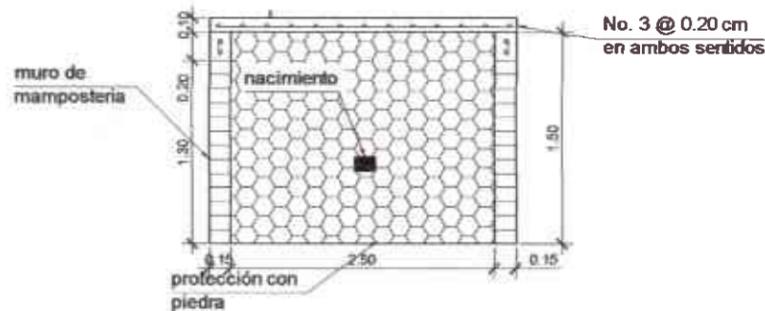
PLANTA DE CAJA DE CAPTACIÓN

ESC: 1/50



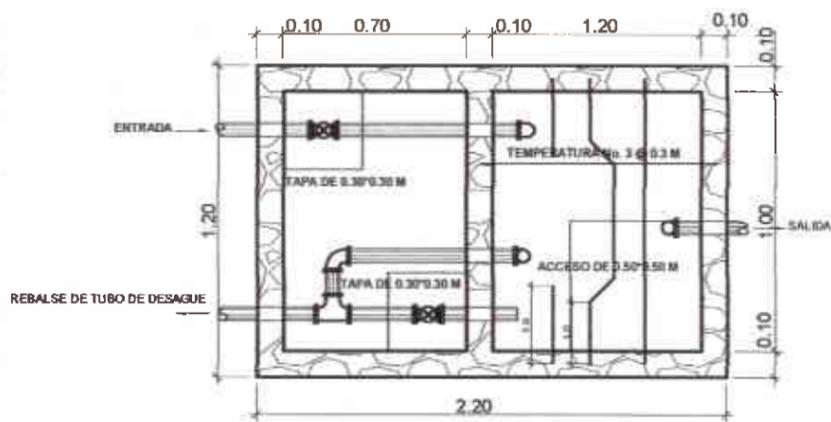
PERFIL DE CAJA DE CAPTACIÓN

ESC: 1/25



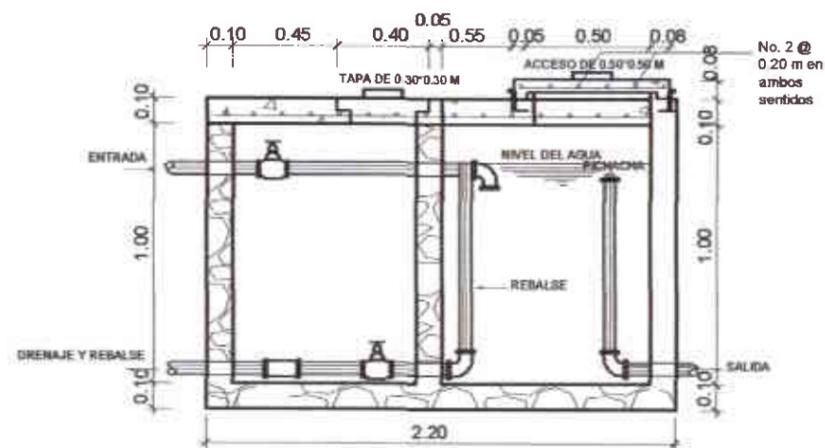
ELEVACIÓN DE CAJA DE CAPTACIÓN

ESC: 1/25



PLANTA DE DESARENADOR

ESC: 1/50



PERFIL DE DESARENADOR

ESC: 1/50

- NOTAS:
- LA MAMPOSTERIA DE PIEDRA SE HARÁ DE LA SIGUIENTE MANERA: 33% DE MORTERO Y 67% DE PIEDRA BOLA.
  - EL MORTERO SE HARÁ EN LA PROPORCIÓN, EN VOLUMEN 1:2; CEMENTO Y ARENA DE RÍO RESPECTIVAMENTE.
  - EL CONCRETO SERÁ DE UNA RESISTENCIA  $f'c=3,000$  PSI.
  - SE REPELLARÁ EL INTERIOR Y EL EXTERIOR CON SABIETA: PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:2, CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE 1.5 CMS.
  - EN LAS TAPADERAS SE DEJARÁ UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA DE UN 2%.
  - SE REALIZARÁ UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCIÓN 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.
  - EL ACERO A UTILIZAR DEBERÁ SER GRADO 40 LEGÍTIMO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

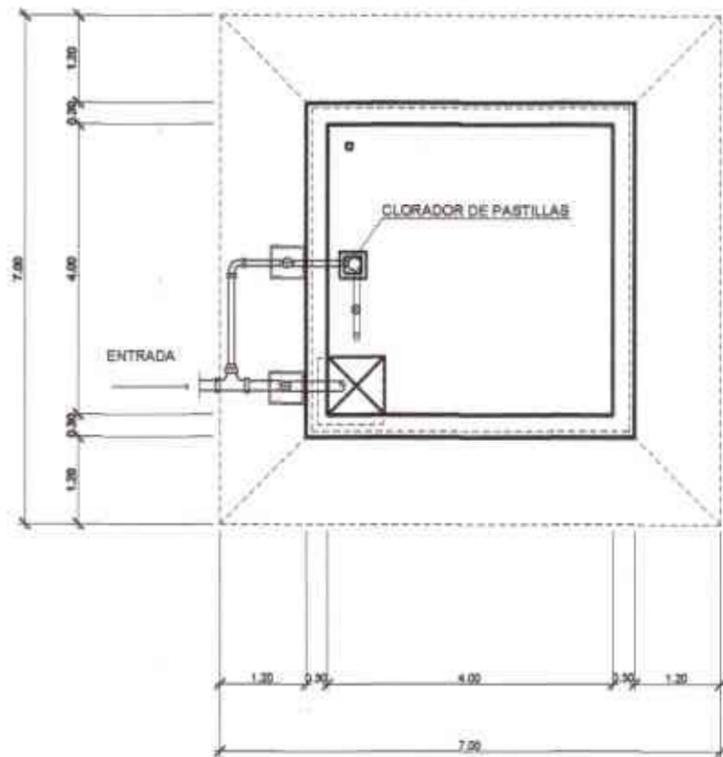
ING. JUAN JOSÉ...  
ASISTENTE...  
Unidad Académica de Ingeniería

24/05/2014

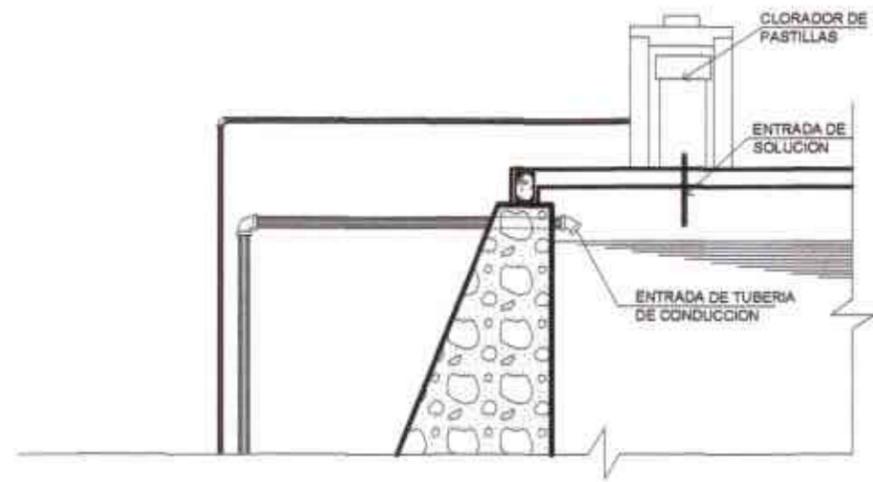
MUNICIPALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS

PLANTA, ELEVACIÓN, PERFIL Y  
DETALLES DE CAJA DE CAPTACIÓN

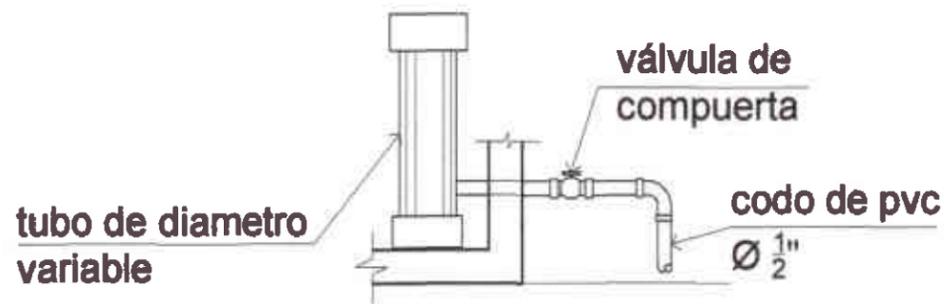
ING. JUAN JOSÉ...  
ASISTENTE...  
2003-12064



**PLANTE**  
CLORADOR DE PASTILLAS **ESCALA 1:50**



**PERFIL**  
CLORADOR DE PASTILLAS **SIN ESCALA**

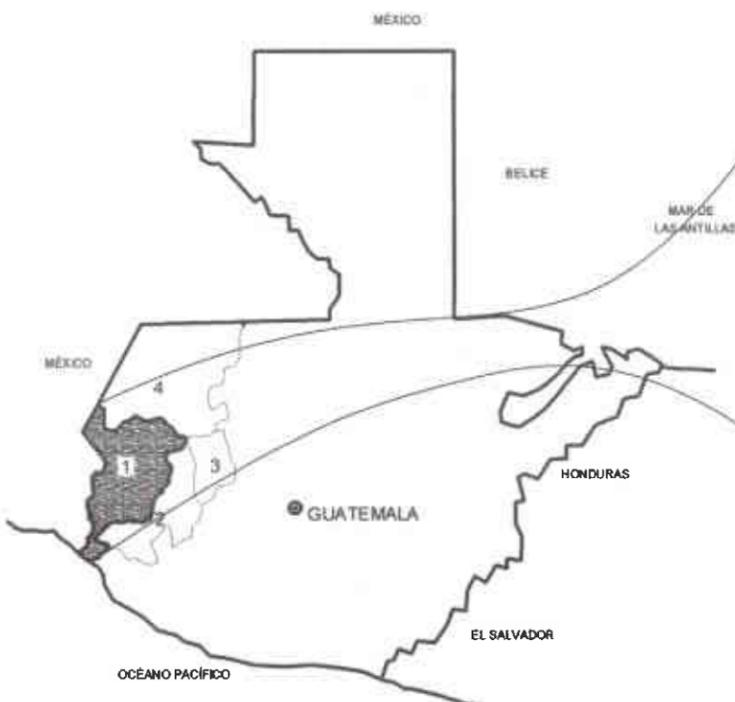


**PERFIL**  
CLORADOR DE PASTILLAS **SIN ESCALA**

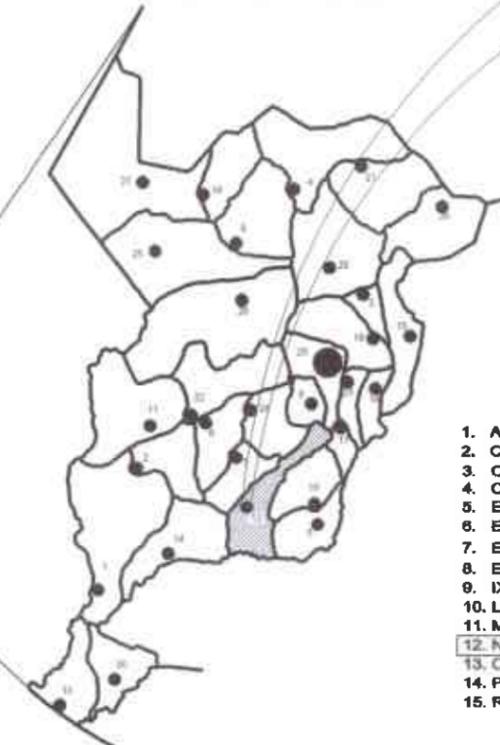
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ASESORIA TECNICA	
	MUNICIPIO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO LOS 21 ASES, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS	
Ing. Juan... ASESOR... Unidad de...	MUNICIPIALIDAD DE NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS	CONTENIDO: PLANTA, PERFIL + DETALLE DE CLORADOR DE PASTILLAS
25	NAVARRO	25



### MAPA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

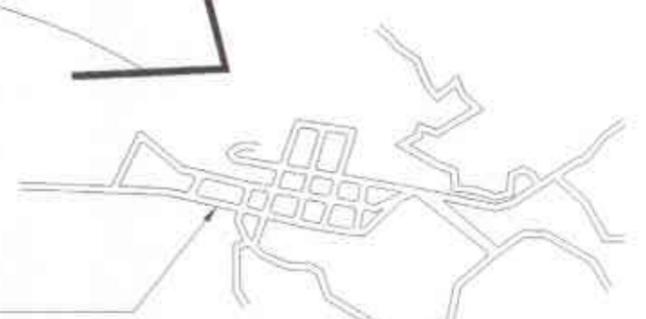


### MAPA DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS



- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. AYUTLA                | 16. SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ    |
| 2. CATARINA              | 17. SAN CRISTÓBAL CUCHO         |
| 3. COMITANCILLO          | 18. SAN JOSE OJETENÁM           |
| 4. CONCEPCIÓN TUTUAPA    | 19. SAN LORENZO                 |
| 5. EL QUETZAL            | 20. SAN MARCOS                  |
| 6. EL RODEO              | 21. SAN MIGUEL IXTAHUACÁN       |
| 7. EL TUMBADOR           | 22. SAN PABLO                   |
| 8. ESQUIPULAS PALO GORDO | 23. SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ      |
| 9. IXCHIGUÁN             | 24. SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA |
| 10. LA REFORMA           | 26. SIBINAL                     |
| 11. MALACATÁN            | 28. SIPACAPA                    |
| 12. NUEVO PROGRESO       | 27. TACANÁ                      |
| 13. OCOS                 | 28. TAJUMULCO                   |
| 14. PAJAPITA             | 29. TEJÚTLA                     |
| 15. RÍO BLANCO           | 30. LA BLANCA                   |

CABECERA MUNICIPAL  
NUEVO PROGRESO



CANTON SAN RAFAEL  
VUELTA COLORADA

ALDEA PALIN

HACIA EL MUNICIPIO  
DE PAJAPITA, SAN MARCOS

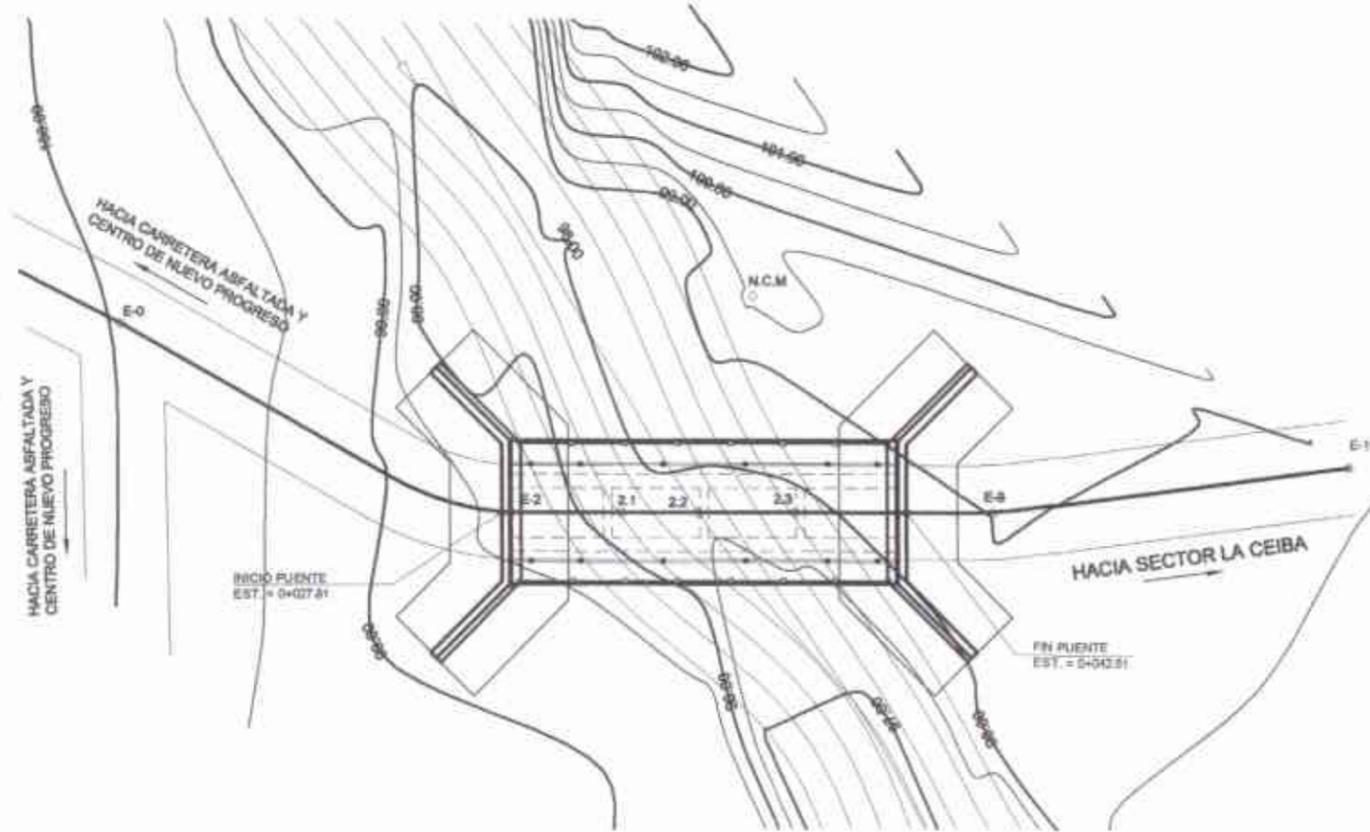
HACIA EL SECTOR  
LA CEIBA

CORDEENADAS GEOGRAFICAS  
LATITUD = 14°45'37.46"N  
LONGITUD = 91°57'37.24"O

UBICACION DEL PROYECTO  
CONSTRUCCION PUENTE VEHICULAR PARA EL  
CANTON SAN RAFAEL VUELTA COLORADA

## PLANO DE LOCALIZACION

	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional de Ingeniería
	MUNICIPIO DE NUEVO PROGRESO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS
 <b>Ing. Juan Merz Cos</b> TITULAR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	

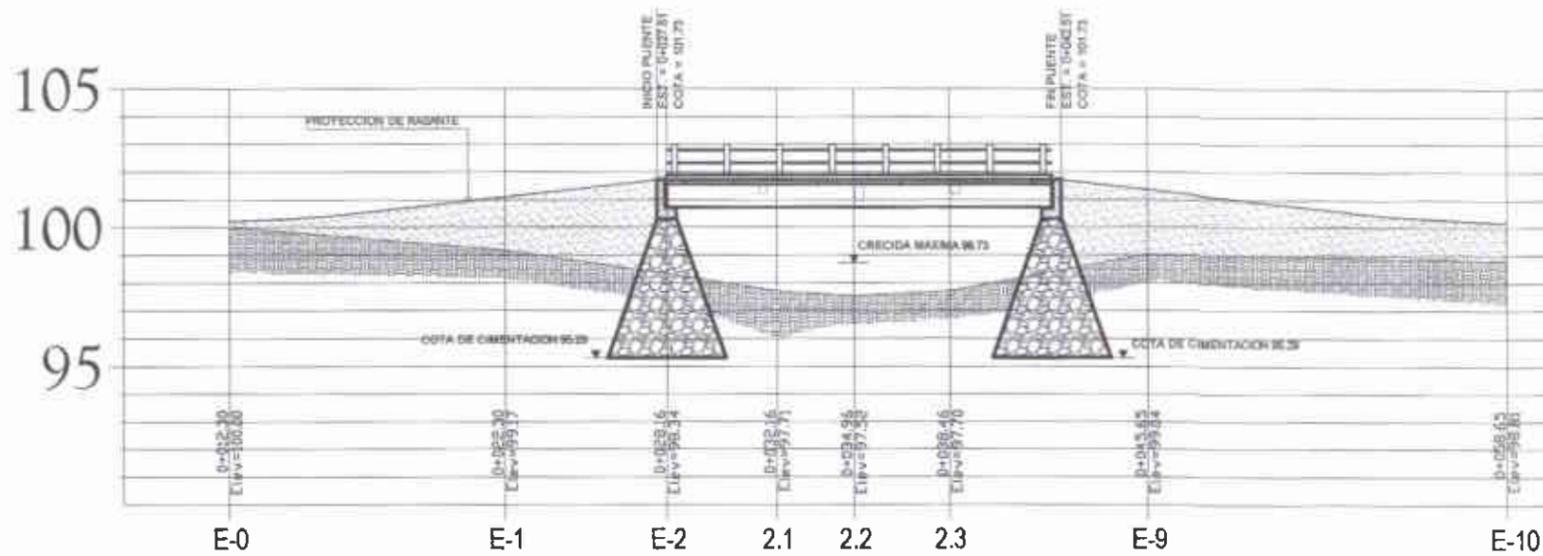


# PLANTA

UBICACION DEL PUENTE SOBRE EL RIO

ESCALA 1/125

LIBRETRA TOPOGRAFICA						
EST	PV	AZIMUT	DISTANCIA	COORDENADAS		COTA
				Y	X	
E-0	E-1	281°3'40.00"	10.00	1,001,018.00	1,000,000.00	100.00
E-1	E-2	270°31'25.02"	5.79	1,001,071.00	994,394.20	98.34
E-2	2.1	261°20'54.98"	4.00	1,000,091.80	990,604.40	97.71
2.1	2.2	261°21'48.87"	2.80	998,798.80	977,850.70	97.62
2.2	2.3	261°20'13.50"	3.50	998,679.90	974,636.20	97.70
2.3	E-9	261°20'55.00"	7.20	998,374.30	967,813.30	98.04
E-9	E-10	243°45'15.00"	13.00	990,828.80	966,153.00	98.81



# PERFIL

LINE CENTRAL DE PUENTE

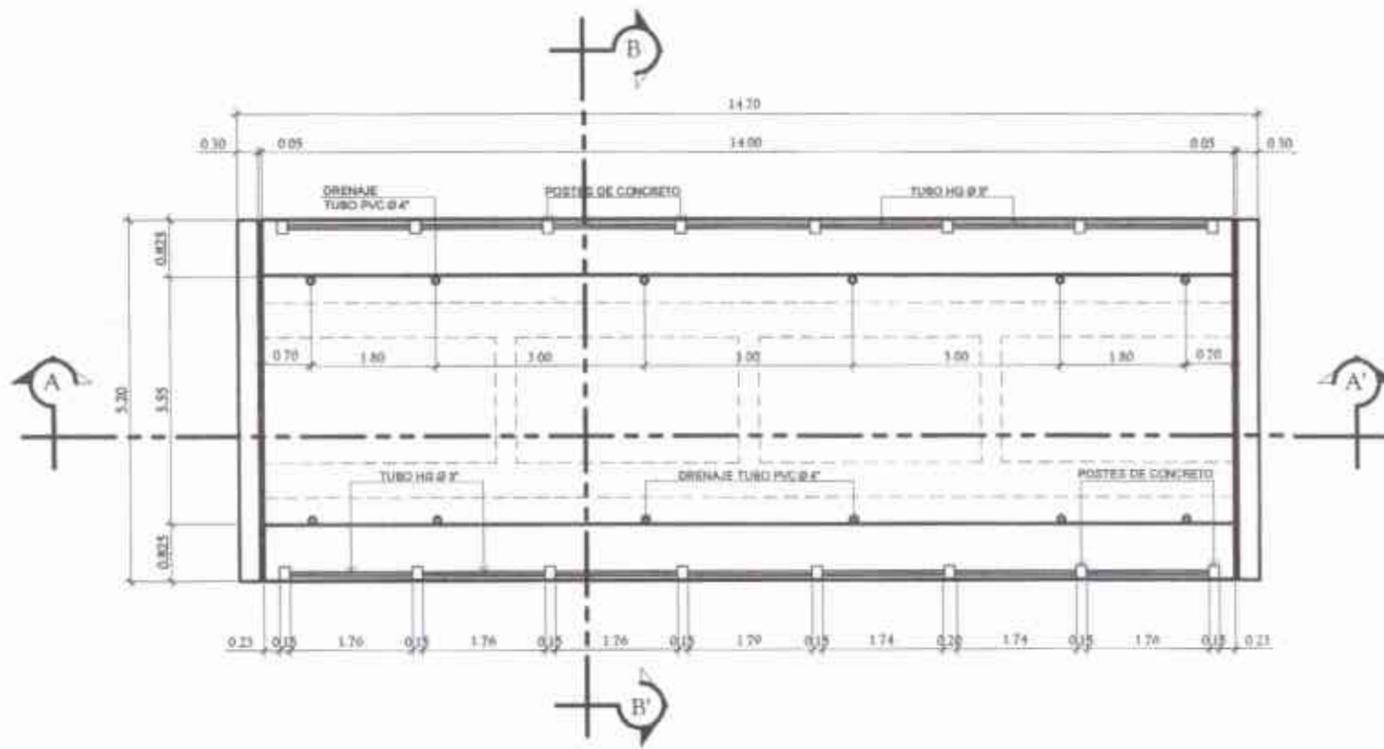
ESCALA 1/125

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PREVISIONES DE INGENIERIA Y BPS

Ing. Juan Merck Cor  
CATEDRATICO SUPERVISOR DE BPS

Facultad de Ingeniería

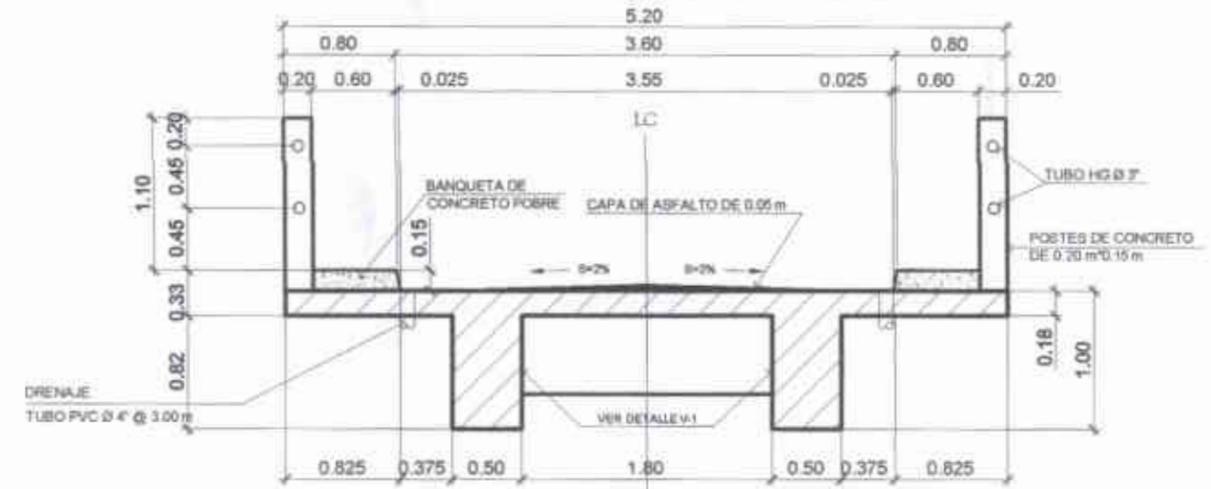
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



# PLANTA

GEOMETRIA DE SUPERESTRUCTURA

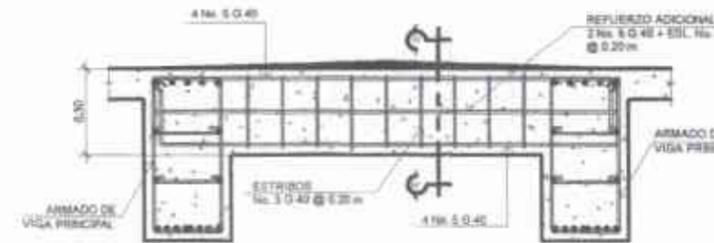
ESCALA 1/50



# SECCIÓN B-B'

ELEVACIÓN DE SUPERESTRUCTURA

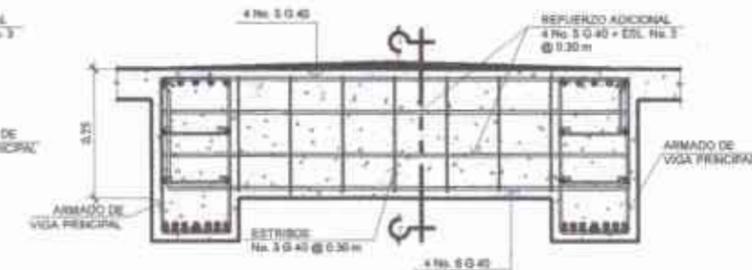
ESCALA 1/25



# ELEVACION

ARMADO DE DIAPHRAGMA EXTERNO

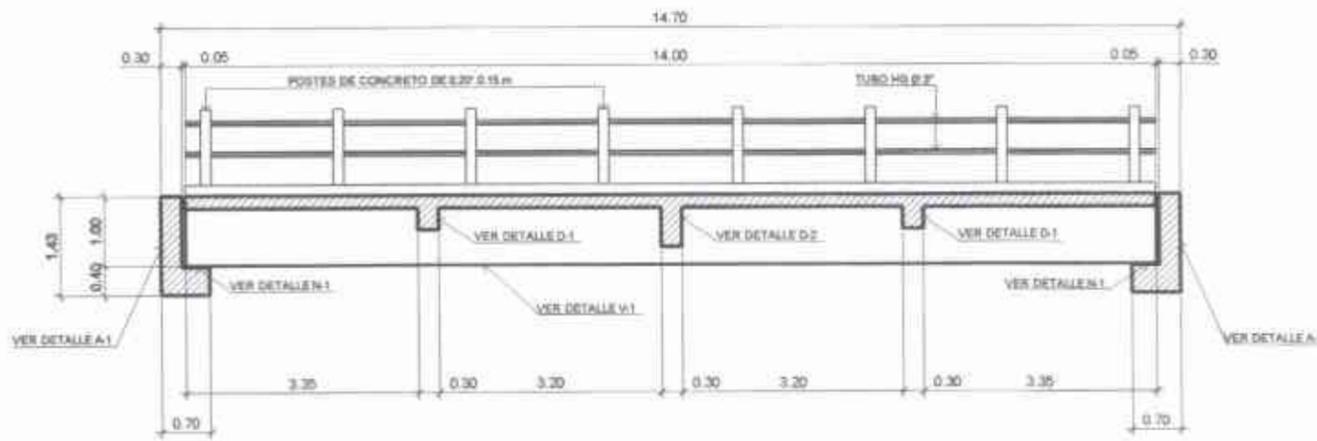
ESCALA 1/20



# ELEVACION

ARMADO DE DIAPHRAGMA INTERNO

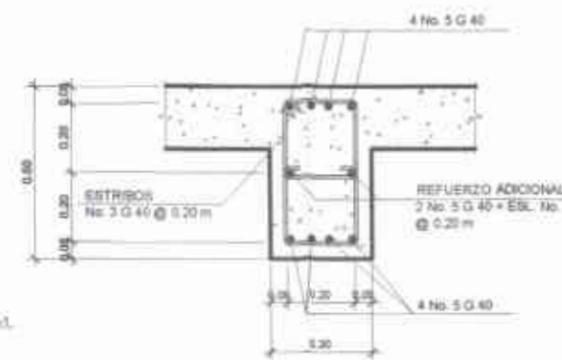
ESCALA 1/10



# SECCIÓN A-A'

ELEVACIÓN DE SUPERESTRUCTURA

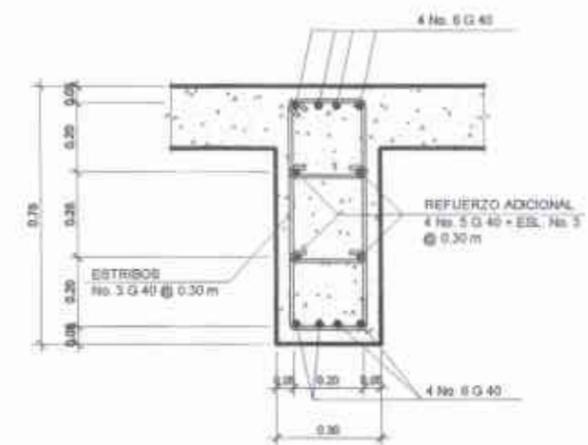
ESCALA 1/50



# SECCION H-H'

ARMADO DE DIAPHRAGMA EXTERNO

ESCALA 1/10



# SECCION I-I'

ARMADO DE DIAPHRAGMA INTERNO

ESCALA 1/10

## ESPECIFICACIONES TECNICAS

$f_c = 281.00 \text{ kg/cm}^2$

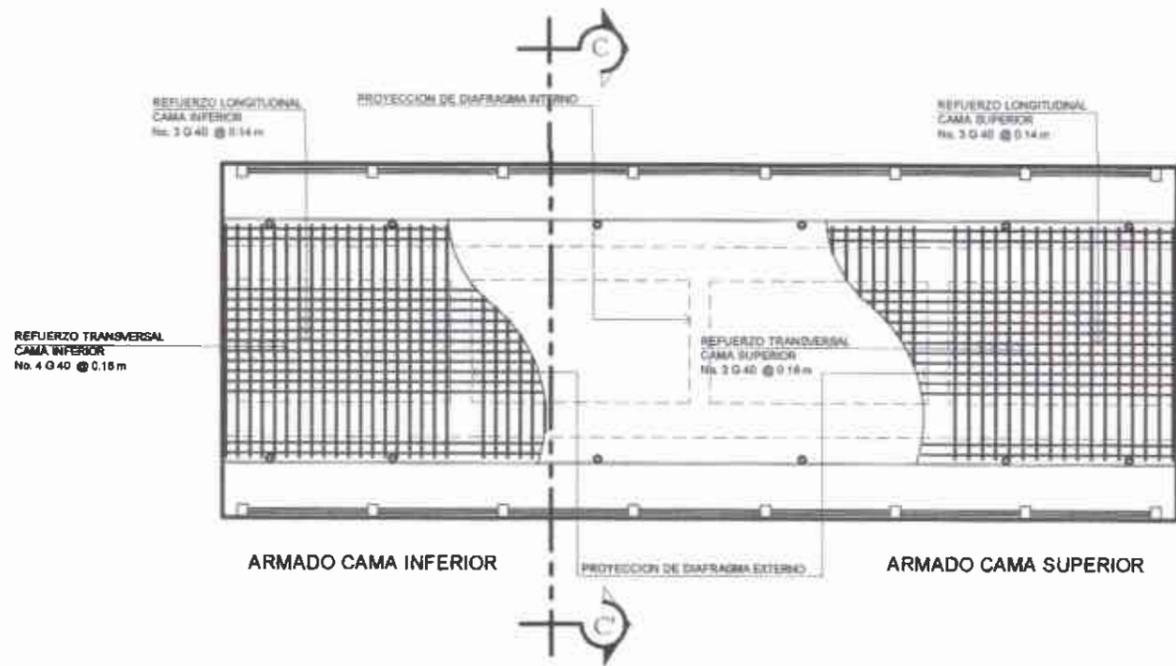
$f_y = 2810.00 \text{ kg/cm}^2$  (GRADO 40)

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: OBRAS DE LA RUTA 150  
VIA TAHOA EL CAYAHUE  
VIA TAHOA EL CAYAHUE

Ing. Juan Merck Cos  
Asesor SUPERVISOR DE EPS  
Instituto Guatemalteco de Ingenieria y EPS

Facultad de Ingenieria



# PLANTA

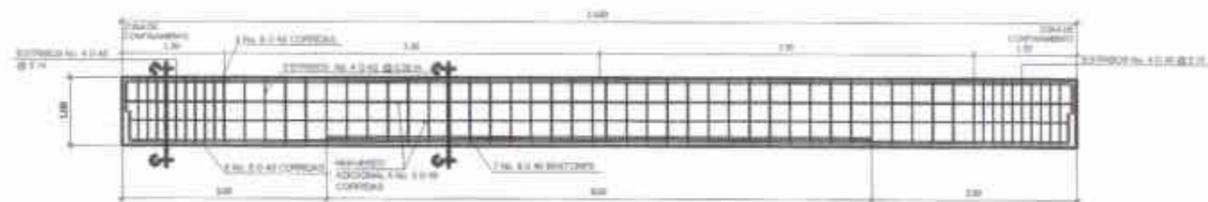
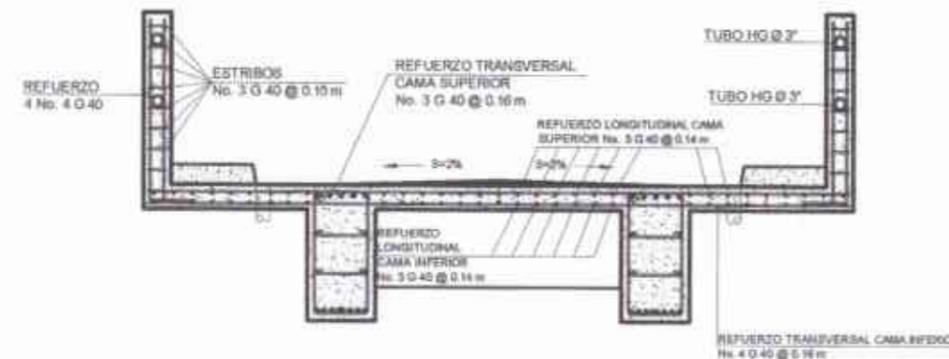
ARMADO DE LOSA

ESCALA 1/50

# SECCIÓN C-C'

ARMADO DE LOSA Y POSTES

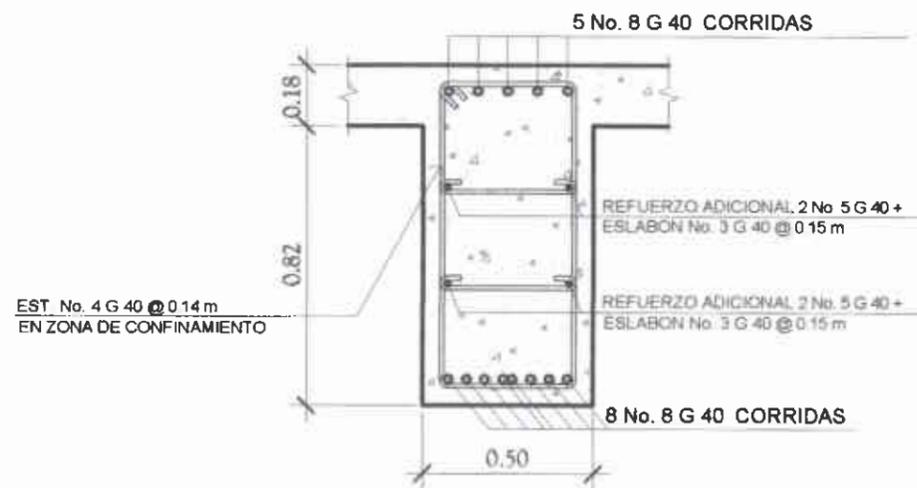
ESCALA 1/25



# ELEVACION

DETALLE V-1 ARMADO DE VIGA I

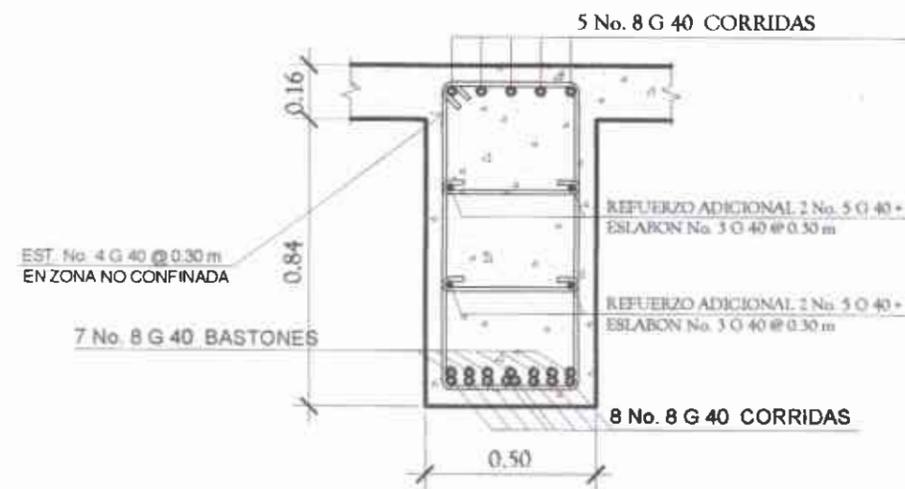
ESCALA 1/50



# SECCION D-D'

ARMADO DE VIGA I

ESCALA 1/10



# SECCION E-E'

ARMADO DE VIGA I

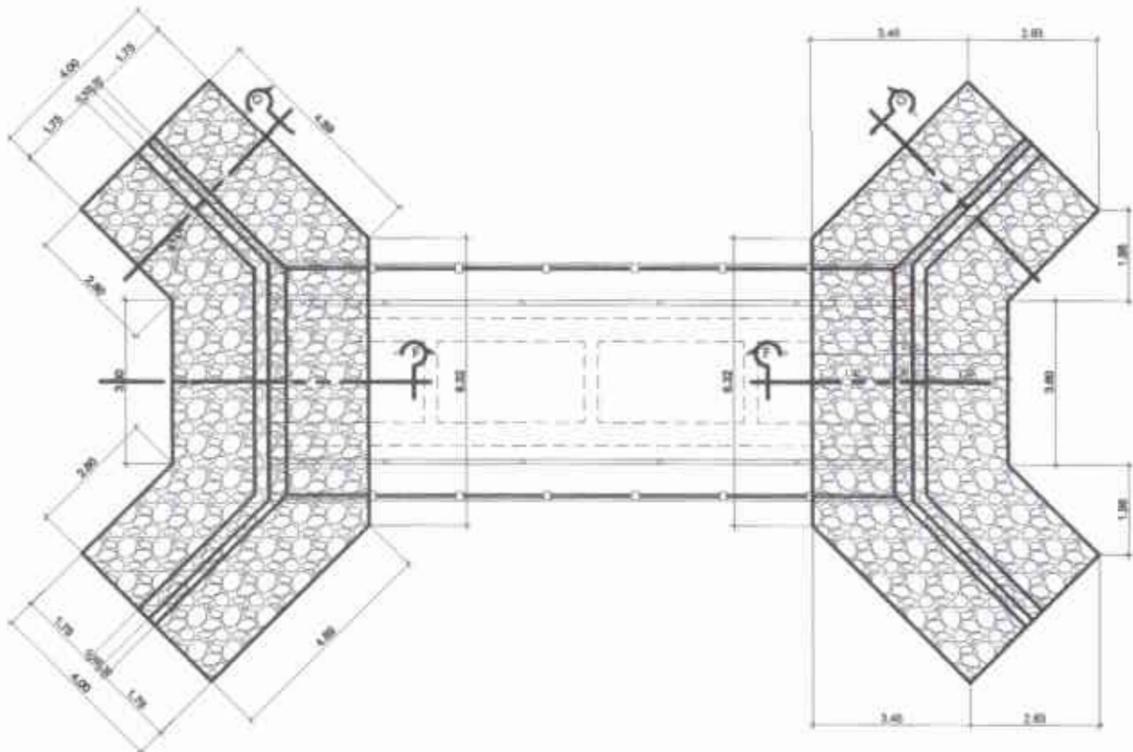
ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
$f'_c =$	281.00 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y =$	2810.00 kg/cm <sup>2</sup> (GRADO 40)

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE GRADUADOS DE INGENIERIA Y EPS

Ing. Juan Mérek Cos  
SESDA - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Gradados de Ingeniería y EPS

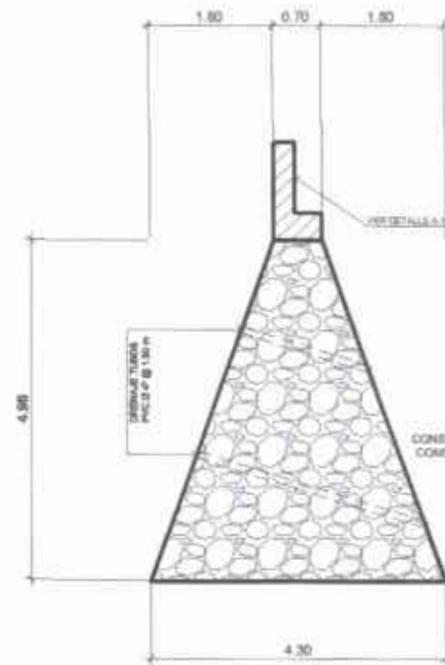
Facultad de Ingeniería



# PLANTA

GEOMETRIA DE ESTRIBOS + ALETONES

ESCALA 1/75



# SECCION F-F

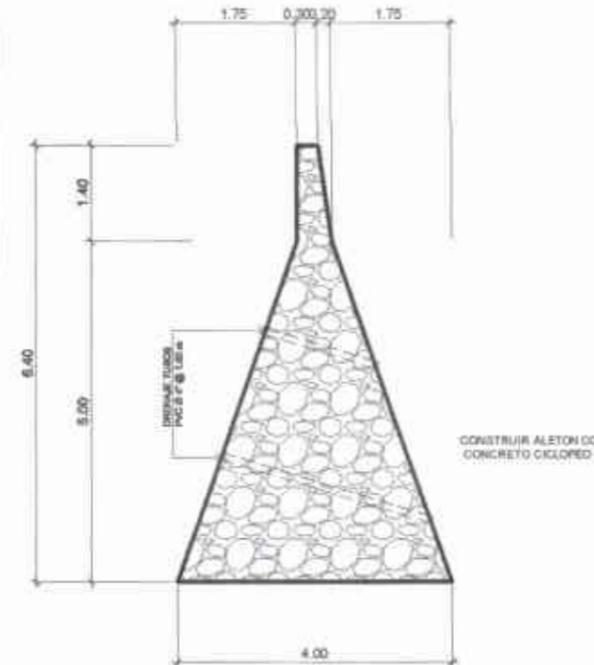
PERFIL DE ESTRIBO

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

- $f_c = 281.00 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 2810.00 \text{ kg/cm}^2$  (GRADO 40)
- $V_{st} = 21.55 \text{ Ton/m}^2$
- CONCRETO CICLOPEO
- 67% DE PIEDRA
- 33% DE CONCRETO (CEMENTO, ARENA Y CEMENTO)

CONSTRUIR ESTRIBO CON CONCRETO CICLOPEO

ESCALA 1/50

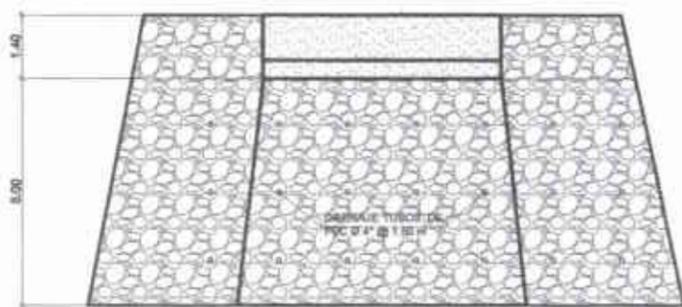


# SECCION G-G

PERFIL DE ESTRIBO

CONSTRUIR ALETON CON CONCRETO CICLOPEO

ESCALA 1/50



# ELEVACION

GEOMETRIA DE ESTRIBO

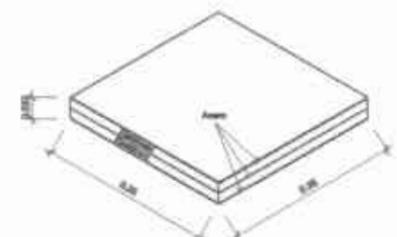
ESCALA 1/75



# DETALLE A-1

VIGA DE APOYO PARA VIGA 1

ESCALA 1/15



# DETALLE N-1

APOYO DE REOPRENO

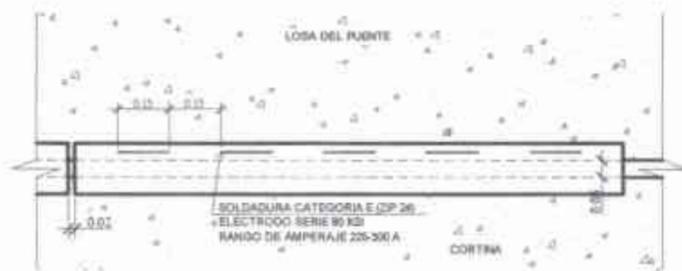
ESCALA 1/5



# PLANTA

APOYO DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1/5



# PLANTA

UNTA DE CONSTRUCCION

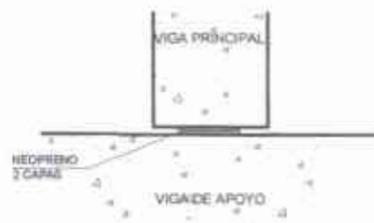
ESCALA 1/10



# DETALLE

UNTA DE CONSTRUCCION

ESCALA 1/5



# SECCION

APOYO DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1/5



# ELEVACION

APOYO DE VIGA PRINCIPAL

ESCALA 1/10

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROFESOR: **Ing. Juan Merck Cos**  
ASOCIADO SUPERVISOR DE EPS  
Asociación de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

5

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



## Apéndice 2. Libreta topográfica sistema de agua potable para el caserío Los Pérez

EST.	P.O.	Hi.	Taquimetria									Coordenadas			OBSERVACIONES		
			AZIMUT			HILOS			ANG. VERTICAL			DIST. HOR.	X	Y		COTA Z	
			G	M	S	SUP	MED	INF	G	M	S						
E-0	NORTE													1000,00	1000,000	1210,000	
E-0	0,1	1,277	249	55	35	0,475	0,438	0,400	61	46	40	5,82	994,531	998,001	1213,96	fuente 1.-	
E-0	0,2	1,277	333	48	40	1,080	1,040	1,000	46	48	25	4,25	998,123	1003,816	1214,23	fuente 2.-	
E-0	E-1	1,277	136	2	10	2,915	2,858	2,800	104	18	0	10,80	1007,496	992,228	1205,67		
E-1	E-2	1,345	175	7	40	2,650	2,575	2,500	90	9	40	15,00	1008,770	977,282	1204,39		
E-2	E-3	1,380	206	3	45	3,775	3,638	3,500	103	36	45	25,98	997,357	953,947	1195,85		
E-3	E-4	1,318	231	35	5	3,966	3,883	3,800	91	16	40	16,59	984,357	943,637	1192,91		
E-4	E-5	1,312	255	8	25	1,522	1,361	1,200	98	20	40	31,52	953,890	935,553	1188,24		
E-5	E-5,1	1,365	236	5	55	4,620	4,560	4,500	105	37	45	11,13	944,653	929,346	1181,93	profundidad	
E-5	E-5,2	1,365	236	5	55	2,212	2,106	2,000	90	15	5	21,20	936,294	923,729	1187,41		
E-5	E-6	1,365	236	5	55	2,282	2,141	2,000	90	28	35	28,20	930,485	919,825	1187,23		
E-6	E-7	1,410	301	0	55	1,672	1,636	1,600	89	28	55	7,20	924,315	923,535	1187,07		
E-7	E-7,1	1,433	264	48	25	4,000	3,950	3,900	107	49	50	9,06	915,290	922,715	1181,64	profundidad	
E-7	E-8	1,433	264	48	25	2,882	2,791	2,700	97	13	30	17,91	906,477	921,914	1183,44		
E-8	E-9	1,448	256	50	55	3,140	3,070	3,000	90	53	10	14,00	892,847	918,729	1181,60		
E-9	E-10	1,412	195	22	40	2,120	2,060	2,000	91	59	50	11,99	889,669	907,173	1180,53		
E-10	E-11	1,445	189	1	15	2,333	2,217	2,100	101	53	5	22,31	886,170	885,137	1175,07		
E-11	E-12	1,396	208	24	45	1,270	1,135	1,000	97	42	55	26,51	873,555	861,817	1171,74		
E-12	E-13	1,430	248	11	30	0,890	0,795	0,700	91	55	15	18,98	855,934	854,767	1171,74		
E-13	E-14	1,428	283	57	45	1,618	1,559	1,500	91	8	55	11,80	844,488	857,613	1171,37		
E-14	E-14.1	1,375	256	29	15	3,338	3,319	3,300	87	55	35	3,80	840,798	856,726	1169,56		
E-14	E-14.2	1,375	256	29	15	1,662	1,631	1,600	87	34	5	6,19	838,470	856,167	1171,37	profundidad	
E-14	E-15	1,375	256	29	15	1,493	1,447	1,400	89	41	5	9,30	835,445	855,440	1171,35		
E-15	E-16	1,410	259	6	50	1,970	1,885	1,800	90	29	30	17,00	818,753	852,229	1170,73		
E-16	E-17	1,420	226	47	30	1,710	1,655	1,600	91	2	30	11,00	810,738	844,701	1170,29		
E-17	E-18	1,415	206	6	0	0,740	0,620	0,500	91	59	0	23,97	800,192	823,174	1170,26		
E-18	E-19	1,400	223	3	30	0,655	0,578	0,500	90	7	35	15,50	789,609	811,849	1171,04		
E19	E-20	1,398	228	58	0	1,962	1,881	1,800	90	23	15	16,20	777,390	801,214	1170,45		
E-20	E-21	1,458	246	14	50	1,537	1,469	1,400	89	12	30	13,70	764,853	795,697	1170,63		
E-21	E-22	1,397	228	1	15	1,582	1,541	1,500	88	49	50	8,20	758,759	790,214	1170,65		
E-22	E-23	1,405	273	0	50	1,255	1,228	1,200	91	4	40	5,50	753,269	790,504	1170,73		
E-22	E-23	1,405	225	18	40	1,821	1,761	1,700	89	20	55	12,10	750,158	781,706	1170,44		
E-23	E-24	1,447	235	21	55	1,379	1,340	1,300	88	54	40	7,90	743,661	777,218	1170,69		
E-24	E-25	1,430	246	11	55	2,140	2,070	2,000	90	2	10	14,00	730,851	771,568	1170,05		
E-24	E-26	1,430	226	57	55	2,280	2,140	2,000	90	4	35	28,00	723,194	758,110	1169,95		
E-24	E-27	1,430	229	2	30	2,945	2,723	2,500	88	28	40	44,47	710,078	748,068	1170,58		
E-24	E-28	1,430	217	32	30	2,705	2,353	2,000	90	28	15	70,50	700,705	721,321	1169,19		
E-24	E-29	1,430	212	58	20	2,830	2,415	2,000	90	55	55	82,98	698,501	707,605	1168,36		
E-29	E-30	1,428	231	20	50	3,915	3,808	3,700	75	46	45	20,20	682,724	694,986	1171,10		
E-30	E-31	1,403	243	52	30	2,480	2,440	2,400	84	17	45	7,92	675,612	691,498	1170,85		
E-30	E-32	1,403	216	38	10	3,795	3,698	3,600	90	55	15	19,49	671,091	679,343	1168,49		
E-32	E-33	1,440	224	18	55	2,675	2,588	2,500	90	7	15	17,50	658,87	666,821	1167,31		
E-32	E-34	1,440	206	23	55	1,015	0,858	0,700	90	49	20	31,49	657,088	651,133	1168,62		
E-34	E-35	1,377	240	39	0	0,575	0,538	0,500	91	3	40	7,50	650,553	647,458	1169,32		
E-35	E-36	1,388	266	1	5	0,370	0,285	0,200	84	54	15	16,87	633,728	646,287	1171,93		
E-36	E-37	1,406	241	14	35	1,242	1,121	1,000	87	43	55	24,16	612,546	634,663	1173,17		
E-36	E-38	1,406	227	5	35	2,952	2,726	2,500	89	14	5	45,19	600,627	615,520	1171,21		
E-38	E-39	1,400	218	52	45	3,915	3,758	3,600	89	41	25	31,50	580,856	590,999	1169,03		
E-38	E-40	1,400	206	18	55	3,958	3,729	3,500	90	19	50	45,80	580,324	574,468	1168,62		
E-38	E-41	1,400	196	18	5	2,615	2,308	2,000	90	59	0	61,48	583,370	556,510	1169,25		
E-38	E-42	1,400	186	8	0	3,830	3,415	3,000	94	21	35	82,52	591,810	533,472	1162,91		
E-42	E-43	1,450	185	53	20	0,585	0,493	0,400	79	5	35	17,84	589,980	515,729	1167,30		
E-43	E-44	1,435	194	26	15	0,525	0,463	0,400	85	56	15	12,44	586,879	503,684	1169,16		
E-44	E-45	1,470	196	13	30	1,568	1,484	1,400	90	25	25	16,80	582,185	487,554	1169,02		
E-45	E-46	1,428	196	1	40	0,780	0,640	0,500	98	48	30	27,34	574,636	461,273	1165,57		
E-46	E-47	1,380	202	9	50	1,050	0,875	0,700	101	23	50	33,63	561,947	430,125	1159,30		
E-47	E-48	1,425	222	23	0	1,822	1,661	1,500	90	46	50	32,19	540,246	406,345	1158,62		
E-48	E-49	1,390	228	8	50	3,940	3,770	3,600	93	26	25	33,88	515,012	383,742	1154,20		
E-48	E-50	1,390	230	48	50	1,720	1,360	1,000	90	29	30	71,99	484,443	360,856	1158,03		
E-50	E-51	1,360	233	12	5	3,910	3,655	3,400	94	25	5	50,70	443,847	330,488	1151,82		
E-50	E-52	1,360	232	37	45	3,940	3,470	3,000	95	22	10	93,18	410,393	304,300	1147,17		
E-50	E-53	1,360	231	58	30	3,720	3,110	2,500	94	52	45	121,12	389,034	286,247	1145,94		
E-53	E-54	1,465	232	7	0	4,000	3,650	3,300	96	39	25	69,06	334,528	243,841	1135,70		
E-54	E-55	1,448	219	1	5	0,550	0,325	0,100	88	46	15	44,98	306,210	208,894	1137,79		
E-55	E-56	1,450	220	22	5	3,930	3,765	3,600	90	4	55	33,00	284,836	183,752	1135,42		

Continuación apéndice 2.

E-56	E-57	1,396	244	0	25	3,920	3,760	3,600	92	6	5	31,96	256,112	169,746	1131,89
E-57	E-58	1,414	180	12	5	4,000	3,700	3,400	96	30	0	59,23	255,904	110,515	1122,85
E-58	E-59	1,415	178	24	0	3,990	3,845	3,700	97	41	30	28,48	256,699	82,046	1116,58
E-59	E-60	1,360	200	21	25	3,955	2,000	3,700	91	56	35	25,47	247,838	58,166	1115,07
E-59	E-61	1,360	214	46	20	3,915	3,708	3,500	96	20	25	40,99	233,319	48,373	1109,67
E-61	E-62	1,420	215	59	50	4,000	3,850	3,700	97	13	20	29,53	215,966	24,485	1103,50
E-62	E-63	1,385	221	31	20	3,940	3,670	3,400	100	50	5	52,09	181,433	-14,516	1091,25
E-62	E-64	1,385	231	58	20	3,910	3,455	3,000	97	22	45	89,50	145,466	-30,650	1089,84
E-62	E-65	1,385	232	42	50	3,990	3,395	2,800	94	4	45	118,40	121,766	-47,240	1093,05
E-65	E-66	1,385	222	22	45	1,835	1,718	1,600	90	32	40	23,50	105,928	-64,598	1092,49
E-66	E-67	1,400	231	55	25	3,370	3,285	3,200	107	34	50	15,45	93,766	-74,126	1085,71
E-66	E-68	1,400	228	0	45	3,920	3,760	3,600	101	21	40	30,76	83,065	-85,174	1083,95
E-66	E-69	1,400	227	46	20	3,910	3,655	3,400	100	59	5	49,15	69,534	-97,630	1080,70
E-66	E-70	1,400	229	51	15	3,740	3,370	3,000	99	38	40	71,92	50,949	-110,969	1078,30
E-66	E-71	1,400	235	9	10	3,920	3,410	2,900	99	22	25	99,29	24,439	-121,334	1074,09
E-66	E-72	1,400	239	17	45	3,740	3,070	2,400	99	57	40	129,99	-5,840	-130,972	1067,99
E-66	E-73	1,400	243	43	10	4,010	3,205	2,400	99	36	10	156,52	-34,414	-133,900	1064,21
E-73	E-74	1,440	266	31	25	0,860	0,630	0,400	84	53	20	45,63	-79,965	-136,667	1069,10
E-74	E-75	1,390	240	21	10	3,162	3,081	3,000	90	16	50	16,20	-94,044	-144,680	1067,33
E-75	E-76	1,370	246	24	15	3,950	3,725	3,500	97	28	20	44,24	-134,584	-162,388	1059,17
E-76	E-77	1,420	253	55	5	3,960	3,730	3,500	102	56	5	43,70	-176,569	-174,492	1046,83
E-77	E-78	1,390	249	26	35	3,970	3,835	3,700	101	43	30	25,89	-200,806	-183,582	1039,01
E-78	E-79	1,390	238	37	50	3,970	3,635	3,300	110	17	10	58,95	-251,136	-214,266	1014,98
E-79	E-80	1,450	241	52	45	4,020	3,760	3,500	104	2	35	48,94	-294,297	-237,332	1000,42
E-80	E-81	1,410	255	22	5	1,890	1,695	1,500	92	39	40	38,92	-331,951	-247,163	998,33
E-81	E-82	1,418	264	39	10	2,355	2,178	2,000	89	45	40	35,50	-367,296	-250,471	997,72
E-82	E-83	1,395	253	37	50	3,880	3,440	3,000	95	45	5	87,12	-450,881	-275,023	986,90
E-83	E-84	1,390	258	10	45	4,000	3,950	3,900	104	32	20	9,37	-460,052	-276,943	981,91
E-84	E-85	1,380	264	52	30	3,910	3,805	3,700	120	10	45	15,69	-475,682	-278,344	970,36
E-84	E-86	1,380	261	50	15	3,930	3,665	3,400	122	52	45	37,38	-497,054	-282,250	955,46
E-86	E-87	1,407	263	3	30	2,132	1,966	1,800	89	35	25	33,20	-530,009	-286,262	955,14
E-86	E-88	1,407	257	46	35	2,033	1,767	1,500	88	12	40	53,25	-549,094	-293,524	956,77
E-88	E-89	1,450	275	50	45	1,710	1,655	1,600	77	46	25	10,51	-559,547	-292,454	958,84
E-89	E-90	1,350	248	42	10	3,990	3,845	3,700	106	31	25	26,65	-584,380	-302,135	948,43
E-89	E-91	1,350	253	17	25	2,550	2,275	2,000	103	5	15	52,18	-609,523	-307,457	945,78
E-91	E-92	1,355	251	51	20	3,985	3,893	3,800	99	56	40	17,95	-626,579	-313,046	940,10
E-92	E-93	1,370	256	27	20	3,942	3,821	3,700	104	22	45	22,71	-648,655	-318,364	931,82
E-92	E-94	1,370	254	18	30	3,910	3,705	3,500	106	58	40	37,50	-662,685	-323,190	926,31
E-92	E-95	1,370	257	7	55	3,830	3,415	3,000	108	4	25	75,01	-699,706	-329,752	913,57
E-92	E-96	1,370	254	49	30	4,020	3,460	2,900	105	47	20	103,71	-726,671	-340,194	908,68
E-96	E-96.1	1,370	265	44	55	2,820	2,660	2,500	122	59	20	22,51	-749,122	-341,863	892,78
E-96	E-97	1,370	265	51	5	3,420	3,210	3,000	89	53	5	42,00	-768,560	-343,232	906,93
E-96	E-98	1,370	274	30	5	4,000	3,450	2,900	90	18	5	110,00	-836,328	-331,561	906,02
E-98	E-99	1,405	257	32	35	4,000	3,750	3,500	91	44	55	49,95	-885,106	-342,336	902,15
E-98	E-100	1,405	251	58	45	4,010	3,655	3,300	91	10	40	70,97	-903,817	-353,516	902,31
E-100	E-101	1,400	265	18	55	1,638	1,569	1,500	89	56	0	13,80	-917,571	-354,643	902,16
E-101	E-102	1,385	275	16	30	3,935	3,818	3,700	93	46	5	23,40	-940,870	-352,492	898,19
E-102	E-103	1,400	283	40	15	3,590	3,295	3,000	97	11	30	58,08	-997,300	-338,766	888,97
E-102	E-104	1,400	283	20	45	3,950	3,425	2,900	96	25	35	103,68	-1041,755	-328,559	884,48
E-104	E-105	1,390	294	21	45	3,098	3,049	3,000	90	14	15	9,80	-1050,682	-324,516	882,79
E-104	E-105.1	1,390	287	9	40	3,580	3,490	3,400	100	0	40	17,46	-1058,434	-323,408	879,30
E-104	E-106	1,390	287	9	40	2,290	2,145	2,000	90	28	10	29,00	-1069,462	-320,003	883,49
E-104	E-107	1,390	281	56	5	1,520	1,260	1,000	90	11	55	52,00	-1092,630	-317,805	884,43
E-107	E-108	1,360	306	1	35	2,910	2,705	2,500	84	1	40	40,56	-1125,430	-293,952	887,33
E-108	E-109	1,420	301	15	45	2,155	1,978	1,800	90	3	10	35,50	-1155,775	-275,529	886,74
E-109	E-109.1	1,425	301	19	20	3,975	3,888	3,800	107	11	5	15,97	-1169,420	-267,226	879,34
E-109	E-110	1,425	301	19	20	3,262	3,131	3,000	90	19	56	26,20	-1178,156	-261,909	884,88
E-109	E-111	1,425	288	16	15	2,410	2,205	2,000	90	35	40	41,00	-1194,704	-262,676	885,54
E-111	E-112	1,395	282	54	40	3,125	3,063	3,000	88	35	20	12,49	-1206,880	-259,885	884,18
E-111	E-113	1,395	259	54	40	2,360	2,180	2,000	77	54	0	34,42	-1228,590	-268,706	892,13
E-111	E-114	1,395	256	5	35	3,470	3,185	2,900	76	44	45	54,00	-1247,125	-275,656	896,47
E-114	E-115	1,422	256	41	10	3,950	3,875	3,800	108	48	20	13,44	-1260,205	-278,751	889,44
E-114	E-115.1	1,422	249	14	30	3,920	3,810	3,700	112	35	15	18,75	-1264,662	-282,303	886,28
E-114	E-116	1,422	242	5	5	3,962	3,831	3,700	104	3	30	24,65	-1268,910	-287,198	887,88
E-114	E-117	1,422	228	49	50	4,000	3,800	3,600	96	3	30	39,55	-1276,900	-301,694	889,89
E-117	E-118	1,433	241	38	15	1,782	1,641	1,500	89	25	55	28,20	-1301,712	-315,089	889,96
E-117	E-119	1,433	231	45	0	1,522	1,261	1,000	89	53	15	52,20	-1317,893	-334,011	890,17
E-119	E-120	1,440	226	35	45	4,000	3,800	3,600	92	10	25	39,94	-1346,912	-361,457	886,29
E-120	E-120.1	1,435	230	43	5	2,918	2,859	2,800	91	49	5	11,79	-1356,037	-368,920	884,49

Continuación apéndice 2.

E-120	E-121	1,435	230	43	5	0,494	0,397	0,300	89	36	5	19,40	-1361,928	-373,739	887,46	
E-121	E-122	1,420	220	33	10	2,820	2,610	2,400	87	41	20	41,93	-1389,190	-405,599	887,96	
E-122	E-123	1,448	197	18	55	3,933	3,767	3,600	99	15	55	32,44	-1398,844	-436,566	880,35	
E-123	E-124	1,490	183	5	20	3,980	3,790	3,600	103	46	50	35,84	-1400,775	-472,358	869,26	
E-124	E-125	1,430	200	53	50	3,975	3,788	3,600	94	38	40	37,25	-1414,064	-507,161	863,88	
E-125	E-126	1,422	227	19	45	3,700	3,600	3,500	90	10	45	20,00	-1428,769	-520,717	861,64	
E-126	E-127	1,422	226	6	0	3,995	3,798	3,600	91	49	20	39,46	-1457,202	-548,079	858,01	
E-127	E-128	1,450	238	37	50	2,760	2,630	2,500	89	51	35	26,00	-1479,401	-561,613	856,89	
E-128	E-129	1,460	222	11	25	3,830	3,515	3,200	91	19	35	62,97	-1521,689	-608,266	853,38	
E-129	E-130	1,460	256	3	50	3,164	3,082	3,000	90	26	5	16,40	-1537,605	-612,215	851,63	
E-130	E-131	1,460	276	5	0	2,914	2,857	2,800	90	0	15	11,40	-1548,941	-611,007	850,23	
E-131	E-131.1	1,428	246	45	0	3,950	3,925	3,900	92	12	40	4,99	-1553,528	-612,978	847,54	profundidad
E-131	E-132	1,428	246	45	0	0,908	0,854	0,800	90	11	40	10,80	-1558,864	-615,270	850,77	
E-131	E-133	1,428	229	14	45	2,385	2,243	2,100	83	57	10	28,18	-1570,291	-629,406	852,41	
E-133	E-133.1	1,433	227	2	25	4,010	3,955	3,900	119	40	10	8,30	-1576,369	-635,066	845,15	profundidad
E-133	E-134	1,433	227	2	25	2,400	2,300	2,200	79	38	45	19,35	-1584,455	-642,595	855,08	
E-134	E-135	1,417	231	19	5	1,510	1,255	1,000	86	8	45	50,77	-1624,087	-674,326	858,66	
E-135	E-136	1,360	249	5	0	0,942	0,871	0,800	83	1	30	13,99	-1637,155	-679,321	860,86	
E-136	E-137	1,435	267	35	25	1,220	1,110	1,000	78	0	50	21,05	-1658,188	-680,206	865,65	
E-137	E-138	1,420	240	35	0	0,360	0,230	0,100	83	5	15	25,62	-1680,508	-692,791	869,95	
E-138	E-139	1,400	276	33	50	1,800	1,750	1,700	90	43	10	10,00	-1690,441	-691,648	869,47	
E-139	E-140	1,420	335	45	10	3,925	3,813	3,700	91	14	5	22,49	-1699,677	-671,143	866,60	
E-140	E-141	1,450	319	54	10	1,490	1,445	1,400	90	5	40	9,00	-1705,473	-664,258	866,59	
E-141	E-142	1,430	302	18	15	1,770	1,635	1,500	89	4	10	26,99	-1728,288	-649,833	866,82	
E-142	E-143	1,400	294	30	15	0,590	0,445	0,300	90	11	40	29,00	-1754,676	-637,805	867,68	
E-143	E-144	1,430	308	22	15	2,864	2,832	2,800	90	32	5	6,40	-1759,693	-633,832	866,21	
E-143	E-144.1	1,430	289	12	40	3,193	3,097	3,000	89	15	20	19,30	-1772,898	-631,455	866,26	
E-143	E-145	1,430	266	17	20	2,721	2,611	2,500	90	22	40	22,10	-1776,729	-639,235	866,35	
E-143	E-146	1,430	247	27	10	2,280	2,140	2,000	91	58	40	27,97	-1780,505	-648,529	866,00	
E-146	E-147	1,400	233	43	20	3,960	3,830	3,700	97	12	40	25,59	-1801,135	-663,670	860,33	
E-147	E-148	1,430	275	12	5	2,480	2,440	2,400	90	9	20	8,00	-1809,102	-662,945	859,30	
E-148	E-149	1,430	282	40	0	3,725	3,613	3,500	90	4	25	22,50	-1831,054	-658,011	857,09	
E-148	E-150	1,430	273	16	25	3,840	3,670	3,500	90	3	15	34,00	-1843,046	-661,004	857,03	
E-148	E-151	1,430	264	2	10	2,410	2,205	2,000	91	12	0	40,98	-1849,862	-667,203	857,67	
E-148	E-152	1,430	242	55	30	3,475	3,238	3,000	91	27	10	47,47	-1851,369	-684,551	856,29	
E-152	E-153	1,430	210	4	25	2,605	2,553	2,500	99	0	55	10,24	-1856,502	-693,415	853,54	
E-153	E-154	1,440	226	46	0	3,916	3,758	3,600	94	20	45	31,42	-1879,392	-714,935	848,84	
E-154	E-155	1,420	245	0	45	1,545	1,473	1,400	96	7	40	14,33	-1892,385	-720,991	847,24	
E-155	E-156	1,400	297	18	50	3,735	3,668	3,600	91	34	25	13,49	-1904,371	-714,801	844,61	
E-156	E-157	1,440	267	38	5	2,430	2,365	2,300	90	11	0	13,00	-1917,360	-715,337	843,64	
E-157	E-158	1,460	235	3	10	1,315	1,258	1,200	89	53	55	11,50	-1926,786	-721,925	843,86	
E-158	E-159	1,400	227	54	55	2,815	2,758	2,700	91	6	50	11,50	-1935,318	-729,629	842,28	
E-159	E-160	1,430	234	55	25	2,900	2,850	2,800	101	12	40	9,62	-1943,192	-735,159	838,95	
E-160	E-161	1,420	220	16	40	0,240	0,170	0,100	88	8	5	13,99	-1952,234	-745,828	840,66	
E-161	E-162	1,430	237	57	40	1,420	1,360	1,300	90	45	0	12,00	-1962,404	-752,193	840,57	
E-162	E-163	1,440	246	0	20	0,365	0,283	0,200	89	28	30	16,50	-1977,477	-758,902	841,88	
E-162	E-164	1,440	239	57	45	2,910	2,755	2,600	87	24	45	30,94	-1989,186	-767,679	840,66	
E-164	E-165	1,420	208	49	55	2,170	1,985	1,800	94	12	10	36,80	-2006,933	-799,918	837,39	
E-165	E-166	1,430	228	54	15	3,480	3,390	3,300	90	16	55	18,00	-2020,498	-811,750	835,34	
E-166	E-167	1,441	211	52	10	1,805	1,703	1,600	97	56	50	20,11	-2031,115	-828,827	832,27	
E-167	E-168	1,433	212	24	10	3,950	3,825	3,700	96	19	15	24,70	-2044,349	-849,678	827,14	
E-167	E-169	1,433	197	28	10	3,935	3,668	3,400	95	38	10	52,98	-2047,020	-879,367	824,81	
E-169	E-170	1,430	236	2	5	1,795	1,748	1,700	90	56	20	9,50	-2054,897	-884,673	824,33	
E-170	E-171	1,400	180	16	30	2,122	2,061	2,000	90	21	15	12,20	-2054,956	-896,872	823,60	
E-170	E-172	1,400	160	3	20	1,640	1,520	1,400	91	10	40	23,99	-2046,714	-907,224	823,72	
E-172	E-173	1,430	160	23	20	1,792	1,596	1,400	85	34	0	38,97	-2033,636	-943,930	826,58	
E-173	E-174	1,440	173	2	0	3,930	3,765	3,600	92	13	5	32,95	-2029,639	-976,637	822,97	
E-174	E-175	1,400	153	57	0	3,840	3,720	3,600	99	34	40	23,34	-2019,391	-997,602	816,72	
E-175	E-176	1,300	150	33	45	3,940	3,870	3,800	107	41	45	12,71	-2013,146	-1008,668	810,09	
E-176	E-177	1,400	151	45	5	3,918	3,809	3,700	123	6	15	15,30	-2005,906	-1022,143	797,71	
E-177	E-177.1	1,400	155	26	15	4,020	3,960	3,900	118	26	20	9,28	-2002,049	-1030,582	790,12	profundidad
E-177	E-178	1,400	155	26	15	1,925	1,813	1,700	91	58	5	22,47	-1996,564	-1042,583	796,52	
E-178	E-179	1,395	199	1	0	1,250	1,125	1,000	82	57	30	24,62	-2004,588	-1065,863	799,84	
E-179	E-180	1,370	180	26	50	1,640	1,520	1,400	74	12	30	22,22	-2004,761	-1088,085	805,97	
E-180	E-181	1,380	214	42	30	1,230	1,115	1,000	83	43	50	22,73	-2017,701	-1106,767	808,73	
E-181	E-182	1,410	203	24	55	2,035	1,868	1,700	71	53	0	30,26	-2029,727	-1134,536	818,18	
E-182	E-183	1,430	197	6	30	0,460	0,430	0,400	89	48	25	6,00	-2031,492	-1140,270	819,20	
E-183	E-183.1	1,460	231	40	45	3,030	3,015	3,000	93	31	30	2,99	-2033,837	-1142,124	817,46	profundidad
E-183	E-183.2	1,460	231	40	45	1,060	1,030	1,000	90	38	20	6,00	-2036,199	-1143,990	819,56	

Continuación apéndice 2.

E-183	E-184	1,460	231	40	45	0,330	0,265	0,200	83	20	0	12,82	-2041,554	-1148,223	821,89	
E-184	E-185	1,430	253	25	25	0,300	0,158	0,015	81	35	35	27,89	-2068,285	-1156,180	827,28	
E-185	E-186	1,360	260	56	25	0,225	0,163	0,100	86	7	20	12,44	-2080,573	-1158,139	829,33	
E-186	E-187	1,420	223	11	35	0,940	0,870	0,800	78	46	40	13,47	-2089,792	-1167,959	832,55	
E-187	E-188	1,390	193	15	55	0,650	0,575	0,500	83	22	20	14,80	-2093,188	-1182,364	835,08	
E-188	E-189	1,430	178	23	10	0,610	0,505	0,400	89	29	55	21,00	-2092,597	-1203,354	836,19	
E-189	E-190	1,480	195	3	15	0,745	0,673	0,600	71	57	30	13,11	-2096,002	-1216,014	841,27	
E-189	E-191	1,480	216	32	40	3,260	3,130	3,000	72	17	30	23,59	-2106,646	-1222,310	842,08	
E-191	E-192	1,430	241	11	45	1,393	1,297	1,200	90	22	15	19,30	-2123,558	-1231,609	842,08	
E-192	E-193	1,420	217	54	45	1,215	1,008	0,800	96	23	45	40,99	-2148,741	-1263,944	837,90	
E-193	E-194	1,430	200	6	50	1,340	1,270	1,200	89	43	30	14,00	-2153,555	-1277,090	838,13	
E-194	E-195	1,400	201	11	55	1,687	1,644	1,600	90	5	50	8,70	-2156,701	-1285,201	837,87	
E-194	E-196	1,400	202	58	55	0,720	0,610	0,500	88	36	45	21,99	-2162,140	-1297,332	839,45	
E-196	E-197	1,370	219	38	45	1,015	0,908	0,800	76	43	45	20,37	-2175,135	-1313,014	844,72	
E-197	E-198	1,360	188	25	40	0,294	0,247	0,200	74	53	45	8,76	-2176,419	-1321,682	848,20	
E-198	E-198.1	1,300	213	4	25	3,850	3,825	3,800	89	16	55	5,00	-2179,147	-1325,871	845,73	profundidad
E-198	E-198.2	1,300	213	4	25	0,810	0,755	0,700	90	11	5	11,00	-2182,422	-1330,899	848,71	
E-198	E-199	1,300	213	4	25	0,800	0,700	0,600	79	6	20	19,29	-2186,944	-1337,842	852,51	
E-199	E-200	1,370	225	36	25	0,900	0,800	0,700	81	22	50	19,55	-2200,914	-1351,520	856,04	
E-200	E-201	1,380	215	42	15	1,368	1,284	1,200	87	16	50	16,76	-2210,696	-1365,131	856,93	
E-201	E-202	1,290	210	21	0	1,940	1,820	1,700	87	37	5	23,96	-2222,802	-1385,806	857,40	
E-202	E-203	1,265	180	13	10	1,407	1,354	1,300	84	56	45	10,62	-2222,843	-1396,423	858,25	
E-203	E-203.1	1,425	229	10	5	3,885	3,843	3,800	101	40	45	8,15	-2229,011	-1401,753	854,15	profundidad
E-203	E-204	1,425	229	10	5	0,470	0,385	0,300	94	12	25	16,91	-2235,636	-1407,479	858,05	
E-203	E-205	1,425	231	16	30	0,510	0,355	0,200	79	0	35	29,87	-2246,149	-1415,111	865,12	
E-205	E-206	1,395	229	28	55	1,490	1,395	1,300	82	11	10	18,65	-2260,325	-1427,227	867,68	
E-206	E-207	1,403	262	10	45	0,563	0,432	0,300	93	17	30	26,21	-2286,295	-1430,794	867,15	
E-207	E-208	1,400	245	14	20	1,870	1,735	1,600	80	41	20	26,29	-2310,171	-1441,807	871,12	
E-208	E-209	1,390	276	43	40	0,560	0,430	0,300	83	50	40	25,70	-2335,695	-1438,796	874,85	
E-209	E-210	1,430	257	53	40	1,430	1,315	1,200	73	39	55	21,18	-2356,405	-1443,238	881,18	
E-210	E-211	1,400	273	19	50	1,350	1,175	1,000	90	41	15	34,99	-2391,340	-1441,205	880,98	
E-210	E-212	1,400	272	17	20	1,035	0,668	0,300	90	34	55	73,49	-2429,838	-1440,303	881,16	
E-212	E-213	1,420	275	52	5	3,922	3,861	3,800	90	11	5	12,20	-2441,974	-1439,055	878,68	
E-213	E-214	1,430	275	21	30	4,000	3,900	3,800	98	51	55	19,52	-2461,414	-1437,232	873,17	
E-213	E-215	1,430	273	10	15	2,840	2,670	2,500	92	15	40	33,95	-2475,869	-1437,178	876,10	
E-215	E-216	1,420	265	25	50	3,482	3,291	3,100	95	55	10	37,79	-2513,543	-1440,189	870,31	
E-216	E-217	1,460	252	46	25	2,580	2,540	2,500	89	7	20	8,00	-2521,182	-1442,557	869,35	
E-217	E-218	1,420	223	53	45	3,950	3,875	3,800	109	47	55	13,28	-2530,389	-1452,126	862,12	
E-218	E-219	1,380	256	45	25	3,920	3,810	3,700	103	30	45	20,80	-2550,635	-1456,891	854,69	
E-219	E-220	1,360	250	35	35	1,200	1,100	1,000	99	27	45	19,46	-2568,989	-1463,357	851,71	
E-220	E-221	1,390	243	18	5	1,383	1,292	1,200	102	33	15	17,44	-2584,565	-1471,190	847,92	
E-221	E-222	1,415	244	55	0	0,850	0,725	0,600	104	43	10	23,39	-2605,746	-1481,104	842,47	
E-222	E-223	1,370	237	9	50	0,860	0,780	0,700	99	9	0	15,60	-2618,850	-1489,561	840,55	
E-223	E-224	1,380	207	59	40	0,560	0,430	0,300	108	28	20	23,39	-2629,828	-1510,214	833,68	
E-224	E-225	1,390	188	57	0	3,998	3,899	3,800	93	33	15	19,72	-2632,897	-1529,698	829,95	
E-225	E-226	1,448	204	5	0	0,900	0,850	0,800	122	13	55	7,16	-2635,817	-1536,230	826,04	
E-225	E-227	1,448	239	20	35	2,130	1,915	1,700	99	27	20	41,84	-2668,889	-1551,032	822,51	
E-227	E-228	1,430	190	42	40	4,000	3,750	3,500	92	25	0	49,91	-2678,165	-1600,073	818,09	
E-228	E-229	1,430	178	35	45	3,930	3,765	3,600	92	38	45	32,93	-2677,358	-1632,993	814,23	
E-229	E-230	1,388	162	25	0	3,930	3,615	3,300	95	12	10	62,48	-2658,483	-1692,556	806,31	
E-230	E-231	1,430	180	40	20	3,930	3,765	3,600	94	11	45	32,82	-2658,868	-1725,377	801,57	
E-231	E-232	1,420	160	19	25	4,000	3,850	3,700	91	53	20	29,97	-2648,778	-1753,594	798,15	
E-232	E-233	1,430	144	40	15	3,760	3,630	3,500	90	11	45	26,00	-2633,743	-1774,806	795,86	
E-233	E-234	1,442	170	16	20	4,000	3,850	3,700	93	13	40	29,90	-2628,690	-1804,281	791,77	
E-234	E-235	1,358	182	18	5	4,000	3,750	3,500	96	1	5	49,45	-2630,676	-1853,691	784,16	
E-235	E-236	1,350	149	27	35	3,635	3,568	3,500	115	0	50	11,09	-2625,042	-1863,240	776,77	
E-236	E-237	1,330	142	15	10	0,550	0,425	0,300	123	58	40	17,19	-2614,518	-1876,833	766,09	
E-237	E-238	1,360	147	16	30	1,880	1,790	1,700	114	44	50	14,85	-2606,492	-1889,323	758,82	
E-238	E-239	1,320	148	10	25	1,710	1,555	1,400	111	20	15	26,90	-2592,309	-1912,175	748,08	
E-239	E-240	1,390	187	58	40	3,710	3,630	3,550	102	53	35	15,20	-2594,419	-1927,231	742,36	
E-240	E-241	1,393	188	38	20	0,972	0,886	0,800	109	5	30	15,36	-2596,726	-1942,417	737,55	
E-241	E-242	1,408	183	9	15	3,970	3,935	3,900	109	12	5	6,24	-2597,069	-1948,650	732,85	
E-241	E-243	1,408	180	22	25	3,020	2,910	2,800	124	31	40	14,93	-2596,823	-1957,348	725,77	
E-243	E-244	1,460	142	38	45	3,925	3,813	3,700	91	46	55	22,48	-2583,185	-1975,216	722,72	
E-244	E-245	1,440	123	54	20	3,990	3,795	3,600	94	42	20	38,74	-2551,034	-1996,825	717,18	
E-245	E-246	1,420	73	28	50	3,942	3,771	3,600	91	27	0	34,18	-2518,267	-1987,107	713,96	
E-246	E-247	1,400	113	0	10	3,320	3,160	3,000	93	52	20	31,85	-2488,946	-1999,555	710,05	
E-247	E-247.1	1,433	165	7	0	3,980	3,940	3,900	113	31	10	6,73	-2487,218	-2006,055	704,61	profundidad
E-247	E-248	1,433	165	7	0	1,037	0,969	0,900	91	13	30	13,69	-2485,428	-2012,789	710,22	

Continuación apéndice 2.

E-248	E-249	1,400	204	14	50	1,220	1,110	1,000	90	40	55	22,00	-2494,462	-2032,845	710,25
E-249	E-250	1,434	231	37	55	0,770	0,485	0,200	86	26	25	56,78	-2538,980	-2068,089	714,73
E-250	E-250.1	1,460	260	52	35	3,930	3,915	3,900	89	9	50	3,00	-2541,941	-2068,565	712,32
E-250	E-251	1,460	260	52	35	1,260	1,230	1,200	88	19	50	5,99	-2544,899	-2069,040	715,13
E-250	E-252	1,460	257	22	30	0,560	0,280	0,000	86	36	35	55,80	-2593,435	-2080,287	719,21
E-252	E-253	1,380	267	10	15	0,410	0,255	0,100	86	3	35	30,85	-2624,251	-2081,809	722,46
E-253	E-254	1,420	190	10	5	0,633	0,567	0,500	89	18	40	13,30	-2626,598	-2094,899	723,48
E-253	E-255	1,420	206	31	45	0,750	0,625	0,500	85	35	5	24,85	-2635,351	-2104,045	725,18
E-255	E-256	1,430	244	3	30	0,510	0,305	0,100	87	54	30	40,95	-2672,171	-2121,956	727,80
E-256	E-257	1,430	201	46	25	0,920	0,660	0,400	86	58	5	51,85	-2691,406	-2170,111	731,31
E-257	E-258	1,440	165	5	10	0,520	0,310	0,100	86	36	0	41,85	-2680,634	-2210,554	734,93
E-258	E-259	1,430	134	28	5	0,350	0,225	0,100	88	10	55	24,97	-2662,811	-2228,049	736,93
E-259	E-259.1	1,433	200	17	5	3,032	3,016	3,000	90	34	30	3,20	-2663,921	-2231,050	735,31
E-259	E-260	1,433	200	17	5	0,565	0,533	0,500	90	2	50	6,50	-2665,065	-2234,146	737,82
E-260	E-261	1,450	249	40	35	0,650	0,425	0,200	89	31	50	45,00	-2707,260	-2249,774	739,12
E-261	E-262	1,440	193	7	0	0,370	0,235	0,100	88	30	0	26,98	-2713,383	-2276,052	741,13
E-262	E-263	1,430	158	31	45	0,290	0,195	0,100	87	29	0	18,96	-2706,442	-2293,699	743,20
E-263	E-263.1	1,440	204	31	50	3,035	3,018	3,000	92	28	15	3,49	-2707,893	-2296,877	741,47
E-263	E-264	1,440	204	31	50	0,380	0,340	0,300	87	38	50	7,99	-2709,758	-2300,965	744,63
E-264	E-265	1,450	276	43	30	0,770	0,685	0,600	90	1	0	17,00	-2726,641	-2298,974	745,39
E-265	E-266	1,440	304	53	30	2,720	2,460	2,200	84	59	5	51,60	-2768,967	-2269,456	748,89
E-266	E-267	1,430	295	40	15	0,522	0,311	0,100	87	34	30	42,12	-2806,934	-2251,208	751,80
E-267	E-268	1,450	280	35	55	1,565	1,283	1,000	83	52	40	55,86	-2861,839	-2240,934	757,96
E-268	E-269	1,400	280	14	45	1,390	1,295	1,200	86	14	20	18,92	-2880,455	-2237,569	759,30
E-269	E-270	1,420	302	36	5	1,465	1,233	1,000	87	14	30	46,39	-2919,538	-2212,573	761,73
E-270	E-271	1,430	241	3	15	1,700	1,650	1,600	89	58	35	10,00	-2928,289	-2217,413	761,51
E-271	E-272	1,440	211	51	5	1,360	1,180	1,000	89	49	25	36,00	-2947,286	-2247,992	761,88
E-272	E-273	1,450	210	5	5	1,615	1,508	1,400	90	26	5	21,50	-2958,063	-2266,594	761,66
E-273	E-274	1,443	125	22	40	2,760	2,630	2,500	90	22	5	26,00	-2936,865	-2281,647	760,31
E-274	E-275	1,420	140	36	45	1,960	1,730	1,500	90	31	5	46,00	-2907,677	-2317,196	759,58
E-275	E-276	1,430	151	42	40	1,640	1,520	1,400	89	40	40	24,00	-2896,304	-2338,329	759,63
E-276	E-277	1,470	147	49	40	0,800	0,700	0,600	94	28	50	19,88	-2881,492	-2351,586	758,84
E-277	E-278	1,460	154	30	20	1,200	1,100	1,000	92	37	45	19,96	-2872,901	-2369,600	758,28
E-278	E-278.1	1,380	227	13	30	2,935	2,918	2,900	92	52	25	3,49	-2875,464	-2371,971	756,57
E-278	E-279	1,380	227	13	30	1,460	1,430	1,400	91	12	30	6,00	-2877,303	-2373,673	758,11
E-279	E-280	1,400	294	39	55	1,110	1,055	1,000	88	40	20	10,99	-2887,295	-2369,085	758,71
E-280	E-281	1,430	270	59	40	0,540	0,420	0,300	90	22	30	24,00	-2911,290	-2368,668	759,56
E-281	E-282	1,433	311	27	15	1,600	1,350	1,100	86	40	0	49,83	-2948,637	-2335,679	762,54
E-282	E-283	1,440	270	41	50	1,640	1,570	1,500	89	40	50	14,00	-2962,636	-2335,509	762,49
E-283	E-284	1,450	204	0	55	1,315	1,158	1,000	89	37	20	31,50	-2975,455	-2364,281	762,99
E-284	E-285	1,450	227	24	20	2,215	2,108	2,000	89	0	50	21,49	-2991,278	-2378,828	762,70
E-285	E-286	1,400	232	11	40	1,180	1,090	1,000	90	37	55	18,00	-3005,498	-2389,860	762,82
E-286	E-287	1,440	178	31	50	1,390	1,345	1,300	89	51	0	9,00	-3005,267	-2398,857	762,94
E-287	E-288	1,420	149	37	25	0,960	0,780	0,600	89	54	30	36,00	-2987,063	-2429,915	763,63
E-288	E-289	1,400	110	22	30	0,740	0,520	0,300	90	4	25	44,00	-2945,816	-2445,234	764,46
E-289	E-290	1,421	140	22	25	1,001	0,901	0,800	90	44	10	20,10	-2932,999	-2460,713	764,72
E-290	E-291	1,430	163	50	25	1,033	0,967	0,900	90	40	20	13,30	-2929,298	-2473,486	765,03
E-291	E-292	1,420	127	39	0	0,900	0,750	0,600	89	48	30	30,00	-2905,545	-2491,811	765,80
E-292	E-293	1,400	163	2	0	1,020	0,910	0,800	90	50	55	22,00	-2899,127	-2512,849	765,96
E-293	E-294	1,430	191	48	15	1,660	1,530	1,400	89	5	15	25,99	-2904,444	-2538,292	766,27
E-294	E-295	1,440	144	8	5	2,940	2,770	2,600	91	43	30	33,97	-2884,542	-2565,821	763,92
E-295	E-296	1,420	134	0	5	2,865	2,783	2,700	93	52	50	16,42	-2872,728	-2577,231	761,44
E-296	E-296.1	1,400	219	39	55	2,925	2,913	2,900	98	27	55	2,45	-2874,289	-2579,113	759,57
E-296	E-297	1,400	219	39	55	1,661	1,631	1,600	90	2	45	6,10	-2876,621	-2581,926	761,21
E-296	E-298	1,400	226	59	25	1,485	1,393	1,300	89	0	5	18,49	-2886,251	-2589,846	761,77
E-298	E-298.1	1,440	293	49	40	2,960	2,930	2,900	99	25	15	5,84	-2891,593	-2587,487	759,32
E-298	E-299	1,440	293	49	40	0,217	0,159	0,100	83	40	45	11,56	-2896,824	-2585,177	764,34
E-299	E-300	1,400	303	29	30	1,233	1,117	1,000	83	5	20	22,96	-2915,974	-2572,506	767,40
E-300	E-301	1,420	306	41	40	0,520	0,410	0,300	90	57	30	21,99	-2933,610	-2559,363	768,05
E-301	E-302	1,400	345	8	45	0,390	0,245	0,100	88	36	0	28,98	-2941,040	-2531,349	769,91
E-302	E-303	1,410	290	56	10	0,760	0,630	0,500	88	5	25	25,97	-2965,296	-2522,069	771,55
E-303	E-304	1,430	327	46	30	0,655	0,578	0,500	88	30	10	15,49	-2973,556	-2508,965	772,81
E-304	E-305	1,440	291	14	0	1,290	1,145	1,000	84	44	45	28,76	-3000,361	-2498,551	775,75
E-305	E-306	1,420	236	32	5	0,340	0,220	0,100	89	43	45	24,00	-3020,381	-2511,785	777,06
E-306	E-307	1,430	257	1	20	0,450	0,275	0,100	88	37	20	34,98	-3054,468	-2519,640	779,06
E-307	E-308	1,415	268	23	25	0,300	0,200	0,100	90	56	5	19,99	-3074,455	-2520,202	779,95
E-308	E-309	1,400	216	15	0	1,000	0,950	0,900	91	5	40	10,00	-3080,365	-2528,263	780,21
E-309	E-310	1,430	152	53	40	1,810	1,655	1,500	89	1	45	30,99	-3066,245	-2555,851	780,51
E-310	E-311	1,420	174	42	20	1,750	1,625	1,500	90	10	40	25,00	-3063,938	-2580,744	780,23

Continuación apéndice 2.

E-311	E-312	1,390	183	45	0	1,260	1,130	1,000	90	8	15	26,00	-3065,639	-2606,688	780,42	
E-312	E-313	1,410	196	53	15	0,850	0,725	0,600	90	35	10	25,00	-3072,900	-2630,607	780,85	
E-313	E-314	1,420	230	25	45	1,077	0,889	0,700	89	49	50	37,70	-3101,961	-2654,623	781,50	
E-314	E-315	1,390	184	41	55	0,430	0,265	0,100	88	43	35	32,98	-3104,662	-2687,496	783,35	
E-315	E-316	1,400	158	34	0	0,350	0,175	0,000	87	37	50	34,94	-3091,895	-2720,020	786,03	
E-316	E-316.1	1,390	216	12	40	3,960	3,930	3,900	104	20	54	5,63	-3095,221	-2724,564	782,05	profundidad
E-316	E-317	1,390	216	12	40	1,110	1,055	1,000	81	26	30	10,76	-3098,249	-2728,699	787,98	
E-317	E-318	1,400	216	39	10	1,100	1,050	1,000	91	24	40	9,99	-3104,215	-2736,717	788,08	
E-318	E-319	1,420	194	2	55	1,655	1,578	1,500	90	15	5	15,50	-3107,978	-2751,753	787,86	
E-319	E-320	1,400	219	25	15	0,915	0,758	0,600	90	23	50	31,50	-3127,979	-2776,085	788,28	
E-320	E-321	1,420	267	7	0	0,420	0,310	0,200	90	13	0	22,00	-3149,951	-2777,192	789,31	
E-321	E-322	1,400	267	17	25	0,520	0,410	0,300	87	51	0	21,97	-3171,896	-2778,231	791,12	
E-322	E-323	1,430	219	22	35	0,590	0,345	0,100	85	54	10	48,75	-3202,823	-2815,914	795,70	
E-323	E-324	1,400	206	6	15	0,840	0,620	0,400	88	24	50	43,97	-3222,169	-2855,396	797,70	
E-324	E-325	1,420	218	52	25	0,702	0,551	0,400	89	18	35	30,20	-3241,120	-2878,904	798,93	
E-325	E-326	1,390	232	2	30	0,535	0,368	0,200	89	15	45	33,49	-3267,528	-2899,506	800,38	
E-326	E-327	1,420	234	50	40	1,310	1,155	1,000	88	25	55	30,98	-3292,855	-2917,342	801,50	
E-327	E-327.1	1,420	201	22	25	0,861	0,831	0,800	90	3	25	6,10	-3295,078	-2923,023	802,08	
E-327	E-328	1,420	246	24	25	1,330	1,265	1,200	88	15	45	12,99	-3304,757	-2922,541	802,05	
E-328	E-329	1,430	262	18	45	0,480	0,340	0,200	92	25	40	27,95	-3332,456	-2926,279	801,95	
E-329	E-330	1,440	254	47	30	1,001	0,901	0,800	90	52	20	20,10	-3351,847	-2931,551	802,18	
E-330	E-331	1,430	223	5	35	0,680	0,490	0,300	89	47	55	38,00	-3377,808	-2959,300	803,26	
E-331	E-332	1,420	249	24	10	2,040	1,920	1,800	89	45	30	24,00	-3400,274	-2967,743	802,86	
E-332	E-333	1,430	267	36	10	0,915	0,558	0,200	91	0	45	71,48	-3471,689	-2970,733	802,47	
E-333	E-334	1,400	216	51	10	1,322	1,261	1,200	89	50	35	12,20	-3479,006	-2980,495	802,64	
E-334	E-335	1,430	176	40	0	1,555	1,378	1,200	88	16	25	35,47	-3476,943	-3015,902	803,76	
E-335	E-336	1,440	140	51	55	0,680	0,440	0,200	88	9	25	47,95	-3446,680	-3053,096	806,31	
E-336	E-337	1,400	175	26	40	1,042	0,921	0,800	86	6	5	24,09	-3444,767	-3077,108	808,43	
E-337	E-338	1,403	229	47	35	0,440	0,320	0,200	86	4	15	23,89	-3463,010	-3092,528	811,15	
E-337	E-339	1,403	263	37	25	2,700	2,450	2,200	83	10	50	49,30	-3493,757	-3082,583	813,27	
E-339	E-340	1,430	243	27	55	1,018	0,959	0,900	86	25	50	11,75	-3504,273	-3087,834	814,48	
E-340	E-341	1,440	206	22	45	1,050	0,875	0,700	85	36	45	34,80	-3519,733	-3119,006	817,71	
E-341	E-342	1,430	217	48	55	1,000	0,800	0,600	90	26	10	40,00	-3544,256	-3150,604	818,04	
E-342	E-343	1,443	231	23	0	1,510	1,355	1,200	92	25	40	30,94	-3568,434	-3169,916	816,81	
E-343	E-344	1,420	257	56	40	2,910	2,805	2,700	91	23	50	20,99	-3588,959	-3174,300	814,92	
E-344	E-345	1,400	279	23	15	2,680	2,590	2,500	89	55	5	18,00	-3606,717	-3171,364	813,75	
E-345	E-346	1,420	256	0	55	1,940	1,870	1,800	99	36	20	13,61	-3619,924	-3174,653	811,00	
E-346	E-347	1,430	226	4	0	0,790	0,645	0,500	95	5	0	28,77	-3640,645	-3194,616	809,23	
E-347	E-348	1,445	194	5	30	2,930	2,815	2,700	92	54	25	22,94	-3646,230	-3216,866	806,69	
E-348	E-349	1,420	207	44	35	2,910	2,755	2,600	91	58	45	30,96	-3660,644	-3244,270	804,29	
E-349	E-350	1,430	217	30	30	1,872	1,736	1,600	97	54	15	26,69	-3676,892	-3265,438	800,28	
E-350	E-351	1,440	207	15	15	1,619	1,560	1,500	90	40	40	11,90	-3682,341	-3276,016	800,01	
<b>FINALIZA CONDUCCION</b>																
<b>INICIA DISTRIBUCION</b>																
E-351	E-351.1	1,380	127	48	15	1,429	1,415	1,400	89	45	40	2,90	-3680,049	-3277,793	799,99	
E-351.1	E-351.2	1,375	211	46	35	1,467	1,434	1,400	89	49	45	6,70	-3683,577	-3283,489	799,95	
E-351.2	B.1	1,446	115	15	25	1,430	1,365	1,300	93	28	40	12,95	-3671,863	-3289,016	799,25	
E-351.2	E-352	1,446	301	18	50	1,439	1,420	1,400	89	37	45	3,90	-3686,909	-3281,462	800,01	
E-351.2	E-351.3	1,446	301	18	5	1,467	1,434	1,400	91	50	30	6,69	-3689,296	-3280,012	799,75	
E-351.2	E-353	1,446	239	48	10	0,892	0,846	0,800	92	58	30	9,18	-3691,508	-3288,104	800,08	
E-353	E-354	1,460	234	56	20	0,835	0,768	0,700	111	29	15	11,69	-3701,075	-3294,819	796,17	
E-354	E-355	1,400	226	54	55	0,918	0,859	0,800	96	22	45	11,65	-3709,587	-3302,779	795,41	
E-355	B.2	1,436	136	28	20	1,930	1,865	1,800	85	47	30	12,93	-3700,682	-3312,154	795,93	
E-355	E-356	1,436	238	40	50	2,292	2,246	2,200	100	19	20	8,90	-3717,194	-3307,408	792,97	
E-356	B.3	1,440	144	15	50	1,077	1,039	1,000	90	42	40	7,70	-3712,697	-3313,657	793,28	
E-356	E-357	1,440	236	3	25	1,412	1,356	1,300	95	0	50	11,11	-3726,414	-3313,614	792,08	
E-357	E-358	1,420	181	58	45	1,870	1,785	1,700	100	1	45	16,48	-3726,984	-3330,089	788,80	
E-358	B.4	1,400	180	40	30	4,020	3,760	3,500	116	30	15	41,64	-3727,474	-3371,730	765,68	
E-357	E-359	1,403	234	49	40	2,920	2,810	2,700	102	56	30	20,90	-3743,496	-3325,651	785,87	
E-359	E-360	1,400	256	7	35	0,740	0,570	0,400	102	46	50	32,34	-3774,889	-3333,405	779,37	
E-360	E-360.1	1,430	172	59	15	3,535	3,468	3,400	85	0	45	13,40	-3773,253	-3346,703	778,50	
E-360.1	B.5	1,400	84	36	50	1,040	1,020	1,000	90	36	0	4,00	-3769,271	-3346,327	778,84	
E-360.1	B.6	1,400	210	14	50	1,650	1,625	1,600	89	36	50	5,00	-3775,771	-3351,022	778,31	
E-360	E-361	1,431	255	46	10	0,960	0,830	0,700	99	39	25	25,27	-3799,382	-3339,616	775,67	
E-361	B.7	1,430	192	4	10	2,250	2,175	2,100	82	34	10	14,75	-3802,466	-3354,040	776,85	
E-361	E-362	1,430	224	24	10	3,000	2,900	2,800	95	44	40	19,80	-3813,235	-3353,762	772,21	
E-362	E-362.1	1,440	277	28	35	2,640	2,570	2,500	101	21	5	13,46	-3826,579	-3352,011	768,38	
E-362.1	B.8	1,430	350	45	35	1,930	1,915	1,900	89	32	5	3,00	-3827,060	-3349,050	767,92	
E-362.1	E-362.2	1,430	262	28	40	2,890	2,845	2,800	93	40	40	8,96	-3835,464	-3353,184	766,39	

Continuación apéndice 2.

E-362.2	B.9	1,440	349	58	35	1,430	1,415	1,400	90	22	20	3,00	-3835,986	-3350,230	766,39	
E-362.2	E-362.3	1,440	240	14	20	1,795	1,748	1,700	99	30	10	9,24	-3843,487	-3357,771	764,53	
E-362.3	B.10	1,450	188	57	0	0,560	0,530	0,500	90	41	20	6,00	-3844,420	-3363,698	765,38	
E-362.3	E-362.4	1,450	262	8	45	2,980	2,940	2,900	95	17	45	7,93	-3851,344	-3358,855	762,31	
E-362.4	B.11	1,400	303	14	50	3,970	3,885	3,800	94	16	20	16,91	-3865,482	-3349,587	758,56	
E-362.4	B.12	1,400	258	10	10	3,950	3,875	3,800	95	40	10	14,85	-3865,882	-3361,901	758,36	
E-362	E-363	1,380	219	4	35	2,955	2,828	2,700	97	3	50	25,11	-3829,066	-3373,258	767,65	
E-363	E-363.1	1,430	163	57	15	2,720	2,660	2,600	101	41	5	11,51	-3825,885	-3384,318	764,06	
E-363.1	B.13	1,360	160	10	6	3,970	3,835	3,700	125	46	30	17,77	-3819,856	-3401,036	748,78	
E-363	E-364	1,450	215	53	40	2,930	2,815	2,700	103	6	50	21,82	-3841,857	-3390,932	761,20	
E-364	B.14	1,430	298	29	40	1,770	1,685	1,600	89	52	5	17,00	-3856,797	-3382,821	760,99	
E-364	E-365	1,430	213	47	25	2,960	2,780	2,600	105	39	5	33,38	-3860,421	-3418,673	750,50	
INICIA RAMAL																
E-365	E-365.1	1,460	134	32	10	3,100	3,050	3,000	102	55	0	9,50	-3853,649	-3425,336	746,73	
E-365.1	E-365.2	1,400	130	21	10	4,000	3,850	3,700	119	46	10	22,60	-3836,423	-3439,972	731,35	
E-362.2	B.15	1,400	49	2	10	2,030	2,015	2,000	90	16	10	3,00	-3834,158	-3438,005	730,72	
E-362.2	E-365.3	1,400	166	21	50	4,000	3,900	3,800	99	56	10	19,40	-3831,848	-3458,830	725,45	
E-365.3	E-365.4	1,400	147	9	10	3,950	3,825	3,700	110	40	30	21,88	-3819,979	-3477,214	714,77	
E-365.4	B.16	1,420	49	17	10	1,130	1,065	1,000	90	21	10	13,00	-3810,125	-3468,735	715,04	
E-365.4	B.17	1,420	210	40	0	2,450	2,375	2,300	89	1	30	15,00	-3827,627	-3490,113	714,07	
FINALIZA RAMAL																
E-365	E-366	1,461	223	22	50	0,975	0,888	0,800	95	50	15	17,32	-3872,317	-3431,260	749,30	
E-366	B.18	1,460	305	49	15	1,620	1,560	1,500	89	41	40	12,00	-3882,047	-3424,238	749,27	
E-366	E-367	1,460	212	42	20	2,675	2,588	2,500	89	46	0	17,50	-3881,772	-3445,986	748,25	
E-367	B.19	1,440	303	27	20	0,320	0,260	0,200	90	8	20	12,00	-3891,784	-3439,370	749,40	
E-367	E-368	1,440	234	18	40	2,200	2,100	2,000	90	24	0	20,00	-3898,015	-3457,653	747,45	
E-368	B.20	1,390	302	25	50	1,140	1,070	1,000	90	45	45	14,00	-3909,830	-3450,146	747,58	
INICIA RAMAL																
E-368	E-369	1,390	136	27	45	3,480	3,440	3,400	94	38	25	7,95	-3892,541	-3463,414	744,75	
E-369	E-369.1	1,360	153	20	45	3,880	3,840	3,800	128	42	40	4,87	-3890,355	-3467,768	738,37	
E-369	E-370	1,360	153	20	45	2,430	2,365	2,300	120	37	40	9,63	-3888,222	-3472,017	738,05	
E-370	B.21	1,400	63	29	45	1,140	1,070	1,000	87	8	10	13,97	-3875,725	-3465,785	739,08	
E-370	B.22	1,400	132	5	20	1,860	1,830	1,800	90	21	10	6,00	-3883,770	-3476,039	737,58	
E-370	E-373	1,400	169	56	40	4,000	3,900	3,800	99	30	10	19,45	-3884,826	-3491,173	732,29	
E-370	E-371	1,400	221	6	50	1,020	0,910	0,800	100	49	15	21,22	-3902,179	-3488,008	734,48	
E-371	E-371.1	1,390	150	3	0	3,910	3,855	3,800	103	17	50	10,42	-3896,978	-3497,035	729,56	
E-371.1	B.24	1,420	239	0	30	1,030	1,015	1,000	90	41	30	3,00	-3899,549	-3498,579	729,93	
E-371.1	E-371.2	1,420	126	16	0	3,990	3,845	3,700	99	16	30	28,25	-3874,203	-3513,744	722,53	
E-371.2	B.25	1,400	214	30	10	1,830	1,815	1,800	89	36	10	3,00	-3875,902	-3516,216	722,13	
E-371.2	B.26	1,400	120	41	0	3,990	3,795	3,600	102	24	10	37,20	-3842,210	-3532,727	711,95	
E-371	E-372	1,400	220	48	10	3,943	3,822	3,700	94	46	5	24,13	-3917,948	-3506,275	730,05	
E-372	B.27	1,380	157	50	25	1,240	1,220	1,200	90	38	5	4,00	-3916,440	-3509,979	730,16	
E-372	E-373	1,380	232	32	10	3,935	3,818	3,700	96	34	10	23,19	-3936,357	-3520,382	724,94	
E-373	E-374	1,420	213	49	5	3,950	3,825	3,700	93	19	25	24,92	-3950,224	-3541,082	721,09	
E-374	B.28	1,400	128	15	0	3,962	3,931	3,900	90	21	30	6,20	-3945,355	-3544,921	718,56	
E-374	B.29	1,400	190	8	40	3,940	3,870	3,800	90	56	10	14,00	-3952,689	-3554,860	718,43	
FINALIZA RAMAL																
E-368	E-375	1,440	229	31	55	1,491	1,446	1,400	90	32	45	9,10	-3904,938	-3463,558	747,35	
E-375	E-376	1,441	242	31	10	1,657	1,629	1,600	89	43	55	5,70	-3909,994	-3466,189	747,19	
INICIA RAMAL																
E-376	E-377	1,430	294	31	35	1,528	1,464	1,400	89	8	50	12,80	-3921,637	-3460,876	747,35	
E-377	E-378	1,420	298	16	40	2,972	2,886	2,800	93	55	45	17,12	-3936,713	-3452,766	744,71	
E-378	E-379	1,430	273	57	5	3,077	3,039	3,000	92	47	15	7,68	-3944,377	-3452,237	742,73	
E-379	B.30	1,400	196	4	55	0,650	0,625	0,600	90	1	0	5,00	-3945,762	-3457,041	743,50	
E-379	E-380	1,400	274	30	25	2,720	2,610	2,500	105	27	20	20,44	-3964,751	-3450,631	735,87	
E-380	B.31	1,460	182	5	45	0,060	0,030	0,000	89	20	10	6,00	-3964,970	-3456,626	737,36	
E-380	E-381	1,460	280	42	45	3,915	3,858	3,800	98	30	40	11,25	-3975,803	-3448,540	731,78	
E-381	B.32	1,430	10	39	0	3,080	3,040	3,000	88	36	50	8,00	-3974,325	-3440,682	730,37	
E-381	B.33	1,430	204	9	20	2,165	2,083	2,000	90	2	40	16,50	-3982,555	-3463,595	731,12	
E-381	E-382	1,430	275	54	5	2,150	2,075	2,000	89	52	25	15,00	-3990,723	-3446,998	731,17	
E-382	B.34	1,448	17	43	55	1,950	1,925	1,900	90	13	10	5,00	-3989,201	-3442,235	730,68	
E-382	E-383	1,448	278	1	25	1,270	1,235	1,200	91	10	25	7,00	-3997,652	-3446,021	731,24	
E-382	B.35	1,448	238	43	35	0,600	0,550	0,500	91	1	50	10,00	-3999,268	-3452,187	731,89	
E-382	E-384	1,448	281	57	20	2,125	2,013	1,900	88	49	55	22,49	-4012,726	-3442,339	731,07	
E-384	B.36	1,460	192	26	0	1,435	1,418	1,400	89	39	5	3,50	-4013,480	-3445,757	731,13	
E-384	B.37	1,460	7	57	55	3,100	3,050	3,000	82	4	40	9,81	-4011,367	-3432,623	730,84	
E-384	E-385	1,460	280	26	5	2,602	2,551	2,500	90	21	35	10,20	-4022,757	-3440,491	729,91	
E-385	B.38	1,430	193	23	0	1,665	1,633	1,600	90	28	50	6,50	-4024,262	-3446,814	729,65	
E-385	B.39	1,430	13	42	35	2,338	2,269	2,200	90	1	35	13,80	-4019,487	-3427,085	729,07	

### Continuación apéndice 2.

E-385	E-386	1,430	289	40	10	1,692	1,646	1,600	89	41	25	9,20	-4031,420	-3437,395	729,75
<b>INICIA SUB RAMAL</b>															
E-386	E-387	1,430	6	6	40	1,700	1,650	1,600	90	5	45	10,00	-4030,356	-3427,452	729,51
E-387	E-388	1,440	1	43	25	3,915	3,858	3,800	104	1	50	10,82	-4030,030	-3416,633	724,39
E-388	E-389	1,380	359	5	20	1,420	1,360	1,300	104	1	50	11,29	-4030,210	-3405,339	721,58
E-389	B.46	1,400	54	39	5	3,300	3,250	3,200	90	21	0	10,00	-4022,053	-3399,554	719,67
E-389	E-390	1,400	346	48	55	3,980	3,940	3,900	96	55	0	7,88	-4032,008	-3397,663	718,09
E-390	B.47	1,420	294	23	0	3,970	3,885	3,800	105	37	50	15,77	-4046,367	-3391,154	711,21
E-390	E-391	1,420	11	51	25	2,735	2,668	2,600	106	9	30	12,45	-4029,449	-3385,474	713,23
E-391	B.48	1,430	97	7	20	1,030	1,015	1,000	90	36	10	3,00	-4026,472	-3385,846	713,61
E-391	B.49	1,430	284	12	15	3,790	3,745	3,700	91	4	30	9,00	-4038,171	-3383,267	710,75
E-391	E-392	1,430	6	27	20	3,570	3,535	3,500	95	24	40	6,94	-4028,669	-3378,581	710,47
E-392	B.50	1,380	290	35	15	1,610	1,555	1,500	104	30	30	10,31	-4038,320	-3374,955	707,63
E-392	E-393	1,380	6	16	55	4,000	3,950	3,900	97	44	35	9,82	-4027,594	-3368,821	706,56
E-393	B.51	1,400	275	45	45	1,670	1,635	1,600	90	59	15	7,00	-4034,557	-3368,118	706,21
E-393	E-394	1,400	357	35	40	3,920	3,860	3,800	100	18	0	11,62	-4028,082	-3357,215	701,99
E-394	B.52	1,460	267	45	55	2,090	2,045	2,000	89	45	50	9,00	-4037,075	-3357,566	701,45
E-394	E-395	1,460	318	49	35	3,940	3,820	3,700	104	42	0	22,45	-4042,865	-3340,313	693,74
E-395	B.53	1,400	31	19	10	3,970	3,885	3,800	106	54	50	15,56	-4034,776	-3327,019	686,53
E-395	E-396	1,400	329	34	5	3,940	3,870	3,800	102	24	40	13,35	-4049,628	-3328,799	688,33
E-396	B.54	1,460	17	53	40	3,800	3,750	3,700	94	49	20	9,93	-4046,578	-3319,350	685,21
E-396	E-397	1,460	317	15	50	3,075	3,038	3,000	92	20	25	7,49	-4054,710	-3323,300	686,45
E-397	B.55	1,430	254	34	40	1,670	1,635	1,600	89	41	40	7,00	-4061,457	-3325,161	686,25
E-397	B.56	1,430	321	33	50	2,120	2,060	2,000	105	54	30	11,10	-4061,609	-3314,607	682,63
<b>FINALIZA SUB RAMAL</b>															
E-386	B.40	1,400	195	59	0	1,730	1,715	1,700	90	3	40	3,00	-4032,246	-3440,279	729,43
E-386	E-398	1,400	261	37	30	2,256	2,228	2,200	90	56	15	5,60	-4036,959	-3438,210	728,83
E-386	B.41	1,400	238	28	5	3,270	3,235	3,200	85	23	10	6,95	-4037,348	-3441,032	728,47
E-386	E-398.1	1,400	260	44	45	1,990	1,895	1,800	100	18	15	18,39	-4049,573	-3440,353	725,91
E-398.1	E-398.2	1,430	248	13	50	3,000	2,950	2,900	93	11	10	9,97	-4058,831	-3444,050	723,83
E-398.2	B.42	1,400	288	26	10	3,980	3,790	3,600	110	21	30	33,40	-4090,518	-3433,487	709,05
E-398	E-399	1,420	322	18	5	3,200	3,100	3,000	106	55	20	18,31	-4048,153	-3423,726	721,58
E-399	B.43	1,420	46	8	30	0,950	0,925	0,900	89	19	50	5,00	-4044,548	-3420,262	722,13
E-399	E-399.1	1,420	246	43	20	2,862	2,831	2,800	90	49	20	6,20	-4053,847	-3426,176	720,08
E-399.1	B.44	1,413	159	4	50	1,040	1,020	1,000	89	19	30	4,00	-4052,419	-3429,912	720,52
E-399.1	B.45	1,413	239	27	45	0,880	0,840	0,800	89	14	30	8,00	-4060,736	-3430,240	720,76
E-399	E-400	1,400	287	17	40	3,755	3,728	3,700	93	52	25	5,47	-4053,380	-3422,099	718,88
E-400	E-401	1,430	288	6	10	3,910	3,805	3,700	106	10	55	19,37	-4071,791	-3416,080	710,88
E-401	E-402	1,400	292	43	50	3,950	3,875	3,800	104	19	0	14,08	-4084,780	-3410,639	704,81
E-402	E-402.1	1,430	40	39	45	2,035	2,018	2,000	88	47	10	3,50	-4082,500	-3407,985	704,30
E-402	B.57	1,430	72	44	10	3,060	3,030	3,000	90	21	10	6,00	-4079,050	-3408,858	703,18
E-402	B.58	1,430	39	29	45	3,410	3,305	3,200	90	16	30	21,00	-4071,423	-3394,434	702,84
E-402	B.59	1,430	242	46	45	1,670	1,635	1,600	89	58	45	7,00	-4091,004	-3413,841	704,61
E-402	E-403	1,430	295	17	0	1,590	1,495	1,400	91	27	5	18,99	-4101,948	-3402,529	704,27
E-403	B.60	1,430	30	15	45	3,940	3,620	3,300	110	27	5	56,19	-4073,633	-3354,000	681,12
E-403	E-404	1,430	287	30	50	2,140	2,070	2,000	110	31	15	12,28	-4113,659	-3398,834	699,03
E-404	E-405	1,420	272	3	45	2,860	2,730	2,600	125	39	40	17,16	-4130,811	-3398,216	685,41
E-405	B.61	1,400	358	59	45	3,120	3,060	3,000	95	31	55	11,89	-4131,019	-3386,329	682,59
E-405	E-406	1,400	274	20	15	3,930	3,815	3,700	110	14	5	20,25	-4151,002	-3396,685	675,53
E-406	E-407	1,400	273	6	15	3,680	3,590	3,500	113	25	25	15,16	-4166,135	-3395,864	666,77
E-407	E-408	1,420	275	26	25	3,690	3,595	3,500	116	16	45	15,28	-4181,342	-3394,416	657,05
E-408	E-409	1,400	267	58	35	4,050	3,925	3,800	109	22	15	22,25	-4203,577	-3395,201	646,71
E-409	E-410	1,380	285	18	15	0,930	0,815	0,700	112	0	50	19,77	-4222,645	-3389,984	639,28
E-410	B.62	1,430	13	29	35	0,960	0,830	0,700	90	51	40	25,99	-4216,580	-3364,707	639,49
E-410	E-411	1,430	255	10	50	3,390	3,295	3,200	100	13	5	18,40	-4240,435	-3394,690	634,10
E-411	B.63	1,520	313	24	55	3,570	3,485	3,400	91	45	0	16,98	-4252,772	-3383,017	631,61
E-411	E-412	1,520	234	33	10	1,690	1,595	1,500	103	55	30	17,90	-4255,017	-3405,071	629,58
E-412	B.64	1,520	156	10	25	1,500	1,250	1,000	88	10	30	49,95	-4234,839	-3450,764	631,35
E-412	E-413	1,430	244	47	30	0,975	0,888	0,800	116	13	20	14,08	-4267,759	-3411,070	623,19
E-413	E-414	1,480	233	45	35	2,365	2,283	2,200	104	56	5	15,40	-4280,183	-3420,176	618,28
E-414	E-415	1,420	215	37	40	2,610	2,555	2,500	98	15	30	10,77	-4286,459	-3428,933	615,58
E-415	B.65	1,430	131	13	30	0,370	0,335	0,300	88	31	25	7,00	-4281,197	-3433,543	616,85
E-415	E-416	1,430	208	59	50	3,935	3,868	3,800	92	9	35	13,48	-4292,994	-3440,723	612,63
E-416	B.66	1,400	315	9	35	3,610	3,555	3,500	89	59	25	11,00	-4300,750	-3432,924	610,48
E-416	E-417	1,400	198	7	0	0,475	0,388	0,300	98	49	25	17,09	-4298,307	-3456,965	610,99
E-417	B.67	1,420	192	31	10	0,180	0,090	0,000	90	31	10	18,00	-4302,209	-3474,535	612,17
E-417	B.68	1,420	286	3	10	3,950	3,825	3,700	94	26	10	24,85	-4322,189	-3450,093	606,67
<b>FINALIZA RAMAL</b>															
E-376	E-418	1,430	246	19	10	3,195	3,098	3,000	91	32	30	19,49	-3927,839	-3474,015	745,00



Continuación apéndice 2.

E-452	E-452.1	1,430	189	3	30	2,950	2,875	2,800	91	11	30	14,99	-3984,944	-3651,461	707,29
E-452.1	B.99	1,402	190	42	53	3,960	3,830	3,700	101	35	40	24,95	-3989,582	-3675,976	699,74
E-452	E-453	1,407	106	37	20	3,000	2,950	2,900	103	29	30	9,46	-3973,523	-3639,360	705,26
E-453	E-454	1,430	110	34	0	2,950	2,925	2,900	110	40	25	4,38	-3969,425	-3640,897	702,11
E-454	E-455	1,380	189	0	40	2,990	2,795	2,600	98	59	35	38,05	-3975,384	-3678,475	694,67
E-455	B.100	1,431	106	52	20	2,970	2,935	2,900	91	27	35	7,00	-3968,690	-3680,505	692,99
E-455	E-456	1,431	187	13	20	2,815	2,758	2,700	90	46	50	11,50	-3976,829	-3689,882	693,19
E-456	B.101	1,380	275	15	45	0,700	0,600	0,500	91	14	35	19,99	-3996,736	-3688,048	693,54
E-456	E-457	1,380	185	56	15	2,960	2,780	2,600	96	6	30	35,59	-3980,511	-3725,283	687,98
E-457	E-457.1	1,421	271	51	10	0,150	0,125	0,100	91	32	10	5,00	-3985,505	-3725,121	689,12
E-457.1	B.102	1,390	358	41	40	1,430	1,415	1,400	89	14	50	3,00	-3985,573	-3722,123	689,14
E-457.1	B.103	1,390	270	14	10	1,920	1,860	1,800	90	21	30	12,00	-3997,504	-3725,072	688,58
E-457	E-458	1,402	172	20	20	2,610	2,455	2,300	95	11	25	30,75	-3976,412	-3755,755	684,14
E-458	E-458.1	1,435	93	53	10	2,660	2,580	2,500	89	39	35	16,00	-3960,450	-3756,839	683,08
E-458.1	B-104	1,360	83	42	33	1,740	1,720	1,700	89	17	10	4,00	-3956,474	-3756,401	682,77
E-458.1	B-105	1,360	184	26	30	2,250	2,225	2,200	90	46	10	5,00	-3960,837	-3761,823	682,15
E-458	E-459	1,430	181	45	10	2,915	2,858	2,800	90	43	30	11,50	-3976,764	-3767,248	682,56
E-459	B-106	1,440	98	2	30	2,960	2,880	2,800	90	36	5	16,00	-3960,923	-3769,486	680,95
E-459	E-460	1,440	172	21	45	2,595	2,548	2,500	90	20	10	9,50	-3975,501	-3776,663	681,40
E-460	B.107	1,431	94	25	30	2,820	2,760	2,700	86	45	0	11,96	-3963,576	-3777,586	680,75
E-460	E-461	1,431	173	25	0	2,750	2,675	2,600	90	37	50	15,00	-3973,782	-3791,562	679,99
E-461	B.108	1,403	90	15	35	3,100	3,000	2,900	89	16	35	20,00	-3953,785	-3791,653	678,65
E-461	E-461.1	1,403	248	4	40	2,655	2,628	2,600	90	7	30	5,50	-3978,884	-3793,616	678,75
E-461.1	B-109	1,460	320	14	36	1,630	1,615	1,600	90	8	30	3,00	-3980,803	-3791,309	678,59
E-461.1	B-110	1,460	242	13	0	3,990	3,795	3,600	108	1	40	35,26	-4010,083	-3810,054	664,94
E-461	E-462	1,380	178	17	5	2,850	2,675	2,500	89	59	50	35,00	-3972,734	-3826,547	678,70
E-462	E-463	1,420	214	16	30	4,000	3,950	3,900	89	16	50	10,00	-3978,365	-3834,809	676,29
E-463	B.111	1,400	309	54	13	3,880	3,840	3,800	90	41	50	8,00	-3984,501	-3829,678	673,76
E-463	B-112	1,400	188	21	50	4,050	3,975	3,900	92	37	50	14,97	-3980,542	-3849,618	673,03
E-454	E-464	1,400	102	11	55	1,269	1,235	1,200	90	16	40	6,90	-3962,681	-3642,355	702,24
E-464	B.113	1,430	180	11	15	4,040	3,970	3,900	93	57	10	13,93	-3962,726	-3656,289	698,74
E-464	E-465	1,430	102	7	55	1,450	1,325	1,200	120	29	30	18,56	-3944,532	-3646,257	691,42
E-465	E-466	1,380	73	52	15	2,960	2,880	2,800	108	38	0	14,37	-3930,731	-3642,266	685,07
E-466	E-467	1,420	46	23	40	2,080	1,940	1,800	90	17	25	28,00	-3910,456	-3622,955	684,41
E-467	E-467.1	1,430	16	51	10	2,995	2,848	2,700	88	17	50	29,47	-3901,912	-3594,747	683,87
E-467	E-468	1,430	28	0	10	1,312	1,006	0,700	89	29	40	61,20	-3881,724	-3568,924	685,37
E-468	E-469	1,430	74	6	10	0,670	0,435	0,200	90	13	0	47,00	-3836,523	-3556,050	686,19
E-469	E-469.1	1,420	165	22	10	0,610	0,305	0,000	84	0	0	60,33	-3821,283	-3614,427	693,65
E-469	E-470	1,420	166	45	40	2,030	1,515	1,000	83	0	30	101,47	-3813,284	-3654,827	698,54
E-470	E-471	1,400	145	27	0	2,515	2,408	2,300	89	26	30	21,50	-3801,092	-3672,534	697,74
E-471	E-472	1,390	146	39	50	3,010	2,905	2,800	95	16	45	20,82	-3789,649	-3689,930	694,30
E-472	E-473	1,420	105	38	30	0,555	0,528	0,500	87	3	0	5,49	-3784,367	-3691,409	695,48
E-473	E-474	1,380	81	56	15	1,890	1,795	1,700	103	28	50	17,97	-3766,577	-3688,889	690,76
E-474	E-475	1,400	73	1	10	3,240	3,120	3,000	93	35	10	23,91	-3743,713	-3681,907	687,54
E-475	E-476	1,380	79	37	10	1,955	1,878	1,800	92	8	45	15,48	-3728,488	-3679,118	686,46
E-476	B.114	1,450	3	51	20	0,500	0,450	0,400	76	49	0	9,48	-3727,851	-3669,660	689,68
E-476	E-477	1,450	114	28	25	0,970	0,885	0,800	94	33	15	16,89	-3713,113	-3686,116	685,68
E-477	B.115	1,430	53	53	55	1,100	1,050	1,000	91	53	15	9,99	-3705,042	-3680,231	685,73
E-477	B-116	1,430	189	19	0	3,960	3,830	3,700	92	57	10	25,93	-3717,311	-3711,705	681,94
E-477	B-117	1,430	121	56	25	1,650	1,475	1,300	90	22	5	35,00	-3683,413	-3704,632	685,41
E-472	E-478	1,430	167	50	10	2,950	2,775	2,600	98	45	45	34,19	-3782,445	-3723,350	687,69
E-478	E-479	1,407	179	50	10	1,750	1,575	1,400	97	58	30	34,33	-3782,347	-3757,676	682,71
E-479	E-480	1,420	166	22	0	2,950	2,775	2,600	97	37	15	34,38	-3774,242	-3791,092	676,76
E-480	E-481	1,380	203	26	40	1,218	1,109	1,000	94	11	45	21,68	-3782,869	-3810,985	675,44
E-481	E-482	1,430	227	8	40	0,520	0,360	0,200	94	16	10	31,82	-3806,198	-3832,629	674,13
E-482	B.118	1,450	302	22	25	1,400	1,300	1,200	89	46	10	20,00	-3823,089	-3821,921	674,36
FINALIZA CALCULO TOPOGRAFICO															

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Libreta topográfica puente vehicular para el cantón San Rafael Vuelta Colorada

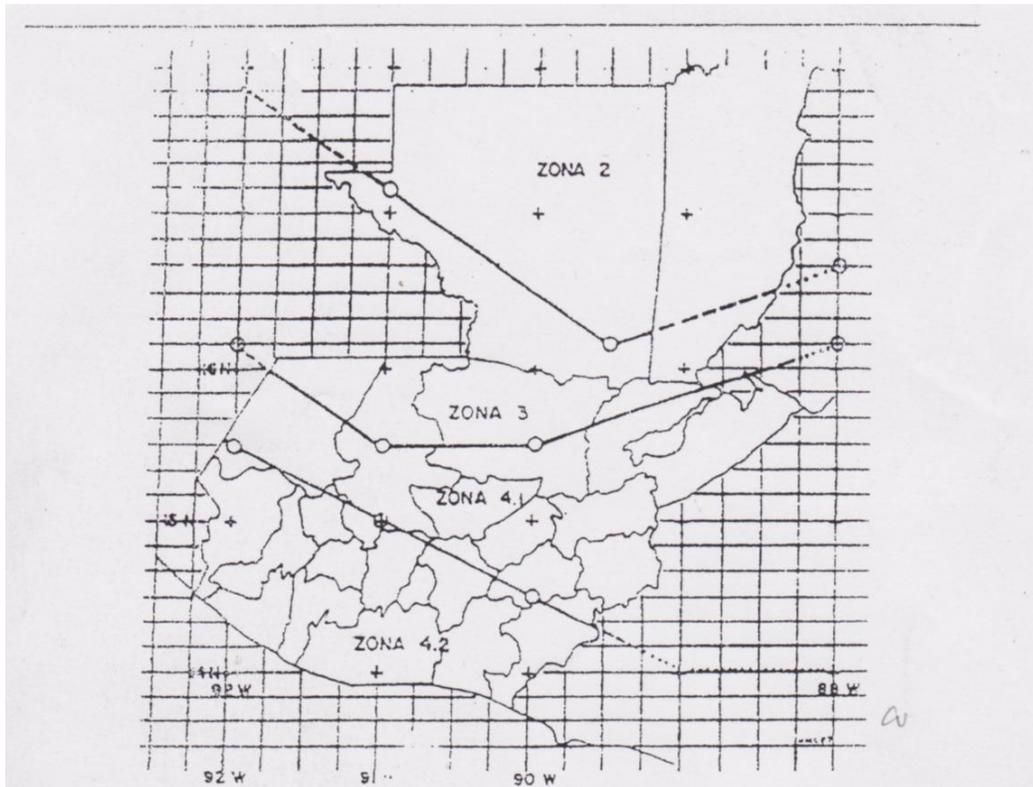
EST.	P.O.	Hi.	Taquimetria									Coordenadas			COTA Z	OBSERVACIONES	
			AZIMUT			HILOS			ANG. VERTICAL			DIST. HOR.	X	Y			
			G	M	S	SUP	MED	INF	G	M	S						
E-0	NORTE													1000,000	1000,000	100,000	
E-0	0,1	1,390	98	24	15	0,705	0,653	0,600	90	47	25	10,50	1010,385	998,466	100,59	centro de camino	
E-0	0,2	1,390	340	5	10	2,700	2,600	2,500	86	40	0	19,93	993,211	1018,741	99,95	centro de camino	
E-0	E-1	1,390	281	3	40	2,100	2,050	2,000	90	58	15	10,00	990,189	1001,918	99,17	centro de camino	
E-1	E-2	1,375	270	31	25	2,058	2,029	2,000	91	45	0	5,79	984,394	1001,971	98,34	centro de camino	
E-2	n.c.m	1,380	209	32	20	0,618	0,559	0,500	88	3	55	11,79	978,583	991,716	99,60	nivel crecida maxima	
E-2	E-3	1,425	131	24	15	1,297	1,249	1,200	85	36	20	9,64	991,627	995,593	99,26	corona de rio	
E-3	3,1	1,390	239	50	20	3,121	3,111	3,100	89	36	25	2,10	989,812	994,538	97,55	pie de corona del rio	
E-3	3,2	1,390	239	50	20	3,160	3,130	3,100	87	0	55	5,98	986,454	992,587	97,83	centro de rio	
E-3	3,3	1,390	239	50	20	1,015	0,958	0,900	95	50	5	11,38	981,787	989,875	98,53	pie de corona del rio	
E-3	3,4	1,390	239	50	20	2,625	2,563	2,500	83	10	55	12,32	980,972	989,401	99,56	corona de rio	
E-3	E-4	1,390	121	6	30	0,902	0,851	0,800	92	2	50	10,19	1000,349	990,330	99,43	corona de rio	
E-4	4,1	1,357	239	11	5	2,823	2,812	2,800	88	19	25	2,30	998,376	989,153	98,04	pie de corona del rio	
E-4	4,2	1,357	239	11	5	2,077	2,039	2,000	94	44	20	7,65	993,781	986,413	98,12	centro del rio	
E-4	4,3	1,357	239	11	5	1,322	1,261	1,200	94	28	30	12,13	989,935	984,119	98,58	pie de corona del rio	
E-4	4,4	1,357	239	11	5	0,147	0,074	0,000	81	31	55	14,38	987,998	982,963	102,86	corona de rio	
E-4	E-5	1,357	125	56	20	0,814	0,757	0,700	90	0	55	11,40	1009,579	983,639	100,03	corona de rio	
E-5	5,1	1,420	245	10	30	2,420	2,410	2,400	91	14	40	2,00	1007,765	982,800	99,00	pie de corona del rio	
E-5	5,2	1,420	245	10	30	2,870	2,835	2,800	93	38	45	6,97	1003,252	980,712	98,17	centro del rio	
E-5	5,3	1,420	245	10	30	0,915	0,858	0,800	103	47	40	10,85	999,735	979,086	97,93	pie de corona del rio	
E-5	5,4	1,420	245	10	30	0,430	0,365	0,300	78	30	10	12,48	998,249	978,398	103,62	corona de rio	
E-5	5,5	1,420	154	31	5	2,915	2,858	2,800	92	3	20	11,49	1014,520	973,271	98,18	centro del rio	
E-5	5,6	1,420	76	15	35	1,850	1,775	1,700	92	21	30	14,97	1024,125	987,196	99,06	centro del rio	
E-2	E-6	1,418	299	35	20	1,312	1,256	1,200	88	19	45	11,19	974,663	1007,497	98,83	corona de rio	
E-6	6,1	1,430	245	57	25	3,318	3,309	3,300	89	19	0	1,80	973,020	1006,763	96,97	pie de corona del rio	
E-6	6,2	1,430	245	57	25	3,058	3,029	3,000	93	57	55	5,77	969,392	1005,145	96,83	centro del rio	
E-6	6,3	1,430	245	57	25	1,993	1,947	1,900	93	43	30	9,26	966,206	1003,723	97,71	pie de corona del rio	
E-6	6,4	1,430	245	57	25	1,402	1,351	1,300	90	29	15	10,20	965,349	1003,341	98,82	corona de rio	
E-6	E-7	1,430	314	31	15	1,698	1,649	1,600	90	46	30	9,80	967,677	1014,367	98,48	corona de rio	
E-7	7,1	1,370	227	48	40	3,015	3,008	3,000	90	21	35	1,50	966,566	1013,359	96,83	pie de corona del rio	
E-7	7,2	1,370	227	48	40	3,056	3,028	3,000	88	2	35	5,59	963,533	1010,610	97,01	centro del rio	
E-7	7,3	1,370	227	48	40	3,090	3,045	3,000	88	45	50	9,00	961,012	1008,325	97,00	pie de corona del rio	
E-7	7,4	1,370	227	48	40	1,508	1,454	1,400	89	8	40	10,80	959,677	1007,115	98,55	corona de rio	
E-7	E-8	1,370	298	37	25	2,082	2,041	2,000	95	5	10	8,14	960,536	1018,264	97,08	corona de rio	
E-8	8,1	1,300	11	4	30	1,060	1,030	1,000	88	53	55	6,00	961,688	1024,150	97,47	centro de arroyo	
E-8	8,2	1,300	198	37	45	1,055	1,028	1,000	97	49	20	5,40	958,811	1013,149	96,61	centro de rio	
E-8	8,3	1,300	198	37	45	1,320	1,260	1,200	84	39	20	11,90	956,736	1006,991	98,23	corona de rio	
E-8	8,4	1,300	220	32	50	1,460	1,380	1,300	91	28	35	15,99	950,141	1006,114	96,59	centro de rio	
E-8	8,5	1,300	214	29	40	1,460	1,330	1,200	91	28	10	25,98	945,821	996,849	96,38	centro de rio	
E-2	2,1	1,415	251	20	55	2,040	2,020	2,000	90	17	40	4,00	980,604	1000,692	97,71	centro de rio	
E-2	2,2	1,415	251	20	55	2,268	2,234	2,200	89	57	55	6,80	977,951	999,796	97,52	centro de rio	
E-2	2,3	1,415	251	20	55	2,103	2,052	2,000	90	1	25	10,30	974,635	998,677	97,70	centro de rio	
E-2	E-9	1,415	251	20	55	0,775	0,688	0,600	90	5	35	17,50	967,813	996,374	99,04	centro de camino	
E-9	E-10	1,405	243	45	15	1,630	1,565	1,500	90	18	15	13,00	956,154	990,626	98,81	centro de camino	
FINALIZA CALCULO TOPOGRAFICO																	

Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo 1. Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala



La retícula de este mapa coincide con el mapa 1:50,000 de la República de Guatemala

**Figura 3.1 - Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala**

ZONA	$I_0$	$A_0$	$A_f$	Observaciones
2	2	0.15 g	0.015 g	Cuando sea necesario interpolar hacerlo sobre líneas norte-sur
3	3	0.15 a 0.40 g	0.015 a 0.15 g <sup>v</sup>	
4.1	4	0.40 g	0.15 a 0.20 g	
4.2	4	0.40 g	0.20 g	

**Cuadro 3.2 - Aceleraciones máximas efectivas para el sismo básico y para el sismo frecuente**

Fuente, AGIES NR-5: 2000. *Normas estructurales de diseño recomendadas para la República de Guatemala.*

## Anexo 2. Examen bacteriológico



**Dirección Área de Salud de San Marcos**  
**Sección de Saneamiento Ambiental**  
**Teléfono: 77601482 - Fax: 77602468**

### INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

REGISTRO No. 01-2015  
 TOMO LA MUESTRA: ISA Álvaro Escalante  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Apropiaa  
 FECHA TOMA DE LA (S) MUESTRA (S): 17-02-2015  
 HORA TOMA DE MUESTRA (S): 12:15 - 12:30 Hrs.  
 INTERESADO (A): Caserío Los Pérez, Nuevo Progreso, San Marcos  
 FECHA EMISIÓN RESULTADOS: 24 - 02 - 2015

No	TIPO DE FUENTE-NOMBRE	UBICACIÓN	UFC/100 ml
1	Fuente	Finca Filipinas, El Tumbador	+50

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- > La muestra fue analizada con el equipo de análisis MILLIPORE de la Dirección de Área de Salud San Marcos.
- > La muestra analizada **NO CUMPLE CON EL PARÁMETRO (Escherichia coli)**, fundamento norma COGUANOR NGO 29001 Especificaciones para Agua Potable. Es necesario implementar un método de desinfección (hervir o clorar), para así evitar posibles enfermedades diarreicas que se producen por consumir agua contaminada.
- > Para consumo seguro se recomienda, dar cumplimiento a lo establecido en los artículos 79,87 y 88 del decreto 90-97 del Código de Salud y sus Reglamentos: 113, 178 y 1148 del año 2009 y SP-M-278-2004.
- > Enviar muestras a Laboratorio certificado por el MSPAS para análisis físico, químico y bacteriológico.
- > En su momento solicitar Certificado de Calidad a la Dirección de Salud.



ISA Luis Alpeza  
 Supervisor Saneamiento Ambiental  
 DAS - San Marcos

cc. archivo,

Vo. Bo. Dr. Nehemias Santizo Ramón  
 Director Área de Salud Departamental  
 DAS - San Marcos



Fuente, Dirección Área de Salud de San Marcos, Sección de Saneamiento Ambiental.

### Anexo 3. Estudio de suelos

viernes, 17 de Febrero de 2017

**SUASCON**  
Servicios Técnicos y Control de Calidad en:  
Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.  
CENTROAMÉRICA, CENTROAMÉRICA

Este tipo de ensayo standard para la resistencia a la compresión (Triaxial) (no confinada) no consolidada:-no drenada (U.U.) en muestra inalterada.  
ASTM D-2850

**INTERESADO:** SELVIN RICARDO NAVARRO NAVARRO\*

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EPS "DISEÑO DE UN PUENTE VEHICULAR DE 12 METROS PARA CANTON SAN RAFAEL VUELTA COLORADA, NUEVO PROGRESO, SAN MARCOS".

Probeta No.:	1	2	3
Presion en rotura $\sigma$ (ton/m <sup>2</sup> )	6	10	15
Presion Lateral (TON/M <sup>2</sup> )	5	10	20
Presion intersticial u (ton/m <sup>2</sup> )	x	x	x
Deformacion en rotura (%)	2.0	4.0	6.7
Densidad seca (kg/M <sup>3</sup> )	1650	1650	1650
densidad humeda(kg/M <sup>3</sup> )	2311	2311	2311
% de humedad.:	40	40	40

COHESION EN TON/M <sup>2</sup> .:	4.00
$\phi$ DE FRICCIÓN INTERNA.:	15.10

Largo M.:	1.00	L.
Ancho M.:	1.50	B.
Profundidad M.:	3.00	Df.

**CIRCULO DE MOHR**

MUESTRA TRAJIDA AL LABORATORIO Y PORRENORES PROPORCIONADOS POR EL INTERESADO.\*

Reviso Laboratorio: [Signature] **INGENIERO CIVIL** COL. No. 01-00

Efectuo Laboratorio: [Signature] **SUASCON**

Encargado Laboratorio: [Signature] **TECNICO LABORATORISTA SUELO, ASFALTO Y CONCRETOS**

suascon\_laboratorio@hotmail.com Tel: 4215-5297 claro

Fuente, Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto (SUASCON).

