



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL
BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL
ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL
BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL
ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERMAN LUIS ALBERTO HENGSTENBERG GUILLERMO
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de septiembre de 2012.



Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de agosto de 2014
Ref.EPS.DOC.853.08.14

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo** con carné No. **200714667**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
13 de marzo de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERPAZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo, con Carnet No. 200714667, 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 ENSEÑADA TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

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





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
26 de agosto de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo, con Carnet No. 200714667, 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 Gallado Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 4 de septiembre de 2015
Ref.EPS.D.441.09.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo, carné 200714667**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Herman Luis Alberto Henstenberg Guillermo, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

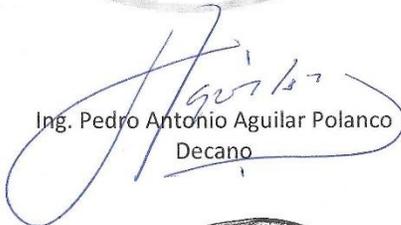


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 507.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SAN LUIS Y GIMNASIO POLIDEPORTIVO PARA LA ESCUELA MANUEL ALBERTO RAMÍREZ FERNÁNDEZ, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Herman Luis Alberto Hengstenberg Guillermo**, 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, octubre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme permitido alcanzar esta meta.
- Mis padres** Frida Mireya Guillermo Lima y Herman Giovany Hengstenberg Gutiérrez, por el apoyo incondicional que me brindaron y por compartir conmigo el ideal de alcanzar una meta que hoy se realiza.
- Mis hermanas** Akassia y Klarissa Hengstenberg Guillermo, por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi carrera y el transcurso de mi vida.
- Mis abuelos** América Gutiérrez (q. e. p. d.), Humbelina Lima (q. e. p. d.), Herman Hengstenberg y Baldomero Guillermo (q. e. p. d.), con mucho cariño.
- Mis tíos** Por ser una importante influencia en mi carrera y presionarme porque este día llegara.
- Mis amigos** Por estar ahí incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme abierto las puertas y permitirme ser un sancarlista.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme forjar en sus aulas, uno de mis grandes anhelos.
Mis amigos de la Facultad	Por los momentos que hemos recorrido a lo largo de la carrera; les deseo éxitos.
Ing. Juan Merck Cos	Por su apoyo técnico y su asesoría al presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspectos monográficos de San Juan Chamelco	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.1.1. Ubicación geográfica	2
1.1.2. Datos históricos	3
1.1.3. Situación demográfica	4
1.1.4. Aspectos sociales	7
1.1.5. Aspectos económicos.....	8
1.1.6. Aspectos de infraestructura	9
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	13
2.1. Diseño del gimnasio polideportivo Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández, San Juan Chamelco, Alta Verapaz	13
2.1.1. Descripción del proyecto	13
2.1.1.1. Diseño arquitectónico	13
2.1.1.2. Propiedades de los materiales	15
2.1.1.3. Integración de cargas sobre la estructura del techo	16

2.1.1.4.	Carga muerta	16
2.1.1.5.	Carga viva	17
2.1.1.6.	Carga de arena volcánica	17
2.1.1.7.	Carga de lluvia	18
2.1.1.8.	Carga de viento.....	18
2.1.1.9.	Resumen de cargas	20
2.1.1.10.	Resultado del análisis estructural.....	22
2.1.1.11.	Revisión de deflexión en la costanera	24
2.1.1.12.	Reacciones sobre la viga principal de techo	25
2.1.2.	Análisis estructural	25
2.1.2.1.	Modelado de la estructura.....	26
2.1.3.	Diseño estructural	30
2.1.3.1.	Armadura de techo.....	30
2.1.3.2.	Rigidizantes.....	32
2.1.3.3.	Conexiones	32
2.1.3.4.	Cálculo del tamaño de soldadura	33
2.1.3.5.	Marcos de concreto.....	34
2.1.3.6.	Viga crítica	34
2.1.3.7.	Diseño de columna.....	37
2.1.3.7.1.	Magnificación de momentos	38
2.1.3.7.2.	Acero longitudinal.....	40
2.1.3.7.3.	Acero transversal (estresor).....	43
2.1.4.	Zapata	45
2.1.4.1.	Propuesta del área de zapata	46
2.1.4.2.	Cálculo de la presión sobre el suelo..	47

	2.1.4.3.	Revisión del corte simple.....	49
	2.1.4.4.	Revisión del corte punzonante	49
	2.1.4.5.	Acero de flexión.....	50
2.2.		Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio San Luis, San Juan Chamelco, Alta Verapaz	51
	2.2.1.	Descripción del proyecto	52
	2.2.2.	Información de campo	53
	2.2.2.1.	Fuentes de abastecimiento de agua.....	53
	2.2.2.2.	Aforo de las fuentes de agua.....	53
	2.2.3.	Levantamiento topográfico	54
	2.2.3.1.	Planimetría	55
	2.2.3.2.	Altimetría	55
	2.2.3.3.	Calidad del agua.....	55
	2.2.3.3.1.	Análisis físicoquímico.....	56
	2.2.3.3.2.	Análisis bacteriológico	56
	2.2.4.	Periodo de diseño.....	56
	2.2.4.1.	Estimación de población de diseño	57
	2.2.5.	Criterios de diseño.....	58
	2.2.5.1.	Dotación	58
	2.2.5.2.	Factores de consumo	59
	2.2.5.2.1.	Factor de día máximo (FDM).....	60
	2.2.5.2.2.	Factor de hora máxima (FHM).....	60
	2.2.6.	Determinación de los caudales.....	60

2.2.6.1.	Consumo medio diario	61
2.2.6.2.	Consumo máximo diario.....	61
2.2.6.3.	Consumo máximo horario	62
2.2.6.4.	Factor de gasto	62
2.2.6.5.	Factor de vivienda	63
2.2.6.6.	Caudal instantáneo	63
2.2.7.	Diseño de los componentes del sistema	63
2.2.7.1.	Captación	63
2.2.7.2.	Diseño de la línea de conducción.....	64
2.2.7.3.	Diseño de la red de distribución	66
2.2.8.	Tanque de distribución	70
2.2.8.1.	Diseño estructural de la cubierta.....	72
2.2.8.2.	Dimensiones de la losa	72
2.2.8.3.	Coficiente de momentos.....	73
2.2.8.4.	Espesor de la losa.....	73
2.2.8.5.	Integración de cargas.....	73
2.2.8.5.1.	Carga muerta	73
2.2.8.5.2.	Carga viva.....	74
2.2.8.6.	Cargas últimas	74
2.2.8.6.1.	Momentos que actúan en la losa.....	74
2.2.8.6.2.	Acero mínimo y espaciamiento	75
2.2.8.7.	Diseño estructural de muro	77
2.2.8.7.1.	Diagrama de fuerzas y dimensiones de muro.....	77

2.2.8.7.2.	Integración de cargas que soportan los muros	79
2.2.8.7.3.	Cargas de la losa y de la viga hacia el muro	79
2.2.8.7.4.	Carga uniforme distribuida que ejerce la viga sobre el muro ..	80
2.2.8.7.5.	Suma de cargas uniformemente distribuidas (Wlv)	80
2.2.8.7.6.	Momento que ejerce la carga puntual Pc (Mc)	80
2.2.8.7.7.	Carga total (Wt)	81
2.2.8.7.8.	Presión activa	81
2.2.8.7.9.	Chequeo del muro contra volteo	81
2.2.8.7.10.	Verificación contra volteo	81
2.2.8.7.11.	Chequeo del muro contra deslizamiento...	81
2.2.8.7.12.	Chequeo de presiones	82
2.2.8.7.13.	Cálculo de presión sobre el suelo	82
2.2.8.8.	Desinfección	83
2.2.9.	Obras hidráulicas	86

2.2.9.1.	Válvulas.....	86
2.2.9.2.	Caja rompedor.....	86
2.2.10.	Elaboración de planos.....	87
2.2.11.	Elaboración de presupuesto.....	87
2.2.12.	Plan de operación y mantenimiento	88
2.2.12.1.	Tarifa	88
2.2.12.2.	Costo de operación (O)	88
2.2.12.3.	Costo de mantenimiento (M)	88
2.2.12.4.	Costo de tratamiento (T)	89
2.2.12.5.	Costo de administración (A)	89
2.2.12.6.	Costo de reserva (R)	90
2.2.13.	Propuesta tarifaria	90
2.2.14.	Evaluación de impacto ambiental.....	90
2.2.14.1.	Principios de evaluación.....	91
2.2.14.2.	Impacto ambiental no significativo (o evaluación rápida).....	91
2.2.14.3.	Impacto ambiental significativo (o evaluación general)	92
2.2.14.4.	Impactos y medidas de mitigación	93
2.2.14.5.	Evaluación rápida.....	93
2.2.14.5.1.	Información sobre el proyecto	93
2.2.14.5.2.	Tipo de proyecto	93
2.2.14.5.3.	Consideraciones especiales	94
2.2.14.5.4.	Consideraciones sobre áreas protegidas	94

2.2.14.5.5.	Consideraciones sobre ecosistemas naturales.....	94
2.2.14.5.6.	Otras consideraciones	95
2.2.14.5.7.	Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción	95
2.2.14.5.8.	Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción	97
2.2.14.5.9.	Impactos, medidas de mitigación y relación con la etapa del proyecto.....	98
2.2.15.	Evaluación socioeconómica.....	100
2.2.15.1.	Valor presente neto	101
2.2.15.2.	Tasa interna de retorno	104
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES		109
BIBLIOGRAFÍA.....		111
APÉNDICES.....		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa general de ubicación de Alta Verapaz.....	1
2.	Mapa general de ubicación del municipio de San Juan Chamelco	2
3.	Mapa general de ubicación de las estaciones meteorológicas de Guatemala.....	5
4.	Área tributaria para costanera de techo	16
5.	Combinación de carga núm. 5 para sismo en el eje Y	22
6.	Obteniendo esfuerzos de tensión/compresión en el eje x.....	23
7.	Combinación de carga núm. 5 para sismo en el marco B.....	23
8.	Ejes del edificio en metros	26
9.	Perspectiva de la estructura del edificio polideportivo.....	27
10.	Sección de la estructura del edificio con cargas muertas.....	28
11.	Zonificación sísmica para la República de Guatemala.....	29
12.	Carga axial en elemento de armadura marco B.....	31
13.	Carga axial mayor en diagonales de arriostramiento, eje A.....	33
14.	Diagrama de momentos en marcos 1 y 3 combinación de cargas.....	36
15.	Orientación de la zapata	47
16.	Diagrama de refuerzo.....	77
17.	Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro	78
18.	Instalación del alimentador automático del tricloro.....	85
19.	Diagrama de representación de la inversión	102

TABLAS

I.	Estudiantes inscritos actualmente	8
II.	Resumen de cargas en kilogramos/metros.....	20
III.	Resumen de reacciones sobre la armadura de techo	25
IV.	Acero mínimo.....	35
V.	Cálculo de momentos que soportan los muros	79
VI.	Presupuesto.....	87
VII.	Impactos ambientales negativos durante la ejecución.....	95
VIII.	Impactos ambientales negativos durante la operación	97
IX.	Medidas de mitigación en la ejecución y la operación	98
X.	Flujos de caja, ingresos y egresos anuales	100

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de sección de acero
BM	Banco de marca
Qm	Caudal medio diario
Qdm	Caudal día máximo
Qhm	Caudal hora máximo
V2/2g	Carga de velocidad, en metros
P	Carga puntual
W	Carga uniforme distribuida
cm	Centímetros
cm⁴/m	Centímetro a la cuarta por metro
cm³/m	Centímetros al cubo por metro
PVC	Cloruro de polivinilo rígido
C	Coeficiente de capacidad hidráulica y fricción de la tubería
C	Coeficiente de fricción
C	Distancia del eje hacia la fibra extrema
F2	Empuje dinámico
F	Empuje en libras o kilogramos
t	Espesor
gr/m²	Gramos por metro cuadrado
HG	Hierro galvanizado
HTH	Hipoclorito de calcio
kg.	Kilogramo

Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/m²	Kilogramos por metro cuadrado
kg/m³	Kilogramos por metro cúbico
ksi	Kilolibras por pulgada cuadrada
lb/plg²	Libras por pulgada cuadrada
psi.	Libras por pulgada cuadrada
lt/m³	Litros por metro cúbico
lb/pie³	Libras por pie cúbico
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
m	Metro
m.c.a.	Metro columna de agua
m³	Metro cúbico
m²	Metro cuadrado
mg/l	Miligramo por litro
mm	Milímetros
S	Módulo de sección de un elemento
E	Módulo de Young para materiales
I	Momento de inercia de una sección
M	Momento flexionante
Mn	Momento flexionante nominal
Hf	Pérdida de carga
Hf	Pérdidas por fricción en la tubería
Pf	Población futura
%	Porcentaje
plg	Pulgadas
f'c	Resistencia a compresión
Fy	Resistencia a tensión para el acero
Rev	Revenimiento en el concreto

K

Rigidez de un elemento

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codo, niple, copla, reductor, cruz, entre otros.
ACI	Instituto Americano para el Concreto
Aforo	Es medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
AISC	Instituto Americano para la Construcción en Acero
Altimetría	Parte de la topografía que se enseña a medir alturas.
Captación	Obra de ingeniería destinada a recoger convenientemente las aguas de un manantial.
Caudal	Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo en un determinado punto de observación de un instante dado. El caudal se expresa en litros o metros cúbicos por segundo.
Cota piezométrica	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de una línea de conducción o distribución, que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro. Es equivalente a la cota de

la superficie del agua en el punto de salida, menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia que los separa.

Cimbra Se le denomina así a la cajuela o formaleta que sirve para alojar y moldear el concreto utilizado para fundir una losa.

Conector Es un elemento de acero, con la sección adecuada para transmitir esfuerzos de un material a otro, de los que forman parte de un sistema estructural.

Excavación Conjunto de operaciones necesarias para remover, previamente, parte de un terreno.

Fundición Proceso de mezclado y colocación de la mezcla o concreto.

Losa Es una placa rígida formada por una combinación de concreto y acero colocado geométricamente, para contrarrestar esfuerzos de flexión y corte.

Montaje Proceso por medio del cual se ensamblan las piezas que conforman un sistema estructural.

Punzando Aplicación de carga en un punto de una superficie, el cual causa esfuerzo capaz de desprender el área circundante a dicho punto del resto de la superficie.

Revenimiento

Término aplicado a la medición de la fluidez de la mezcla húmeda, por medio de la cual se mide la manejabilidad del concreto.

RESUMEN

El barrio San Luis ubicado dentro del municipio de San Juan Chamelco ha manifestado dentro de sus prioridades la construcción de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, para poder satisfacer sus necesidades.

Los pobladores expresan su descontento al no contar con un sistema adecuado para aseo personal, el riego de plantas y el sustento de cada día, ya que esto genera enfermedades y falta de ingreso económico.

La construcción de dicho sistema se evaluó y se plantea en varias fases: captación, línea de conducción, tanque de distribución y red de distribución. El proyecto abastecerá a 173 familias en un periodo de diseño de 20 años.

El segundo proyecto se realizará en la Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández, ubicado a 500 metros de la Municipalidad de San Juan Chamelco; aquí los pobladores han manifestado la necesidad de diseñar un gimnasio polideportivo, en la cual los representantes de la escuela pueden organizarse y velar por los intereses de la comunidad.

La idea de un gimnasio polideportivo en la Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández surge de la necesidad de la comunidad de instalaciones necesarias para realizar deportes.

OBJETIVOS

General

Diseñar la edificación para el gimnasio polideportivo de la Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández y el sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio San Luis, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Específicos

1. Elaborar un diagnóstico de las necesidades de las comunidades, donde se realizarán los proyectos.
2. Capacitar a los miembros del Cocode del barrio San Luis, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
3. Desarrollar una investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.
4. Capacitar al personal de la oficina de planeamiento de la Municipalidad, en cuanto a las supervisiones que deben realizar al momento de la ejecución de los proyectos, haciendo ver las posibles fallas que podrían llegar a tener en la estructura, asimismo orientarlos respecto de la solución de dichas fallas.

INTRODUCCIÓN

La cabecera municipal de San Juan Chamelco está ubicada a 8 km, al suroriente de Cobán, Alta Verapaz y a 228 km, desde la ciudad de Guatemala. La cabecera se encuentra ubicada a 1 350 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas geográficas 15° 25´ 20” de altitud al norte y 90° 19´ 20” de longitud al oeste y se caracteriza por su clima templado.

Debido a la falta de infraestructura adecuada para la práctica del deporte en el municipio de San Juan Chamelco, se propone el diseño del gimnasio polideportivo en la Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández.

Este proyecto estaría beneficiando directamente a 600 estudiantes e indirectamente a más de mil habitantes del casco urbano de San Juan Chamelco, el cual consiste en un gimnasio polideportivo, donde puedan practicarse deportes como el baloncesto, baseball, voleibol y futbol. Además de actividades culturales que la escuela programe y pueda realizar, con un área de 1 125 metros cuadrados para tales actividades.

Actualmente los pobladores de la cabecera, cuentan con un sistema de abastecimiento de agua, que no alcanza a cubrir las necesidades de la población en un 100 %; el barrio San Luis, ubicado en la zona 5 del municipio de San Juan Chamelco se ve afectado, ya que el vital líquido no llega con suficiente presión; es por ello que algunos pobladores se abastecen mediante el acarreo desde fuentes naturales o recolección por lluvias que hay casi todo el año.

Para solucionar el problema de este barrio, se plantea como opción la captación de una fuente tipo brote definido, que se encuentra ubicada en una aldea (Cojila), a 5 km del barrio San Luis, con un caudal de 2,34 litros por segundo.

1.1.2. Datos históricos

La fundación del municipio se realizó el día 24 de junio de 1543. Este acontecimiento es importante pues marca la “primera fundación de un poblado a la alianza castellana” que se efectúa en la zona norte de Guatemala. Dicha celebración recayó en manos de los religiosos de la orden de Santo Domingo de Guzmán o dominicos, quienes fueron los iniciadores de la conquista pacífica de la Tezulutlán (lugar de guerra) posteriormente llamada Verapaz (lugar de la verdadera paz); lo que marcó un capítulo especial dentro del desarrollo de los acontecimientos del Reino de Guatemala, durante el siglo XVI.

La fundación se hizo bajo la advocación del apóstol San Juan Bautista cuya festividad se celebra actualmente en el municipio de San Juan Chamelco; luego se procedió a la división del recién fundado pueblo en cuatro barrios, los cuales, mencionados en su orden son; San Juan, Santo Domingo, San Luis y Santa Catarina, posteriormente y de reciente fundación se encuentran los barrios San Agustín, Santa Ana y Concepción.

Los indígenas que pasaron en 1543 a formar parte del pueblo de San Juan Chamelco, vivían anteriormente alrededor de su centro político llamado Chamil, que en idioma q'eqchi' significa “alrededor de la hondonada”, el cual debido a las continuas lluvias y al embasamiento de las mismas fue inundado, por lo cual dispusieron trasladarse a una zona cercana que les brindaba mayor seguridad, escogiéndose el lugar que ocupa el actual pueblo. Estos grupos conservan tradicionalmente su hegemonía en el asentamiento conocido como Chamil, que dista a 17,8 kms. de la actual cabecera municipal.

Respecto del nombre que ha ostentado el municipio de San Juan Chamelco, indican que dicha dominación se debe al agradecimiento que los

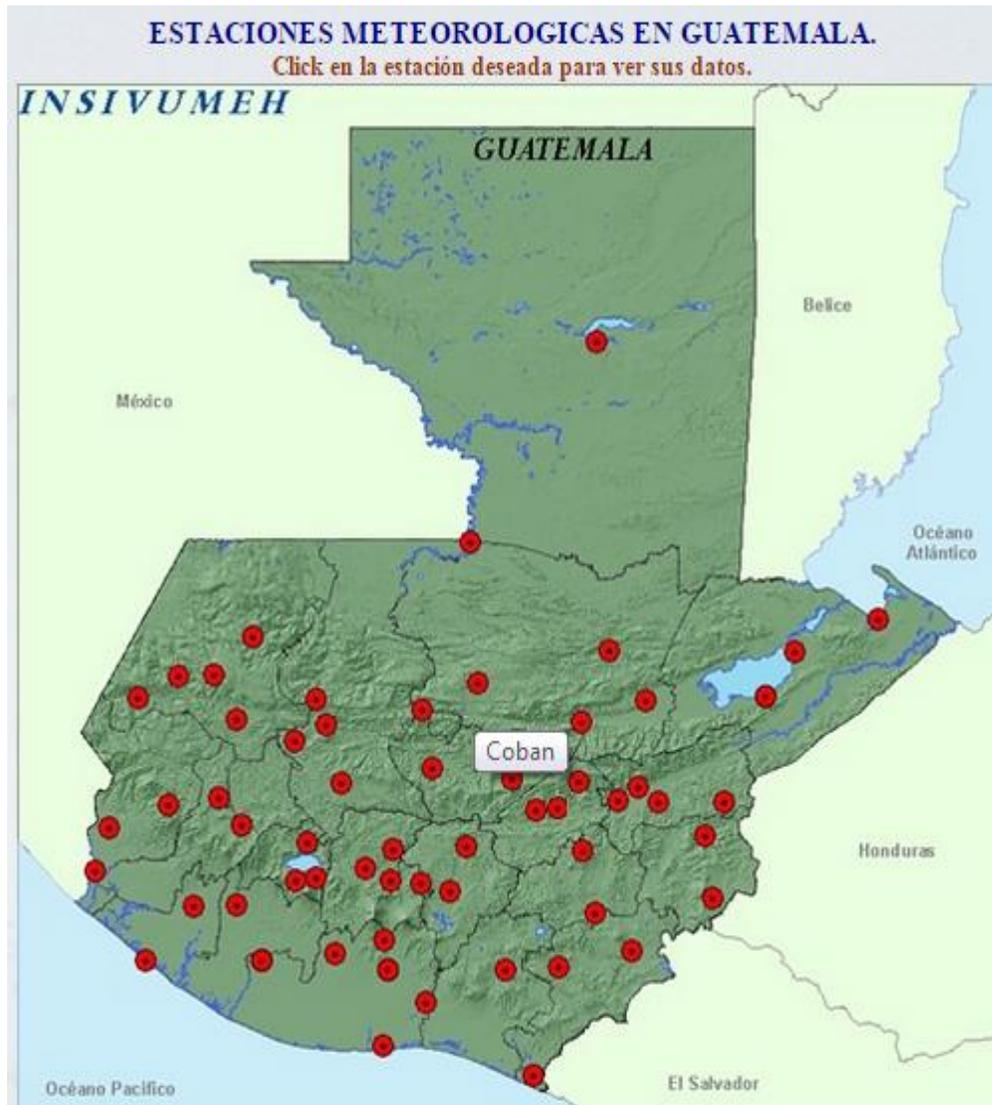
religiosos dominicos le demostraron al cacique quiché de la zona de Sacapulas y Rabinal, quienes ayudaron a la conversión de los indígenas de dicha región, y que al haber aceptado el bautismo cristiano, adoptaron el nombre de Juan y se dice que se apellida Chaomelc'o (dato por verificar).

Al efectuarse la fundación oficial castellana (anteriormente se indicó que fue el 24 de junio, día del apóstol San Juan Bautista); dicho pueblo fue colocado bajo la advocación de este santo, como nombre complementario utilizado por los indígenas antes de la llegada de los españoles y como se señaló era Chamil y desde entonces el nuevo pueblo se llamó "San Juan Chamil"; con el transcurso del tiempo el nombre del pueblo fue transformado en "San Juan Chamelco".

1.1.3. Situación demográfica

De acuerdo con el Insivumeh, la estación meteorológica más cercana está en Cobán Alta Verapaz a 8 kilómetros de San Juan Chamelco; los datos son los siguientes en relación con la lluvia y temperatura mínima, media y alta.

Figura 3. **Mapa general de ubicación de las estaciones meteorológicas de Guatemala**



Fuente: Insivumeh. http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/mapa_estaciones2.htm. Consulta: marzo de 2015.

En la clasificación de zonas de vida a nivel boscoso de Guatemala, en el municipio se identifican 2 principales: bosque muy húmedo subtropical (frío) bmh-S (f) y bosque pluvial montano bajo subtropical bp-MB

En el bosque muy húmedo subtropical, el régimen de lluvias es de larga duración, lo que tiene una influencia directa en la vegetación. El patrón de precipitación varía de 2,045 a 2,514 milímetros, lo que promedia 2,2384 milímetros anuales. Las biotemperaturas van de 16 a 23 grados centígrados.

En el bosque pluvial montano bajo subtropical bp-MB, el patrón de lluvias es un poco difícil de determinar, por no disponerse de mayores datos, sin embargo, puede decirse que sobrepasa los 4 100 milímetros de precipitación anual.

La biotemperatura oscila alrededor de los 19 grados centígrados. La evapotranspiración potencial se estima en 0,25.

La topografía es accidentada, teniendo elevaciones que van desde 1 500 hasta 2 700 msnm. Existen especies vegetales indicadoras como: *podocarpus oleifolius*, *alfaroa*, *costaricensis*, *engelhardtia*, *oreopanax*, *xalapense*, *hedyosmun mexicanum*, *gunnera*.

La cobertura forestal del municipio representa el 40,27 % del área total del mismo y está constituida por bosques de coníferas y latifoliados de altura.

En el caso de los bosques de coníferas se encuentran dominados por *Pinus maximinoii*, *Pinus oocarpa* en asociación con *Liquidámbar styraciflua*, *Quercus brachystachis*, *Q. peduncularis* y *Qskynneri*, mientras que en las asociaciones latifoliadas, las especies predominantes son *Quercus crispifolia*,

Persea spp., *Phoebe spp.*, y *Pouteria spp.*, entre las más importantes.

El resto de áreas presenta usos agrícolas y urbanos, representando el 50,59 % del total del municipio. Estos usos constituyen tierras destinadas para la agricultura anual principalmente, así como agricultura permanente, árboles dispersos, sistemas agroforestales, guamiles, pastos y urbano.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las unidades de uso identificadas 59,72 % en las 6 unidades que se describen, 116,698 km² en cada una de las unidades de uso identificadas 59,72 % en las 6 unidades que se describen, 116,698 km. Satolox, Sacquil y Tzuyul.

1.1.4. Aspectos sociales

San Juan Chamelco se ha convertido en un centro religioso, en vista de que han proliferado iglesias y templos, pero en una forma u otra se tiene el compromiso de orientar a la población, en su orden: fe católica y protestante. Cada barrio de la cabecera municipal posee una cofradía. El Chinam, nombrado por los miembros de todas las cofradías en ceremonia especial, celebrado en la cofradía del barrio en fechas acertadas. El Chinam se encarga del cuidado del edificio de las cofradías y sus efectos, su ornato; coordina las actividades de los demás mayordomos y asiste a los oficios religiosos y las festividades de las cofradías.

San Juan Chamelco ha evolucionado en educación; en la actualidad ha cubierto los primeros tres niveles de la educación, tanto en el área urbana como la rural; a través de concientización masiva por las autoridades educativas y privadas se ha logrado tener una masiva asistencia a los centros educativos, lo que ha permitido erradicar en forma mínima el analfabetismo.

Tabla I. **Estudiantes inscritos actualmente**

Nivel preprimario	1 507
Nivel primario	7 422
Nivel medio	958
Total	9 887

Fuente: Municipalidad de San Juan Chamelco.

1.1.5. Aspectos económicos

Uno de los aspectos principales de la geología es la mineralogía; en relación con ella, San Juan Chamelco cuenta con una de las riquezas de su suelo y subsuelo, entre esas están los minerales siguientes: arcilla y cincita, barita, galena y blenda, basalto con blenda, basalto con cuarcita, calamina y esfalerita, cerusita, grenockita, cuarzo, cuarzo con calcita, galena argentífera, hematita, galena con galeopirita y cadmio, hidrocincita, entre otras.

Los datos iniciales al respecto indican que la zona de la Verapaz era pobre en oro y plata, no obstante, en el territorio de este municipio se encuentra el complejo minero de Caquipec, localizado en la aldea Chamil, el cual fue concedido para su explotación durante el gobierno del Dr. Juan José Arévalo Bermejo a la Compañía Minera de Guatemala, S. A. Los contratos para la explotación de la mina fueron aprobados por los acuerdos de Estado de las fechas 24 de enero de 1957, 19 de agosto de 1957 y 11 de febrero de 1984; desde el inicio de sus operaciones hasta la fecha los productos de la mina son exportados.

El complejo minero de Caquipec, cuyo mineral principal es el cobre, está distribuido en varias minas; unas de ellas pertenecen al municipio de San Pedro Carchá.

Políticamente San Juan Chamelco está dividido en una cabecera municipal, y entre aldeas y caseríos suman 77 aproximadamente; casi todas las aldeas tienen nombre q'eqchí'; asimismo el área urbana se divide en cuatro barrios. Recientemente, en 1995, a través del EPS de la Usac, se procedió al estudio y ejecución de la nomenclatura del municipio, quedando dividido en 5 zonas. Es de mención que el IMBC, jornada vespertina, en coordinación con la dirección y personal docente del plantel, se encargó de la medición de cada numeración domiciliar; a la fecha ya está en funcionamiento.

San Juan Chamelco colinda al norte con el municipio de San Pedro Carchá, al sur con el municipio de Cobán, al este con Tamahú y Tucurú y al oeste con la cabecera departamental de Cobán. También se menciona la extensión territorial que es de 218,84 kms².

1.1.6. Aspectos de infraestructura

El municipio de San Juan Chamelco logró en la década de los 80 un paso gigantesco al desarrollo nacional, en virtud de que la cabecera municipal fue unida a la cabecera departamental de Cobán, a través de 8 kilómetros de asfalto. Esta obra fue realizada por el presidente de la República de ese entonces, el general Fernando Romeo Lucas García, hijo predilecto de Chamelco; quien también inició otras carreteras que unieron a las comunidades rurales; algunas concluyeron años más tarde; entre estas pueden mencionarse: carretera a la comunidad de Chamil en 1994, de Chamil a Chamisun, Chamisun y aldeas circunvecinas, la carretera de Sequilá del municipio de San

Pedro Carchá, hasta la carretera de Saquuil del municipio de San Juan Chamelco.

De las corrientes hidrográficas del municipio de San Juan Chamelco, unas se dirigen hacia el río Polochic y otras hacia el río Cahabón; en los aproximadamente 80 kilómetros cuadrados de superficie que le corresponden al municipio, están los siguientes accidentes hidrográficos: río Chilax, Chió, Chitepey, Mestelá, Caquipec, Sequibá, Saquib y Tzuyul.

En el área urbana se cuenta con dos secciones de abastecimiento siendo Sacampaná y Xucaneb, respectivamente, ambas con infraestructura de reciente colocación; asimismo, ambos proyectos son clorados para un mejor control sanitario y prevenir enfermedades. Un porcentaje de las aguas de Chamelco son alcalinas, es decir tienen un porcentaje alto de cal. Es agradable mencionar que también cuenta con varias quebradas que son de uso colectivo y permiten subsanar temporalmente el problema de agua en su comunidad.

El sistema hidrográfico muestra 4 zonas importantes:

- Subcuenca río Chicoy: está ubicada en la parte oeste del municipio, incluyendo la cabecera municipal, constituye el área de captación de los ríos Chilax y Chió, los que al unirse forman el río Chicoy, el cual a su vez drena al río Cahabón.
- Subcuenca río Tzunutz: se ubica en el área central del municipio; está constituida por las áreas de captación de los ríos Santa Teresa, Tzunutz y la quebrada Juljá, drenando asimismo al río Cahabón.

- Subcuenca río Cucanjá: ubicada al este del municipio, formada por zonas montañosas cercanas a Sacquil, en la cual se forman las quebradas Satolox, Sacquil y Tzuyul, las que drenan al río Cucanjá y este a su vez al río Polochic, al sur del municipio.
- Área de captación río Polochic: dentro de esta zona se encuentran áreas de captación directa hacia el cauce principal del río Polochic, principalmente a través de las quebradas Raxtap y Candelaria.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del gimnasio polideportivo Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández, San Juan Chamelco, Alta Verapaz

El proyecto del gimnasio polideportivo significará un gran avance para la región, ya que el mismo podrá utilizarse tanto para actividades deportivas, como para otras de carácter social.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar una estructura metálica, ya que es la ideal para cubrir los grandes claros que tiene el edificio. El techo tendrá lámina troquelada, apoyada sobre costaneras o polines tipo C, los cuales a su vez se apoyarán sobre vigas de acero de perfil W con sección transversal no prismática. Las vigas transmitirán el momento de los extremos hacia las columnas con perfil W, por medio de conexiones pernadas y soldadas. Las columnas estarán simplemente articuladas en la base, por lo que no se transmitirá momento a la cimentación, sino únicamente carga axial y reacción lateral.

2.1.1.1. Diseño arquitectónico

Las canchas polideportivas podrían clasificarse de la siguiente manera:

- Según el nivel del deporte a practicar: es importante hacer esta clasificación puesto que se puede practicar un deporte profesional, un

deporte juvenil, un infantil, un escolar o educativo o un recreativo. El deporte recreativo es importante mencionarlo porque se puede practicar en cualquier lugar. Por tal motivo, en la planificación, desarrollo y construcción de las canchas deportivas debe definirse, previamente, el nivel de deporte para el cual van a ser utilizadas.

- Canchas cubiertas o bajo techo y canchas abiertas o al aire libre: esta es otra clasificación de las canchas que debe mencionarse, puesto que, las canchas descubiertas deben reunir características y aspectos técnicos que son diferentes a las canchas cubiertas, aun cuando sean para practicar el mismo deporte. Por ejemplo, en las canchas descubiertas deben considerarse factores importantes como la posición del sol y dirección del viento, mientras que en las canchas cubiertas dichos factores se pueden considerar como de segundo orden. Por otro lado, en las canchas cubiertas aparecen como factores de primer orden, el sistema de iluminación artificial, el de ventilación, entre otros.

- Según la superficie de juego: concretamente dentro del marco del deporte escolar los tipos de superficie de las canchas deportivas más comunes en este medio son:
 - Césped de grama (*football, baseball, voleibol*)
 - Concreto (baloncesto, voleibol, tenis)
 - Asfalto (baloncesto, voleibol, tenis)
 - Madera (baloncesto, voleibol)

Vale la pena mencionar que cada una de estas clases de superficie puede presentar diferentes opciones en su construcción.

2.1.1.2. Propiedades de los materiales

Cubierta:

- Lámina troquelada industrial TR-101.
- Calibre 26.
- Peso aproximado, 4,64 kg/m².
- Ancho total, 106,6 cm.
- Ancho efectivo, 101,0 cm.
- Capacidad de carga admisible distribuida, 122 kg/m² con una separación entre apoyos de 1,60 m (datos proporcionados por el fabricante).

Costaneras o polines:

- Perfil 7EP16, 7x2x 3/4" (propuesto)
- Calibre 16
- Espesor: 1/16"
- Inercia en el eje x, $I_x = 256 \text{ cm}^4$
- Peso lineal: 4,17 kg/m

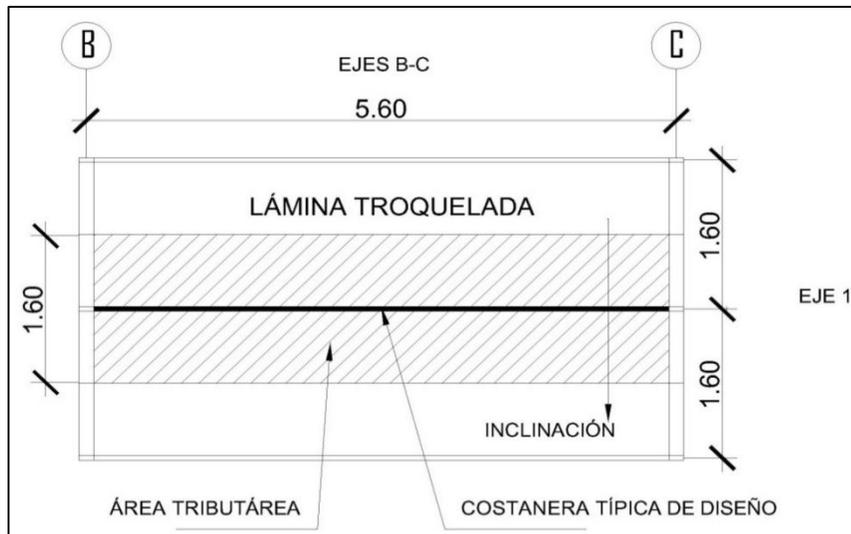
Acero para vigas y columnas:

- Tipo: A572, acero estructural de alta resistencia y baja aleación, grado 50.
- Esfuerzo último: $F_u = 50 \text{ ksi}$
- Esfuerzo de fluencia: $F_y = 50 \text{ ksi}$
- Resistencia del concreto a compresión: 4 000 psi.
- Grado del acero de refuerzo: 60.

2.1.1.3. Integración de cargas sobre la estructura del techo

La integración de las cargas sobre la estructura del techo se presenta en la siguiente figura.

Figura 4. Área tributaria para costanera de techo



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Carga muerta

Por peso propio:

Peso superficial de lámina troquelada: $P_l = 5 \text{ kg/m}^2$ (dato proveedor)

Ancho tributario para costanera: $A_t = 1,60 \text{ m}$

Peso lineal de lámina troquelada, $P_{llam} = 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,60\text{m} = 8 \text{ kg/m}$

Peso lineal de costanera 7x2x1/16", $P_c = 4,17 \text{ kg/m}$

Peso lineal por costanera (según proveedor)

Sobrecarga:

Lámparas colgantes bajo el techo:	5 kg/m ²
Instalaciones y ductos eléctricos:	10 kg/m ²
Otros (cielo falso)/(según criterio):	10 kg/m ²
Total:	<hr/> 25 kg/m ²

$$\text{Sobrecarga total} = \text{SCI} = 1,6\text{m} * 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 40 \text{ kg/m}$$

Carga muerta total = Carga de peso propio + Sobrecarga

$$\text{CM} = 8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 4,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 52,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

2.1.1.5. Carga viva

Carga viva de techo $C_{\text{vtecho}} = 60 \text{ kg/m}^2$

Carga viva lineal: $\text{CV} = 1,6 \text{ m} * 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 96 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

La carga viva de techo, 60 kg/m² es menor a la soportada por la lámina troquelada, la cual es 122 kg/m².

2.1.1.6. Carga de arena volcánica

Se calcula según la norma AGIES NSE 2-10, sección 6.1.3, espesor sobre la superficie, esp = 0,5 cm

Peso volumétrico de la arena húmeda, $\gamma_{\text{ar}} = 1\,800 \text{ kg/m}^3$

Peso lineal de la arena volcánica, $\text{Ar} = 1\,800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,005 \text{ m} * 1,6 \text{ m} = 14,40 \text{ kg/}$

2.1.1.7. Carga de lluvia

Se calcula con la fórmula 6-1 de la sección 6.7.4 de AGIES NSE 2-10. La carga de lluvia está dada por:

$$R = 0,0098(ds + dh)$$

Con:

$$ds = 10 \text{ mm}$$

$$dh = 10 \text{ mm}$$

$$R = 0,0098 (10 + 10) = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Carga de lluvia lineal:

$$R = 0,2 * \frac{1\ 000}{9,81} * 1,6 = 32,62 \text{ kg/m}$$

Carga perimetral por canales pluviales:

Peso lineal del canal: $wc = 20 \text{ kg/m}$

Peso lineal del agua de lluvia: $wr = 90 \text{ kg/m}$

Peso del canal más agua: $Pp = 110 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 0,006 \frac{\text{kips}}{\text{in}}$

2.1.1.8. Carga de viento

Datos:

Longitud del claro: $L = 25 \text{ m}$

Longitud media del claro: $\frac{L}{2} = 12,5 \text{ m}$

Pendiente del techo: $1:4 \rightarrow 25 \%$

Altura de techo: $h = 12,5 \text{ m} * 0,25 = 3,13 \text{ m} \approx 3,00 \text{ m}$

Altura de columna, $hc = 6,00 \text{ m}$

Altura promedio:

$$h_p = 7,50 \text{ m}$$

Ángulo de inclinación:

$$\theta = 13,50^\circ$$

La presión del viento según la fórmula 5-1 de AGIES está dada por:

$$P = C_e * C_q * q_s * I$$

Donde:

$C_e = 0,72$; con exposición al viento B y altura promedio = 7,50 m

$C_q = 0,70$: techo en sotavento hacia afuera y para techo en sotavento con inclinación mayor a 1:6 hacia fuera y hacia dentro.

$q_s = 474 \text{ Pa}$; para una velocidad básica de viento de 100 km/h, para el departamento de Alta Verapaz según la figura 5.1.

$$q_s = 48,33 \text{ kg/m}^2$$

$I = 1,15$ para obras esenciales.

Entonces:

$$P = 0,72 * 0,70 * 48,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,15 = 28,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Y la presión de viento lineal es:

$$W = 28,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,6 \text{ m} = 44,82 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Como la presión del viento es perpendicular al techo, la carga lineal descompone en sus componentes vertical y horizontal, de la siguiente manera:

Componente vertical:

$$W_x = 44,82 \frac{kg}{m} * \sin(13,5^\circ) = 10,46 \frac{kg}{m}$$

Componente horizontal:

$$W_y = 44,82 \frac{kg}{m} * \cos(13,5^\circ) = 43,58 \frac{kg}{m}$$

2.1.1.9. Resumen de cargas

En la tabla siguiente se hace un resumen de las cargas contempladas.

Tabla II. **Resumen de cargas en kg/m**

Carga	Vertical	Horizontal	Perpendicular
Muerta CM	52,17		53,65
Viva CV	16,00		16,45
Arena volcánica Ar	14,40		14,81
Carga de lluvia R	32,62		33,55
Carga de viento Wy	43,58	10,46	44,82
Carga de sismo E	Se aplica por medio del programa de computadora.		

Fuente: elaboración propia.

- Combinaciones de carga: se introducen al programa las combinaciones de cargas correspondientes al método de factores de carga y resistencia LRFD, indicadas por el código IBC, y adaptadas a los tipos de cargas que se tienen. Las combinaciones quedan de la siguiente manera:

1,4 CM

$$1,4 (52,17) = 73,04 \text{ kg-mt}$$

1,2 CM + 1,6 CV + 0,5 (Ar o R)

$$1,2 (52,17) + 1,6 (16) + 0,5(14,40) = 95,40 \text{ kg-mt}$$

1,2 CM + 1,6 (Ar o R) + (CV o 0,5W)

$$1,2 (52,17) + 1,6 (14,40) + 16 = 101,644 \text{ kg-mt}$$

1,2 CM + CV + W + 0,5 (Ar o R)

$$1,2 (52,17) + 16 + 43,58 + 0,5 (14,40) = 129,38 \text{ kg-mt}$$

1,2 CM + CV + E

$$1,2 (52,17) + 16 + E \text{ (según programa Etabs)}$$

0,9 CM + E

$$0,9 (52,17) + E \text{ (según programa Etabs)}$$

0,9 CM + W

$$0,9 (52,17) + 43,58 = 90,53 \text{ kg-mt}$$

Figura 5. **Combinación de carga núm. 5 para sismo en el eje Y**

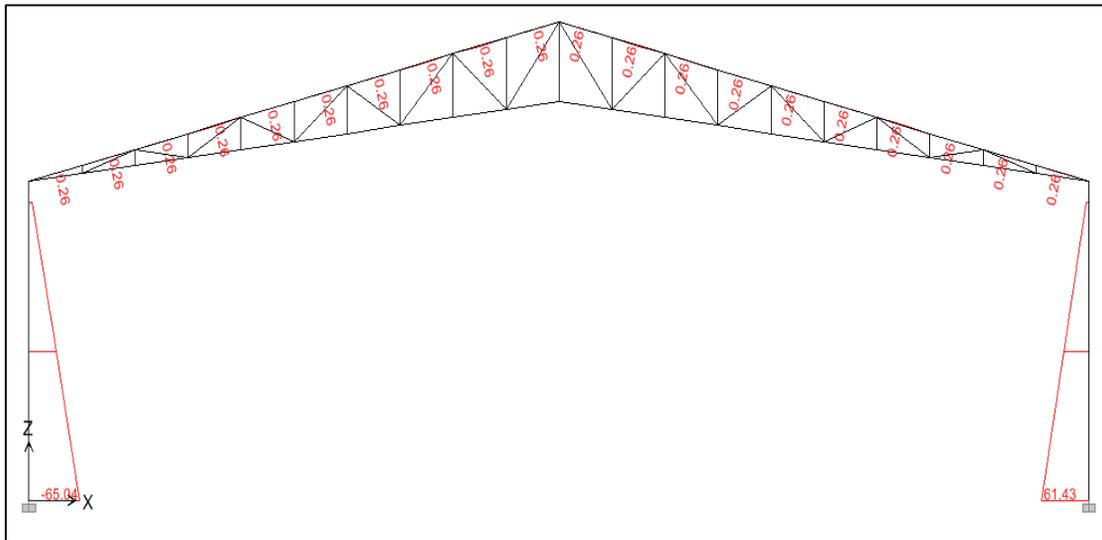
Case Name	Scale Factor
SY Static Load	1
MUERTA Static Load	1.2
VIVA Static Load	1
SY Static Load	1
MUERTA2 Static Load	1.2

Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

2.1.1.10. Resultados del análisis estructural

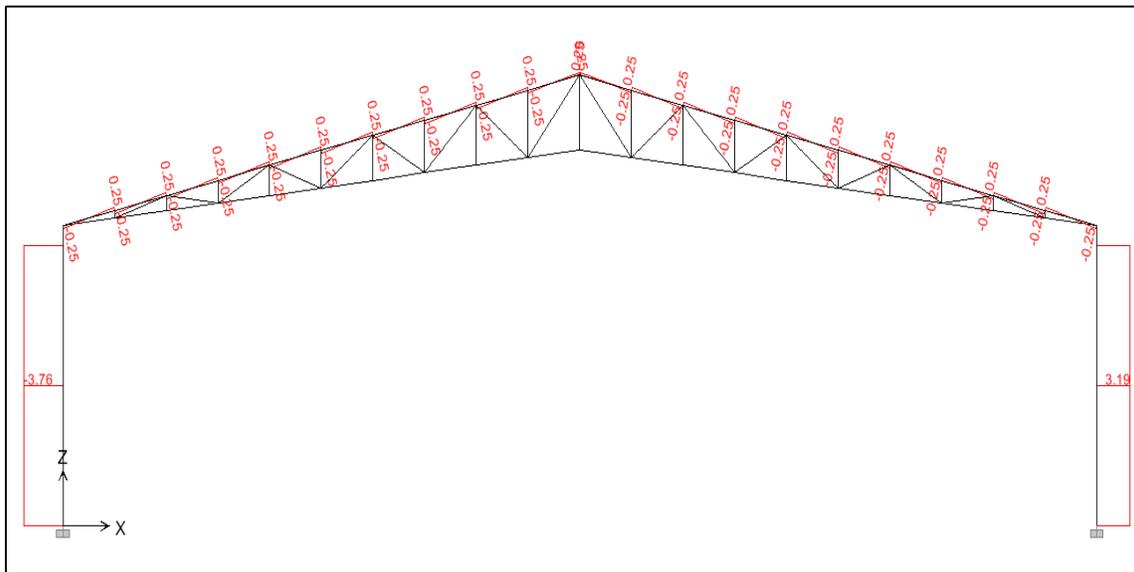
Se realiza el análisis estructural estático y se obtienen los resultados envolventes para cada uno de los elementos con los cuales se realiza el diseño estructural diagrama de momentos máximos en columnas del marco B eje x, combinación de carga Núm 5. (kips).

Figura 6. **Obteniendo esfuerzos de tensión/compresión en el eje X**



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

Figura 7. **Combinación de carga Núm. 5 para sismo en el marco B**



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

- Diagrama de cortes máximos, marco B eje x, combinación de carga 5 (kips).
- Diagrama de cargas axiales en los elementos de la armadura de techo, carga muerta, marco B.

2.1.1.11. Revisión de deflexión en la costanera

La deflexión de una viga simplemente apoyada está dada por:

$$\text{Deflexión, } \delta = \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384EI}$$

Con:

$$\text{Carga de servicio: } w = CM + CV + Ar + R + Wy =$$

$$w = 52,17 + 16,00 + 14,40 + 32,62 + 43,58 = 158,77 \text{ kg/m}$$

$$L = Lc = 600 \text{ cm}$$

Longitud de costanera en centímetros

$$E = Es = 2038901,78 \text{ kg/m}^2$$

Módulo de elasticidad de acero

$$I = Ix = 255,80 \text{ cm}^4$$

Inercia en el eje x en centímetros

$$\text{El límite de deflexión es } Lc/240 = \frac{560 \text{ cm}}{240} = 2,33 \text{ cm}$$

$$\text{Sustituyendo valores: } \delta = \frac{5 \cdot 158,77 \cdot 560 \text{ cm}^4}{384 \cdot 2038901,78 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 255,80 \text{ cm}^4} = 1,93 \text{ cm}$$

Como $1,93 \text{ cm} < 2,33 \text{ cm}$, la costanera elegida es adecuada.

2.1.1.12. Reacciones sobre la viga principal de techo

Se calculan las reacciones que producen las cargas de las costaneras en la viga principal de techo y se convierten al sistema inglés (kips = 1 000 lb). Se aplican a cada 1,6 m sobre la viga, que es la separación entre costaneras.

Con la expresión: $R = (w \cdot L_c) / 2$ y con $L_c = 5,60$ m, se obtiene:

Tabla III. **Resumen de reacciones sobre la armadura de techo**

Carga	Una reacción (kips)	Dos reacciones (kips)	Carga lineal (kip/ft) (1/1,6)
CM	0,32	0,64	0,1219
CV	0,10	0,20	0,0381
Ar	0,09	0,18	0,0343
R	0,20	0,40	0,0762
W	0,27	0,54	0,1029

Fuente: elaboración propia.

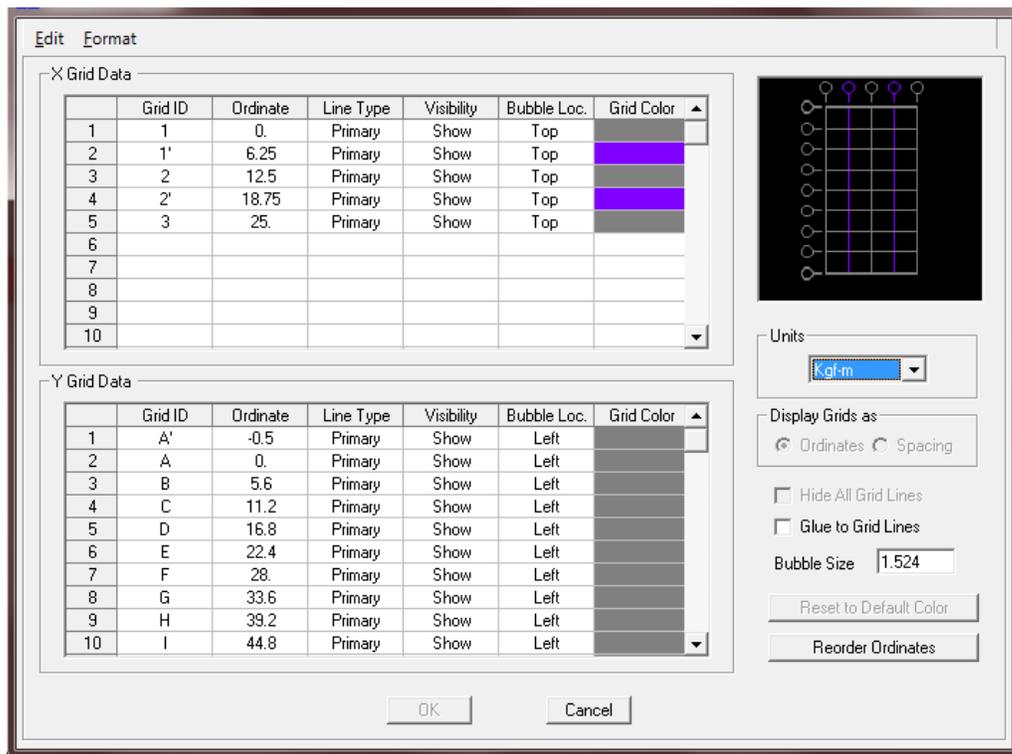
2.1.2. Análisis estructural

Para realizar el análisis se modelará la estructura tridimensional en el programa de computadora Etabs versión 9.7.2. Se aplicarán las cargas calculadas con las combinaciones establecidas.

2.1.2.1. Modelado de la estructura

- Ejes del edificio: en la siguiente figura se muestran los ejes del edificio.

Figura 8. Ejes del edificio en metros



Fuente: fotografía del programa Etabs, versión 9.7.2.

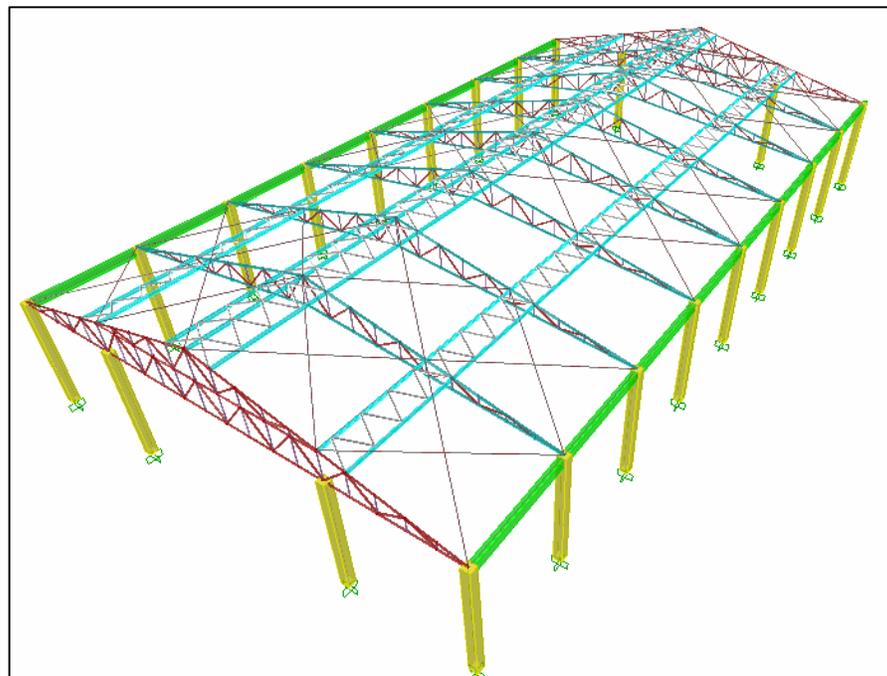
- Definición del sistema estructural: en el eje X se utiliza un sistema de marcos, combinado con columnas de concreto y armadura de acero. La estructura encargada de transportar las cargas laterales es la del techo, el cual está articulado a la columna. También se tienen columnas aisladas funcionando como puntales en las caras frontal y posterior. En el eje X se tienen 9 marcos separados por una distancia de 5,60 m

cubriendo en total una longitud de 44,80 m. El techo es una armadura hecha con perfiles tubulares. En el eje Y se tienen sistemas de marcos de concreto en las partes laterales, que son los encargados de transportar las fuerzas sísmicas. Las columnas están empotradas, por lo que se tendrán momentos en la parte inferior en ambos sentidos.

Sección propuesta de viga, 40x25 cm

Sección propuesta de columna, 40x40 cm

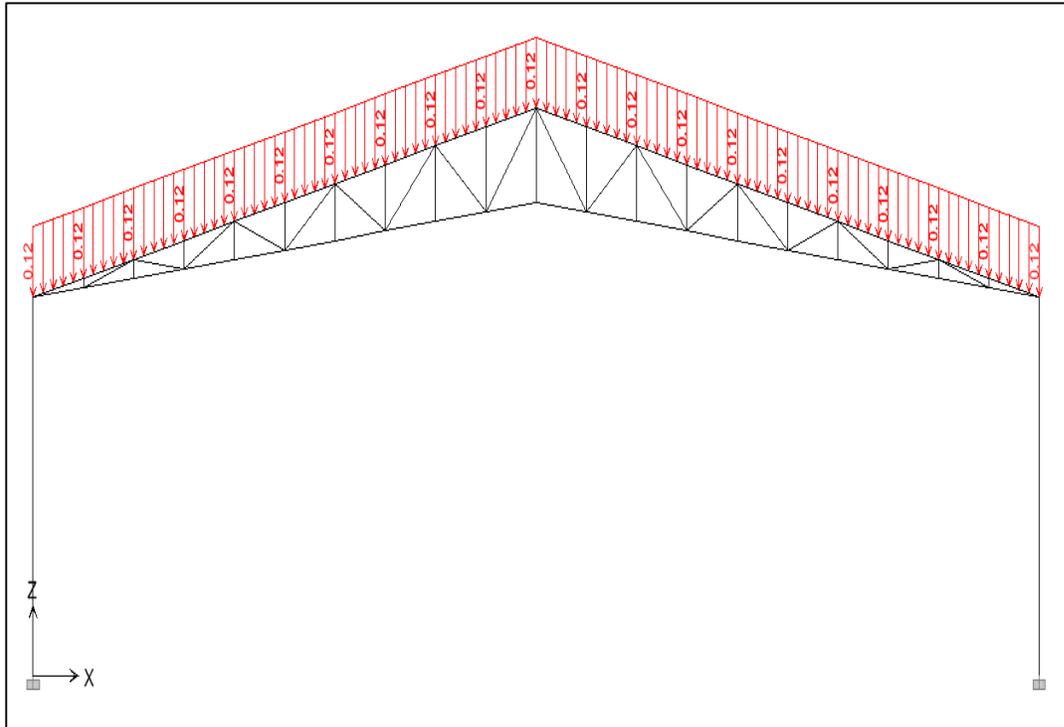
Figura 9. **Perspectiva de la estructura del edificio polideportivo**



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

Aplicación de cargas: se aplican al modelo de la estructura las cargas gravitacionales y de viento calculadas en la sección anterior; estas se colocan sobre las armaduras del techo.

Figura 10. **Sección de la estructura del edificio con cargas muertas**

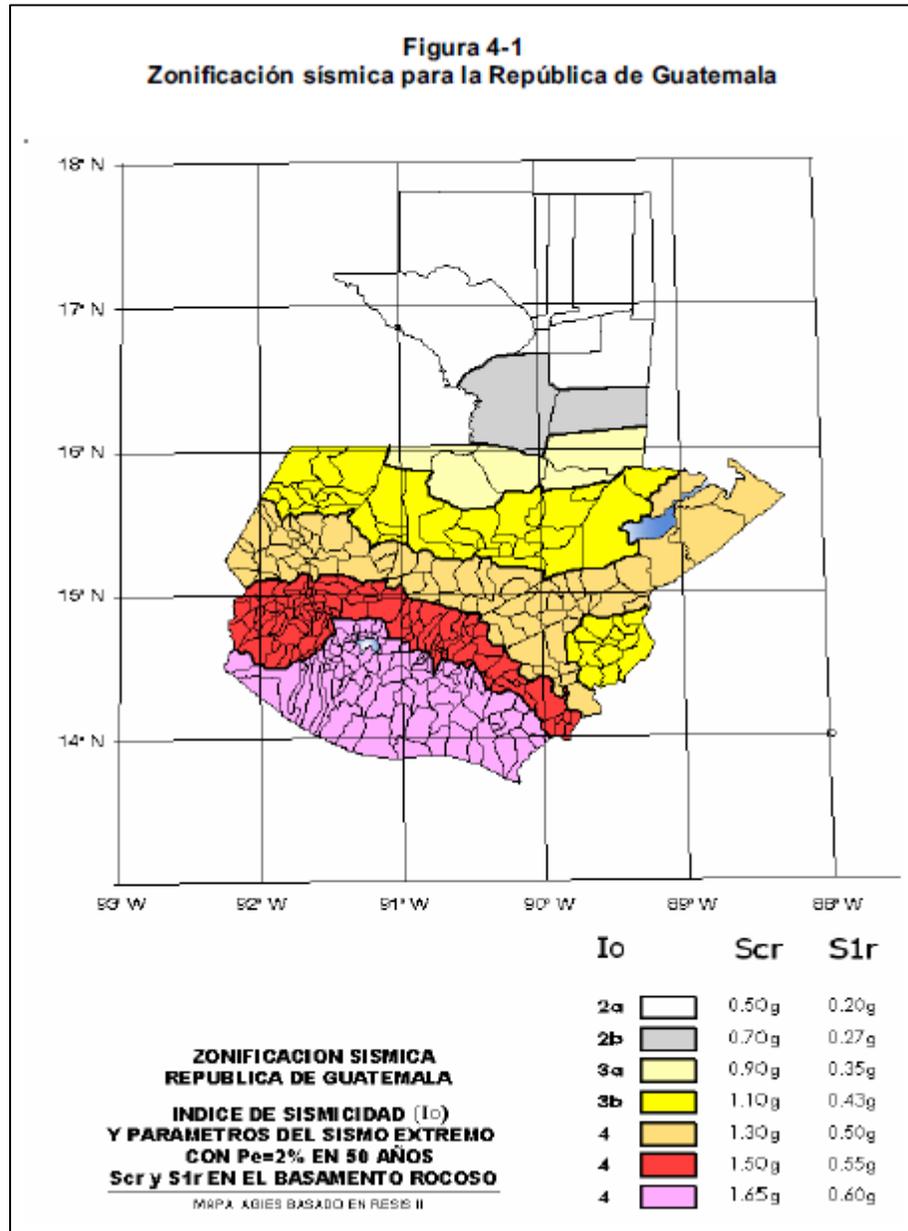


Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

Carga muerta gravitacional aplicada a la armadura del techo en kips/ft.

Carga sísmica: en el mapa siguiente se describen las zonas sísmicas existentes en Guatemala.

Figura 11. Zonificación sísmica para la República de Guatemala



Fuente: AGIES NSE 2-10. Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección. p. 12.

Se aplica una carga estática lateral para cada eje horizontal, es decir los ejes X-Y. Las ordenadas espectrales de aceleración para período corto y de 1 segundo, se obtienen de la tabla del anexo A de la normativa AGIES en términos de la aceleración gravitacional. Para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, los correspondientes son:

- Ordenada espectral para período corto, $S_{cr} = S_{ms} = 1,10 \text{ g}$
- Ordenada espectral para período 1 s, $S_{1r} = S_{m1} = 0,43 \text{ g}$

Para calcular el período del edificio se utilizan los coeficientes para el sistema de marcos resistentes a momento, es decir, $C_t = 0,028$ y $\alpha = 0,8$. El factor de reducción de respuesta sísmica R , es igual a 8, debido a que el municipio de San Juan Chamelco queda ubicado en el mapa de zonificación sísmica; el factor de importancia de ocupación es 1,5 para un edificio de tipo esencial o tipo IV, de acuerdo con las especificaciones del AGIES.

2.1.3. Diseño estructural

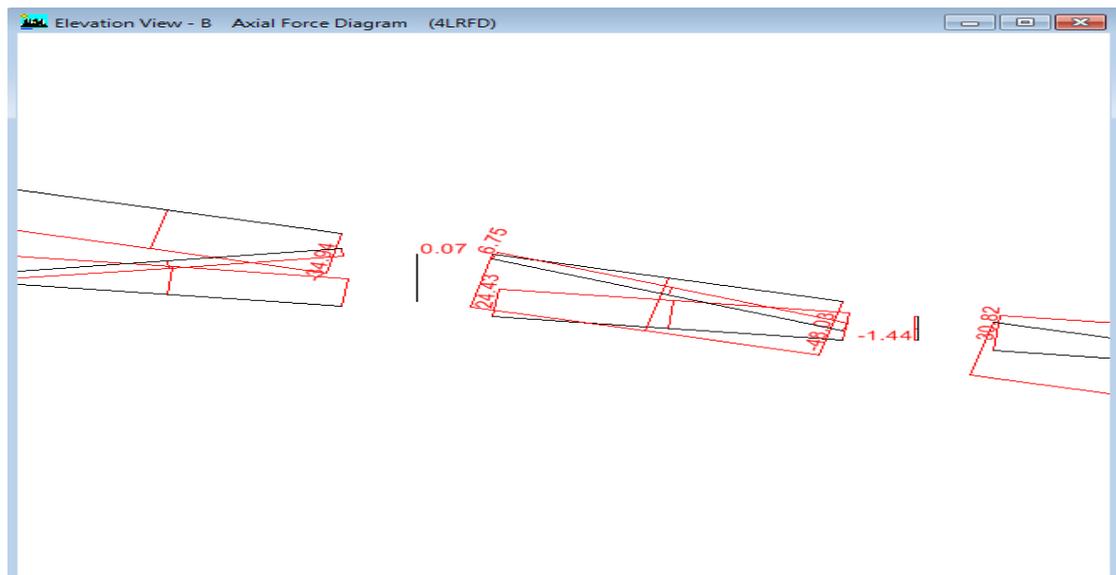
Con los resultados del análisis estructural se procede a realizar el diseño estructural, siguiendo las especificaciones AISC 360-10 para los elementos de acero y el ACI 3-18-08 para los elementos de concreto.

2.1.3.1. Armadura de techo

En la armadura de techo se calcula la fuerza ya sea de compresión o de tensión y se elige el elemento adecuado para soportar dicha fuerza. La capacidad de compresión o tensión de los elementos, se obtiene del manual de la AISC 13ª. edición, para el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

Ejemplo: el elemento superior del marco B, ubicado en el lado derecho, que se encuentra señalado en la figura 1.6 d), tiene una fuerza axial de compresión de $-48,03 \text{ kips}$, de acuerdo con el diagrama de la figura 3.6, con la combinación de carga 4 que incluye carga de viento. La longitud de este elemento es 4,22 pies y el factor de longitud efectiva K, para todos los casos es igual a 1, debido a que son elementos modelados como articulados. Se buscan los valores de compresión axial para tubos (pipe) en la tabla 4-6 del Manual AISC13 y se ubica la resistencia para un tubo de 5" estándar con la longitud mencionada, obteniendo una resistencia de 71 kips.

Figura 12. **Carga axial en elemento de armadura marco B**



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

Para la fuerza de compresión en el elemento es necesario aplicar un factor por momentos, debido a que las uniones se realizan con soldadura y estas no proveen articulaciones perfectas.

El programa calcula estos momentos generados, pero para fines prácticos se puede utilizar un factor de 1,15; entonces:

Carga axial total en el elemento, $C = 1,15 * 48,03 \text{ kips} = 55,23 \text{ kips}$
Como $71 \text{ kips} > 55,23 \text{ kips}$, la sección tubular de 5" es adecuada.

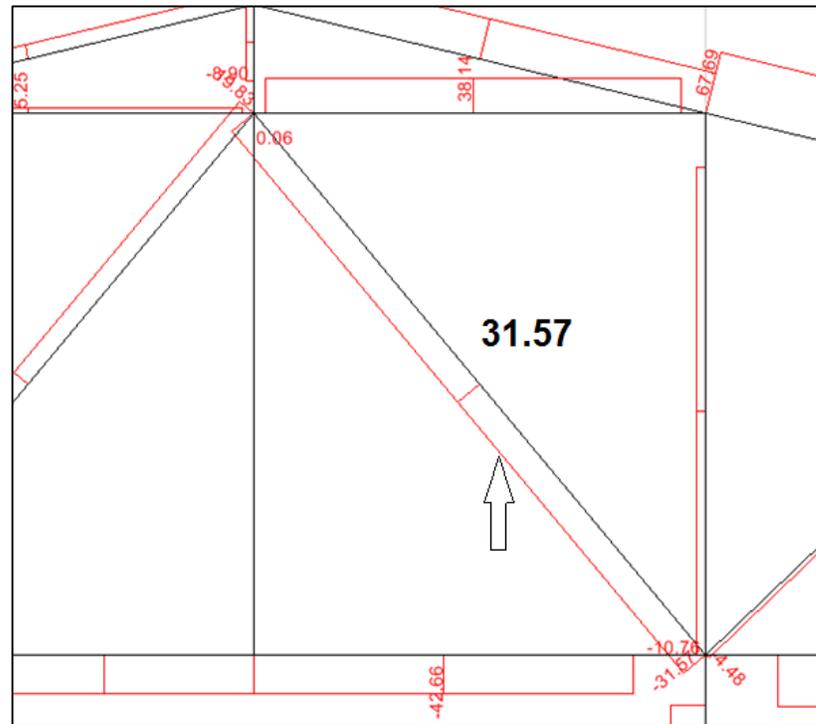
2.1.3.2. Rigidizantes

Se utilizan en la dirección "Y" entre las costaneras, con dos perfiles C6x2x1/8 separados por 50,6 pulgadas y arriostramiento con angulares L2x2x1/8 con ocho diagonales. Se utilizarán dos rigidizantes en cada lado del techo. También se utilizarán tensores con cables de acero núm. 6. en formas de X, como se indica en los planos.

2.1.3.3. Conexiones

Las conexiones entre elementos tubulares en la armadura de techo se harán con soldadura de electrodos tipo protegido E6011. El corte máximo (asumiendo la carga axial perpendicular) se encuentra en la diagonal ubicada en el eje A, lado derecho sobre la columna intermedia con un valor de $V = 31,57 \text{ kips}$, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. **Carga axial mayor en diagonales de arriostamiento, eje A**



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

2.1.3.4. **Cálculo del tamaño de soldadura**

Longitud de soldadura: el perímetro del tubo de 3 pulgadas, igual a
 $9,42 \approx 9 \text{ pulg}$

La fórmula para calcular el tamaño del electrodo E60 es:

$$V = 1,19324 * D * Lw$$

Donde:

V = corte o reacción a soportar

D = 16avo. de pulgada de soldadura

Lw = longitud de soldadura

Sustituyendo se tiene:

$$D = \frac{31,57}{1,19324 * 9} = 2,93 \approx 3$$

Por lo tanto, se debe utilizar soldadura de 3/16”.

2.1.3.5. Marcos de concreto

Los diagramas de momento de los marcos de concreto son los siguientes en los ejes 1 y 3; estos se muestran en la figura 14.

2.1.3.6. Viga crítica

Se ubica la viga crítica de concreto entre los ejes A y B del marco 1, con la combinación de carga 5 en "y" que incluye la carga sísmica,. Los datos son los siguientes:

Momento negativo izquierda: $M1 = -2219,45 \text{ kg} - m$

Momento positivo centro: $M2 = 1015,88 \text{ kg} - m$

Momento negativo derecha: $M3 = -3176,98 \text{ kg} - m.$

Sección de viga: 40X25 cm.

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Fluencia del acero

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Se diseña la viga y se obtienen los siguientes requerimientos de acero en cm^2 :

Tabla IV. **Acero mínimo**

Lado	Izquierda	Derecha	Centro
Superior	0,76	0,76	3,10
Inferior	2,15	1,62	1,54

Fuente: elaboración propia.

El acero mínimo para esta viga es de:

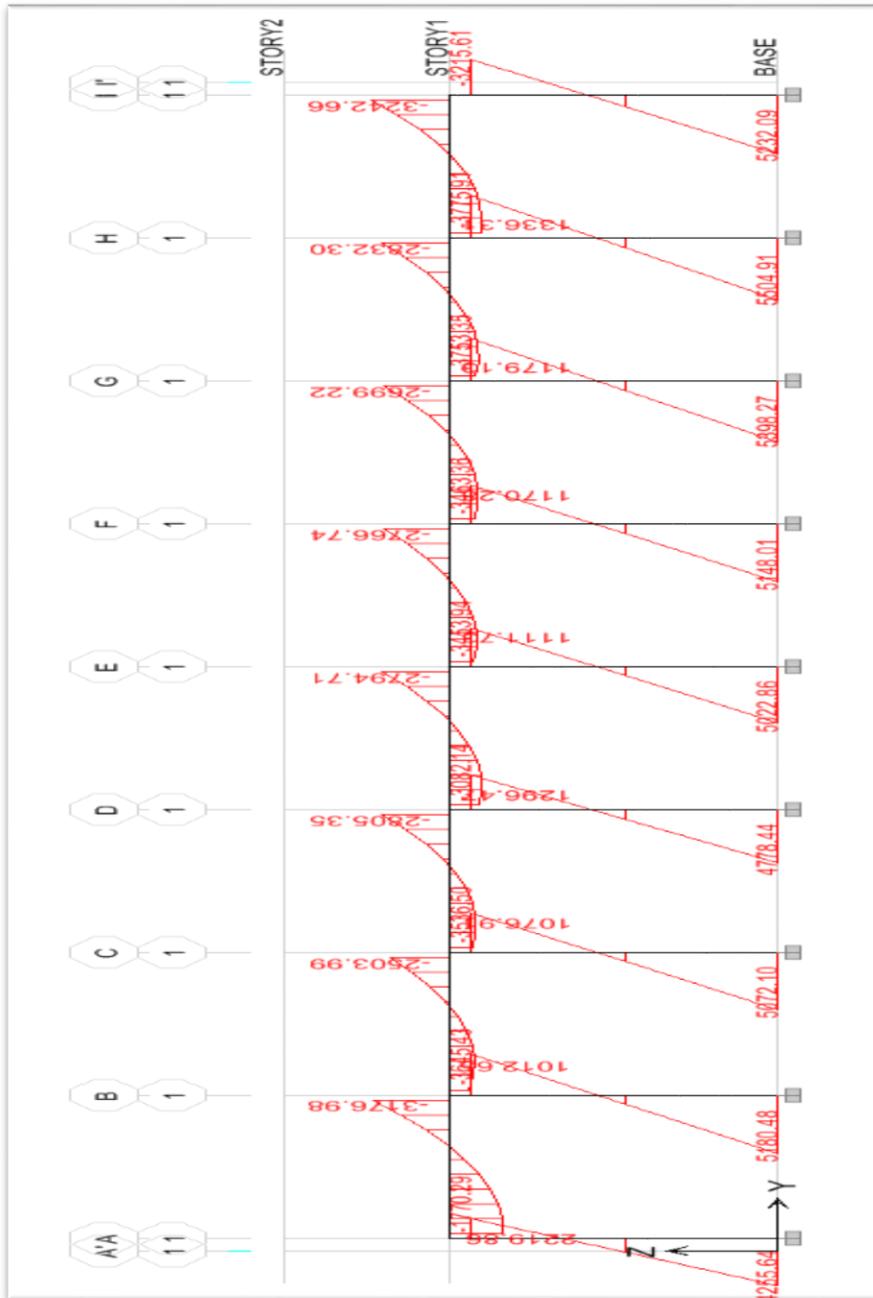
$$A_{smin} = \frac{3\sqrt{f_c}}{F_y} * b^w d = \frac{3\sqrt{280}}{4200} * b * (h - rec - \emptyset_{est} - \frac{\emptyset_i}{2}) =$$

$$A_{smin} = \frac{3\sqrt{f_c}}{F_y} * b^w d = \frac{3\sqrt{280}}{4200} * 40 * (25 - 0,40 - \frac{3}{8} - \frac{3/4}{2}) = 1,14 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{200b^w d}{F_y} = \frac{200*40*23.85}{4200} = 4,54 \text{ cm}^2 \ll$$

Por lo tanto se debe utilizar el acero mínimo de mayor cantidad ya que determina la cantidad o el diametro de las varillas que cumplan con el acero, según el criterio del diseñador: 6 varillas núm. 3/8, 2 en la parte superior, 2 en la parte inferior y 2 en medio.

Figura 14. Diagrama de momentos en marcos 1 y 3 combinación de cargas



Fuente: elaboración propia, con programa ImprPant programa Etabs 9.7.2.

2.1.3.7. Diseño de columna

Las columnas son elementos estructurales que están sometidos a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna; esta carga se determina por áreas tributarias. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de esta.

En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del gimnasio.

Los datos son obtenidos del análisis estructural. Es decir, los valores del corte y los momentos son críticos, ya que se diseñan con los datos mayores.

La sección recomendada por el fabricante de la cubierta del techo para las columnas es de 40 x 40 cms.

$$\text{Sección} = 0,40 \times 0,40 \text{ m}$$

$$L_u = \text{longitud de la columna} = 5,12 \text{ m}$$

$$M = 16\,519,45 \text{ kg-m}$$

$$V_c = \text{corte último} = 3226,45 \text{ kg}$$

$$W = 195,2 \text{ kg/mt}$$

Determinación de la carga axial:

$$\text{Cálculo de carga axial: } C_U = 1,4 C_M + 1,7 C_V$$

$$C_U = 1,4(195,2)$$

$$C_U = 273,28 \text{ kg/mt}^2$$

Cálculo del factor de carga última:

$$F_{cu} = CU / (CV+CM) = 273,28 / 195,2$$

$$F_{cu} = 1,4$$

Cálculo de la carga axial: $P_u = \text{área} \times CU$

$$P_u = ((6,00 \times 25/2) \times 273,28)$$

$$P_u = 20,496 \text{ kg}$$

$$\text{Área} = 6 \times (25/2) = 75 \text{ mts}^2$$

2.1.3.7.1. Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, y la duración de la carga cuyo factor principal a incluir es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento.

Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

Sentido X:

Cálculo del factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = C_{Mu} / C_u = 273,28 / 273,28 = 1$$

Cálculo del total del material:

$$EI = \frac{E_c * \frac{I_g}{2,5}}{(1 + \beta_d)}$$

$$E_c = 15,000 (f'c)^{1/2}$$

$$I_g = (1/12) * bh^3$$

$$EI = \frac{15,000 (210)^{1/2} * \frac{(1/12) * 40 * 40^3}{2,5}}{(1 + 1)}$$

$$EI = \frac{15,000 (210)^{\frac{1}{2}} * \frac{\left(\frac{1}{12}\right) * 40 * 40^3}{2,5}}{(1 + 1)} = 9,27 \times 10^3 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 927 \text{ T} - \text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\Pi^2(EI)}{(KLu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\Pi^2(927)}{(1,08 * 5,12)^2} = 299,22 \text{ T}$$

Cálculo del magnificador de momento:

$\Phi = 0,70$ si se usan estribos

$\Phi = 0,75$ si se usan zunchos

$$\sigma = \frac{1}{1 - \left(\frac{Pu}{\Phi * Pcr}\right)} > 1$$
$$\sigma = \frac{1}{1 - \left(\frac{204,96}{0,70 * 299,22}\right)} = 1,46$$

Cálculo de momentos de diseño: $Md = \sigma * Mu$

$Mdx = 1,46 (16,519.45) = 24,118.397 \text{ kg-m}$

2.1.3.7.2. Acero longitudinal

Para calcular el acero longitudinal de las columnas existen varios métodos; estos se aplican según el tipo de cargas a las que está sometida la columna. Existen columnas sometidas a carga axial, carga axial con momento uniaxial, carga axial con momento biaxial y carga axial con momento triaxial.

Para este caso, todas las columnas son de tipo carga axial y momento uniaxial. El diseño exacto de este tipo de columnas requiere un procedimiento difícil pero existen métodos aproximados que dan buenos resultados, uno de estos es el de Bresler. Este método sencillo ha sido comprobado mediante resultados de ensayos y cálculos exactos.

El método consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero de una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$.

$$A_{min} = 0,01 (40 * 40) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{max} = 0,06 (40 * 40) = 96 \text{ cm}^2$$

Se supone un armado, se aconseja iniciar con un valor cerca de A_{min} .

$$\text{Armado propuesto: } 8 \text{ número } 6 = 8(2,87) = 22,96 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica:

$$Y = h_{NÚCLEO} / h_{COLUMNA} = (0,40 - (2 * 0,04)) / 0,40 = 0,80$$

Valor de la curva:

$$P_{tu} = A_s * F_y / 0,85 * f'_c * A_g$$

$$P_{tu} = (22,96 * 4200) / (0,85 * (40 * 40) * 280) = 0,25$$

Excentricidades:

$$e_x = M_{dx} / P_u$$

$$e_x = 24,118 / 20,496 = 1,17$$

Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales:

$$e_x / h_x = 1,17 / 0,40 = 2,94$$

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro pasos, se busca el valor del coeficiente K_x , este es:

$$K_x = 0,10$$

Por último se calculan las cargas:

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x \cdot \Phi \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$P'_{ux} = 0,10 \cdot 0,70 \cdot 280 \cdot 40 \cdot 40 = 31,360 \text{ kg.}$$

Carga axial de resistencia de la columna:

$$P'_o = \Phi(0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s) + (A_s \cdot F_y))$$

$$P'_o = 0,70(0,85 \cdot 280 (1\ 600 - 22,96) + (22,96 \cdot 4\ 200))$$

$$P'_o = 330\ 237,26 \text{ kg.}$$

Carga de resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{31,360} - \frac{1}{330\ 237,26}} = 34\ 650,03 \text{ kg}$$

Como $P'u > P_u$, el armado propuesto sí resiste las fuerzas aplicadas; si esto no fuera así, se debería aumentar el área de acero hasta que cumpla.

2.1.3.7.3. Acero transversal (estribos)

Después de calcular el acero longitudinal de las columnas es necesario proveer refuerzo transversal por medio de estribos y zunchos para resistir los esfuerzos de corte y por armado. Por otro lado en zonas sísmicas como Guatemala, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas. Esto se logra por medio del confinamiento del refuerzo transversal en los extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el refuerzo de ruptura del concreto, que además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

- Refuerzo por corte: se calcula el corte resistente:

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

$$V_r = 0,85 * 0,53(280)^{\frac{1}{2}}(40 * 36) = 10\ 855,16 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_u , con los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d/2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Para ambas opciones debe considerarse que la varilla mínima permitida es la número 3; en este caso $V_r > V_u$, se colocan estribos a $S = d/2 = 36/2 = 18$ cm.

- Refuerzo por confinamiento: la longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

$$L_o = L_u / 6 = 5,12 / 6 = 0,85 \text{ m}$$

$$\text{Lado mayor de la columna} = 0,40 \text{ m}$$

Luego se calcula la relación volumétrica:

$$P_s = 0,45 ((A_g / A_{ch})^2 - 1)(0,85 * f'_c / F_y);$$

$$P_s > 0,12 (f'_c / F_y)$$

$$P_s = 0,45 ((40/32)^2 - 1)(0,85 * 280 / 4200) = 0,014$$

Por último el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = 2A_v / P_s L_n = (2 * 0,71) / (0,014 * 24)$$

$$S_1 = 4,22 \text{ cm} = 4,00 \text{ cm (según criterio)}$$

- Nota: el área de confinamiento estará delimitada por una longitud igual a 0,85 metros con una separación de estribos a 0,04 metros.
- Nota: en el área no confinada de la columna, el estribo estará a una separación de 0,16 metros.
- Al acero longitudinal de la columna será 8 varillas corridas de diámetro igual a $\frac{3}{4}$.
- $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

2.1.4. Zapata

La zapata a diseñar es la correspondiente a la columna crítica que se diseñó. Los cargas obtenidas directamente del análisis estructural son las siguientes:

Cargas mayoradas

Carga axial máxima $P_u = 16,966 \text{ kg} = 16,97 \text{ Ton}$ (combinación 2)

Momento en X

$$M_{ux} = 16\,519,45 \text{ kg} - m = 16,60 \text{ Ton} - m \text{ (combinación 5 en X)}$$

Momento en Y

$$M_{uy} = 4\,778,44 \text{ kg} - m = 4,78 \text{ Ton} - m \text{ (combinación 5 en Y)}$$

Cargas de servicio (carga viva más carga muerta)

Carga axial máxima $P_s = 11\,688,35 \text{ kg} = 11,69 \text{ Ton}$ (servicio)

Momento en X $M_{sx} = 13\,298,27 \text{ kg} - m = 13,30 \text{ Ton} \cdot m$ (servicio)

Momento en Y $M_{sy} = 1\,880,25 \text{ kg} - m = 1,88 \text{ Ton} \cdot m$ (servicio)

$$\text{Factor de carga última, } FCU = \frac{P_u}{P_s} = \frac{16,97 \text{ Ton}}{11,69 \text{ Ton}} = 1,45$$

Valor soporte del suelo $V_s = 24 \text{ Ton/m}$ (asumido tipo suelo)

Resistencia a la compresión del concreto, $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Fluencia del acero $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del suelo $\gamma_s = 1,8 \text{ Ton/m}^3$

Peso volumétrico del concreto $\gamma_c = 2,4 \text{ Ton/m}^3$

Desplante $D = 1,00 \text{ m}$

2.1.4.1. Propuesta del área de zapata

Se calcula el área mínima con la expresión:

$$A_{min} = \frac{n * P_s}{V_s}$$

Donde:

$$Factor\ n = 3$$

Entonces:
$$A_{min} = \frac{3 * 11,69Ton}{24,00Ton} = 1,46m^2$$

El factor n es mayor debido a que el momento del eje X es mayor que la carga axial de servicio, por lo que el área de la zapata y sus lados estarán en función de los momentos.

La proporción de los momentos es:
$$\frac{M_{sy}}{M_{sx}} = \frac{1,88Ton}{13,30Ton} = 14 \%$$

Se proponen los lados de la zapata:

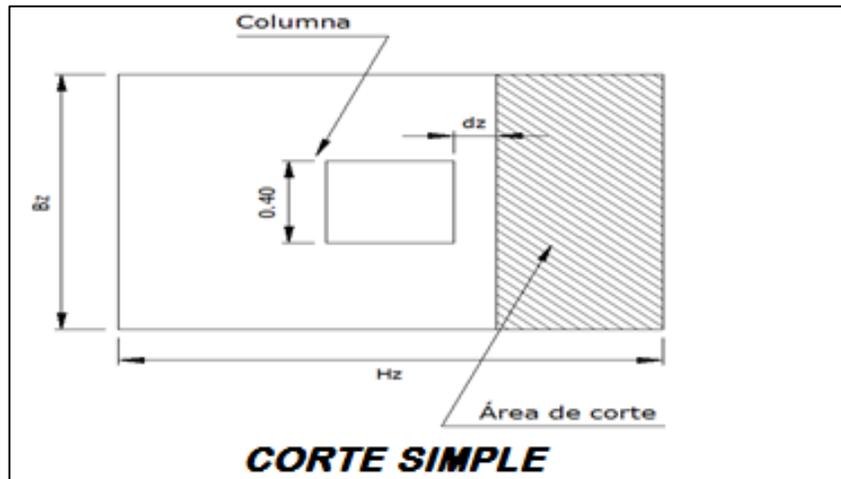
$$H_z = 2,00\ m \quad \rightarrow \quad Lado\ X$$

$$B_z = 1,20\ m \quad \rightarrow \quad Lado\ Y$$

Proporción de lados,
$$\frac{1,20}{2,00} = 60 \%$$

Área de la zapata,
$$A_z = 2,00\ m * 1,20\ m = 2,40\ m^2$$

Figura 15. Orientación de la zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.1.4.2. Cálculo de la presión sobre el suelo

Peso del suelo sobre la zapata:

$$\text{Área de la columna } A_{col} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de acción del suelo, } A_z - A_{col} = 2,40 \text{ m}^2 - 0,16 \text{ m}^2 = 2,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso total del suelo } W_s = 4,03 \text{ Ton}$$

Peso propio de zapata:

$$\text{Se propone un espesor de: } t_z = 0,20 \text{ m}$$

Peso volumétrico de la zapata:

$$W_z = 2,40 \text{ m}^2 * 0,20 \text{ m} * 2,4 \text{ Ton/m}^3 = 1,15 \text{ Ton}$$

Peso total sobre el suelo:

$$P_t = 11,69 \text{ Ton} + 4,03 \text{ Ton} + 1,15 \text{ Ton} = 16,87 \text{ Ton}$$

Excentricidades:

$$ex = \frac{Mxs}{Pt} = 0,6 \text{ m}$$

$$ey = \frac{Mys}{Pt} = 0,193 \text{ m}$$

Parámetro para la excentricidad: $\frac{Hz}{6} = \frac{2,00}{6} = 0,33 \text{ m}$

Como 0,6 es mayor que 0,33 m, la ecuación para calcular la presión sobre el suelo es la siguiente:

$$qmax = \frac{4Pt}{3 * Bz * (Hz - 2ex)}$$

$$qmax = \frac{4 * 16,87 \text{ Ton}}{3 * 1,20 \text{ m} * (2,00 \text{ m} - 2 * 0,60 \text{ m})} = 23,42 \text{ Ton}$$

$23,42 \text{ Ton/m}^2 < Vs = 24,00 \text{ Ton/m}^2$ El área de zapata es adecuado.

Distancia a, del triángulo de presiones:

$$a = \frac{2,00 \text{ m}}{2} - 0,60 = 0,4 \text{ m} \rightarrow 3a = 1,20 \text{ m}$$

Presión de diseño último:

Presión de reacción del suelo sobre la zapata $Qu = FCU * qmax$

$$Qu = 1,45 * 23,42 \text{ Ton} = 33,96 \text{ Ton/m}^2$$

Pendiente de presiones $qm = \frac{Qu}{3a} = 28,30$

2.1.4.3. Revisión del corte simple

El área de acción de la presión para el cálculo del corte flexionante se observa en la figura 1.10. Se calculó el lado crítico el cual está en el eje X. El peralte de zapata d_z es:

Recubrimiento mínimo: 7,5 cm (ACI 318-05)

Diámetro de varilla: $\frac{3}{4} = 1,905$ cm

$$d_z = 20 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - \frac{1,905}{2} = 11,55 \text{ cm} = 0,1155 \text{ m}$$

$$V_{act} = 1,20 \text{ m} * \left(\left(\frac{2,00 - 0,40}{2} \right) - 0,1155 \right) * \frac{Q_u}{2} = 13,69 \text{ Ton}$$

Corte flexionante resistente:

$\phi = 0,75$ (ACI 318-05)

$$V_{res} = 0,75 * 0,53 * \sqrt{281} * 120 \text{ cm} * 11,55 \text{ cm} * \frac{1}{1000} = 9,23 \text{ Ton}$$

Como $9,23 \text{ Ton} < 13,69 \text{ Ton}$, el espesor de la zapata se debe aumentar a 25 cm, con lo que se obtiene un corte resistente de 13,23 Ton y un corte actuante de 12,93 Ton.

2.1.4.4. Revisión del corte punzonante

Corte punzonante del dado sobre la zapata:

Dimensión del dado, $bc + dz = 0,40 + 0,1655 = 0,57 \text{ cm}$

Presión en el rostro derecho del dado

$$\rightarrow x = 0, \quad Q(0) = 0$$

Presión en el rostro izquierdo del dado:

$$\rightarrow x = 0,57, \quad Q(0,57) = 15,5 \text{ Ton/m}^2$$

Promedio de presiones:

$$\rightarrow Qp = 7,75 \text{ Ton/m}^2$$

$$Vact1 = Pu - Qp * (bc + dz) * (hc + dz)$$

$$Vact1 = 16,97 - 15,5 * (0,57) * (0,57) = 14,49 \text{ Ton}$$

Corte punzonante de la zapata al dado:

$$Vact2 = \frac{Qu}{2} * (Az - (bc + dz) * (hc + dz))$$

$$Vact2 = \frac{33,96 \text{ Ton/m}^2}{2} * (2,40 \text{ m}^2 - (0,57 \text{ m}) * (0,57 \text{ m})) = 35,08 \text{ Ton}$$

Corte resistente de la sección:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{ACI 318-05})$$

$$Vres = 0,75 * 1,06 * \sqrt{281} * (4 * 57 \text{ cm}) * 16,55 \text{ cm} * \frac{1}{1000} = 50,28 \text{ Ton}$$

Como $35,08 \text{ Ton} < 50,28 \text{ Ton}$, el espesor de 25 cm de la zapata es correcto.

2.1.4.5. Acero de flexión

Momento en voladizo:

Distancia de rostro de columna al extremo en el eje x

$$\rightarrow L = 0,8 \text{ m}$$

Presión en el rostro de columna:

$$X = 0.40, Q_x = 28,30 * 0.4 = 11,36 \text{ Ton/m}^2$$

Presión en el extremo de zapata: $Q_u = 33,96 \text{ Ton/m}^2$

Promedio de presiones: $Q_{pf} = 22,66 \text{ Ton/m}^2$

Carga distribuida, presión de diseño $Q_{pf} * B_z$:

$$w = 22,66 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 1,20\text{m} = 22,66 \text{ Ton/m}$$

Momento: $M = \frac{wL^2}{2} = \frac{22,66 \text{ Ton/m} * 0,80\text{m}^2}{2} = 7,25 \text{ Ton} * \text{m} = 7251 \text{ kg} * \text{m}$

$$b = 120 \text{ cm}$$

$$dz = 16,55 \text{ cm}$$

Acero por temperatura $A_{st} = 0,002 * 16,55 * 120 \text{ cm} = 3,97 \text{ cm}^2$

Acero mínimo por flexión $A_{smin} = \frac{14}{4 * 200} * 16,55 * 120 \text{ cm} = 6,62 \text{ cm}^2$

Acero por momento flector $A_s = 12,26 \text{ cm}^2$

Separación de barras

$$\frac{12,26 \text{ cm}^2}{2,84 \text{ cm}^2} = \frac{120 \text{ cm}}{S}$$

$$S = 27.79 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas núm. 6 @ 25 cm para refuerzo en X. En el eje Y se colocará refuerzo que cumpla con el acero mínimo; se propone núm. 6 @ 25 cm.

2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio San Luis, San Juan Chamelco, Alta Verapaz

Actualmente los pobladores de la cabecera, cuentan con un sistema de abastecimiento de agua, que no alcanza a cubrir las necesidades de la

población en un 100 %, el barrio San Luis, ubicado en la zona 5 del municipio de San Juan Chamelco se ve afectado, ya que el vital líquido no llega con suficiente presión; es por ello que algunos pobladores se abastecen mediante el acarreo desde fuentes naturales o recolección por lluvias que hay casi todo el año.

2.2.1. Descripción del proyecto

El barrio San Luis se abastece de las fuentes Secampana y Xucaneb, el cual cubre a todo el municipio de San Juan Chamelco, pero este barrio es el más lejano del centro del municipio, es por ello que el agua no llega con suficiente presión, ocasionando de esta manera molestias a los pobladores de la región, debido a que tiene que recurrir a otros sistemas tales como: pozos, llenacántaros, fuentes cercanas, entre otros; tales sistemas en algunos casos son útiles, pero como bien es sabido, el agua no es potable, ocasionando problemas a las personas que hacen uso de esos sistemas, tales como enfermedades, debidas a las bacterias que se originan en el ambiente.

Otra de las necesidades de construir el sistema de agua potable, es porque la comunidad del barrio San Luis quiere independizarse de las fuentes que abastecen a San Juan Chamelco, y poder contar de una fuente cercana al barrio, en la aldea Cojila, en la cual ya se cuenta con la fuente de brote definido, que fue comprada por los vecinos del mismo barrio.

Para solucionar el problema de este barrio, se plantea como opción la captación de una fuente tipo brote definido, que se encuentra ubicada en la aldea Cojila, a 5 km del barrio San Luis, con un caudal de 2,34 litros por segundo.

El proyecto consiste en la introducción de agua potable para el barrio San Luis del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, beneficiando con esto a 140 familias. El sistema propuesto está constituido por 4 848 metros de línea de conducción, 3 126 metros de red de distribución de captación, tanque de distribución y conexiones de tipo predial; el sistema será por gravedad.

2.2.2. Información de campo

En esta etapa se recopila información técnica, y se designan ciertos parámetros de diseño que servirán para la elaboración del proyecto; se evalúa la calidad de cada uno de los componentes que servirán para el diseño final.

2.2.2.1. Fuentes de abastecimiento de agua

Existen dos tipos de fuentes de agua para el consumo humano: las primeras son superficiales, tales como lagos, ríos y agua de lluvia; el otro tipo de fuentes son las subterráneas como pozos y manantiales de brotes definidos difusos y de ladera concentrada.

Para dotar de agua al barrio San Luis, se hizo un recorrido donde se ubicó la fuente que abastecerá el sistema, siendo estas de tipo brote definido en ladera.

2.2.2.2. Aforo de las fuentes de agua

El aforo se realizó en época de estiaje. El método utilizado para aforar el nacimiento fue el método volumétrico; procediendo a realizar cinco aforos del nacimiento y promediarlos, para así obtener un caudal total de 2,34 lts/seg.

Donde :

$$Q = V / T \text{ (lts/seg)}$$

$$Q = 18,9270 \text{ lts} / 8,09 \text{ seg}$$

$$Q = 2,34 \text{ lts/seg}$$

V = Volumen del recipiente conocido en litros

T = Tiempo de llenado en segundos

Q = El caudal expresado en litros / segundo

2.2.3. Levantamiento topográfico

La topografía para un proyecto de agua potable define el diseño del sistema, ya que tiene por objeto, medir las extensiones del terreno, determinar la posición y elevación de puntos situados sobre y bajo la superficie del terreno. Dicha topografía se compone de planimetría y nivelación; las cuales se pueden realizar con teodolito y nivel de precisión, respectivamente, si se trata de un levantamiento de primer orden, el cual se emplea cuando la diferencia de alturas entre la fuente y la comunidad, es menor o igual a 10 metros por kilómetro.

Si la diferencia de alturas es mayor y la topografía no es muy complicada, se puede desarrollar un levantamiento de segundo orden, empleando únicamente teodolito para la planimetría y nivelación; lo que se conoce como método taquimétrico.

Después de haberse realizado un caminamiento tentativo en una hoja cartográfica, y hecho un recorrido en las comunidades en estudio para conocer las condiciones topográficas del lugar, la dispersión de viviendas, el posible recorrido de la línea de descarga y la línea de distribución; se consideró factible

realizar un levantamiento de segundo orden, debido a que la diferencia de alturas entre la fuente y la comunidad.

2.2.3.1. Planimetría

Para representar la proyección del terreno de las comunidades sobre un plano horizontal imaginario, se adoptó el método de conservación de azimut; para ello se consideró un norte arbitrario como referencia, realizando mediciones máximas de 110 metros, entre estaciones y para distancias menores de 20 metros se empleó una cinta métrica, utilizando un teodolito South EC-05, con precisión angular de 5" y estatal.

2.2.3.2. Altimetría

Debido a que las diferencias de nivel entre la comunidad y la fuente respecto del lugar donde se ubicará el tanque de distribución, la nivelación se realizó a través de un método indirecto, como el taquimétrico; el cual permite definir las cotas del terreno a trabajar, tanto en las irregularidades como en los cambios de dirección más importantes, en los sitios donde posiblemente se construirán obras complementarias, utilizando el mismo equipo del levantamiento planimétrico.

2.2.3.3. Calidad del agua

En Guatemala la norma de calidad usada es la Norma Coguanor NGO 29001, en la cual se contempla con detalle los análisis que deben realizarse al agua para que califique como agua potable. En esta norma se especifica que al análisis que debe realizarse al agua para que sea potable, es el químico-sanitario y el examen bacteriológico.

2.2.3.3.1. Análisis fisicoquímico

El análisis químico sanitario demostró que el agua es potable, y la Norma Coguanor NGO 29001 indica que estas determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables. Esto confirma que el agua es adecuada para el consumo humano, como lo demuestra el informe que se muestra en el anexo.

2.2.3.3.2. Análisis bacteriológico

Conforme el informe que se muestra en el anexo, se concluye que el agua es potable. Este resultado garantiza que el agua no requiere de tratamiento para su consumo, más que el de la desinfección a base de pastillas de tricloro y que se usa para evitar cualquier contaminación que exista en los accesorios, elementos estructurales y tuberías del sistema.

2.2.4. Periodo de diseño

El período de diseño es el tiempo durante el cual el sistema debe funcionar en óptimas condiciones, y deben tomarse en cuenta aspectos como la durabilidad de los materiales y equipo utilizado, calidad de la construcción y su debido mantenimiento.

El período de diseño que recomiendan instituciones como Unepar es de 20 años; esto no significa que dentro de 20 años el sistema deje de funcionar, el sistema sigue funcionando pero con un porcentaje de deficiencia que está en función del mantenimiento que se le efectúe a dicho sistema; en este caso se adoptó un periodo de diseño de 20 años.

2.2.4.1. Estimación de población de diseño

Aunque existen varios métodos para obtener una proyección del crecimiento poblacional, se recomienda utilizar el método geométrico, por considerarse el más aproximado para estimar el crecimiento de poblaciones de países en vías de desarrollo. Para el efecto se utiliza la población actual que registra el último censo realizado en la comunidad, siempre y cuando este sea confiable. Para la tasa de crecimiento poblacional puede considerarse la tasa rural municipal, basada en las estimaciones calculadas por el INE, entre los años 1990 – 1995.

En los proyectos estudiados se utilizó la tasa de crecimiento departamental de Alta Verapaz, la cual es del 3 %, ya que en el Instituto Nacional de Estadística (INE), no se cuenta con suficiente información sobre la misma.

Método geométrico

$$Pf = Pa (1+i)^{(N+n)}$$

$$\text{Donde: } i = (P2/P1)^{(1/(t2-t1))}$$

Pf = población futura

Pa= población actual

P1 = población inicial

P2 = población final

t1 = fecha inicial

t2 = fecha final

i = tasa de crecimiento

N = periodo de diseño

n = periodo adicional por planificación, diseño, construcción, entre otros.

Ejemplo:

Para el proyecto estudiado se tiene la siguiente información:

Datos del barrio San Luis, San Juan Chamelco, Alta Verapaz:

Población inicial de diseño $P_a = 840$ habitantes

Tasa de crecimiento rural para el departamento de Alta Verapaz: $i = 3\%$

La tasa de crecimiento es según el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Periodo de diseño $N = 20$ años

Periodo adicional $n = 0$ año

$$P_f = 840 \text{ hab} * (1+0,03)^{(20+0)} = 1\ 517 \text{ habitantes.}$$

2.2.5. Criterios de diseño

Son parámetros que determinan un grado de seguridad, o que dictaminan lo conservador que se quiere ser con el cálculo del sistema.

2.2.5.1. Dotación

La dotación es la cantidad de agua, que se le asigna en un día a una persona, se expresa en litros por habitante por día, (lts/hab/día). La dotación debe cubrir las necesidades de consumo de la persona sin afectar sus actividades personales y laborales.

Para poder dotar de agua a una comunidad, se deben tener en cuenta algunos factores importantes como: clima, nivel de vida, actividad productiva y tipo de abastecimiento.

Según las especificaciones de la Unepar, en los servicios de conexión intradomiciliares, con opción a varios grifos por vivienda, debe calcularse la dotación entre un parámetro de 60 a 90 litros; en este caso en particular se considera que el proyecto se realizará en área rural y para clima templado.

Para el proyecto estudiado, previo a determinar la dotación se efectuó una evaluación de consumo diario de algunas familias de las comunidades, dando como resultado la siguiente información:

Preparación de alimentos:	12,00 gal/día/fam
Lavado de utensilios de cocina:	15,00 gal/día/fam
Lavado de ropa (70 gal. 4 veces/semana)	40,00 gal/día/fam
Aseo personal (44 gal. 2 veces/semana)	22,00 gal/día/fam
Otros usos (para el hogar y para animales)	14,00 gal/día/fam
TOTAL =	103,00 gal/día/fam

$$\text{Consumo hab/día} = 103,00 * 3,785 / 6 = 64,97 \text{ l/ hab/día.}$$

Se determinó una dotación de 90 l/hab/día para el barrio San Luis, de San Juan Chamelco, que se considera una dotación adecuada para el caudal que proporciona el nacimiento.

2.2.5.2. Factores de consumo

La cantidad de agua que se consume en las comunidades varía tanto durante el día como durante el año. No se consume la misma cantidad de agua en la mañana como en la tarde, ni tampoco en los meses de verano como en los de invierno. Es por ello que el diseño de abastecimiento de agua debe estar listo para cubrir esa variación de demandas, y de ahí surgen los conceptos de los factores de variación. Estos son principalmente:

- Factor de día máximo de 1,2 a 2
- Factor de hora máxima de 1,5 a 4

2.2.5.2.1. Factor de día máximo (FDM)

El factor de día máximo, compensa la variación en el consumo de agua por parte de la comunidad en un tiempo determinado y se calcula tabulando los datos de consumo durante un año. Según Unepar el factor de día máximo está entre 1,2 y 1,5 para poblaciones menores a 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones mayores a 1,000 habitantes; en este caso se usará 1,2, ya que la población superará los 1 000 habitantes mientras se construye la obra.

2.2.5.2.2. Factor de hora máxima (FHM)

El factor de hora máxima sirve para compensar las variaciones en las horas de mayor consumo. Este factor se debe calcular tabulando los datos de consumo horarios; según Unepar este valor varía entre 2,0 a 3,0, para poblaciones menores a 1 000 habitantes, y 2,0 para poblaciones mayores a 1 000 y como la población sobrepasará los 1 000 habitantes, cuando se construya el proyecto se usará el factor de 2,0 para mayor certeza.

2.2.6. Determinación de los caudales

Los caudales de diseño son los consumos mínimos de agua requeridos por la población que se va a abastecer en un sistema de agua potable; los caudales utilizados se describen a continuación.

2.2.6.1. Consumo medio diario

Es el consumo de agua promedio diario que se le proporciona a la población futura; se calcula mediante la ecuación:

Donde: Q_m = consumo medio diario o caudal medio

$$Q_{md} = \frac{\text{Población futura} * \text{dotación}}{86\,400 \text{ seg}}$$

$$Q_{md} = \frac{1\,517 \text{ Hab.} * 90 \text{ l/hab/día}}{86\,400 \text{ s/día}} = 1,58 \text{ l/s.}$$

2.2.6.2. Consumo máximo diario

Es conocido como caudal de conducción, ese el máximo consumo de agua en un día, registrado durante un año; utilizado para el diseño de la línea de conducción, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_{\text{max. diario}} = Q_{md} * f_{dm}$$

Donde:

$Q_{\text{max. diario}}$ = caudal máximo diario o caudal de conducción

Q_m = consumo medio diario o caudal medio

f_{dm} = factor día máximo

El caudal de conducción para el barrio San Luis es el siguiente:

$$Q_c = 1,58 \text{ l/s.} * 1,2 = 1,89 \text{ l/s.}$$

2.2.6.3. Consumo máximo horario

Es conocido también como el caudal de distribución; el consumo máximo horario se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente 2,0 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes. La selección del factor es función inversa al tamaño de la población a servir, tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de hora máxima es de 2,2; este es utilizado para el diseño de diámetro de tubería en la red de distribución, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_d = Q_m * FHM$$

Donde:

Q_d = caudal máximo horario o caudal de distribución

Q_m = consumo medio diario o caudal medio

FHM = factor hora máxima

El caudal de distribución para el barrio San Luis es el siguiente:

$$Q_d = 1,58 \text{ l/s.} * 2,2 = 3,47 \text{ l/s.}$$

2.2.6.4. Factor de gasto

Estos factores son los utilizados para el diseño del diámetro óptimo en la red de distribución, tomando el mayor de ellos para el diseño a través de la fórmula de Hazen Williams.

2.2.6.5. Factor por vivienda

El caudal por vivienda es la cantidad de agua que consume una familia en un día; se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$Q_v = Q_d / \text{Núm. de viviendas}$$

$$Q_v = 3,47 \text{ l/s} / 140 \text{ viviendas}$$

$$Q_v = 0,02478 \text{ l/seg}$$

2.2.6.6. Caudal instantáneo

También conocido como caudal instantáneo, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$Q_i = 0,15\sqrt{n-1}$$

Donde:

$$n = \text{conexiones} = 6 \text{ viv.}$$

$$Q_i = \text{caudal instantáneo (en el nodo a analizar)}$$

$$Q_i = 0,33541$$

2.2.7. Diseño de los componentes del sistema

Los elementos que conforman el sistema son: captaciones, tuberías, y hasta las obras hidráulicas.

2.2.7.1. Captación

Es una estructura realizada con el fin de coleccionar agua de las fuentes, y asegurar, bajo cualquier condición de flujo y durante todo el año, la captación del caudal previsto.

El tipo de obra que se utilice está en función de las características de la fuente y según el tipo de esta, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fuente de ladera concentrada: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento horizontal del agua en uno o varios puntos definidos.
- Fuente de fondo concentrado: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento vertical en un punto definido.
- Fuente de fondo difuso: es la captación de una fuente subterránea con afloramientos verticales en una zona extensa.

Las fuentes del proyecto son de tipo brote definido en ladera, por lo que se diseñaron captaciones típicas.

2.2.7.2. Diseño de la línea de conducción

El diseño de la línea de conducción contiene los cálculos necesarios para hallar el diámetro óptimo de la línea de conducción, el cual va desde los nacimientos existentes, hasta el tanque de distribución, con una diferencia de nivel de 207,617 metros; el sistema será por gravedad. La conducción se diseñó con tubería de cloruro de polivinilo (PVC), con diferentes diámetros; los cuales son chequeados de acuerdo con las ecuaciones; también se necesitó

utilizar tubería de diferentes presiones para evitar demasiadas cajas rompedoras.

Básicamente el diseño de la línea de conducción incluye a toda la tubería que transporta el caudal máximo diario conocido como el caudal de conducción, desde la captación hasta el tanque de distribución.

Las conducciones pueden ser por gravedad o por bombeo, en este caso se utilizó por gravedad. Para el diseño del diámetro óptimo de la tubería, se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Hazen – Williams } H_f = (1743.81141 * L * Q^{1,85}) / (C^{1,85} * D^{4,87})$$

Donde:

H_f = pérdida de carga (m)

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal (L / s)

C = rugosidad en la tubería (PVC = 150)

D = diámetro de la tubería (pulg)

Despejando la incógnita “D” de ecuación de Hazen – Williams, se obtiene el diámetro de la tubería a utilizar:

$$D = [(1743,811 * L * Q^{1,85}) / (C^{1,85} * H_f)]^{(1 / 4,87)}$$

En cada tramo se ajustará la pérdida de carga a la altura disponible proporcionada por la topografía.

Ejemplo de cálculo:

DE E-0 A E-42

En E-0 se construirá la obra de captación, mientras que en la estación E-42 se construirá una caja rompedora, para evitar daños en la tubería de conducción:

Cota inicial del terreno E-0 = 1 000,000

Cota final del terreno E-42 = 864,169

Longitud = $1\,227,36 \times 1,04 = 1\,276,45$ metros

Caudal (Q) = 2,34 lts/seg.

Hf = 135,831

Luego empleando la fórmula de Hazen & Williams y sustituyendo valores, se obtiene el diámetro adecuado para la longitud de tubería indicada en los datos anteriores:

$$D = \left(\frac{1743,81141 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{(1/4,87)} = 1,51 \text{ plg.}$$

$$D = \left(\frac{1743,81141 * 1276,45 * 2,34^{1,85}}{135,83 * 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)} = 1,51 \text{ plg.}$$

Llevando este dato a diámetros comerciales se decide utilizar tubería de 2". Si la tubería es de 2", entonces $H_f = 22,076$ metros $< H$; cumple.

De acuerdo con los resultados, el tramo estará formado por 821 tubos de 2" de PVC de 160 psi equivalentes a 4 923 metros lineales.

2.2.7.3. Diseño de la red de distribución

El diseño hidráulico se hará con base en la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería, de los cuales se emplean los siguientes conceptos:

- Presión estática en las tuberías: se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. La máxima presión estática que soportan las tuberías de 160 psi es 90 m.c.a.; a las tuberías de 250 psi les corresponden 140 m.c.a.; teóricamente pueden soportar más, pero por efectos de seguridad, si hay presiones mayores a 160 psi, es necesario colocar una caja rompepresión o tubería con mayor resistencia. En la red de distribución la máxima presión estática permitida es de 40 m.c.a., ya que a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería.
- Presión dinámica en la tubería: cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor disminuyéndose por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería; lo que era altura de carga estática, ahora se convierte en altura de presión más pequeña, por el consumo de la misma se le llama pérdida de carga. La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 m.c.a., pero con datos justificados se pueden trabajar hasta con un mínimo de 5 m.c.a.
- Línea piezométrica es la forma de representar gráficamente los cambios de presión en la tubería, esto indica para cada punto de la tubería, tres elementos:

- La distancia que existe entre la línea piezométrica y la presión estática en cada punto, representa la pérdida de carga o de altura de presión que ha sufrido el líquido a partir del recipiente de alimentación.
- La distancia entre la línea piezométrica y la tubería representa el resto de presión estática, es decir, la presión que se mediría si se pone en el momento del flujo un manómetro en ese punto.
- La pendiente de la línea piezométrica representa la cantidad de altura de presión que está consumiendo por cada unidad de longitud en metros que recorre el agua.

El diseño de la red de distribución se efectúa por medio de ramales abiertos, teniendo en cuenta analizarlo por nudos, debido a las grandes distancias que existen entre las viviendas y las condiciones de topografía del lugar. El caudal de diseño para la red será el de consumo de hora máximo o mejor conocido como caudal de distribución.

Del diseño para el barrio San Luis, se presenta el cálculo para el tramo de tubería entre las estaciones E-F7. y E-B53, que corresponden al ramal 1, cuyo resumen de cálculo se presenta en los apéndices.

Ejemplo de cálculo:

E-F7.CTo = 989,34 mts.

E-B53 CTf = 954,68 mts.

Diferencia de cotas = 34,66 mts.

Distancia horizontal L = 340,11 + 3 % = 350,3 mts.

Caudal de distribución = 1,60 lts/seg

Número total de conexiones = 56

Número de viviendas entre E-F7 y E-B53 = 6

Factor de gasto (FG) = Qd / núm. de viviendas

$$FG = 1,60 / 56 = 0,02857$$

Caudal del tramo E-F7 a B-53 = $0,02857 * 6 = 0.17$ lts/seg por vivienda.

Para determinar el diámetro de la tubería en este tramo será necesario considerar los siguientes aspectos: el flujo debe ingresar a la tubería domiciliar de la última vivienda con una presión de 15 m.c.a., lo que permite tener una pérdida de 19,66 m.c.a.; entonces:

$$H_f = 19,66 \text{ m.c.a.}$$

$$Q = 0,17 \text{ lts/seg.}$$

$$L = 350,30 \text{ mts.}$$

$$C = 150 \text{ de rugosidad}$$

Aplicando la fórmula de Hazen & Williams se obtiene:

$$D = \left(\frac{1743,81141 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$D = \left(\frac{1743,81141 * 350,30 * 0.17^{1,85}}{19,66 * 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$\varnothing = 0,636''$$

Al no existir este diámetro en el mercado, entonces:

$$\varnothing \text{ interior inmediato mayor} = 0,716 \text{ plg. } (\varnothing \text{ comercial } 1/2'')$$

Calculando H_f con Q , L , C y $\varnothing = 0,716''$ se obtiene:

$$H_f = 11,04 \text{ m.c.a.}$$

Verificación de la velocidad:

$$V = 1,974 * Q / D^2$$

V = velocidad

Q = caudal de tramo (lts/seg)

D = diámetro de tubería (pulgadas)

$$V = 1\,974 * 0,17 / 0,716^2 = 0,65 \text{ mts/seg}$$

$$0,4 \text{ mts/seg} \leq 0,65 \text{ mts/seg} \leq 3 \text{ mts/seg} \quad \text{ok}$$

Resultados:

$$C_{To} = 989,34$$

$$C_{Tf} = 954,68$$

$C_{Po} = C_{To}$, ya que sale de la caja rompedora

$$C_{Pf} = C_{To} - H_f$$

$$C_{Pf} = 989,34 - 11,04 = 978,30$$

Presión hidrodinámica = $C_{Pf} - C_{Tf}$

$$\text{Presión hidrodinámica} = 978,30 - 954,68 = 23,62 \text{ m.c.a.}$$

Presión hidrostática = CPf E-419 - CTf (en este caso la cota es la del tanque de distribución entonces CPf E-419).

$$\text{Presión hidrostática} = 998,20 - 954,68 = 43,52 \text{ m.c.a.}$$

2.2.8. Tanque de distribución

El objetivo del tanque de almacenamiento es compensar las horas de mayor demanda; según Unepar el volumen se encuentra entre 25 y 40 % del consumo máximo diario en sistemas por gravedad. Para efecto del diseño se asume un 30 % del consumo máximo diario; de modo que se utiliza la ecuación siguiente:

Cálculo de volumen: en este caso se tomará un 10 % por eventualidades, entonces el porcentaje a utilizar será de 40 %.

$$\text{Vol} = 40 \% * Q_m * 86,400 \text{ seg}$$

$$\text{Vol} = 40 \% * \left(\frac{\text{Dot} * P_f}{86,400 \text{ Seg/día}} * 86,400 \text{ Seg} \right)$$

Pf = población futura (habitantes)

Po = población inicial (habitantes)

$$\text{Vol.} = 40 \% * \left(\frac{90 \text{ l/Hab/día} * 1\,517 \text{ Hab}}{86\,400 \text{ Sg/día}} \right) * 86\,400$$

$$\text{Vol.} = 54,61 \text{ m}^3$$

Para efectos de diseño, el volumen del tanque será de 55,0 m³ y conforme la geología del terreno, se construirá de concreto ciclópeo.

Datos utilizados para el diseño:

$F'c$ = resistencia a la compresión del concreto (210 Kg/cm²)

Fy = esfuerzo de fluencia del acero grado 40 (2 810 Kg/cm²)

Γ_c = peso específico del concreto (2 810 Kg/m³)

Γ_s = peso específico del suelo (1,30 ton/m³) (Ing. Jadenon Cabrera)

Vs = valor soporte del suelo (20 ton/m²) (Ing. Jadenon Cabrera)

Γ_a = peso específico del agua (1 ton/m³)

Φ = coeficiente de rozamiento (18,7 °)

Dimensiones del tanque:

Capacidad del tanque = 55,0 m³

Para comenzar se asume una altura del nivel de agua de 2,50 mts

Entonces: $(55,0/2,50) = 22,00 \text{ m}^2$

$\sqrt{(22,00)} = 4,69 \text{ mts} \approx 4,70 \text{ mts}$

Las dimensiones del tanque serán: $(4,70 \text{ m} * 4,70 \text{ m} * 2,50 \text{ m}) = 55,225 \text{ m}^3$

2.2.8.1. Diseño estructural de la cubierta

La estructura de cubierta se diseñará con una losa de concreto reforzada, con las dimensiones que a continuación se describen.

2.2.8.2. Dimensiones de la losa

Longitud = 5,0 m

Ancho = 5,0 m

Haciendo uso del código ACI (*American Concrete Institute*) y el método 3, se citan los aspectos siguientes para los diversos cálculos.

2.2.8.3. Coeficiente de momentos

- Cálculo del coeficiente de momentos (m) a usar en el código ACI, que es la relación entre el lado menor y lado mayor:

m = coeficiente de momentos

a = lado menor (mts)

b = lado mayor (mts)

$m = a/b = 5,0/5,0 = 1$

2.2.8.4. Espesor de la losa

- Cálculo del espesor de la losa (t):

$t = \text{perímetro} / 180$

$t = 2 * (5,0 + 5,0) / 180 = 0,111 \text{ m} \approx 0,12 \text{ mts}$

t = 12 cm

2.2.8.5. Integración de cargas

Aquí se incluyen los diversos tipos de cargas que deben tomarse en cuenta.

2.2.8.5.1. Carga muerta

$$CM = PpLosa + \text{sobre peso}$$

$$PpLosa = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 * t * 1,00 \text{ m}$$

$$PpLosa = 2\,400 \text{ Kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} * 1,00 \text{ m}$$

$$PpLosa = 288 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Sobre peso} = 60 \text{ Kg/m (acabados)}$$

$$CM = 288 \text{ Kg/m} + 60 \text{ Kg/m} = 348 \text{ Kg/m}$$

$$CM = 348 \text{ Kg/m}$$

2.2.8.5.2. Carga viva

Son las fuerzas externas que actúan en la estructura:

$$CV = 100 \text{ Kg/m}$$

2.2.8.6. Cargas últimas

Se refieren a la sumatoria de cargas vivas y muertas afectadas por un factor de seguridad. El factor para carga muerta es de 40 % más, y para la carga viva de 70 %.

$$CMu = 348 \text{ Kg/m} * 1,40 = 487,2 \text{ Kg/m}$$

$$CVu = 100 \text{ Kg/m} * 1,70 = 170 \text{ Kg/m}$$

$$CU = CMu + CVu$$

$$CU = 487,20 \text{ Kg/m} + 170 \text{ Kg/m}$$

$$CU = 657,20 \text{ Kg/m}$$

2.2.8.6.1. Momentos que actúan en la losa

Los momentos pueden ser positivos o negativos, conforme se aplique la integración de la carga en la losa y de acuerdo con la posición de giro. En este caso los momentos analizados tanto del lado A como del lado B serán los mismos, debido a que las dimensiones de ambos lados son iguales:

$$M(+)\text{A} = A^2 * (C_a C_M * C_{Mu} + C_a C_V * C_{Vu})$$

$$M(+)\text{A} = (5,0)^2 * ((0,036 * 487,2 \text{ Kg/m}) + (0,036 * 170 \text{ Kg/m}))$$

$$M(+)\text{A} = 591,48 \text{ Kg-m}$$

$$M(-)\text{A} = 591,48 \text{ Kg-m} / 3$$

$$M(-)\text{A} = 197,16 \text{ Kg-m}$$

$$M(+)\text{B} = B^2 * (C_b C_M * C_{Mu} + C_b C_V * C_{Vu})$$

$$M(+)\text{B} = 591,48 \text{ Kg-m}$$

$$M(-)\text{B} = 197,16 \text{ Kg-m} / 3$$

$$M(-)\text{B} = 197,16 \text{ Kg-m}$$

2.2.8.6.2. Acero mínimo y espaciamiento

Cálculo de acero mínimo (A_{smin}):

$$A_{smin} = 100 \% (14,1 / F_y) * b * d$$

Donde: $b = 1,00$

Franja unitaria

$d = t - \text{recubrimiento}$

$d = 12 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm}$

$d = 9,5 \text{ cm}$

$$A_{smin} = 1,00 (14,1 / 2810 \text{ Kg/cm}^2) * 100 \text{ cm} * 9,5 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = 4,77 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento:

Se propone varilla núm. 3, grado 40, área de la varilla núm.3 $\rightarrow 0,71 \text{ cm}^2$

$$4,77 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm} / 4,77 \text{ cm}^2$$

$$S = 14,88 \text{ cm}$$

$$\text{Pero } S_{max} = 3 * t$$

$$S_{max} = 3 * 12 \text{ cm} = 36 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 36 \text{ cm}$$

Por cuestiones de armado se colocará:

Cálculo de la nueva área de acero mínimo con un espaciamiento máximo:

$$A_{smin} \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 36$$

Por armado y uniformidad se propone un armado con separación mínima de 28 cm

$$A_{smin} = (100 * 0,71) / 28 = 2,54 \text{ cm}^2$$

Cálculo del momento que resiste el área de acero mínimo.

$$\text{Momento } A_{smin} = (\Phi * A_{smin} * F_y) [d - (A_{smin} * F_y) / 1,7 * F'c * b]$$

$$\begin{aligned} \text{Momento Asmin} &= (0.90 \cdot 4,77 \cdot 2810)(9.5 - [4,77 \cdot 2810] / 1,7 \cdot 210 \cdot 100) \\ &= 112189,8476 \text{ Kg-cm} \end{aligned}$$

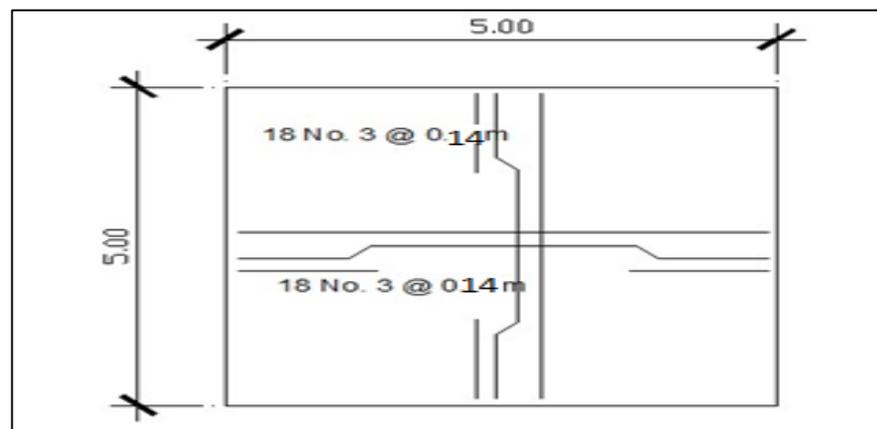
$$\text{Momento Asmin} = (112189,8476 \text{ kg-cm}) / 100 \text{ cm} = 1121,89 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Momento Asmin} = 1121,89 \text{ Kg-m}$$

Se puede observar que el momento que resiste el área de acero mínimo es mayor que los momentos que actúan sobre la losa, por lo tanto se propone el siguiente armado: varillas núm. 3 G40 @ 0,14 mts.

El detalle de refuerzo para la losa se presenta a continuación:

Figura 16. Diagrama de refuerzo



Fuente: Comité 318, Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado.
<http://images.slideplayer.es/3/1127301/slides/slides>. Consulta: 20 de enero de 2014.

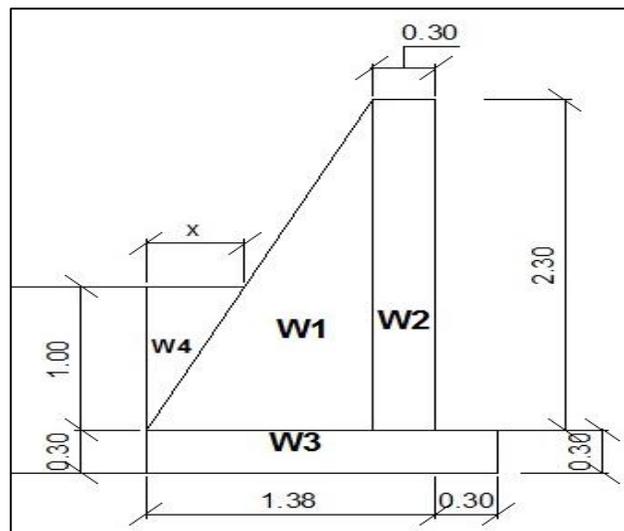
2.2.8.7. Diseño estructural del muro

Por las características geográficas del terreno se diseñarán muros de gravedad, para la construcción del tanque de almacenamiento.

2.2.8.7.1. Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro

Para una mejor visualización se presenta un corte transversal del muro:

Figura 17. Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$R_{o.agua} = 1\ 000\ \text{Kg/m}^3$ (peso específico del agua)

$C_f = 0,60$ (coeficiente de fricción)

Base = $C_f * H$

Base = $0,60 * 2,30\ \text{m}$

Base = 1,38 m

Γ_c = peso específico del concreto (2 400 Kg/m³)

Γ_s = peso específico del suelo (1,30 ton/m³)

V_s = valor soporte del suelo (20 ton/m²) (asumido)

Γ_a = peso específico del agua (1 ton/m³)

Φ = coeficiente de rozamiento (18,7 °)

Γ_{cc} = peso específico del concreto ciclópeo (2 300 Kg/m³)

2.2.8.7.2. Integración de cargas que soportan los muros

A continuación se presenta una tabla con los datos de la integración de las cargas: para encontrar la distancia X que forma la figura 2, se realiza por semejanza de triángulos, procediendo de la siguiente forma:

$$\frac{X}{1 \text{ m}} = \frac{1,08 \text{ m}}{2,30 \text{ m}} \quad \text{Donde } X = 0,47 \text{ mt.}$$

Tabla V. Cálculo de momentos que soportan los muros

Fig.	$W_r(\text{Kg}) = \text{Ro.muro}(\text{Kg/m}^3) * A(\text{m})$	Brazo (m)	$M_r(\text{Kg-m})$
1	$2,300 * 0,5 * 1,08 * 2,30 = 2 856,6$	$(0,3+0,3)+1/3*1,08 = 0,96$	2 742,33
2	$2 300 * 0,30 * 2,30 = 1,587$	$(0,3)+(0,3/2) = 0,45$	714,15
3	$2 300 * 1,68 * 0,30 = 1 159,20$	$1,50/2 = 0,84$	776,25
4	$1 300 * 0,50 * 0,47 * 1,00 = 305,5$	$(0,60)+2/3*0,45 = 0,90$	973,728
	$\sum W_r = 5 908,30 \text{ Kg}$		$\sum M_r = 5 206,458$ Kg-m

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.7.3. Cargas de la losa y de la viga hacia el muro

Carga uniformemente distribuida que ejerce la viga del lado menor sobre el muro.

$$Losa = CU * A/L$$

$$Wlosa = 657,20 \text{ Kg} * 5,00 \text{ m}^2 / 5 \text{ m}$$

$$Wlosa = 657,20 \text{ Kg/m}$$

2.2.8.7.4. Carga uniforme distribuida que ejerce la viga sobre el muro

$$Wviga = \Gamma_c * b * h$$

$$Wviga = 2400 \text{ Kg/m}^3 * 0,20 \text{ m} * 0,40 \text{ m}$$

$$Wviga = 192 \text{ Kg/m}$$

2.2.8.7.5. Suma de cargas uniformemente distribuidas (Wlv)

$$Wlv = Wlosa + Wviga$$

$$Wlv = 657,20 \text{ Kg/m} + 192 \text{ Kg/m}$$

$$Wlv = 849,20 \text{ Kg/m}$$

Considerando la carga uniformemente distribuida como una carga puntual sobre una franja unitaria (Pc):

$$Pc = 849,20 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m}$$

$$Pc = 849,20 \text{ Kg}$$

2.2.8.7.6. Momento que ejerce la carga puntual Pc (Mc)

$$Mc = 849,20 \text{ Kg} * ((0,5 * 0,30 \text{ m}) + 0,30 \text{ m})$$

$$Mc = 382,14 \text{ Kg-m}$$

2.2.8.7.7. Carga total (Wt)

$$Wt = 5 \text{ 908,30 Kg} + 382,14 \text{ Kg}$$

$$Wt = 6 \text{ 290,44 Kg}$$

2.2.8.7.8. Presión activa

$$Pa = \Gamma_s * 1/3 * H^2 / 2$$

$$Pa = 1 \text{ 300 Kg/m}^3 * 1/3 * (1,30+0,3 \text{ mts})^2 / 2$$

$$Pa = 554,66 \text{ Kg}$$

2.2.8.7.9. Chequeo del muro contra volteo

$$Mv = Pa * H/3$$

$$Mv = 554,66 \text{ Kg} * (1/3 * 1,00 \text{ m} + 0,60 \text{ m})=$$

$$Mv = 517,68 \text{ Kg-m}$$

2.2.8.7.10. Verificación contra volteo

$$FS = Mr/Mv$$

$$FS = 5 \text{ 206,458 Kg-m} / 517,68 \text{ Kg-m}$$

$$FS = 10,057$$

6,68 > 1,5 verifica contra volteo.

2.2.8.7.11. Chequeo del muro contra deslizamiento

$$F_f = W_t * \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_f = 6\,290,44 \text{ Kg} * 0,60$$

$$F_f = 3\,774,264 \text{ Kg}$$

$$FS = F_f / P_a$$

$$FS = 3\,774,264 \text{ Kg} / 554,66 \text{ Kg}$$

$$FS = 6,8$$

6.8 > 1,5 verifica contra deslizamiento.

2.2.8.7.12. Chequeo de presiones

$$X = (M_r - M_v) / W_t$$

$$X = (5\,206,458 \text{ Kg-m} - 517,68 \text{ Kg-m}) / 6\,290,44 \text{ Kg}$$

$$X = 0,745 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - X$$

$$e = (1,68 \text{ m} / 2) - 0,745 \text{ m}$$

$$e = 0,0956 \text{ m}$$

2.2.8.7.13. Cálculo de presión sobre el suelo

$$P = (W_t / A) * (1 + 6*(e/b))$$

$$P = (6\,290,44 \text{ Kg} / 1,68 \text{ m} * 1 \text{ m}) * (1 + (6*(0,0956 / 1,68 \text{ m})))$$

$$P_{\text{max}} = 5\,022,61 \text{ Kg/m}^2 < V_s$$

$$P_{\min} = 2\,465,89 \text{ Kg/m}^2 > 0$$

Como $5\,022,61 \text{ Kg/m}^2 < 21,000 \text{ Kg/m}^2$ el suelo resiste la presión del muro.

Habiendo revisado todos los aspectos de cálculo para el muro y cumpliendo con los factores de seguridad, se concluye que las dimensiones que se adoptaron para el muro por gravedad son adecuadas.

2.2.8.8. Desinfección

La desinfección es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos.

La filtración es un método físico, aunque por sí sola no garantiza la calidad del agua. Por ebullición es otro método que por alta temperatura destruye microorganismos patógenos en el agua. Rayos ultra violeta es un método de muy alto costo.

Los métodos químicos más empleados para desinfección son: el yodo, la plata y cloro.

El cloro es un poderoso desinfectante que tiene la capacidad de penetrar en las células y de combinarse con las sustancias celulares vivas; es el más común en sistemas de acueductos rurales. La cloración es el tratamiento que se le da al agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados (hipocloritos de calcio o sodio y gas cloro). Este método es de fácil aplicación y económico.

Las tabletas de tricloro son pastillas o tabletas de cloro, con una solución al 90 % y un 10 % de estabilizador; el peso de la tableta es de 200 gr y la velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gr en 24 horas.

El alimentador automático de tricloro es un recipiente en forma de termo que alberga tabletas que se disuelven mediante el paso del agua en el mismo; estos alimentadores vienen en diferentes capacidades de tabletas, las que dependen del caudal requerido. De los derivados de cloro se eligieron las tabletas a través del alimentador automático, por económicas, en cuanto a su costo y operación.

Para determinar la cantidad de tabletas necesarias para clorar el agua del proyecto se hace mediante la ecuación siguiente:

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

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro

M = litros de agua a tratarse por día

D = número de días que durará

% C = concentración de cloro

Para el diseño de este proyecto se determina la cantidad de tabletas de tricloro que se necesita para clorar el agua, para un periodo de 30 días:

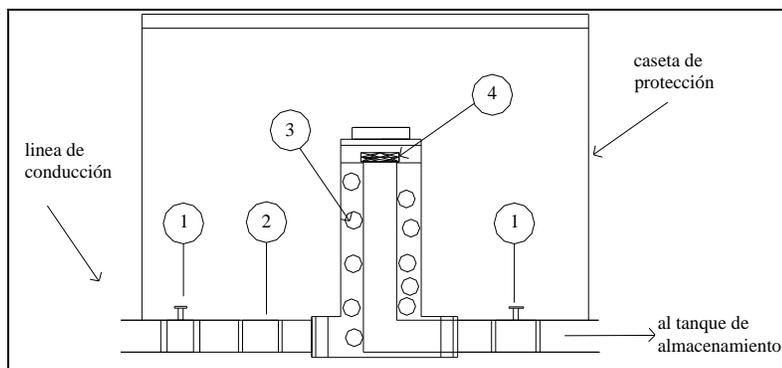
$$G = \frac{0,001 * 57,888 * 15}{0,9}$$

$$G = 964,80 \text{ gr.}$$

Esto significa, que se necesitan 965 gramos de tricloro; el equivalente a 5 tabletas. Se requiere de un alimentador automático modelo C-250CF, con capacidad para 5 tabletas máximo. La instalación de este sistema de cloración debe hacerse en función del diámetro de la tubería de conducción así: para diámetros mayores de 2 pulgadas el alimentador debe colocarse en paralelo con la línea de conducción; en tanto que si el diámetro de la tubería de conducción es igual o menor a 2 pulgadas, el alimentador debe colocarse en serie con esta.

Con base en lo anterior, la instalación del hipoclorador se hará en paralelo con la tubería de conducción, tal como se muestra en la figura 3, entre la caja de válvula de entrada y el tanque de distribución; este sistema permite que en forma directa se inyecte la solución a la tubería; con esto se logra una mezcla más homogénea en menor tiempo, en el tanque de distribución.

Figura 18. **Instalación del alimentador automático del tricloro**



Descripción de los componentes del alimentador automático tricloro:

1. Válvula de paso
2. Válvula de cheque
3. Ubicación de las pastillas de tricloro, estas se disuelven por erosión y disolución normal causada por agua
4. Filtro para solución

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Obras hidráulicas

Son obras accesorias que sirven para complementar el paso de la tubería y cumplen distintas funciones. Son llamadas también obras de arte por el trabajo que llevan en su elaboración.

2.2.9.1. Válvulas

Son elementos que complementan el sistema de agua potable, su función primordial es reducir parcial o totalmente el flujo de agua que se transporta en determinada sección de tubería, evitando la circulación de la misma, ya sea para hacer reparaciones en el sistema o cualquier otra

eventualidad; en este caso se instalarán válvulas de limpieza, de aire y de control.

2.2.9.2. Caja rompepresión

Este accesorio sirve para que la presión estática en un punto específico del tramo de conducción o distribución, se pueda volver a un valor de cero. Esto se hace con la finalidad de no utilizar tubería de mayor resistencia (en línea de conducción), y así poder optimizar costos, como también para mantener los parámetros de presión máxima y mínima en la red de distribución, con el fin de no dañar los accesorios en las viviendas.

En este caso se ubicó una caja en la estación E-42 de la red de distribución (esta caja incluyen flote).

2.2.10. Elaboración de planos

Se elaboraron los planos de planta general, densidad de vivienda, planta perfil de la línea de conducción y red de distribución, detalles de tanque de distribución, obras de arte. Ver planos en apéndice.

2.2.11. Elaboración de presupuesto

La integración del presupuesto se realizó con base en precios unitarios, considerando los precios de materiales que se cotizaron en la región, en cuanto a mano de obra los salarios que la municipalidad estime; los costos indirectos no se consideraron por requerimiento de la municipalidad.

Tabla VI. **Presupuesto**

Resumen de costos					
Proyecto:	Sistema de Abastecimiento de Agua Potable				
Localización:	Barrio San Luis				
Municipio:	San Juan Chamelco				
Departamento	Alta Verapaz				
Núm.	Resumen	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Replanteo topográfico	Kilómetro	4,90	Q 3 877,44	Q 18 999,46
2	Captación	Unidad	1,00	Q 17 548,70	Q 17 548,70
3	Válvula de aire con caja	Unidad	2,00	Q 11 175,45	Q 22 350,90
4	Válvula de limpieza con caja	Unidad	2,00	Q 11 285,30	Q 22 570,60
5	Línea de conducción	ML	4 848,00	Q 106,84	Q 517 960,32
6	Red de distribución	ML	3 126,00	Q 71,62	Q 223 899,00
7	Caja rompepresión	Unidad	1,00	Q 9 491,95	Q 9 491,95
8	Tanque de distribución	Unidad	1,00	Q 31 374,84	Q 31 374,84
9	Hipoclorados	Unidad	1,00	Q 6 000,00	Q 6 000,00
10	Limpieza fial	Unidad	1,00	Q 2 821,00	Q 2 821,00
Costo total de proyecto					Q 873 016,77

Fuente: elaboración propia.

Nota: el desglose de costos se encuentra en el apéndice.

2.2.12. Plan de operación y mantenimiento

Para que un sistema de agua potable cumpla con su cometido y sea sostenible durante el periodo para el que se diseña, se requiere de un fondo para operar el sistema y darle mantenimiento.

2.2.12.1. Tarifa

Se determinó una tarifa que cada una de las viviendas, como usuario, debe cancelar, en función del costo de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva.

2.2.12.2. Costo de operación (O)

Representa el pago al fontanero por revisión de la tubería y conexiones domiciliarias:

$$O = ((\text{Long.tubería} * 1/3 * \text{Jornal}) + (\text{No.conexiones} * 1/20 * \text{Jornal}))$$

$$O = ((6.00\text{Mts} * 1/3 * Q75.00) + (140\text{viv} * 1/20 * Q75.00))$$

$$O = Q 675,00/\text{mensual}$$

2.2.12.3. Costo de mantenimiento (M)

Este costo servirá para la compra de materiales, en caso de que sea necesario cambiar los ya instalados o para la ampliación de los mismos. Se estima como el 7,8 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0,0078 * \text{Costo total del proyecto}}{10}$$

$$M = \frac{0,0078 * Q 835641,93}{10}$$

$$M = Q 65,80/\text{mensual}$$

2.2.12.4. Costo de tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de tabletas de tricloro, método seleccionado para la desinfección del agua, el cual se hará mensualmente.

$$T = \frac{30 * \text{Costo tableta en gr.} * \text{Relación agua cloro} * Qc * 86400}{\text{Concentración de cloro}}$$

$$30 * 1,50 * 0,001 * 0,80 \text{Lts / seg} * 86$$

$$T = \frac{400}{0,9}$$

$$T = Q 3456,00/\text{mensual}$$

2.2.12.5. Costo de administración (A)

Representa el fondo que servirá para gastos de la administración del proyecto. Se estima que es el 15 % de la suma de los tres anteriores.

$$A = 25 \% (O + M + T)$$

$$A = 0,25 * (Q 675,00 + Q 651,80 + Q 3 456,00)$$

$$A = Q 1 195,70/\text{mensual}$$

2.2.12.6. Costo de reserva (R)

Se le denomina a una reserva económica para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será el 20 % de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento:

$$R = 20 \% (O + M + T)$$

$$R = 0,20 * (Q 675,00 + Q 651,80+ Q 3 456,00))$$

$$R = Q 956,56/\text{mensual}$$

2.2.13. Propuesta tarifaria

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido entre el número de viviendas.

$$\text{Tarifa} = (O+M+T+A+R)/\text{Núm. de viviendas}$$

$$\text{Tarifa} = (Q 675,00 + Q 651,80+ Q 3 456,00+ Q 1 195,70+ Q 956,56) /140$$

viviendas

$$\text{Tarifa} = Q 49,54 \approx Q 50,00/\text{mes}$$

La tarifa calculada será de aproximadamente Q 50,00 por mes. La cual es adecuada para la población.

2.2.14. Evaluación de impacto ambiental

La construcción de cualquier tipo de obra civil, al igual que todas las actividades realizadas por el hombre en la faz de la tierra, genera impacto en los componentes ambientales: físico, biológico y social. Este impacto puede ser de carácter positivo, negativo irreversible, negativo con posibles mitigaciones o neutro.

En 1972 fue celebrada una conferencia mundial por las Naciones Unidas en Estocolmo, Suecia, a partir de la cual Guatemala aceptó integrarse a los programas mundiales de protección y mejoramiento del medio ambiente. Posteriormente, en 1986 se creó el decreto 68-86, Ley de Protección y

Mejoramiento del Medio Ambiente, y se organizó la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En el 2000, esta se transforma en el Ministerio de Ambiente, el cual tiene a su cargo la aplicación de la ley y sus reglamentos.

2.2.14.1. Principios de evaluación

Según las leyes vigentes, se pueden realizar dos tipos de estudios de impacto ambiental: no significativo (o evaluación rápida) e impacto ambiental significativo (o evaluación general).

2.2.14.2. Impacto ambiental no significativo (o evaluación rápida)

Es el estudio que se realizará a través de una visita de observación al sitio propuesto, por técnicos en la materia aprobados por el Ministerio de Ambiente y por cuenta del interesado, para determinar si la acción propuesta no afecta significativamente el ambiente.

El criterio debe basarse en proyectos similares en tamaño, localización y otros indicadores que se consideren pertinentes.

2.2.14.3. Impacto ambiental significativo (o evaluación general)

Estas evaluaciones se podrán desarrollar en dos fases: fase preliminar o de factibilidad que debe contar con:

- Datos de la persona interesada, individual o jurídica

- Descripción del proyecto y escenario ambiental (natural, social y humano)
- Principales impactos y medidas de mitigación
- Sistemas de disposición de desechos
- Plan de contingencia
- Plan de seguridad humana
- Otros datos que se consideren necesarios

Fase completa: generalmente, se aplica a proyectos con grandes impactos, que además de lo establecido en la fase preliminar, deberán responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?
- ¿Cuál es el alcance de los cambios que sucedan?
- ¿Qué importancia tiene los cambios?
- ¿Qué puede hacerse para prevenirlos o mitigarlos?
- ¿Qué opciones o posibilidades son factibles?
- ¿Qué piensa la comunidad del proyecto?

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

2.2.14.4. Impactos y medidas de mitigación

Para la construcción de un sistema de agua potable los impactos generados se consideran poco significativos, por lo que se puede realizar una

evaluación rápida. Esta evaluación debe contener información básica y establecer con suficiente nivel de detalle los impactos negativos previstos y sus medidas de mitigación propuestas con su respectivo costo.

2.2.14.5. Evaluación rápida

A continuación se dan a conocer los datos esenciales del presente proyecto.

2.2.14.5.1. Información sobre el proyecto

- Nombre de la comunidad: barrio San Luis
- Municipio: San Juan Chamelco
- Departamento: Alta Verapaz

2.2.14.5.2. Tipo de proyecto

Sistema de introducción de agua potable.

2.2.14.5.3. Consideraciones especiales

Se refiere a las consideraciones identificadas durante visita de campo como: ubicación de proyecto, condiciones climatológicas, más las consideraciones descritas a continuación que no aplican.

2.2.14.5.4. Consideraciones sobre áreas protegidas

Son las áreas que se encuentra incluidas dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP).

- ¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida? no
- Nombre del área protegida: no aplica.
- Categoría de manejo del área protegida: no aplica.
- Base legal de la declaratoria del área protegida: no aplica.
- Ente administrador del área protegida: no aplica.
- Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida: no se encuentra dentro de zonas protegidas.
- Por la ubicación del proyecto dentro de áreas del SIGAP: el proyecto no requiere un estudio de impacto ambiental.

2.2.14.5.5. Consideraciones sobre ecosistemas naturales

- ¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural? No
- ¿Estado actual del ecosistema? No aplica.

2.2.14.5.6. Otras consideraciones

¿Cruza el proyecto alguno de los siguientes sitios?:

- Zona de alto valor escénico: no
- Área turística: no

- Sitio ceremonial: no
- Sitio arqueológico: no
- Área de protección agrícola: no
- Área de asentamiento humano: no
- Área de producción forestal: no
- Área de producción pecuaria: sí

2.2.14.5.7. Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción

Se determina que, durante la ejecución del proyecto, se generarán los siguientes impactos ambientales negativos.

Tabla VII. **Impactos ambientales negativos durante la ejecución**

	El presente impacto ambiental negativo requiere de medidas de mitigación específicas que deberán ser implementadas por:		
Impacto ambiental previsto	EJECUTOR	COMUNIDAD	MUNICIPALIDAD
a) Deslaves de material	X		
b) Erosión de cortes	X		
c) Disposición inadecuada de materiales de desperdicio.	X		
d) Alteración del drenaje superficial.	X		

Continuación de la tabla VII.

e) Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción.	X		
f) Contaminación del aire por polvo generado en construcción.	X		
g) Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.		X	
h) Riesgos para la salud de los trabajadores.	X		
i) Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.	X		

Fuente: elaboración propia.

2.2.14.5.8. Impactos ambientales negativos identificados durante la construcción

Se determina que, durante la operación y mantenimiento del proyecto, se generarán los siguientes impactos ambientales negativos.

Tabla VIII. **Impactos ambientales negativos durante la operación**

	El presente impacto ambiental negativo requiere de medidas de mitigación específicas que deberán ser implementadas por:		
Impacto ambiental previsto	Comité de mantenimiento	Comunidad	Municipalidad
a) Erosión de cortes	X	X	
b) Accidentes de tránsito.			
c) Accidentes a peatones.	X		
d) Reasentamiento involuntario.			X

Fuente: elaboración propia.

2.2.14.5.9. Impactos, medidas de mitigación y relación con la etapa del proyecto

Los impactos ambientales negativos, medidas de mitigación, su relación con la etapa del proyecto; sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio San Luis.

Tabla IX. **Medidas de mitigación en la ejecución y la operación**

Etapas proyecto	Construcción		Operación y mantenimiento	
Componentes ambientales y sociales	Impacto	Medidas de mitigación	Impacto	Medidas de mitigación
Ambiente físico				
Suelos	Deslaves de material. Erosión de cortes. Disposición inadecuada de materiales de desperdicio.	Prevención durante la construcción; prevención de erosión usando estabilización física. Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0,25 cm compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	No significativo.	
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial Disminución de la calidad del agua.	Construcción durante estación seca; minimizar la erosión de ribera de ríos; alteración mínima de corrientes de aguas naturales.	No significativo.	
Calidad del aire	Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción. Contaminación del aire por polvo generado en construcción.	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río. Uso de agua para minimizar la generación de polvo.	No significativo. No significativo.	

Continuación de la tabla IX.

Ambiente biológico			No significativo.	
Hábitats naturales	No significativo. No significativo.		No significativo.	
Fauna y flora				
Ambiente social				
Estética y paisaje	Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.	Limpieza de sitios de construcción.	Erosión de cortes.	Mantenimiento y limpieza en zona de cortes.
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores.	Desarrollar plan de seguridad e higiene. Hacer sanitario provisional.	Accidentes de tránsito. Accidentes a peatones.	Regulación y señalización adecuadas.
Comunidades humanas	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra No significativo.	Colocar toneles para la basura y para su posterior disposición en zona adecuada.	No significativo.	

Fuente: elaboración propia.

2.2.15. Evaluación socioeconómica

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

Tabla X. **Flujos de caja, ingresos y egresos anuales**

Descripción	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
INGRESOS							
Cuotas de servicio	Q 28 800,00	Q 30 240,00	Q31,752	Q 33 339,60	Q 35 006,58	Q 36 756,909	Q 195 895,089
Fallas y multas	Q 2 000,00	Q 2 080,00	Q2 163,20	Q 2 249,73	Q 2 339,70	Q 2 433,30	Q 13 265,9509
TOTAL DE INGRESOS							Q 209 161,04
PRÉSTAMO DE INVERSIÓN	Q482 942,1						Q 482 942,15
EGRESOS							
Costos de operación	Q 3 888,00	Q 3 888,00	Q3 888,00	Q 3 888,00	Q 3 888,00	Q 3 888,00	Q 23 328,00
Costos de mantenimiento	Q 3 401,37	Q 3 401,30	Q3 401,30	Q 3 401,37	Q 3 401,37	Q 3 401,37	Q 20 408,22
Costos de tratamiento	Q 4 631,04	Q 4 631,00	Q4 631,00	Q 4 631,04	Q 4 631,04	Q 4 631,04	Q 27 786,24
Costos de administración	Q 2 691,45	Q 2 691,40	Q2 691,40	Q 2 691,45	Q 2 691,45	Q 2 691,45	Q 16 148,70
Costos de reserva	Q 1 866,07	Q 1 866,00	Q1 866,00	Q 1 866,07	Q 1 866,07	Q 1 866,07	Q 8 612 64
TOTAL DE EGRESOS							Q 98 868,35
FLUJO DE CAJA O BENEFICIO							Q 110 292,70

Fuente: elaboración propia.

2.2.15.1. Valor presente neto

Designa una cantidad presente o actual del dinero sobre la escala del tiempo. El valor presente se encuentra al comienzo del periodo a estudiar. Dicho valor se basa en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo.

Para este caso se tomó en cuenta que el costo de la inversión total de es de Q1 059 540, 95; en el cual se tendrá una tasa anual de pagos del 12 %, por un periodo de 10 años. Se procede a calcular el VP (valor presente) de la siguiente manera:

El costo de ejecución será de Q 1 059 540,95; debido a las características del proyecto esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución sea o no gubernamental; para un análisis de VPN este rubro no se considera debido a que se analiza si el proyecto es autosostenible.

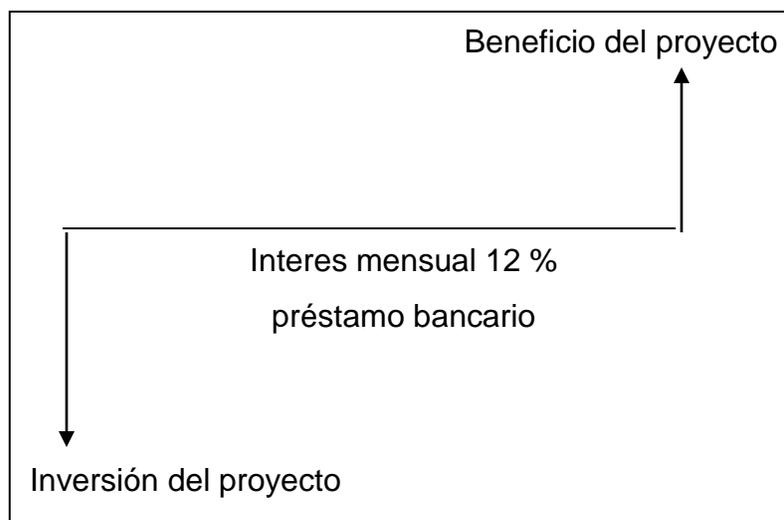
Costo de operación y mantenimiento anual (CA) = Q 20 736/añual

CA = Q 20 736,00

Tarifa población anual (IA) = Q 34,00*140*12 = 57,120/añual

AI = Q 57 120,00

Figura 19. **Diagrama de representación de la inversión**



Fuente: elaboración propia.

Fórmulas a utilizar:

$$Vp = It + Vf \left(\frac{P}{A}, I, n \right) - Vr \left(\frac{P}{F}, I, n \right)$$

$$P = Vf \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]; \text{ Presente dado una anualidad}$$

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]; \text{ Presente dado un futuro}$$

Donde:

Vp = valor presente neto

It = inversión total del proyecto

Vf = beneficio final (ingresos – egresos)

Vr = valor de rescate

I = tasa de interés anual (pago al banco) (12 %)

n = tiempo para saldar el préstamo (5 años)

P/A = presente dado una anualidad

P/F = presente dado un futuro

$$Vp = 20,736 + Vf \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] - F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

$$Vp = 20,736 \left[\frac{(1+0,12)^{10} - 1}{0,12(1+0,12)^{10}} \right] - 0$$

$$Vp = 116\,838,2$$

$$Vp = Q\,116\,838,20$$

Tarifa proporcional

$$V_p = 84,500 + Vf \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] - F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

$$V_p = 84\,500 \left[\frac{(1+0,12)^{10} - 1}{0,12(1+0,12)^{10}} \right]$$

$$V_p = 477\,443,84$$

$$V_p = Q\,477\,443,84$$

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

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

$$VPN = Q\,(477\,443,84 - 104\,409,34)$$

$$VPN = Q\,373\,034,50$$

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

2.2.15.2. Tasa interna de retorno

Es el método más usado para comparar alternativas de inversión. Proporciona una cifra de porcentaje que indica la ganancia relativa lograda con diferentes empleos de capital. Se obtiene del valor presente.

$$\text{Costo} = (\text{inversión inicial} - VPN) = 1\,296\,034,20 - 373\,034,50 = Q\,922\,999,70$$

$$\text{Beneficio} = Q\,922\,999,70 / 708 = Q\,1\,303,67/\text{hab.}$$

Del resultado de la evaluación anterior, se observó que este se encuentra contemplado dentro de los parámetros de la aceptación que establecen las instituciones de inversión social y de desarrollo que apoyan a la municipalidad de San Juan Chamelco; por lo que el proyecto se considera factible.

CONCLUSIONES

1. Los aspectos arquitectónicos y estructurales para el diseño del gimnasio polideportivo de la Escuela Manuel Alberto Ramírez Fernández se basaron sobre el criterio de proveer espacios mínimos, y que sean agradables para el ser humano a la hora de realizar cualquier tipo de deporte, por lo que bajo ningún punto de vista lo contenido en los planos deberá ser modificado.
2. La implementación de un sistema de agua potable contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento y salubridad de los habitantes del barrio San Luis, del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz; con lo cual finalizaría la problemática existente, teniendo en cuenta la calidad y cantidad de agua necesaria para el consumo humano, por lo que la municipalidad debería impulsarlo y llevarlo a la multitud en el menos tiempo posible, por los beneficios que aporta a la población.
3. La dotación se ve influida por factores como clima, número de habitantes, nivel de vida, industrias cercanas, costumbres, entre otros. En este caso por ser un lugar de clima cálido se adoptó una dotación de 90 lt/hab/día.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es favorable para el desarrollo práctico de un futuro profesional de la ingeniería, ya que confronta la teoría con la práctica, en la búsqueda de soluciones técnicas, económicas y adecuadas a problemas reales, que padecen las áreas rurales del interior de la República.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Juan Chamelco:

1. Gestionar la consecución de la asesoría profesional necesaria en los aspectos legales, económicos y técnicos, al momento de realizar las contrataciones, cotizaciones y construcción de los proyectos, con el propósito de obtener los mejores resultados con base en lo aprendido durante el periodo universitario.
2. Garantizar el agua potable del sistema de abastecimiento, aplicando el tratamiento de desinfección bacteriológica, propuesto en este informe.
3. Promover la participación de los pobladores beneficiados de los proyectos, en la construcción, operación y mantenimiento de los mismos, para que puedan ser autosostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-99) y comentarios*. USA: ACI, 1999. 112 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1994. 155 p.
4. DÁVILA Crespo, Darwin Omar. *Estudio y diseño de sistema de agua potable para la comunidad de Hierbabuena, La Fuente y Valencia, del municipio de Jutiapa, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1997. 46 p.
5. DE LEÓN TOLEDO, Mario José. *Estudio sobre las condiciones de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Lucas Tolimán, replanteo de diseño de nueva red*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1995. 87 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Libreta topográfica

PROYECTO: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad del barrio San Luis

MUNICIPIO: San Juan Chamelco

DEPARTAMENTO: Departamento de Alta Verapaz

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Proyecto: INTRODUCCIÓN DE
AGUA POTABLE
LINEA DE
CONDUCCIÓN

DISEÑO: HERMAN
HENGSTENBERG
REVISO:

FECHA: MAYO DE 2013

MUNICIPIO: SAN JUAN CHAMELCO

FECHA: JUNIO DE
2012

DEPTO : ALTA VERAPAZ

HOJA No.:

LIBRETA TOPOGRÁFICA

LIBRETA TOPOGRÁFICA																
TANQUE DE CAPTACIÓN																
EST.	P.O.	Azimut			Ang.Zen.			HILOS			H.I.	DIST.	CAMINA	COTA	COORDENADAS	
		°	'	"	°	'	"	S	M	I					HORIZ.	Z
	0												0+000.00	1000.00	0.00	0.00
0	1	250°	57'	10"	94°	29'	30"	1.05	1.00	0.95	1.5	9.94	0+009.94	999.72	-9.39	-3.24
0	2	185°	35'	40"	62°	13'	30"	1.04	1.00	0.96	1.5	6.26	0+016.20	1003.52	-0.61	-6.23
0	3	95°	30'	0"	60°	48'	40"	1.05	1.00	0.95	1.5	7.62	0+023.82	1008.28	7.58	-0.73
0	4	43°	3'	50"	84°	0'	0"	1.04	1.00	0.96	1.5	7.91	0+031.73	1009.61	5.40	5.78
0	5	359°	0'	50"	114°	11'	30"	1.05	1.00	0.95	1.5	8.32	0+040.06	1006.37	-0.15	8.32
LINEA DE CONDUCCIÓN																
	0												0+000.00	1000.00	0.00	0.00
0	1	317°	0'	20"	120°	8'	50"	2.07	2.00	1.93	1.50	10.47	0+010.47	993.42	-7.14	7.66
1	2	341°	47'	30"	103°	20'	20"	2.73	2.50	2.27	1.56	43.55	0+054.03	982.16	-20.76	49.03
2	3	331°	2'	50"	109°	14'	50"	1.09	1.00	0.91	1.31	16.05	0+070.07	976.87	-28.53	63.07

Continuación del apéndice 1.

3	4	330	39	10	101	55'	40	2.20	2.00	1.80	1.34	38.29	0+108.37	968.13	-47.30	96.45
4	5	284	49	0'	95°	51'	40	2.15	2.00	1.85	1.35	29.69	0+138.05	964.44	-76.00	104.04
5	6	284	57	20	94°	33'	50	1.11	1.00	0.89	1.38	21.86	0+159.92	963.08	-97.12	109.68
6	7	282	48	20	85°	53'	10	2.15	2.00	1.85	1.28	29.85	0+189.76	964.51	-126.22	116.29
7	8	294	34	20	85°	54'	0'	1.11	1.00	0.89	1.40	21.89	0+211.65	966.47	-146.13	125.39
8	9	290	28	0'	83°	36'	40	0.72	0.60	0.48	1.27	23.70	0+235.35	969.80	-168.34	133.68
9	10	288	4'	50	86°	44'	30	0.87	0.80	0.73	1.29	13.95	0+249.31	971.09	-181.60	138.01
10	11	311	20	40	113	51'	40	1.05	1.00	0.95	1.42	8.37	0+257.67	967.81	-187.88	143.53
11	12	306	8'	40	84°	42'	0'	2.07	2.00	1.93	1.28	13.88	0+271.55	968.38	-199.09	151.72
12	13	297	50	20	104	21'	30	1.27	1.00	0.73	1.32	50.68	0+322.23	955.73	-243.91	175.38
13	14	275	47	40	82°	17'	30	2.14	2.00	1.86	1.49	27.50	0+349.73	958.95	-271.27	178.15
14	15	289	57	50	94°	53'	20	1.38	1.20	1.02	1.35	35.74	0+385.47	956.05	-304.86	190.34
15	16	293	21	50	85°	41'	10	1.39	1.00	0.61	1.48	77.56	0+463.03	962.38	-376.07	221.08
16	17	276	24	30	102	38'	50	2.26	2.00	1.74	1.44	49.51	0+512.54	950.72	-425.27	226.60
17	18	330	27	10	85°	26'	40	1.80	1.50	1.20	1.37	59.62	0+572.16	955.35	-454.68	278.47
18	19	316	42	40	102	31'	50	1.20	1.00	0.80	1.51	38.12	0+610.28	947.40	-480.82	306.21
19	20	315	34	30	79°	21'	10	3.20	3.00	2.80	1.35	38.63	0+648.91	953.02	-507.87	333.80
20	21	10°	48	20	73°	45'	40	2.15	2.00	1.85	1.33	27.65	0+676.56	960.41	-502.69	360.96
21	22	329	29	30	95°	18'	0'	1.15	1.00	0.85	1.63	29.74	0+706.31	958.28	-517.79	386.58
22	23	331	7'	40	81°	6'	40	1.06	1.00	0.94	1.45	11.71	0+718.02	960.56	-523.45	396.84
23	24	328	13	40	83°	50'	0'	0.90	0.80	0.70	1.52	19.77	0+737.79	963.42	-533.86	413.64
24	25	317	31	30	97°	18'	40	2.60	2.50	2.40	1.38	19.68	0+757.47	959.78	-547.15	428.16
25	26	314	35	0'	114	7'	40	1.08	1.00	0.92	1.49	13.33	0+770.80	954.30	-556.64	437.51
26	27	308	1'	30	117	32'	10	3.09	3.00	2.91	1.45	14.15	0+784.95	945.37	-567.79	446.23
27	28	312	38	50	115	33'	10	1.14	1.00	0.86	1.30	22.79	0+807.74	934.78	-584.56	461.67
28	29	314	21	0'	107	41'	50	1.26	1.00	0.74	1.29	47.20	0+854.94	920.02	-618.32	494.66
29	30	317	7'	0'	65°	40'	40	2.25	2.00	1.75	1.49	41.51	0+896.45	938.28	-646.56	525.08
30	31	329	21	10	90°	22'	50	3.13	3.00	2.87	1.49	26.00	0+922.45	936.60	-659.82	547.45
31	32	331	20	50	88°	36'	10	1.77	1.50	1.23	1.45	53.97	0+976.42	937.87	-685.71	594.80
32	33	323	35	10	76°	33'	0'	2.13	2.00	1.87	1.54	24.59	1+001.01	943.29	-700.31	614.59
33	34	326	24	30	94°	9'	40	1.61	1.50	1.39	1.55	21.88	1+022.90	941.75	-712.42	632.82
34	35	335	24	40	90°	46'	20	2.19	2.00	1.81	1.5	37.99	1+060.89	940.75	-728.23	667.36
35	36	333	31	30	112	14'	40	2.13	2.00	1.87	1.46	22.28	1+083.17	931.10	-738.17	687.30
36	37	329	40	20	91°	27'	20	1.16	1.00	0.84	1.5	31.98	1+115.15	930.79	-754.32	714.90
37	38	329	45	30	106	22'	10	2.13	2.00	1.87	1.54	23.94	1+139.09	923.30	-766.38	735.58
38	39	324	23	40	120	5'	40	1.7	1.50	1.3	1.5	29.95	1+169.04	905.95	-783.82	759.93

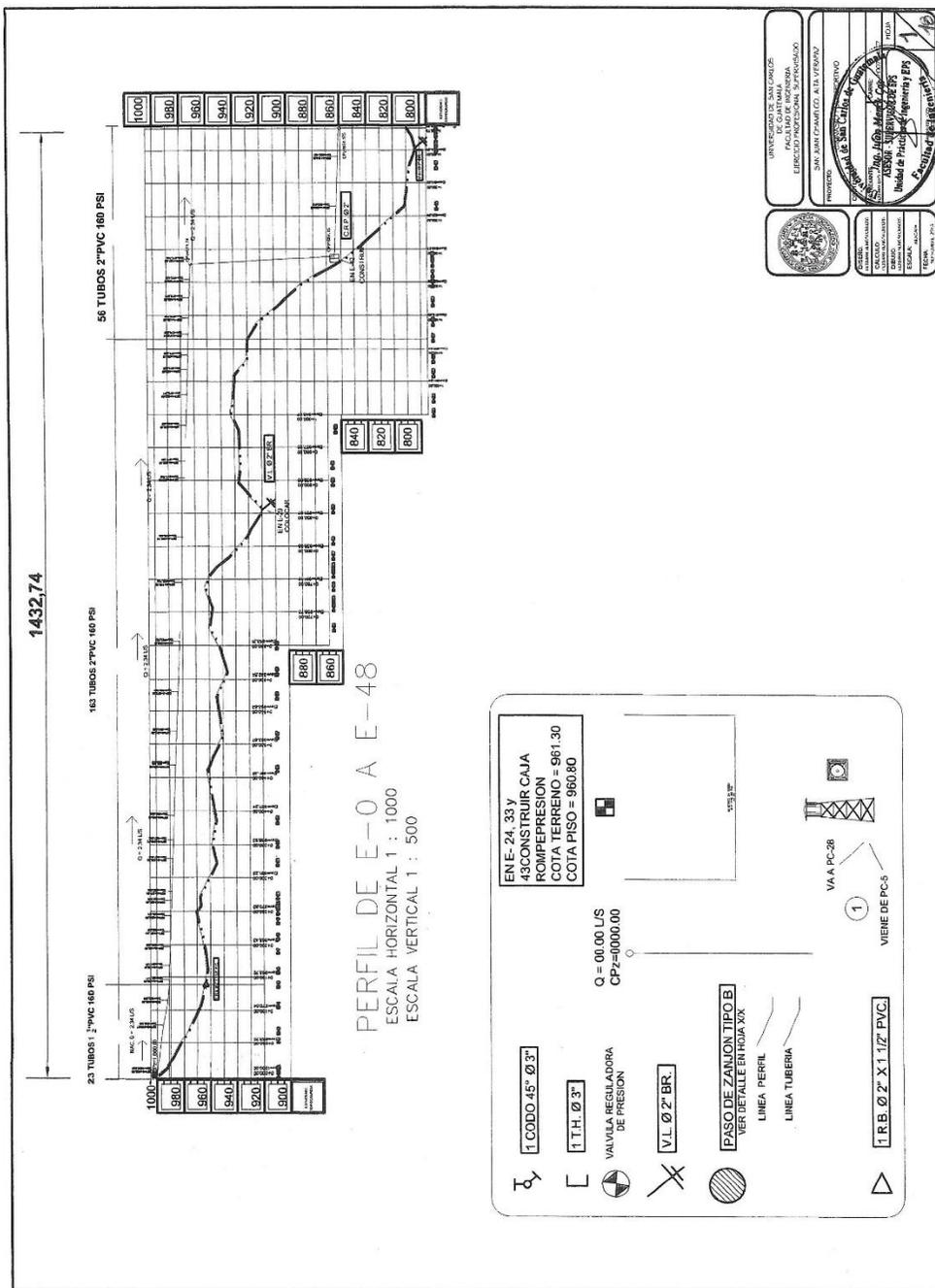
Continuación del apéndice 1.

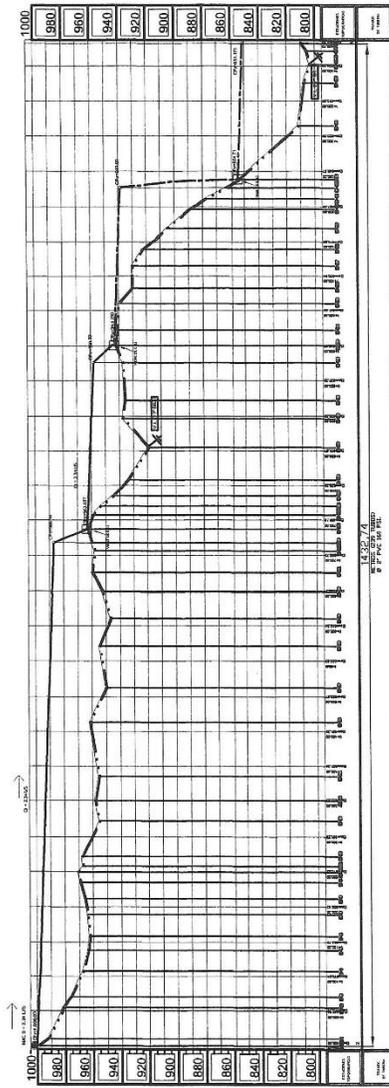
39	40	324	36	40	119	0'	30	2.18	2.00	1.82	1.51	27.54	1+196.57	890.20	-799.77	782.37
40	41	322	40	30	124	44'	10	2.61	2.50	2.39	1.37	14.86	1+211.43	878.77	-808.78	794.19
41	42	317	48	10	131	2'	10	2.34	2.20	2.06	1.47	15.93	1+227.36	864.17	-819.48	805.99
42	43	310	49	20	130	14'	0'	1.1	1.00	0.9	1.4	11.66	1+239.02	854.71	-828.31	813.61
43	44	301	54	30	119	24'	10	1.5	1.00	0.5	1.31	75.90	1+314.92	812.25	-892.74	853.72
44	45	317	44	10	93°	35'	50	1.81	1.50	1.19	1.49	61.76	1+376.68	808.37	-934.28	899.42
45	46	346	56	40	96°	38'	0'	3.13	3.00	2.87	1.48	25.65	1+402.33	803.87	-940.08	924.41
46	47	0°	57	40	83°	18'	0'	1.1	1.00	0.9	1.48	19.73	1+422.06	806.67	-939.75	944.14
47	48	336	36	0'	70°	38'	0'	1.56	1.50	1.44	1.45	10.68	1+432.74	810.37	-943.99	953.94
48	49	333	4'	30	85°	3'	30	2.32	2.00	1.68	1.43	63.52	1+496.26	815.30	-972.77	1010.57
49	50	274	25	20	86°	48'	30	1.12	1.00	0.88	1.24	23.93	1+520.19	816.88	-996.62	1012.41
50	51	320	2'	50	96°	36'	0'	1.25	1.00	0.75	1.37	49.34	1+569.53	811.54	-1028.32	1050.23
51	52	337	35	50	88°	43'	30	1.48	1.00	0.52	1.49	95.95	1+665.48	814.18	-1064.91	1138.93
52	53	306	27	20	90°	6'	40	3.13	3.00	2.87	1.46	26.00	1+691.48	812.59	-1085.82	1154.38
53	54	325	7'	10	94°	48'	50	1.36	1.00	0.63	1.58	72.49	1+763.97	807.09	-1127.28	1213.84
54	55	345	26	20	95°	24'	20	2.23	2.00	1.77	1.55	45.59	1+809.56	802.33	-1138.74	1257.97
55	56	321	1'	10	89°	20'	10	2.8	2.00	1.2	1.52	159.98	1+969.54	803.71	-1239.38	1382.32
56	57	294	5'	40	97°	21'	20	3.2	3.00	2.8	1.49	39.35	2+008.89	797.13	-1275.30	1398.38
57	58	241	43	50	89°	6'	20	2.81	2.70	2.59	1.59	21.99	2+030.88	796.36	-1294.67	1387.96
58	59	226	43	30	92°	51'	0'	1.45	1.20	0.95	1.51	49.88	2+080.76	794.19	-1330.98	1353.76
59	60	223	38	20	92°	46'	0'	1.3	1.00	0.7	1.48	59.86	2+140.62	791.78	-1372.29	1310.44
60	61	245	2'	50	94°	13'	50	2.32	2.00	1.68	1.62	63.65	2+204.27	786.71	-1429.99	1283.57
61	62	217	14	40	93°	13'	10	1.48	1.00	0.52	1.51	95.70	2+299.97	781.84	-1487.90	1207.38
62	63	236	39	20	84°	32'	10	2.36	2.00	1.64	1.45	71.35	2+371.32	788.12	-1547.49	1168.15
63	64	221	9'	30	83°	16'	40	1.3	1.00	0.7	1.6	59.18	2+430.49	795.70	-1586.43	1123.60
64	65	245	43	0'	90°	12'	50	2.73	2.50	2.27	1.58	46.00	2+476.49	794.62	-1628.36	1104.68
65	66	247	56	50	94°	8'	50	1.4	1.00	0.6	1.73	79.58	2+556.07	789.60	-1702.12	1074.78
66	67	316	33	30	87°	24'	0'	2.32	2.00	1.68	1.58	63.87	2+619.94	792.08	-1746.04	1121.15
67	68	301	7'	10	84°	52'	40	2.11	2.00	1.89	1.63	21.82	2+641.77	793.67	-1764.73	1132.42
68	69	281	38	40	88°	55'	30	1.28	1.00	0.72	1.69	55.98	2+697.75	795.42	-1819.56	1143.71
69	70	322	8'	50	88°	33'	10	2.4	2.00	1.6	1.71	79.95	2+777.70	797.15	-1868.63	1206.83
70	71	305	45	0'	85°	6'	0'	3.24	3.00	2.76	1.66	47.65	2+825.35	799.90	-1907.30	1234.67
71	72	284	8'	0'	83°	23'	50	3.07	3.00	2.93	1.62	13.81	2+839.16	800.12	-1920.70	1238.04
72	73	265	31	30	93°	46'	50	2.12	2.00	1.88	1.62	23.90	2+863.06	798.17	-1944.52	1236.17
73	74	260	45	30	91°	24'	30	2.64	2.00	1.36	1.62	127.92	2+990.98	794.66	-2070.78	1215.61
74	75	243	1'	20	91°	46'	50	2.17	2.00	1.83	1.64	33.97	3+024.95	793.25	-2101.05	1200.20

Continuación del apéndice 1.

75	76	219	9'	0'	94°	28'	30	3.15	3.00	2.85	1.6	29.82	3+054.76	789.57	-2119.88	1177.07
76	77	207	26	50	96°	49'	20	2.5	2.00	1.5	1.6	98.59	3+153.36	777.39	-2165.30	1089.57
77	78	251	45	20	88°	3'	10	2.5	2.00	1.5	1.5	99.88	3+253.24	780.34	-2260.16	1058.29
78	79	276	47	50	84°	53'	0'	3.35	3.30	3.25	1.5	9.92	3+263.16	779.47	-2270.01	1059.46
79	80	259	38	40	83°	48'	40	3.13	3.00	2.87	1.5	25.70	3+288.86	780.85	-2295.29	1054.84
80	81	245	23	40	89°	44'	40	1.08	1.00	0.92	1.6	16.00	3+304.86	781.60	-2309.83	1048.17
81	82	239	7	30	88°	21'	0'	2.35	2.00	1.65	1.5	69.94	3+374.80	783.16	-2369.86	1012.27
82	83	220	12	0'	88°	58'	10	1.67	1.50	1.33	1.5	33.99	3+408.79	783.83	-2391.80	986.31
83	84	206	50	20	91°	1'	40	1.06	1.00	0.94	1.4	12.00	3+420.78	784.09	-2397.21	975.61
84	85	186	17	40	87°	39'	20	2.07	2.00	1.93	1.5	13.98	3+434.76	784.17	-2398.74	961.71
85	86	180	5	10	89°	41'	0'	2.63	2.00	1.37	1.5	126.00	3+560.76	784.43	-2398.92	835.72
86	87	197	4	20	85°	41'	20	2.63	2.00	1.37	1.4	125.29	3+686.04	793.33	-2435.69	715.95
87	88	227	13	20	83°	2'	40	3.7	3.00	2.3	1.4	137.94	3+823.98	808.67	-2536.93	622.26
88	89	273	40	50	97°	5'	50	2.8	2.00	1.2	1.5	157.57	3+981.55	788.62	-2694.18	632.33
89	90	237	52	40	94°	47'	50	1.6	1.00	0.4	1.5	119.17	4+100.72	779.19	-2795.09	568.95
90	91	214	52	50	96°	13'	10	2.27	2.00	1.73	1.3	53.37	4+154.08	772.68	-2825.60	525.16
91	92	250	55	0'	93°	14'	20	1.48	1.00	0.52	1.4	95.69	4+249.78	767.71	-2916.03	493.88
92	93	289	18	10	91°	22'	10	1.6	1.40	1.2	1.4	39.98	4+289.75	766.78	-2953.76	507.09
93	94	267	58	20	92°	8'	0'	1.08	1.00	0.92	1.4	15.98	4+305.73	766.66	-2969.73	506.52
94	95	236	51	50	91°	7'	10	1.09	1.00	0.91	1.5	17.99	4+323.73	766.86	-2984.79	496.68
95	96	209	41	40	90°	49'	10	1.08	1.00	0.92	1.5	16.00	4+339.72	767.18	-2992.72	482.78
96	97	193	50	10	86°	50'	20	1.21	1.00	0.79	1.6	41.87	4+381.59	770.10	-3002.73	442.13
97	98	225	24	10	90°	2'	30	1.25	1.00	0.75	1.5	50.00	4+431.59	770.65	-3038.33	407.02
98	99	223	17	10	91°	4'	0'	1.32	1.00	0.68	1.5	63.98	4+495.57	769.98	-3082.19	360.45
99	100	262	8	20	91°	55'	10	1.21	1.00	0.79	1.5	41.95	4+537.53	769.08	-3123.75	354.70
100	101	206	57	20	91°	24'	20	2.12	2.00	1.88	1.4	23.99	4+561.51	767.92	-3134.62	333.32
101	102	221	55	0'	95°	23'	20	1.1	1.00	0.9	1.5	19.82	4+581.33	766.61	-3147.86	318.57
102	103	242	44	0'	96°	16'	50	1.1	1.00	0.9	1.5	19.76	4+601.10	764.94	-3165.43	309.52
103	104	253	32	40	95°	24'	50	1.13	1.00	0.87	1.5	25.77	4+626.87	763.05	-3190.14	302.21
104	105	261	0'	20	92°	15'	10	1.26	1.00	0.74	1.5	51.92	4+678.79	761.53	-3241.42	294.09
105	106	250	55	0'	91°	18'	0'	1.2	1.00	0.8	1.5	39.98	4+718.77	761.19	-3279.21	281.02
106	107	298	41	40	78°	14'	20	1.11	1.00	0.89	1.5	21.09	4+739.85	766.15	-3297.70	291.14
107	108	295	54	50	69°	48'	0'	1.1	1.00	0.9	1.4	17.62	4+757.47	773.09	-3313.55	298.84
108	109	263	58	30	71°	19'	0'	2.2	2.00	1.8	1.3	35.90	4+793.36	784.55	-3349.25	295.06
109	110	264	24	10	79°	17'	50	2.2	2.00	1.8	1.5	38.62	4+831.98	791.38	-3387.68	291.29
110	111	241	30	30	89°	25'	50	1.08	1.00	0.92	1.5	16.00	4+847.98	792.06	-3401.74	283.66

Apéndice 2. Planos



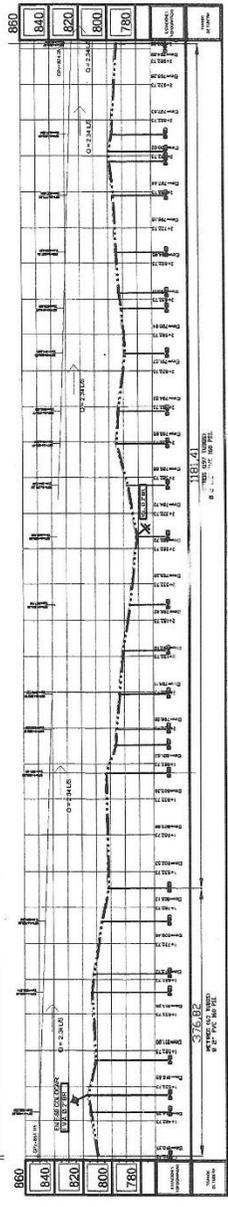


PERFIL DE E-0 A E-48
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR DE INGENIERIA EN CIVIL SAN JUAN CHAMALCO, ALA VERAPAZ GUATEMALA
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR DE INGENIERIA EN CIVIL ASOCIACION GUATEMALTECA DE INGENIEROS EN CIVIL Unidad de Proyectos de Ingeniería y Estructuras Fecha: 12/05/2018

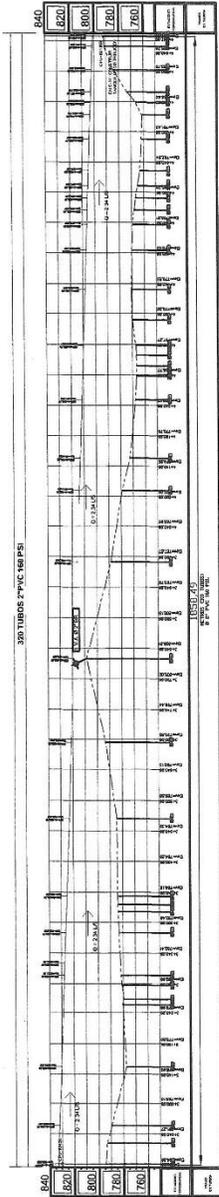
1568.24 m

200 TUBOS 2" P.V.C 180 PSI



PERFIL DE E-48 A E-74
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

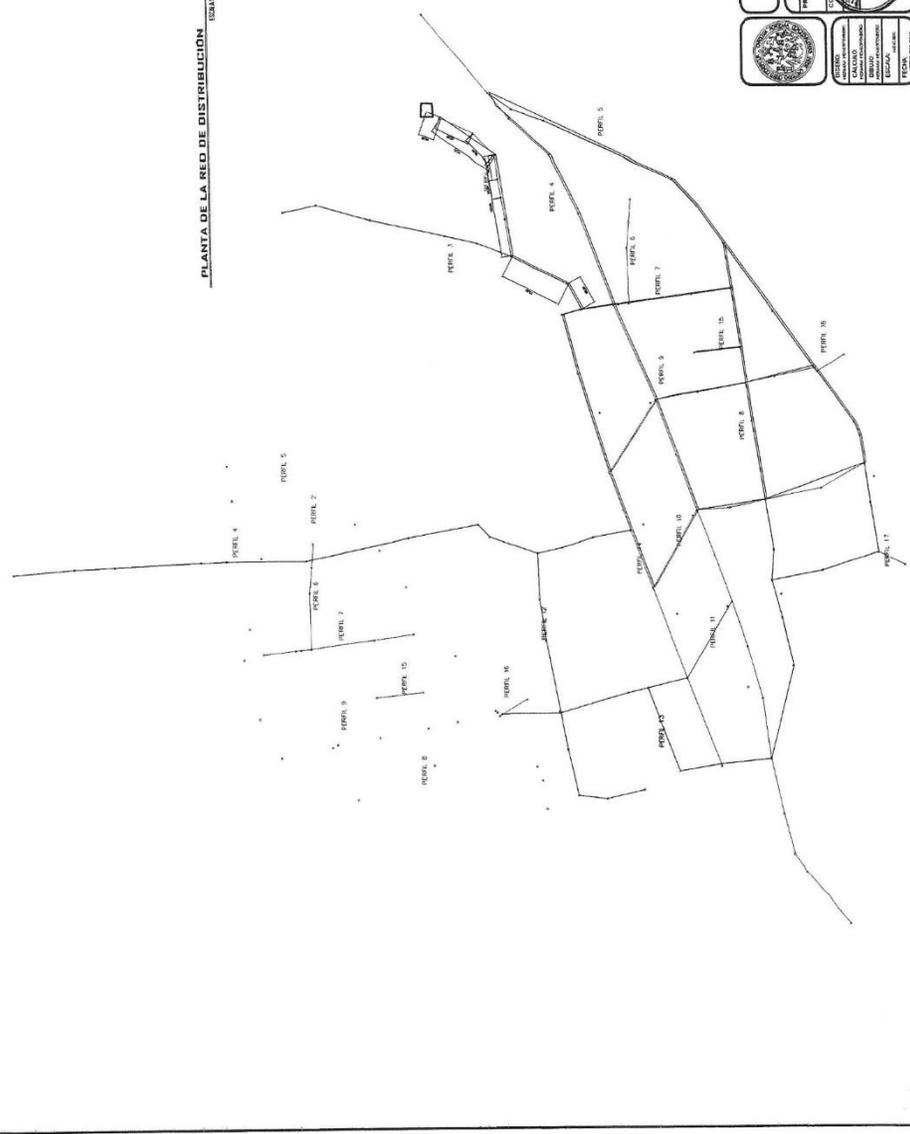
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO
	PROYECTO: SANITARIO CHANUCO A LA VERDE
CARRERA: Ingeniería en Sistemas de Aguas y Saneamiento	ASOCIACION DE PROFESORES DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO
DEPARTAMENTO: INGENIERIA	UNIDAD DE PROFESORES DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO
ESPECIALIDAD: AGUAS Y SANEAMIENTO	TECNICO
FECHA: 15/05/2012	18



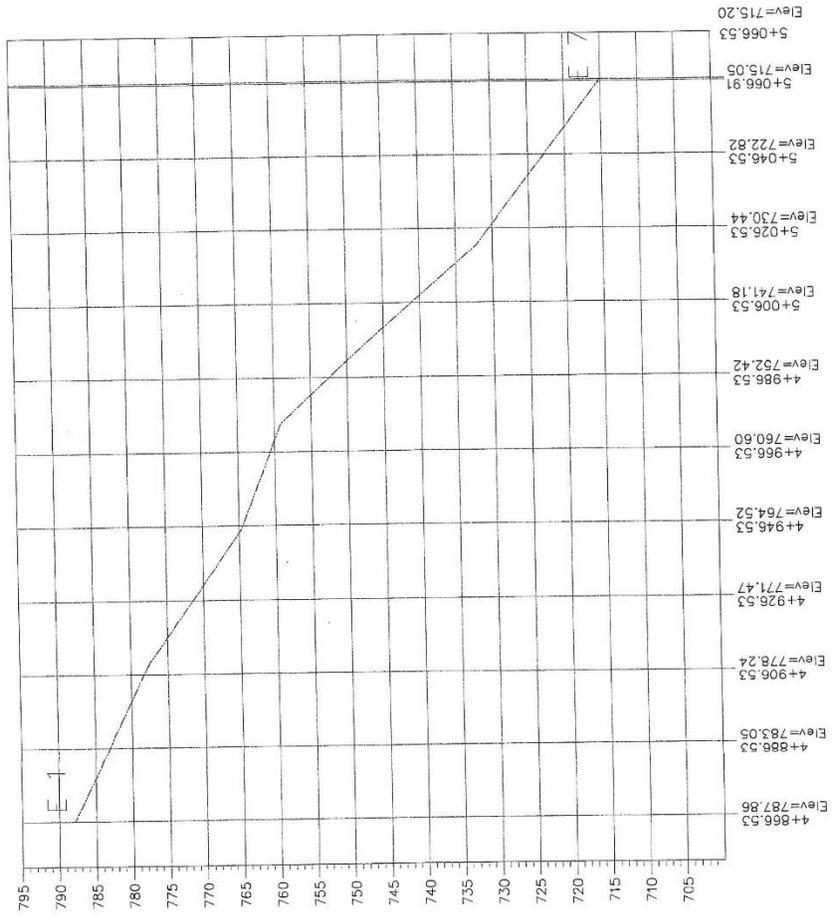
PERFIL DE E-74 A E-111
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

	INSTITUCIÓN EDUCATIVA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE LIMA FACULTAD DE INGENIERÍA E INGENIERÍA PROFESIONAL SUPERIOR
	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SAN CARLOS DE LIMA
PROFESOR:	ING. ANA MARÍA LOPEZ
ALUMNO:	ING. FRANCISCO ALBERTO ESPINOZA
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA
FECHA:	15/05/2018
LUGAR:	LIMA

PLANTA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: 1:1000



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTROCOMUNICACIONES Y ELECTRONICA SAN JUAN CHAMELEJO, A.D. VERAPAN
	INSTITUTO TECNICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
INSTITUTO TECNICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	INSTITUTO TECNICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
INSTITUTO TECNICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	INSTITUTO TECNICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

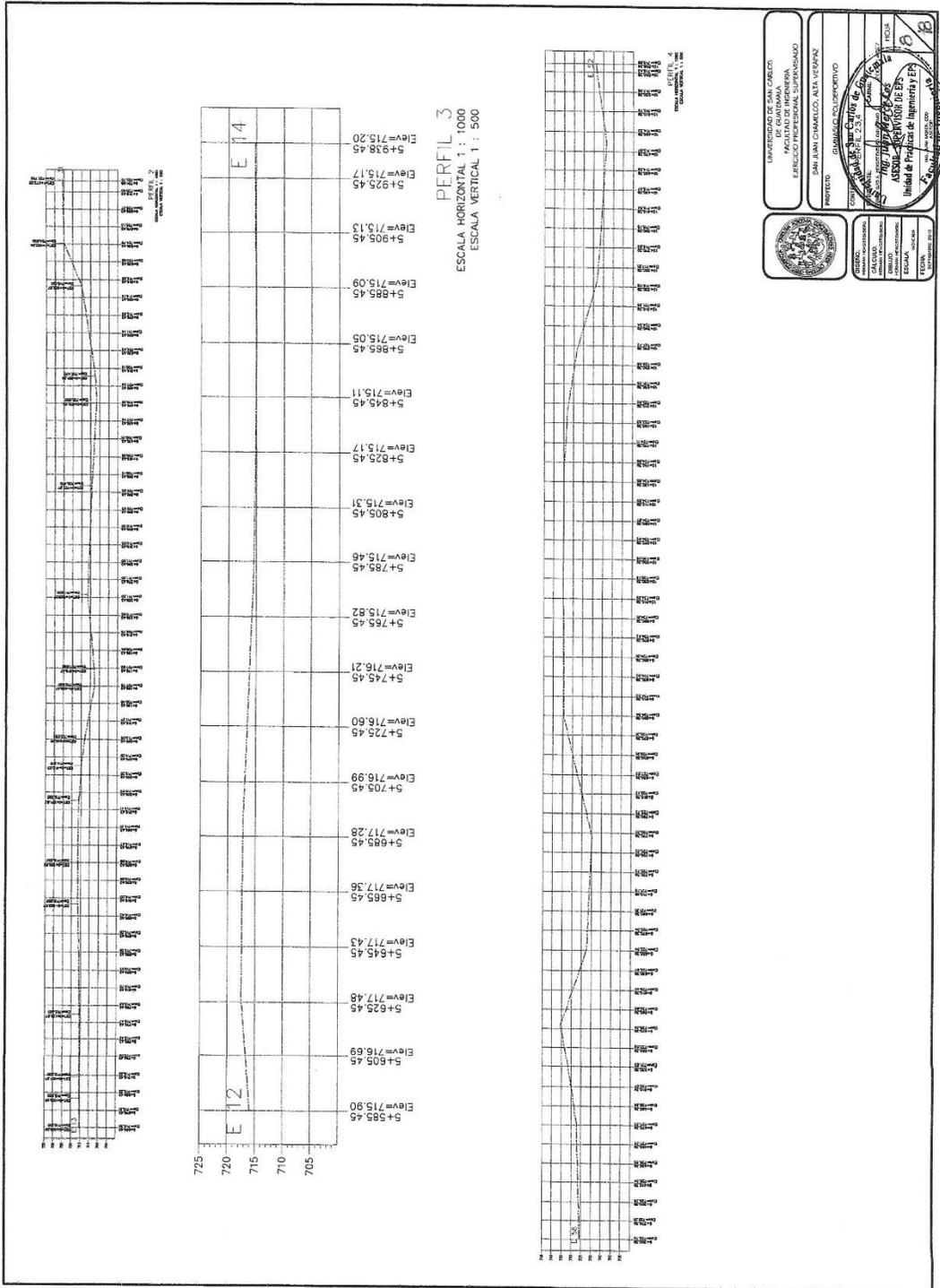


PERFIL 1
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 SAN JUAN CHAMULO, ALTA VERAPAZ

PROYECTO
 CARRERA DE SAN CARLOS DE VIOGARA
 PERFIL 1
 Ing. Juan Marcelo Alta Vera
 ASISTENTE DE INVESTIGACION
 Unidad de Tecnología e Ingeniería y I+D+i
 2017

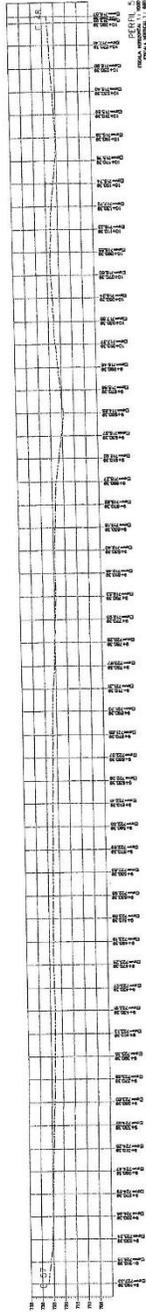


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPLENIDO

SAN JUAN CHAMULO, ALA VERDE
 PROYECTO: DISEÑO DEL CANTON DE
 SAN JUAN CHAMULO, ALA VERDE

ASOCIACION DE INGENIEROS DE E.S.
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y E.P.
 No. 10000-000

FECHA: 2010-08-19



UNIVERSIDAD DE LA CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CAJAMARCA

PROFESOR: GERMÁN POLICRÉTICO

CONTINENTE: CHIMBOTE

PROFESOR: Ing. Víctor Manuel Cco

ASISTENTE: Ing. Víctor Manuel Cco

UNIVERSIDAD DE LA CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CAJAMARCA

PROFESOR: GERMÁN POLICRÉTICO

CONTINENTE: CHIMBOTE

PROFESOR: Ing. Víctor Manuel Cco

ASISTENTE: Ing. Víctor Manuel Cco

UNIVERSIDAD DE LA CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CAJAMARCA

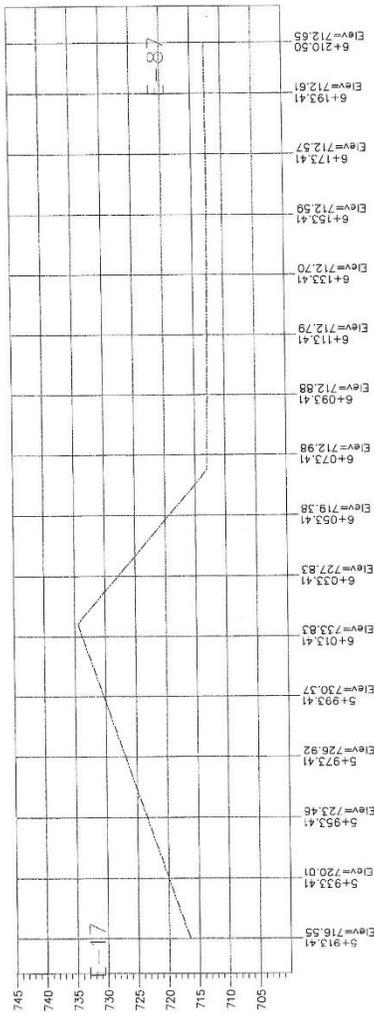
PROFESOR: GERMÁN POLICRÉTICO

CONTINENTE: CHIMBOTE

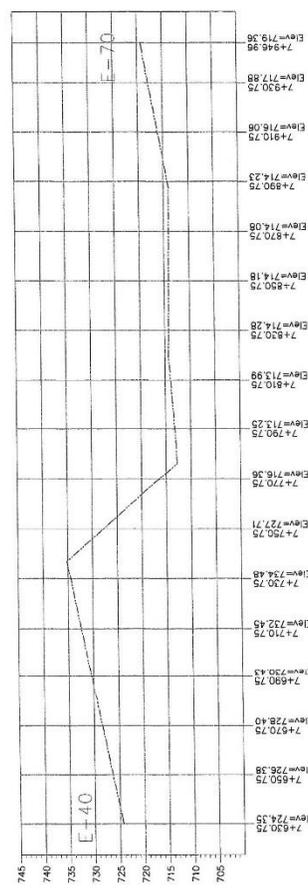
PROFESOR: Ing. Víctor Manuel Cco

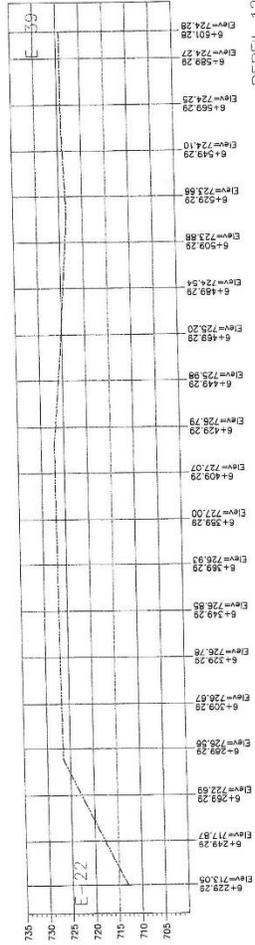
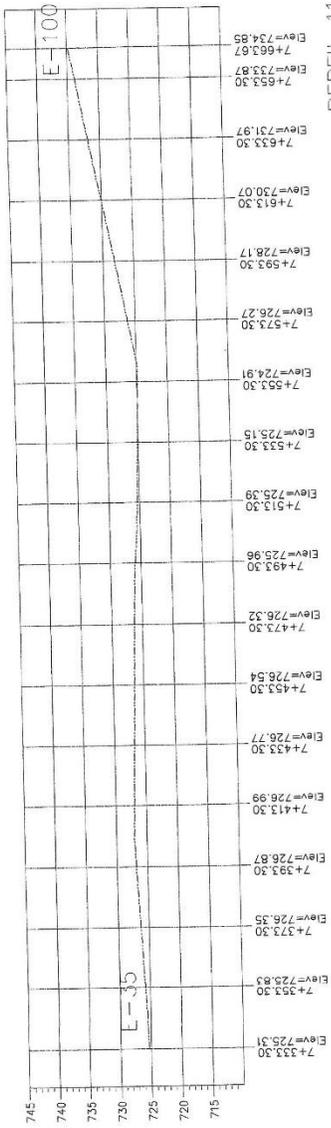
ASISTENTE: Ing. Víctor Manuel Cco

PERFIL 9
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 500



PERFIL 10
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 500







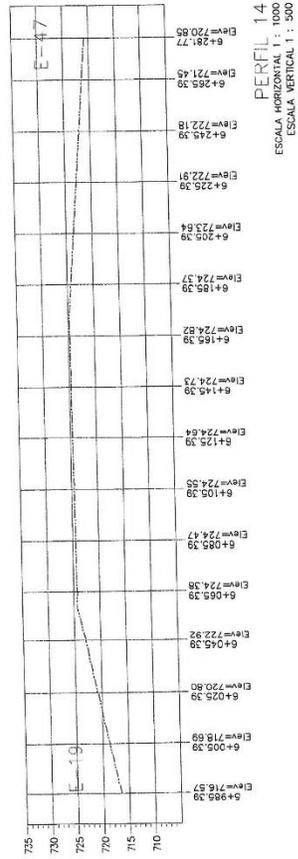
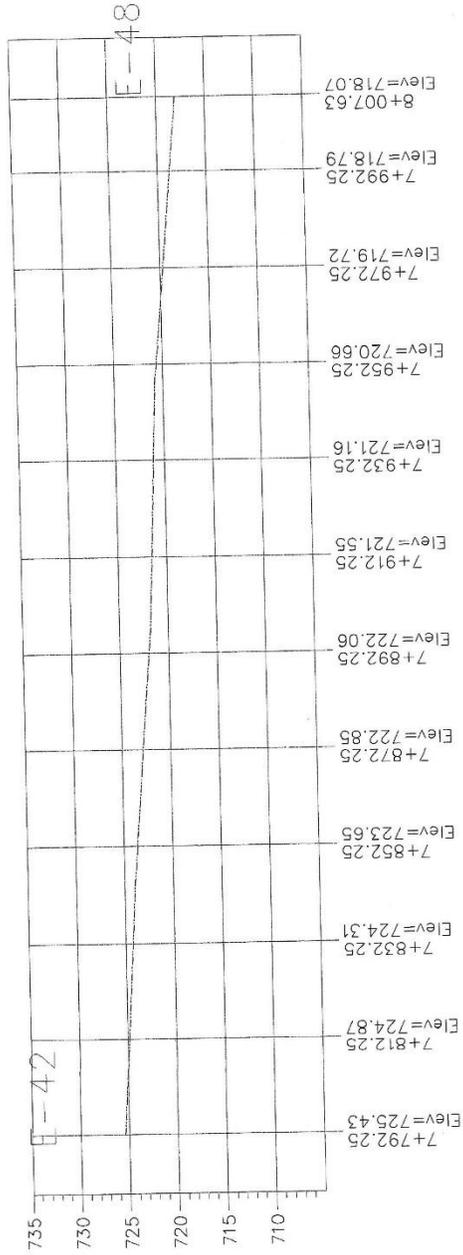
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: **Carretera Interurbana de Guatemala**

CLIENTE: **Ministerio de Obras Públicas**

FECHA: **11/05/2011**

ESCALA: **1:500**





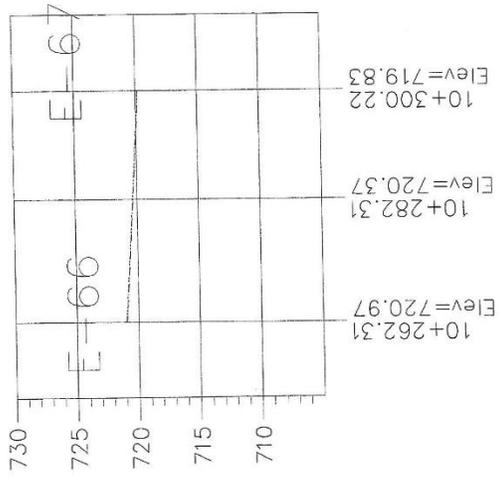
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 ESCUELA NACIONAL SUPERIOR DE
 INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL
 CANTON DE SAN CARLOS DE
 GUATEMALA

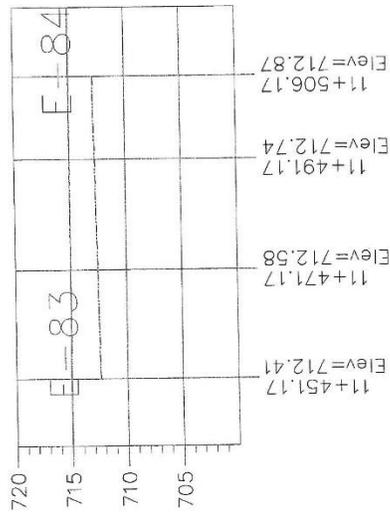
CONTRATO: 13/14

FECHA: 2014

UNIDAD DE PROYECTO: Ingeneria EIR



PERFIL 16
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



PERFIL 15
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

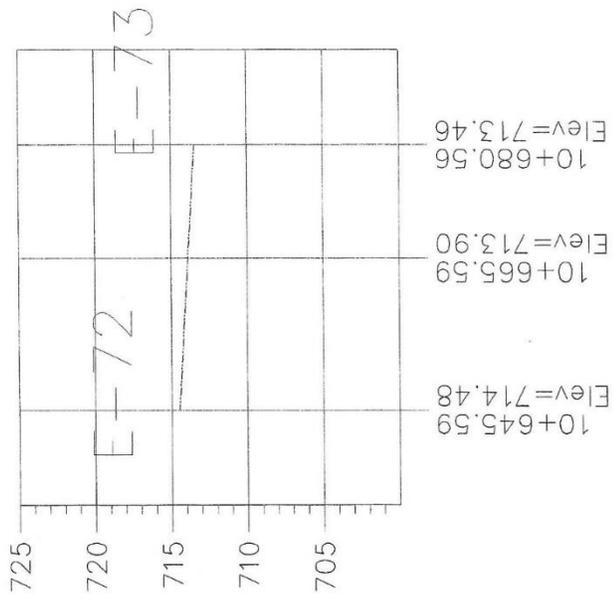


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS
 SAN JUAN CHIMELCO, ALTA VERAPAZ
 GUATEMALA, GUATEMALA

PROFESOR
 GRANADILLO POLICARPO

CONTENIDO
 TITULO
 ASIGNATURA
 UNIDAD DE ENSEÑANZA
 FECHA DE ENTREGA
 FECHA DE CALIFICACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS
 SAN JUAN CHIMELCO, ALTA VERAPAZ
 GUATEMALA, GUATEMALA



PERFIL 17
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

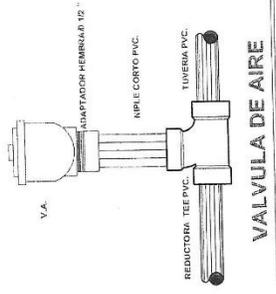


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

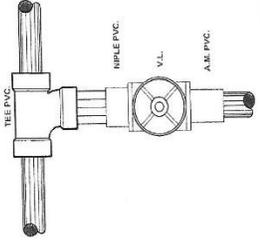
PROYECTO: SAN JUAN CHAMICEL, N.A. YODONAN
 CENTRO: GUAMASTO POLIDORTORICO

PROYECTO: SAN JUAN CHAMICEL, N.A. YODONAN
 CENTRO: GUAMASTO POLIDORTORICO
 TITULO: TITULO DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 ESCALA: ESCALA
 FECHA: 2017

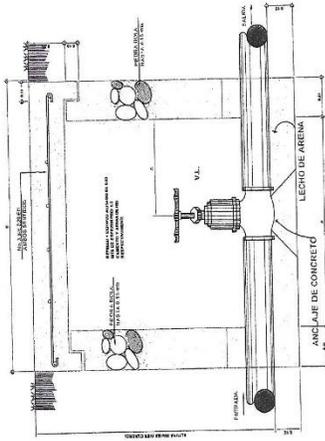
Ing. *[Signature]*
 ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
 Inicial de EPS de Ingeniería EPS
 No. de EPS de Ingeniería EPS



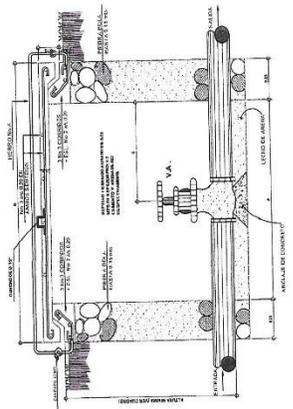
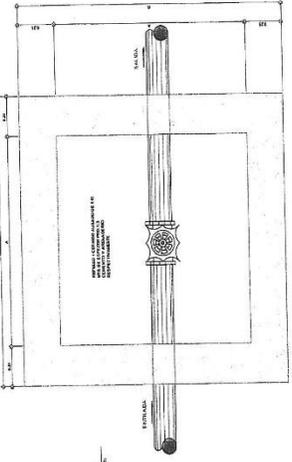
VALVULA DE AIRE



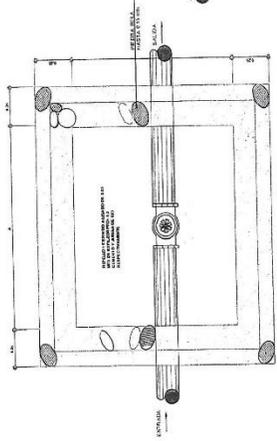
VALVULA DE LIMPIEZA



CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA



CAJA DE VALVULA DE AIRE



DIMENSIONES VALVULA

VALVULA	A	B	C	D
1/2"	100	100	100	100
3/4"	120	120	120	120
1"	140	140	140	140
1 1/2"	180	180	180	180
2"	220	220	220	220

DIMENSIONES VALVULA DE AIRE

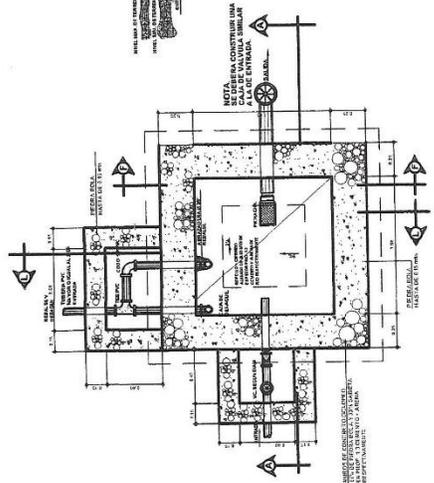
VALVULA DE AIRE	A	B	C	D
1/2"	100	100	100	100
3/4"	120	120	120	120
1"	140	140	140	140
1 1/2"	180	180	180	180
2"	220	220	220	220

NOTA:
 PARA VALVULA DE AIRE VER DIMENSIONES
 EN EL PLAN DE VALVULA DE AIRE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 SAN JUAN CHAMALCO, ALTA VERAPAZ
 PRESENTE

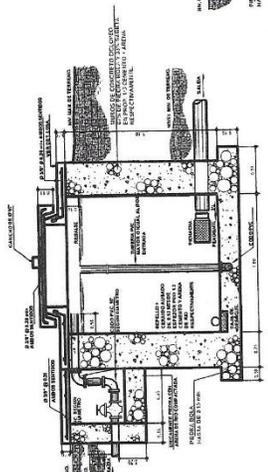
CONTENIDO
 TITULO: **Instalación de un sistema de limpieza y ventilación de un sistema de alcantarillado**
 ASIGNATURA: **Instalación de Ingeniería**
 UNIDAD DE ENSEÑANZA: **Instalación de Ingeniería**

INSTITUTO DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA



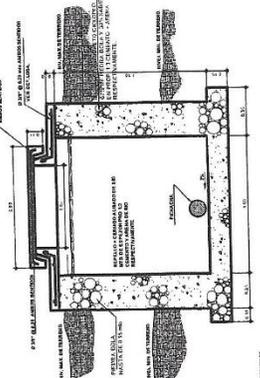
PLANTA.
CAJA ROMPEPRESION

ESC:1/12.5



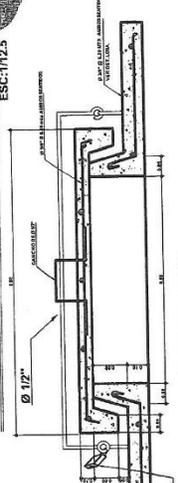
SECCION A-A

ESC:1/12.5



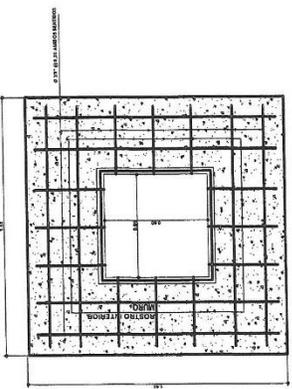
SECCION F-F

ESC:1/12.5



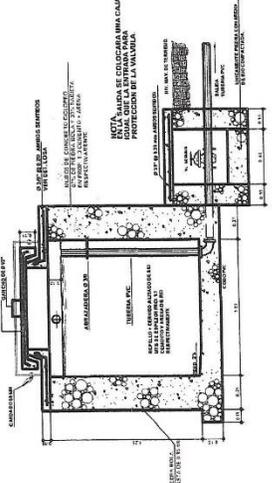
DETALLE DE TAPADERA

ESC:1/5



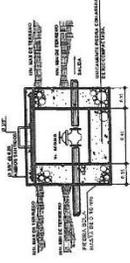
DETALLE DE LOSA

ESC:1/10



SECCION L-L

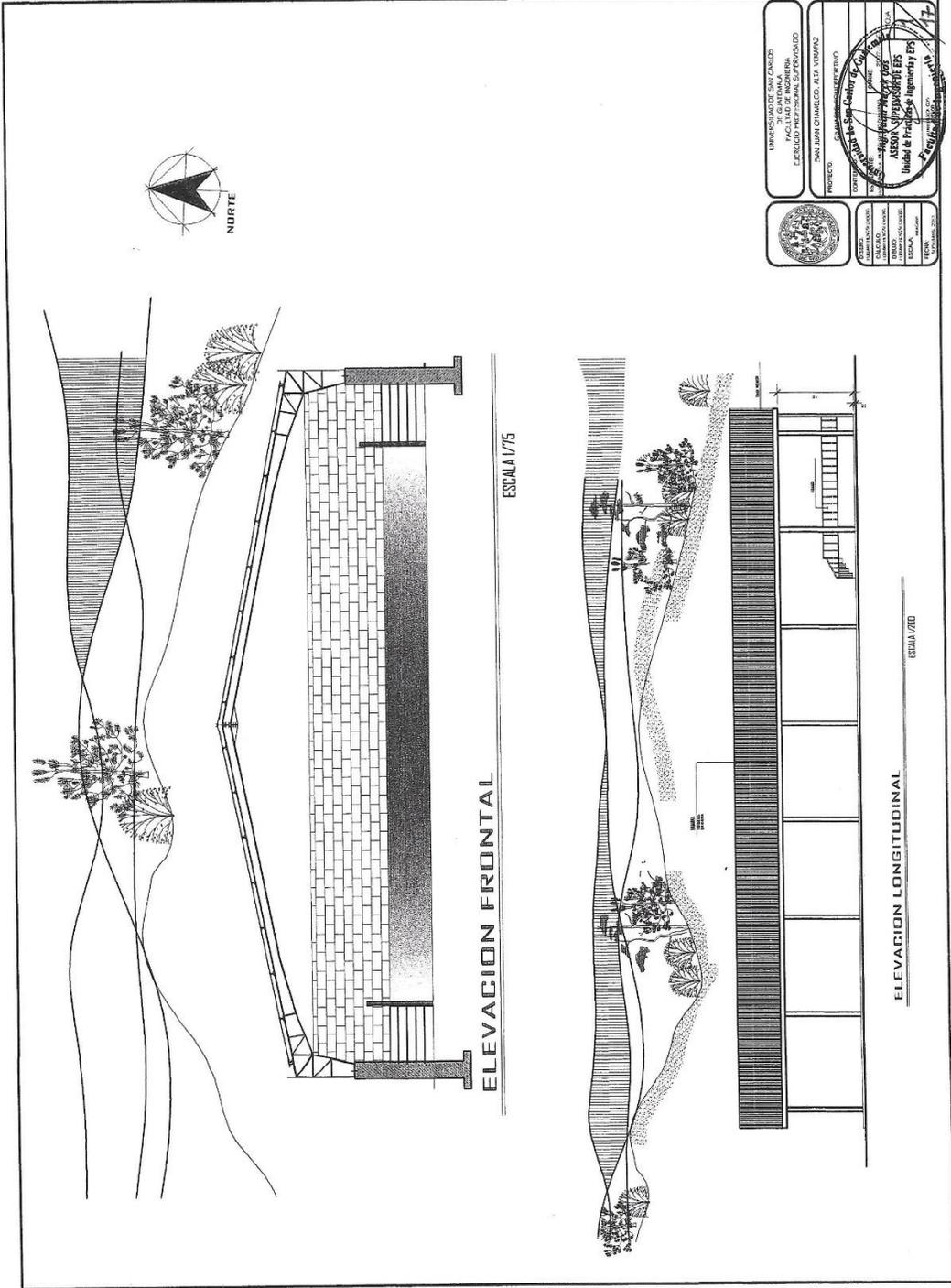
ESC:1/12.5



DET. DE CAJA DE VALVULA

ESC:1/12.5

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIDAD PROFESIONAL SUPERVISADO
	PROYECTO: SAN JUAN DAMAZO, ALTA CUCAPAZ
CATEDRATICO: CALIFICADO: DISEÑADO: EJECUTADO: APROBADO: FECHA:	INSTITUCION: San Carlos de Guatemala AREA: Ingeniería Civil UNIDAD DE ESTUDIOS: Ingeniería de Estructuras FECHA DE APROBACION: 18/05/2018 FOLIO: 18



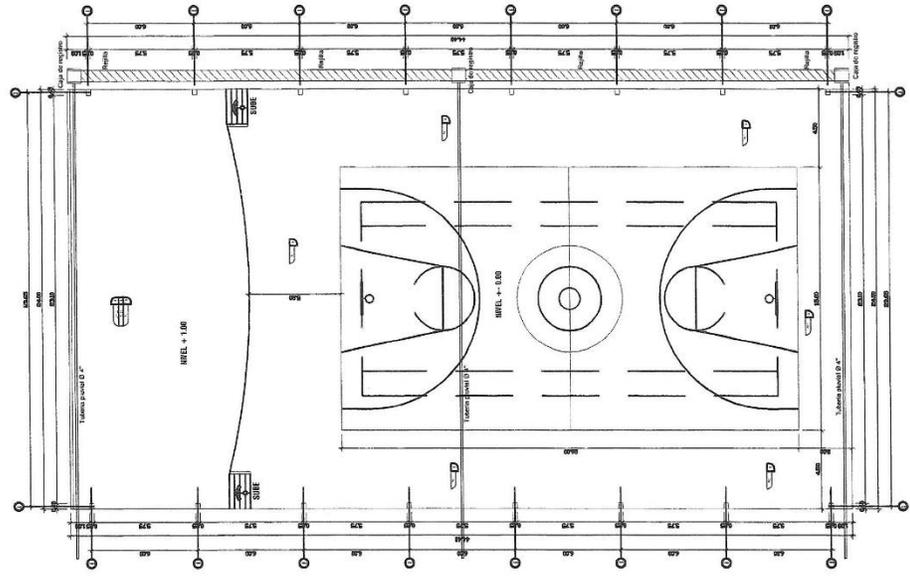
ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1/75

ELEVACION LONGITUDINAL

ESCALA 1/200

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS
	PROYECTO: SAN JUAN CHIMARCO, ALTA VERAPAZ CANTON: GUAYMAS, DEPARTAMENTO DE GUAYMAS
TITULO:	ASISTENTE DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL ASISTENTE DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS
AUTOR:	[Signature]
FECHA:	[Date]



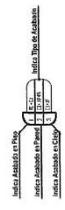
PLANTA DE ACABADOS

NOTA: A LAS REJILLAS DE LAS ABERTURAS SE MANEJA DE
 FORMA DE ANCHOSINO TIPO GARDEN RUSTMASTER O
 SIMILAR (Tra. Mano Mino Robo y Zda. Mano Gris).

Especificaciones

Simbolo	Descripción
P-4-L	Piso de Cerámico + Lustrado
R-1-DR	Revestido + Cerámico Revestido
T-C	Tubo de Cemento
EM-1-A	Embarcación Metálica + Lustrado Anodizado
---	Pared / Paredón de 10 cm. de espesor

Simbología





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE COSTA RICA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA

PROYECTO: **RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE ACABADOS DE LA PLANTA DE ACABADOS DE LA PLANTA DE ACABADOS**

PROFESOR: **ING. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ**

ESTUDIANTE: **ING. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ**

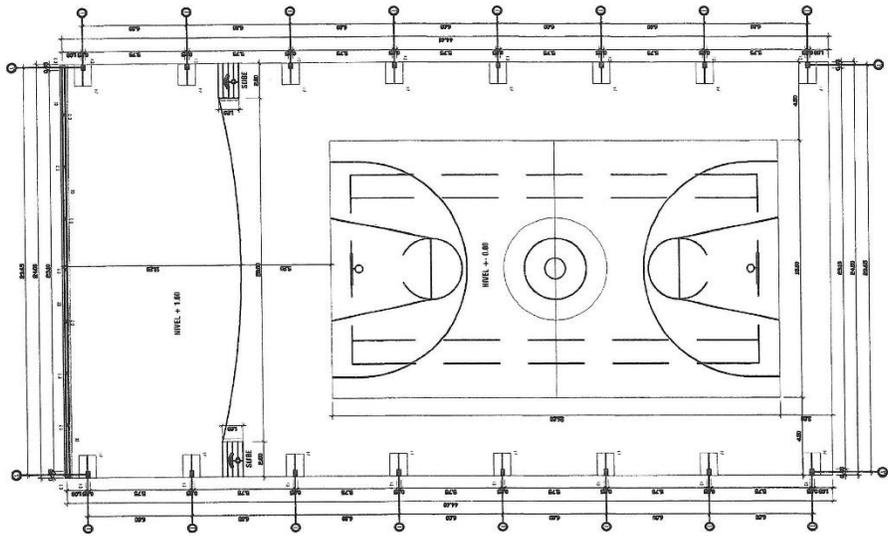
FECHA: **15/05/2017**

ESCALA: **1:100**

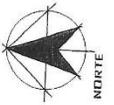
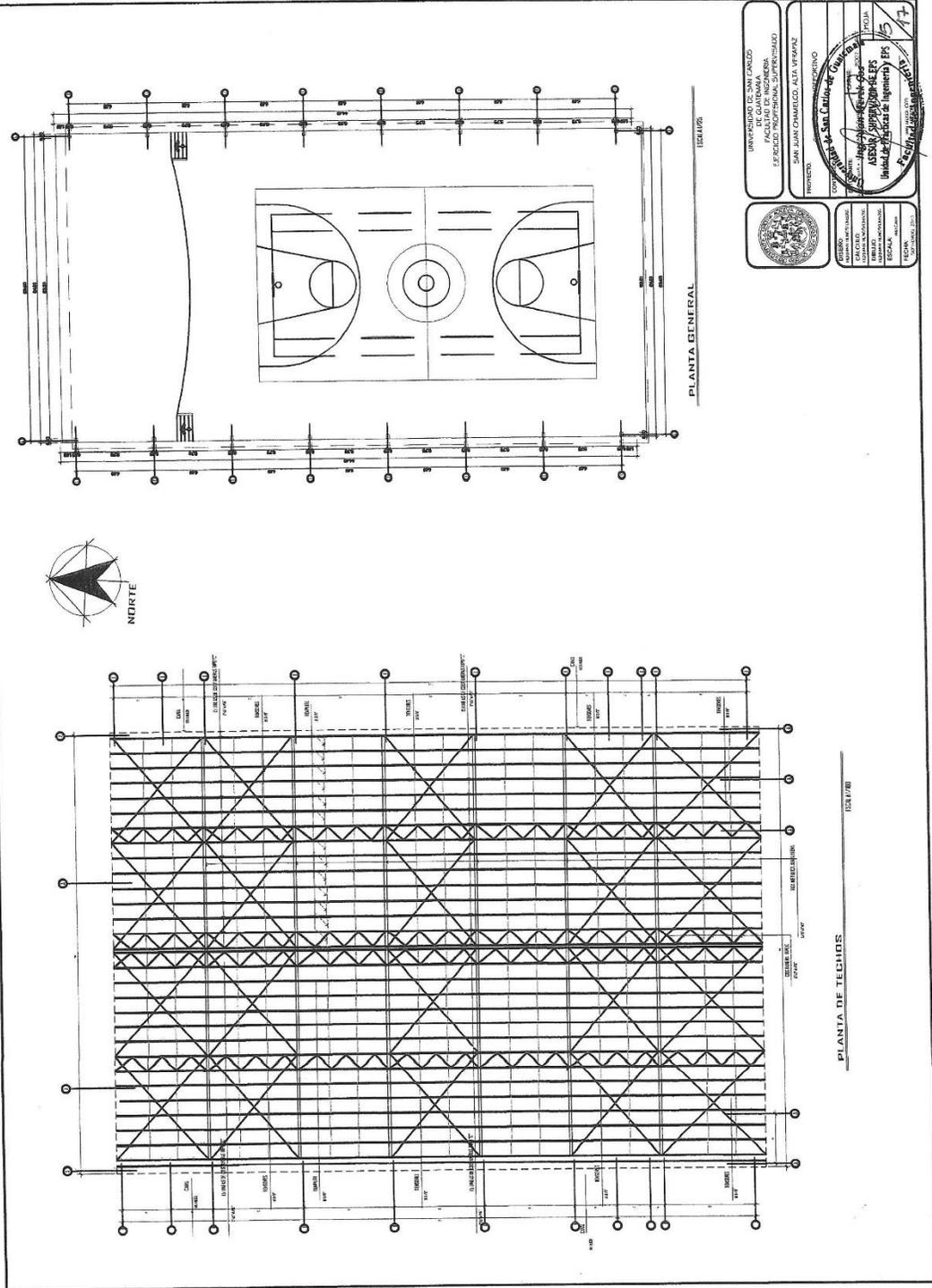
HOJA: **17**



PLANTA DE CIMENTACION



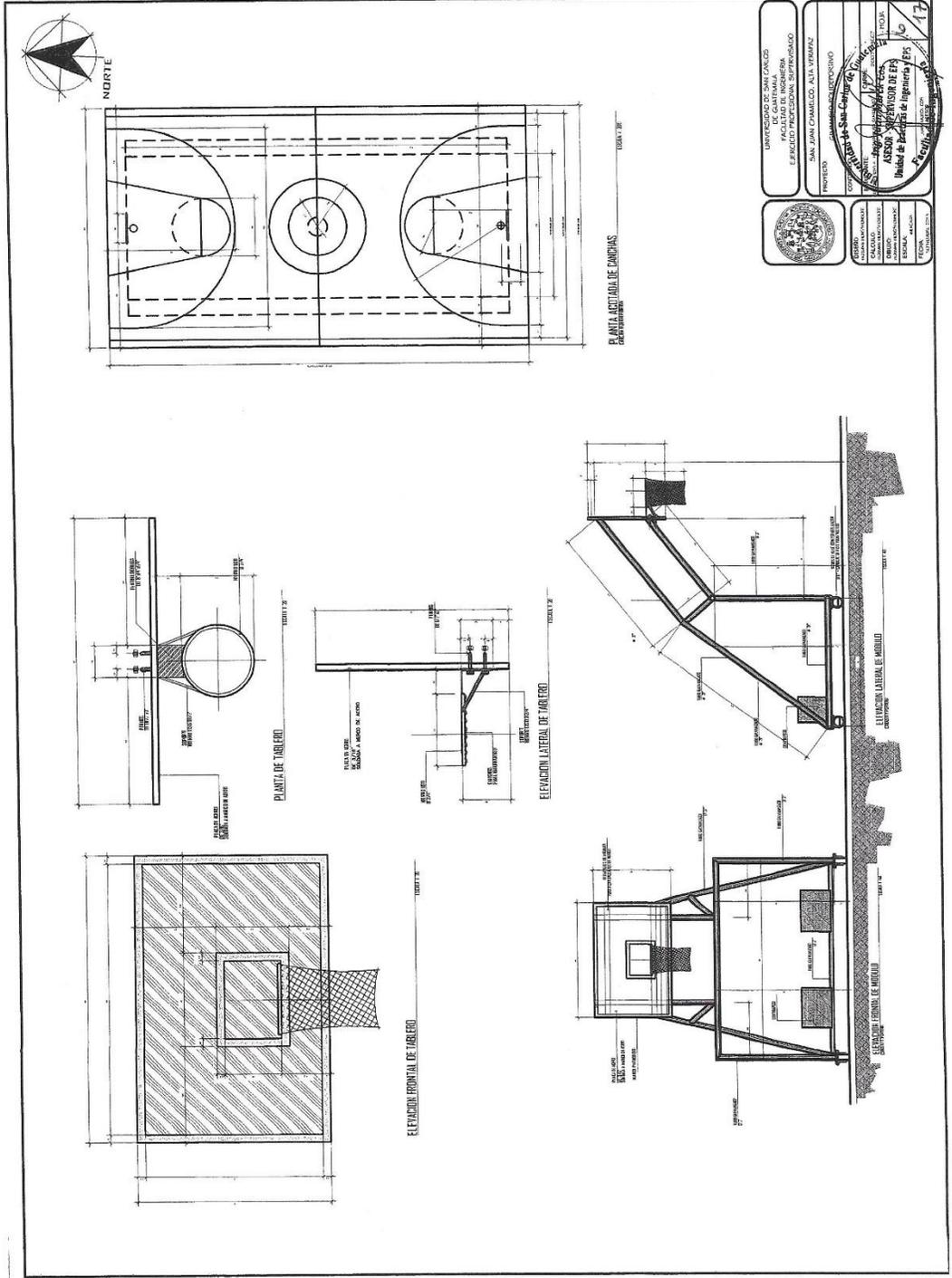
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE ESTRUCTURAS UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



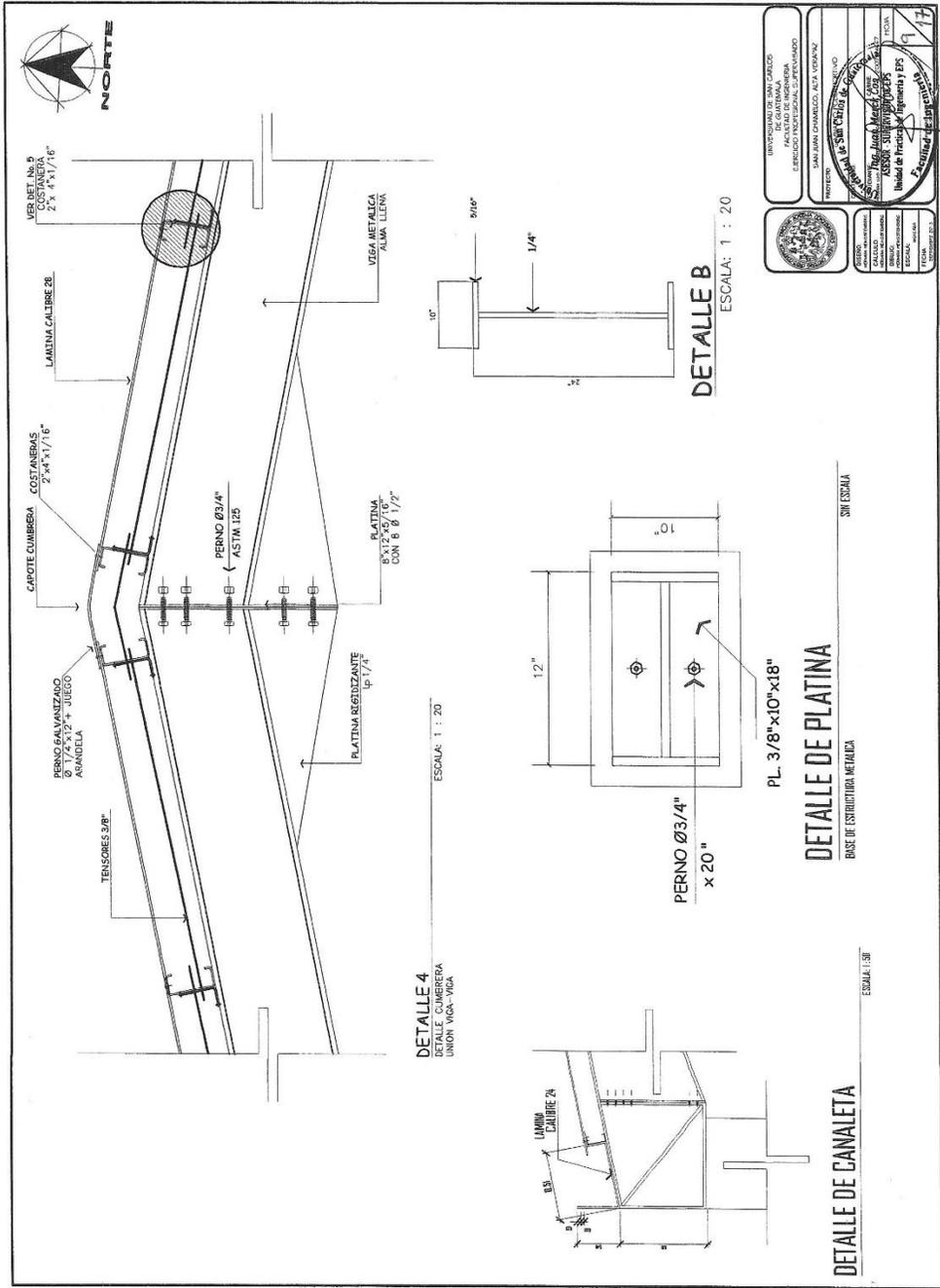
PLANTA GENERAL
ESCALA 1/200

PLANTA DE TECHIDOS
ESCALA 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA EFECTIVO PROFESIONAL SUPERIOR
	PROYECTO: SAN JUAN CHAMELEO, ALTA VERAPAZ
	COMITÉ DE FORTALECIMIENTO DE LA CALIDAD INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
	FACULTAD DE INGENIERIA
	ASOS
	ASOCIACION DE ESTUDIANTES
	FACULTAD DE INGENIERIA
	UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
	FACULTAD DE INGENIERIA
	ASOCIACION DE ESTUDIANTES
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
	FACULTAD DE INGENIERIA
	ASOCIACION DE ESTUDIANTES
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
	FACULTAD DE INGENIERIA
	ASOCIACION DE ESTUDIANTES



VER DET. No. 5
2' x 4' x 1/16"

LAMINA CALIBRE 28

CAPOTE CUMBEREA COSTANERAS
2' x 4' x 1/16"

PERNO GALVANIZADO
Ø 1/4" x 12" + JUEGO
ARANDOLA

TENSORES 3/8"

PERNO Ø3/4"
ASTM 125

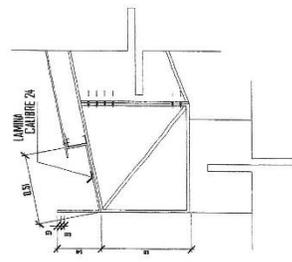
PLATINA RESIZANTE
1/4"

PLATINA
3/8" x 2' x 1/2"
CON Ø 1/2"

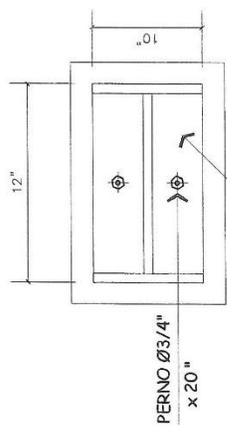
VIGA METALICA
ALMA LLENA

DETALLE 4
DETALLE CUMBEREA
UNION VIGA-VIGA
ESCALA: 1 : 20

DETALLE B
ESCALA: 1 : 20



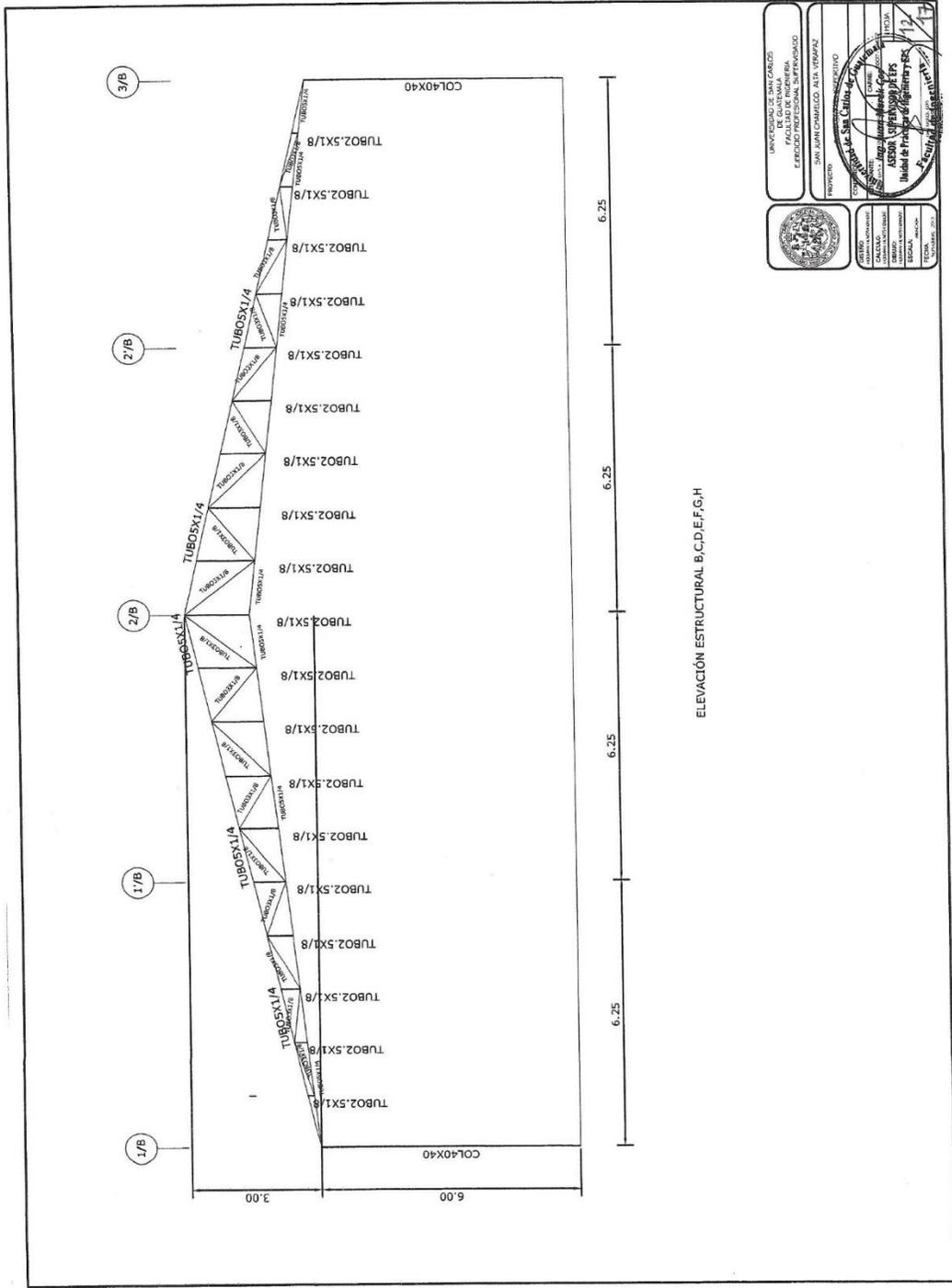
DETALLE DE CANALETA
ESCALA: 1:30



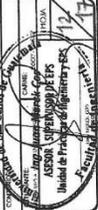
PL. 3/8" x 10" x 18"

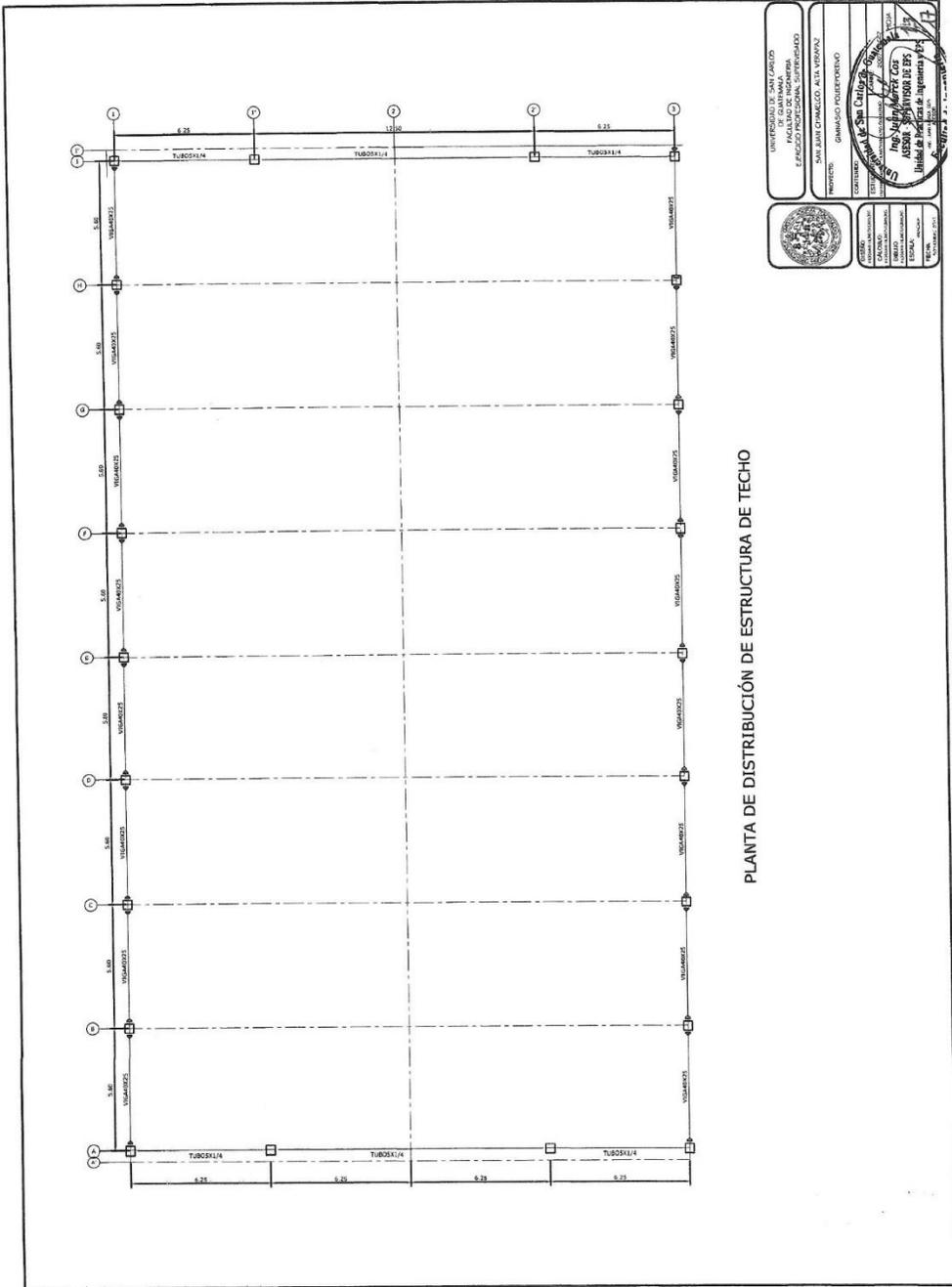
DETALLE DE PLATINA
BASE DE ESTRUCTURA METALICA
SWI ESCALA

	UNIVERSIDAD DEL CAUCA DE GUAYAMA EJERCICIO FINAL DE GRADUACION
	PROYECTO: ZONA PARA ESTACIONAR EN LA VEREDAZA
	TITULO: ASISTENTE SOCIAL
	INSTITUCION: Unidad de Ingenieria y EPS
NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Juan Carlos Lopez	
FECHA: 17/05/2017	



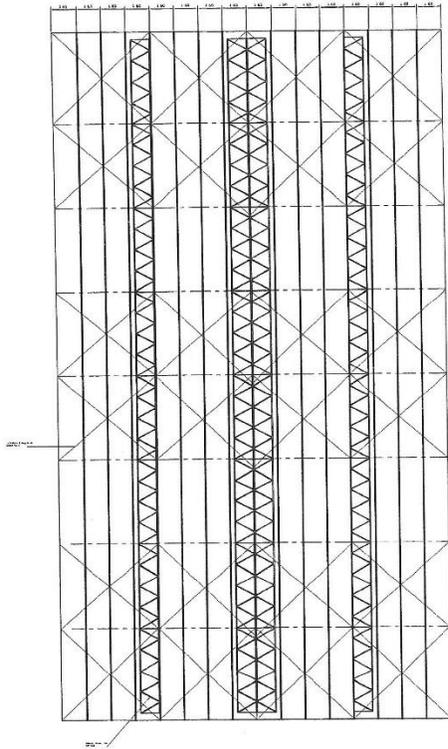
ELEVACIÓN ESTRUCTURAL B,C,D,E,F,G,H

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EFECTIVO PROFESIONAL SUPERVISADO
	SAN CARLOS GUATEMALA, GUATEMALA GUATEMALA
	INGENIERO EN ESTRUCTURAS No. 112
	ASOCIACION GUATEMALTECA DE INGENIEROS EN ESTRUCTURAS A.G.



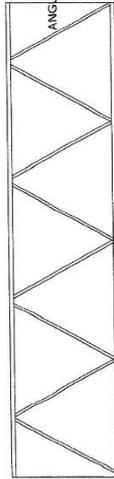
PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURA DE TECHO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIDAD PROFESIONAL: INGENIERIA CIVIL
	PROYECTO: SAN CARLOS POLITECNICO CANTON: GUANACASTE
COORDINADO: Ing. Nelson Moya Ing. Juan Carlos	DISEÑADO: Ing. Nelson Moya Ing. Juan Carlos
APROBADO: Ing. Nelson Moya Ing. Juan Carlos	Ing. Nelson Moya Ing. Juan Carlos



COSTANERAS Y RIGIDIZANTES DE TECHO

COSTANERA C6X2X $\frac{1}{2}$ "



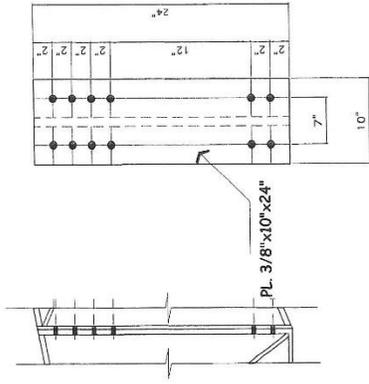
ANGULAR LX2X2 $\frac{1}{2}$ "

COSTANERA C6X2X $\frac{1}{2}$ "

DETALLE DE RIGIDIZANTES



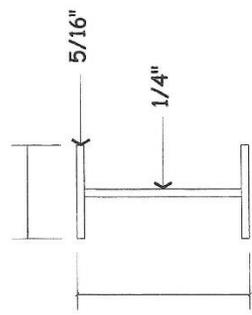
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LEONCIO RODRIGUEZ SOTO
 PROYECTO: SAN JUAN CEMENTO, SAN VICENTE
 CANTON: San Carlos, Guatemala
 ASISTENTE: [Signature]
 Unidad de Ingeniería Estructural
 Fecha: 17/05/2017



DETALLE B

ESCALA: 1 : 20

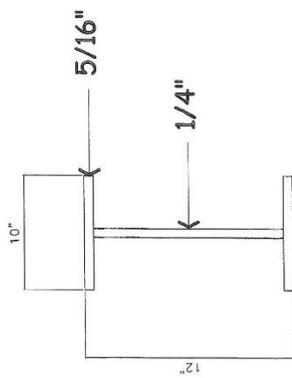
10''



DETALLE A

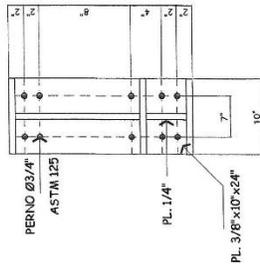
ESCALA: 1 : 20

12''



DETALLE C

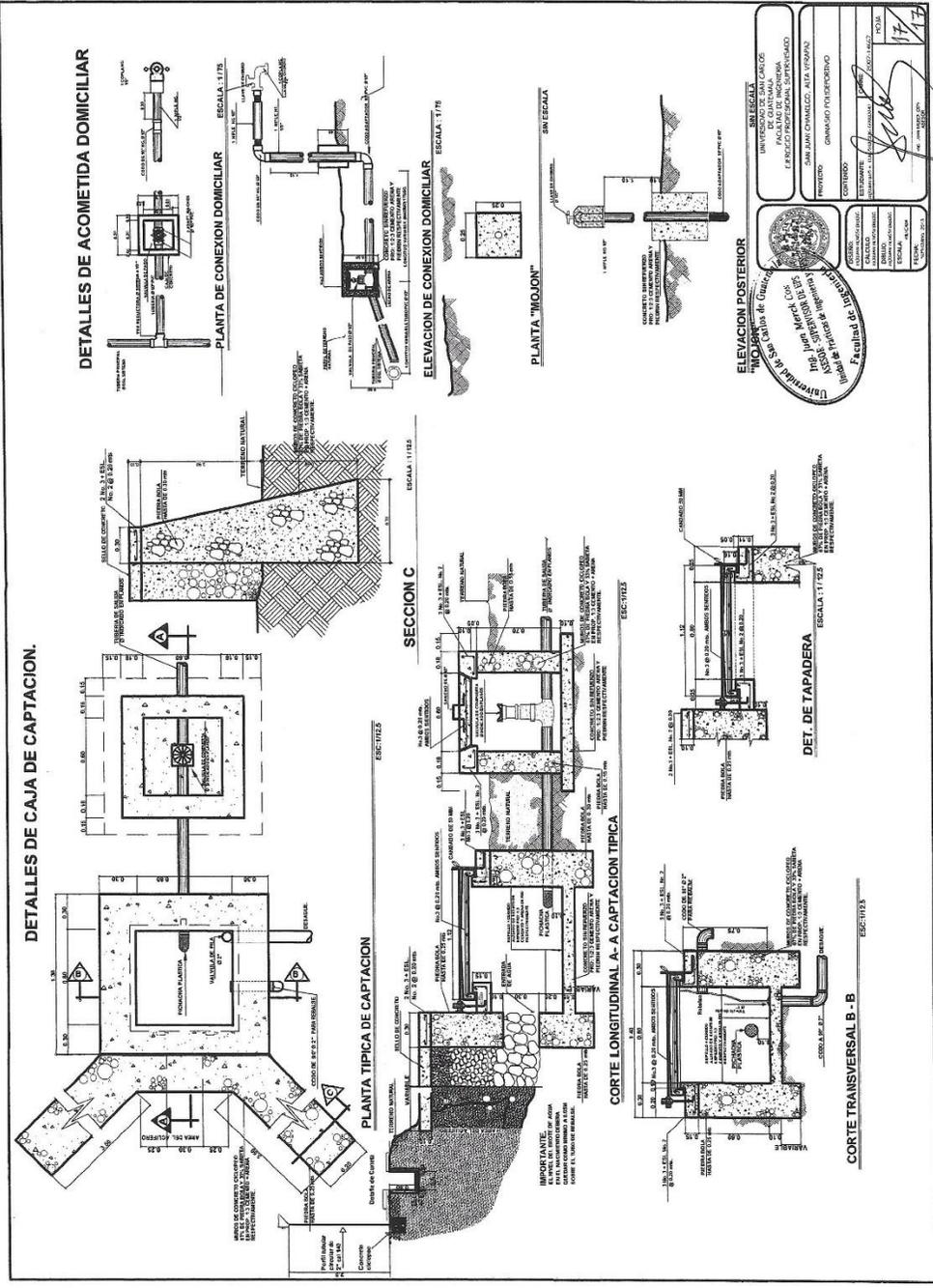
ESCALA: 1 : 20



DETALLE D

ESCALA: 1 : 20

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
	PROYECTO: SAN JUAN CAMELLO, ALTA VERAPAZ
	INGENIERO: Juan Manuel M. M. M. INGENIERIA: San Juan Camello, Alta Verapaz
	INGENIERIA: San Juan Camello, Alta Verapaz
DISEÑO: Juan Manuel M. M. M. CALCULO: Juan Manuel M. M. M. DIBUJO: Juan Manuel M. M. M. ESCALA: 1 : 20 FECHA: 17/05/2017	17



ELEVACION POSTERIOR
 "MOJON" de Suelo de Gravel
 1.00 m. de altura
 1.00 m. de ancho
 1.00 m. de profundidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 PROFESOR: DR. JUAN CARLOS VILLALBA
 ALUMNO: JUAN CARLOS VILLALBA
 TÍTULO: INGENIERIA CIVIL
 MATERIA: DISEÑO DE OBRAS DE OBRAS DE SANEAMIENTO
 FECHA: 17/17

