



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO
DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y
DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Víctor Vinicio Barrios Us

Asesorado por el Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, mayo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO
EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE
SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

VÍCTOR VINICIO BARRIOS US

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL
CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD
VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 05 de marzo de 2007.

Víctor Vinicio Barrios Us



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Víctor Vinicio Barrios Us, titulado DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, mayo 2008.

/bbdeb.



Guatemala, 4 de abril 2008
Ref. EPS. D. 250.04.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **VICTOR VINICIO BARRIOS US**, procedí a revisar el **Informe Final**, cuyo título es **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **Fraijanes**.

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. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil


JMC/nader



Guatemala, 4 de abril 2008
Ref. EPS. D.250.04.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario **VICTOR VINICIO BARRIOS US**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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 Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Heera Salmiento Zecena
Directora Unidad de EPS



NISZ/nader



Guatemala,
23 de abril de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Víctor Vinicio Barrios Us, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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. Armando Fuentes Roca
Revisor por el Área de Topografía y Transporte

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
14 de abril de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERÍO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Víctor Vinicio Barrios Us, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Dios, porque con su infinita sabiduría me concedió la vida y el don del entendimiento, me permitió elegir el buen camino y guió mis pasos para alcanzar con éxito una de mis metas.

Mis padres, con amor y agradecimiento, ya que gracias a su interminable esfuerzo, apoyo moral y económico que me brindaron día a día, pude realizar uno de los sueños que más anhelé y se está cumpliendo gracias a su amor y confianza.

Mi hermana Virna Vanessa Barrios, por su cariño, consejos y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, gracias por confiar en mí, y que la unidad que ha existido entre nosotros se mantenga por siempre: te quiero.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Víctor Manuel Barrios de León
Lucia Us García de Barrios

Mi familia en general

Con cariño, en especial a la Familia
Us De Paz.

Mis amigos y compañeros

Que me apoyaron a lo largo de mi
carrera y compartieron conmigo
dentro y fuera de la Universidad.

La Familia Beber Baños

Por su valiosa amistad, apoyo y
consejos brindados.

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Por su valiosa colaboración en el
desarrollo de mi EPS y la
elaboración de este trabajo.

La Municipalidad de Fraijanes

Por haberme dado la oportunidad de
realizar mi trabajo de graduación en
su localidad.

La facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos Guatemala.

Prestigiosa casa de estudios, con
respeto y orgullo, por haberme dado
la oportunidad de formarme como
profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Monografía del lugar	1
1.1.1. Antecedentes históricos	1
1.1.2. Localización y ubicación	2
1.1.3. Extensión y colindancias	2
1.1.4. Vías de comunicación	2
1.1.5. Suelo y topografía	4
1.1.6. Clima	4
1.1.7. Población	4
1.1.8. Actividades económicas	4
1.1.9. Autoridades y servicios públicos	5
1.1.10. Investigación sobre servicios básicos e infraestructura	5
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	
2.1. Diseño de pavimento rígido del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito.	7
2.1.1. Descripción	7
2.1.2. Tipos de pavimentos	7

2.1.2.1. Pavimento rígido	7
2.1.2.2. Pavimento flexible	8
2.1.3. Tipos de juntas	9
2.1.3.1. Juntas longitudinales	10
2.1.3.2. Juntas transversales	10
2.1.3.3. Juntas de expansión	10
2.1.3.4. Juntas de construcción	11
2.1.4. Levantamiento topográfico	11
2.1.5. Elementos constructivos de los pavimentos	11
2.1.5.1. Sub-rasante	11
2.1.5.2. Capa de sub base	12
2.1.5.3. Capa de base	13
2.1.6. Toma de muestra de suelos	15
2.1.7. Estudio de suelos	15
2.1.7.1. Límites de atterberg	15
2.1.7.1.1. Límite líquido	15
2.1.7.1.2. Límite plástico	16
2.1.7.1.3. Índice plástico	17
2.1.7.2. Ensayo de granulometría	18
2.1.7.3. Ensayo de proctor	19
2.1.7.4. Ensayo de C.B.R.	20
2.1.7.5. Ensayo de equivalente de arena	20
2.1.7.6. Clasificación de los suelos	21
2.1.8. Evaluación de la sub-rasante	22
2.1.8.1. Análisis de resultados de laboratorio de suelos	22
2.1.9. Diseño final	22
2.1.9.1. Espesores de sub-rasante	22
2.1.9.2. Espesores de base	23
2.1.9.3. Capa de rodadura	23

2.1.9.3.1. Diseño de pavimento	24
2.1.9.3.2. Diseño de la mezcla de concreto	32
2.1.9.4. Sección típica	35
2.1.10. Elaboración de planos	35
2.1.11. Elaboración de presupuesto	36
2.2. Diseño de abastecimiento de agua potable para la comunidad Valle San Arturo, municipio de Fraijanes.	39
2.2.1. Levantamiento topográfico	39
2.2.1.1. Topografía	39
2.2.1.1.1. Planimetría	39
2.2.1.1.2. Altimetría	39
2.2.1.1.3. Cálculos y dibujos topográficos	40
2.2.2. Fuentes de abastecimiento de agua	40
2.2.3. Descripción del pozo	40
2.2.3.1. Nivel dinámico	41
2.2.3.2. Nivel estático	41
2.2.3.3. Estratigrafía del pozo	41
2.2.4. Calidad de agua	42
2.2.4.1. Examen bacteriológico	42
2.2.4.2. Examen físico	42
2.2.4.3. Examen químico	43
2.2.4.4. Potabilización	43
2.2.5. Estudio del diseño hidráulico	44
2.2.5.1. Período de diseño	44
2.2.5.2. Crecimiento de la población	44
2.2.5.2.1. Método geométrico	44
2.2.5.2.2. Método aritmético	45
2.2.5.3. Distribución y densidad de la población	45
2.2.5.4. Dotación	45

2.2.5.5. Factores de consumo	47
2.2.5.5.1. Factor día máximo	47
2.2.5.5.2. Factor hora máximo	47
2.2.5.5.3. Factor de gasto	48
2.2.5.5.4. Consumo medio diario	49
2.2.5.5.5. Consumo máximo diario	49
2.2.5.5.6. Consumo máximo horario	50
2.2.5.5.7. Caudal de bombeo	51
2.2.6. Línea de impulsión	53
2.2.6.1. Cálculo de línea piezométrica	53
2.2.6.2. Cálculo de presiones y velocidades	54
2.2.6.3. Carga dinámica total	57
2.2.6.4. Golpe de ariete	60
2.2.6.5. Potencia de la bomba	61
2.2.7. Red de distribución	62
2.2.7.1. Red ramificada o abierta	63
2.2.7.2. Red en forma de malla	63
2.2.7.3. Verificación de presiones y velocidades	63
2.2.8. Diseño del tanque de distribución	68
2.2.8.1. Método constructivo	68
2.2.8.2. Dimensiones del tanque	68
2.2.8.3. Diseño de losa superior	69
2.2.8.4. Diseño de muros y losa inferior	73
2.2.9. Elaboración de planos	88
2.2.10. Elaboración de presupuesto	89
2.2.11. Estudio de impacto ambiental	91
2.2.12. Evaluación socio económica	98
2.2.12.1. Valor presente neto	98
2.2.12.2. Tasa interna de retorno	100

2.2.13. Programa de operación y mantenimiento	102
2.2.14. Costos de operación y mantenimiento	106
2.2.15. Estudio tarifario y derecho de conexión	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS	113
BIBLIOGRAFÍA	115
APÉNDICE	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa del municipio de Fraijanes	3
2	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte, relación de soporte de california (CBR)	28
3	Distribución de bandas en pared del tanque sentido largo	73
4	Distribución de bandas en pared del tanque sentido corto	74
5	Distribución de bandas en losa inferior del tanque	74
6	Diagrama de fuerzas a analizar	78
7	Diagrama de fuerzas actuantes en pared del tanque	80
8	Diagrama de momentos en pared y losa inferior del tanque	81
9	Diagrama de reacciones en pared del tanque	82
10	Análisis granulométrico	129
11	Ensayo de compactación	130
12	Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)	131
13	Ensayo de límites de Atterberg	132
14	Ensayo de equivalente de arena (E.A.)	133
15	Examen bacteriológico	137
16	Examen físico-químico sanitario	138
17	Reporte de prueba de bombeo	139
18	Perfil estratigráfico del pozo perforado	140

TABLAS

I	Categoría de carga por eje	25
II	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	26
III	Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA)	26
IV	Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (de PCA)	27
V	TPDC permisible. Carga por eje categoría 2. Pavimento con junta con agregado de trabe	29
VI	Asentamiento	34
VII	Relación agua-cemento	34
VIII	Litros de agua por metro cúbico	35
IX	Porcentaje de arena	35
X	Cronograma de ejecución, Pavimento rígido - Tramo carretero caserío El Hato – aldeas El Cerrito	37
XI	Dotaciones	46
XII	Armado final de losa superior	72
XIII	Resultados finales de distancias y cargas en el tanque de agua potable	85
XIV	Resultados finales de momentos actuantes en tanque de agua potable	86
XV	Resultados finales de área de acero a utilizar en tanque de agua potable	87
XVI	Cronograma de ejecución, Abastecimiento de agua potable – comunidad Valle San Arturo	90
XVII	Medidas de mitigación de impactos ambientales	96
XVIII	Costo económico de la red de distribución de agua potable	99
XIX	Costo social de la red de distribución de agua potable	100
XX	Programa de mantenimiento	104
XXI	Libreta topográfica – proyecto de agua potable	121
XXII	Libreta de nivelación – proyecto de agua potable	122
XXIII	Libreta topográfica – proyecto de pavimentación	124
XXIV	Cálculo hidráulico	143

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INE	Instituto Nacional de Estadística
lt./hab/día	Litros por habitante por día
m³/seg	Metros cúbicos por segundo
mm/hora	Milímetros por hora
m²	Metros cuadrados
lt./seg.	Litros por segundo
Hab.	Habitantes
m/seg	Metros por segundo
PVC	Cloruro de polivinilo rígido
HG	Hierro galvanizado
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
m.c.a.	Metros columna de agua
P.S.I.	Libras por pulgada cuadrada
pulg.	Pulgadas
kg/cm²	Kilogramos por centímetro cuadrado
Lb./pie	Libras por pie
C	Coefficiente de Hazen-Williams
De	Diámetro económico
Hf	Pérdida de carga
As	Área de acero
Fy	Resistencia máxima del acero

f'c	Resistencia máxima del concreto
t	Espesor del muro
Ø	Diámetro
M	Momento
m	Relación entre los claros de la losa, A'/B'
Ma⁺	Momento positivo
Ma⁻	Momento negativo
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones
PCA	Asociación de cemento portland
TPD	Tránsito promedio diario
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
LC	Límite de contracción
CBR	Valor relativo del soporte del suelo
Hi	Altura del instrumento
BM	Banco de marca
P/U	Precio unitario
Est.	Estación
P.o.	Punto observado

GLOSARIO

Aforo	Medición del rendimiento de una fuente de agua.
Balasto	Material selecto que se coloca sobre la subrasante de una carretera
Captación	Estructura que sirve para la toma adecuada del agua de una fuente.
Carga dinámica	Presión ejercida por el agua circulante en un punto determinado del acueducto. O sea, la suma de las cargas de velocidad ($V^2/2g$) y de presión.
Carga estática	Diferencia de alturas entre la superficie de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto no más allá de su descarga libre. Se mide en metros columna de agua (m.c.a.), llamada también presión estática.
Carga	Esfuerzo aplicado a un elemento, por un cuerpo.

Cargas muertas

Estas Incluye el peso de todos los elementos estructurales basados en las dimensiones de diseño (peso propio) y el peso permanente de materiales o artículos, tales como: paredes y muros, cielos rasos, pisos, cubiertas, escaleras, equipos fijos y todas las cargas que no son causadas por la ocupación del edificio. Son cargas que tendrán invariablemente el mismo peso y localización durante el tiempo de vida útil de la estructura

Cargas vivas

Las cargas vivas son cargas no permanentes producidas por materiales o artículo, e inclusive gente en permanente movimiento. Cabinas, particiones y personas que entran y salen de una edificación pueden ser consideradas como carga vivas, son cargas uniformes aplicadas sobre el área de la edificación.

Carga última

En el reglamento ACI 318-02 la carga última se define como 1.4 veces la suma total de carga muerta más 1.7 veces la suma total de carga viva. $(1.4 \cdot C.M. + 1.7 \cdot C.V.)$

Caudal

Volumen de agua que corre en un tiempo determinado.

Consumo máximo horario

Máximo consumo de agua en una hora observado en el período de un año.

Consumo promedio diario	Promedio de los consumos diarios de agua observados en el período de un año.
Cota del terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Cota piezométrica	Cota del terreno más la altura de la presión del agua.
Densidad de vivienda	Número de viviendas por unidad de superficie.
Dotación	Asignación de agua a un usuario. Se expresa en lt/hab/día.
Gradiente hidráulico	Función de la resistencia por fricción a fluir en una longitud dada de conducto.
Método de incremento aritmético	Método que se usa para la predicción de población, el cual toma como base que el aumento de la población (dy) en el intervalo de tiempo (dt) es invariable e independiente del tamaño de la población, es decir, dy/dt es constante.
Método de incremento geométrico	Método que se usa para encontrar el crecimiento de la población, en donde dy/dt es proporcional al tamaño de la población.

Nivelación	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.
Pérdida de carga	Energía perdida por peso unitario de agua a causa de la resistencia superficial dentro del conducto. Energía mecánica convertida en energía térmica.
Tasa de crecimiento	Es el aumento de la población de un determinado territorio (país, región, provincia, comuna, ciudad, etc.) durante un período determinado, normalmente un año, expresado como porcentaje de la población al inicio del período.
Tasa de interés	Es el porcentaje al que está invertido un capital en una unidad de tiempo.
Tasa interna de retorno	Es la tasa máxima de ganancia que puede esperarse de una inversión

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) para el cual, según el resultado del diagnóstico efectuado en el municipio de Fraijanes, se tomaron como prioritarios los siguientes proyectos de infraestructura: la pavimentación de vías de acceso y el abastecimiento de agua potable.

En el primer capítulo se desarrolla la fase de investigación, que constituye la monografía del lugar, así como un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

En el segundo capítulo se desarrolla la fase de servicio técnico profesional, como la pavimentación de una vía de acceso con una longitud de 2745.00 m, que va desde el caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito; para dicho diseño se realizó un estudio de topografía y se tomaron muestras de suelo del lugar para su respectivo ensayo de laboratorio, para luego determinar sus características. Para el diseño del pavimento rígido se establecieron los principales factores que intervienen en el dimensionamiento de losas de concreto y la descripción del método simplificado de la PCA.

En la comunidad Valle San Arturo se realizó el diseño de abastecimiento de agua potable, donde se procedió a realizar un levantamiento topográfico, para su respectivo diseño hidráulico, tomando criterios como dotación, población futura, factores de consumo, caudales, presiones y velocidades. Se detalla el cálculo de la potencia de la bomba, así como el diseño de un tanque

de distribución de concreto armado. De igual forma, se muestra el procedimiento que hay que seguir para la operación y mantenimiento, y se desarrolla una propuesta de tarifa por consumo.

También se presenta el presupuesto y planos de cada proyecto.

OBJETIVOS

General:

Diagnosticar las necesidades de servicios básicos de agua potable y pavimentación, a fin de dar solución a los problemas que aquejan a la comunidad.

Específicos:

Diseñar el pavimento del tramo carretero que va desde el caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito, del municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala; para que los habitantes de la zona posean una vía de acceso en buenas condiciones que les permita la integración social y productiva de la región a la cabecera municipal y a la ciudad capital.

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable y un tanque de almacenamiento, capaz de cubrir la demanda del vital líquido para la comunidad Valle San Arturo, municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Los servicios básicos como el agua potable son primordiales para la salud y la existencia del ser humano. Por ello, es necesario contar en cada lugar de Guatemala con recursos que faciliten nuestra existencia y promuevan el desarrollo del país.

En el municipio de Fraijanes es muy difícil que todas las comunidades, aldeas y caseríos, cuenten con estos servicios. Por un planteamiento que la comunidad Valle San Arturo de este municipio hizo a las autoridades ediles, se procede a la solicitud del apoyo necesario para la planificación y el diseño de un proyecto que dé una solución al problema de la falta de agua potable en dicha comunidad, ya que la misma no cuenta con una fuente de agua que satisfaga de manera directa la demanda. A través de este trabajo se plantea la utilización del medio más cercano, consistente en un pozo que se ubica en las faldas de la población, por lo que el trabajo consiste en planificar y diseñar la forma de llevar este vital líquido a toda la población.

Por otra parte, se realizó la planificación y el diseño de la pavimentación de la vía de acceso desde el caserío El Hato hacia la aldea El Cerrito, de este municipio, en vista que la falta de una ruta adecuada y en buenas condiciones no sólo afecta su desarrollo, sino también el de otras comunidades que utilizan dicha vía de acceso.

Con el diseño y la planificación de estos proyectos se busca dar solución a algunos de los problemas que afrontan dichas comunidades y contribuir a mejorar el nivel de vida de sus pobladores.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

1.1.1. Antecedentes históricos

El Municipio de Fraijanes fue creado el 12 de Junio de 1924, pues hasta ese entonces era una aldea que pertenecía al Municipio de Villa Canales; sus habitantes vivían en extrema pobreza, carecían de vivienda y transporte y para la obtención de productos básicos se tenía que viajar hasta la capital.

Al momento de su creación, Fraijanes perteneció al departamento de Amatitlán (hoy municipio de Amatitlán). A menos de un año de su creación Fraijanes fue anexado al Departamento de Guatemala, el 23 de abril de 1925, y el 15 de Julio de 1925, durante el Gobierno del Presidente José María Orellana, se establecieron nuevos linderos.

El nombre Fraijanes tiene su origen en el año 1770 cuando un grupo de Frailes Juanes llegaron al pueblo con la tarea de velar por el bien espiritual de la población, ganando con ello el respeto y aprecio de cada uno de sus vecinos.

Los frailes se perdieron en la historia, mas el nombre inicial para el municipio Fray Juanes es en honor a ellos, pues su labor caritativa permaneció por mucho tiempo; pero la misma historia se encargó de, aproximadamente 200 años después, bautizarle con el nombre titular de Fraijanes.

1.1.2. Localización y ubicación

El municipio de Fraijanes se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la región metropolitana, a una distancia de 28 km. de la ciudad capital y 9 de la carretera interamericana CA-1 que conduce de la ciudad de Guatemala hacia El Salvador; se encuentra a una altura de 1,630 m.s.n.m. con una latitud norte de 14° 27'45" y una longitud oeste de 90°26'25".

El Caserío Valle San Arturo dista 18.5 km. de la ciudad capital y 10 de la Cabecera Municipal de Fraijanes, a una altura de 1,830 m.s.n.m., con latitud norte de 14°30'41" y longitud oeste de 90°27'22".

1.1.3. Extensión y colindancias

El municipio de Fraijanes cuenta con una extensión territorial de 91 Km². Colinda al norte con el municipio de Santa Catarina Pinula (Guatemala); al sur con el municipio de Barberena (Santa Rosa); al este con los municipios de San José Pinula (Guatemala), Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y al oeste con el municipio Villa Canales (Guatemala). Su división político-administrativa incluye 4 aldeas y 11 caseríos.

1.1.4. Vías de comunicación

La vía de comunicación desde la ciudad capital a este municipio es por carretera asfaltada: 20 Km sobre la carretera interamericana CA-1; la cual se mantiene en óptimas condiciones debido a su importancia. A dicha ruta se conecta una carretera asfaltada de 9 km. por la ruta nacional 18, que conduce hacia el municipio de Fraijanes, la cual es transitable en cualquier época del año.

1.1.5. Suelo y topografía

El suelo es arcilloso de color café oscuro y presenta un contenido mínimo de materia orgánica. El suelo es suave cuando está húmedo, y macizo cuando está seco; además, el suelo es apto para la agricultura.

La topografía del terreno está caracterizada por pendientes onduladas fuertemente hasta formar escarpadas, con pequeñas áreas casi planas o valles ondulados principalmente en las partes bajas de las microcuencas.

1.1.6. Clima

El clima es templado y varía entre los 15 a 21 grados centígrados (°C), todo el año; propicio para el cultivo de café, con altitudes que varían desde 1,400 a 1,900 m.s.n.m., y con precipitaciones de 1,500 milímetros anuales.

1.1.7. Población

Según el último censo efectuado, el municipio de Fraijanes cuenta con 36,000 habitantes, de los cuales el 52% son hombres y el 48% mujeres. Con el 63% en el área urbana y 37% en el área rural.

1.1.8. Actividades económicas

El sector más importante desde el punto de vista económico es la agricultura, siendo el café la mayor producción. El subsector pecuario está constituido por la producción de aves de corral, así como porcinos y ganado vacuno en pequeña escala.

1.1.9. Autoridades y servicios públicos

Corresponde con exclusividad a la corporación municipal la deliberación y decisión del gobierno y la administración del patrimonio e intereses del municipio. Cuenta con energía eléctrica en un 65% de su totalidad; agua potable, 70%; drenajes, 45% y calles en buen estado en un 50%. Cuenta con mercado municipal, puesto de salud en cada aldea, clínica del IGSS, Policía Nacional Civil, correo, servicios telefónicos, cementerio general y cementerio en cada aldea. También tiene escuela de párvulos y primaria en todas las aldeas, mientras que, en la cabecera municipal, cuenta con institutos de educación básica, biblioteca municipal, colegios privados y academia de mecanografía, además de los centros educativos de preprimaria y primaria.

Entre los centros de recreación familiar, cuenta con canchas polideportivas, gimnasio municipal y el parque central.

Las carreteras de terracería que unen las aldeas y caseríos del municipio se mantienen transitables en verano; en época de lluvia se vuelve más difícil el tránsito debido a problemas causados por las aguas pluviales, aunque se les da mantenimiento por parte de la municipalidad.

1.1.10. Investigación sobre servicios básicos e infraestructura

Se detectan las siguientes necesidades: en infraestructura: pavimentación de calles y callejones, para que sean transitables y funcionales; en educación: construcción de nuevos edificios escolares, con áreas recreativas, y mejoras en las edificaciones existentes; en lo sanitario: construcción de puestos de salud, sistemas de alcantarillado para conducción de aguas servidas o negras, para

evitar focos de contaminación que afecten la salubridad de las personas, y el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de pavimento rígido del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito, municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala.

2.1.1. Descripción

Pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Comprende la carpeta de rodadura, la base y la sub-base en las cuales se apoya. Las condiciones que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y que proteja al suelo de la pérdida de sus propiedades por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.1.2. Tipos de pavimentos

De acuerdo con la forma como se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimento: rígido y flexible.

2.1.2.1. Pavimento rígido

En un pavimento rígido el elemento estructural más importante es la losa de concreto; ésta es la que absorbe la mayor cantidad de los esfuerzos,

producto del peso de los vehículos que pasan sobre ella. Los esfuerzos que se transmiten hacia la base, corresponden a menos del 20% de los valores de esfuerzos por cargas rodantes. Esto hace posible que el material para la base del pavimento rígido no tenga especificaciones tan estrictas como lo serían para una base de pavimento flexible.

Los pavimentos rígidos consisten en una mezcla de cemento Portland, arena de río, agregado grueso y agua, tendida en una sola capa. Pueden o no incluir, según la necesidad, la capa de sub-base y base que al aplicarles cargas rodantes no se deflecten perceptiblemente. La unión de todos los elementos antes mencionados, constituye una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variables.

Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos, a esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las cargas de las ruedas, a esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas, los causados por la expansión y la contracción del concreto y a los originados por la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

Para el presente proyecto se consideró utilizar el tipo de pavimento rígido, debido a la cantidad de metros lineales que hay que pavimentar y a la factibilidad de utilizar personal de empleados municipales para llevarlo a cabo. Esto ofrece la oportunidad de trabajo para vecinos del lugar y una economía del mismo.

2.1.2.2. Pavimento flexible

Los pavimentos asfálticos consisten en agregados bien clasificados, mezclados, ya sea antes, durante o después del tendido, con aceites bituminosos. La resistencia se logra controlando la calidad de los agregados, así como el número y espesor de la base. La elaboración del concreto asfáltico se hace en plantas, las cuales efectúan el secado y calentamiento de los agregados y el proporcionamiento de éstos con el cemento asfáltico previamente calentado. Con este método de mezclado se garantiza que los agregados queden cubiertos con una película uniforme de bitumen asfáltico y se asegura un control preciso de los tamaños de los agregados y de la cantidad de asfalto.

En un pavimento flexible, la principal desventaja es la necesidad de contar con un equipo especial para su calentamiento. El cemento asfáltico puede diluirse con destilados del petróleo para obtener un material que requiera menos calentamiento; sin embargo, el equipo para su calentamiento sigue siendo necesario y el costo, por los derivados del petróleo, eleva el presupuesto de la obra.

2.1.3. Tipos de juntas

Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales que produce la expansión y la contracción del material constituyente de las losas. Según las formas en que se han diseñado las juntas, éstas podrán transmitir la carga del tráfico de una losa hacia la siguiente.

La construcción de juntas permite la elaboración de losas separadas para evitar grietas, y establece, al mismo tiempo, la unión adecuada de ellas para asegurar la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento. Las juntas más comunes en un pavimento rígido son: longitudinales, transversales, de expansión y de construcción.

2.1.3.1. Juntas longitudinales

Controlan el agrietamiento longitudinal. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12.5 pies (3.81 m.), ésta es la que determina el ancho del carril. Lo común en nuestro medio es construir la carpeta de rodadura, carril por carril, cuando se trata de pavimento rígido, por lo que las juntas longitudinales se vuelven juntas de construcción del tipo “macho hembra”. Pueden llevar barras de anclaje cuando no existe confinamiento lateral.

2.1.3.2. Juntas transversales

También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto. La profundidad de la ranura debe ser igual a un cuarto del espesor de la losa, la separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 m), la colocación de barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

2.1.3.3. Juntas de expansión

Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en

intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión son necesarias. Su construcción consiste en dejar una separación de 2 cm. en todo el espesor de la losa, la cual se rellena con un sello impermeable y compresible.

2.1.3.4. Juntas de construcción

Se construyen cuando hay una interrupción mayor de 30 minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir llevan barras de acero o material adecuado para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

2.1.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico sirve para obtener la planimetría y la altimetría del terreno, que son bases fundamentales para todo proyecto por donde pasará la carretera para su posterior diseño en gabinete, los cuales reflejarán las condiciones geométricas del lugar de ejecución de un proyecto.

El levantamiento topográfico se presenta en el apéndice I.

2.1.5. Elementos constructivos de los pavimentos

2.1.5.1. Sub-rasante

Es la capa de terreno, de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, sea éste rígido o flexible.

Los materiales que forman la subrasante deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad; dichos requisitos dependen de las propiedades de los materiales que se determinan por ensayos debidamente normalizados por la American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) y por la American Association of State Highways and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.), (T89-68, T87-70, T88-70, T180-70, T193-63, T-176)

2.1.5.2. Capa de sub base

Es la capa de material que se coloca entre la sub-rasante y la capa de base. Ésta puede construirse en una gran variedad de suelos, ya sea en su estado natural o mejorado por un tratamiento adecuado.

Características de la sub-base:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- Servir de material de transición entre el suelo de sub-rasante y la base.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base.
- Ser susceptible de compactación, es decir, que la compresión o la vibración conduzcan fácilmente a una disposición estable de las partículas correspondientes a una cantidad de vacíos reducida y a una gran densidad seca.

- Ser poco sensibles al agua, para lo cual es preciso que la proporción de finos arcillosos sea pequeña. Son ideales los suelos cuyo índice de plasticidad sea nulo o menor a cinco.
- Conservar, en las condiciones higroscópicas más desfavorables, una consistencia suficiente.
- Que el material no tenga un hinchamiento mayor del 1%.
- Que el agregado grueso retenido en el tamiz número 10 tenga un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 100 revoluciones, determinado por el método de Los Ángeles.

Para el pavimento de concreto es normalmente muy necesaria y, casi siempre, las condiciones de la sub-rasante la exigen; sus funciones son:

- Eliminar la acción de bombeo.
- Aumentar el valor de soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la losa de concreto.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub-rasante.

El material debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser arena, grava, granzón, residuos de canteras, etc. Debe tener las características de un suelo A-1 ó A-2 (Materiales granulares. Contienen el 35% o menos de material que pasa el tamiz de #200), de acuerdo con la clasificación de la A.A.S.H.T.O. Su valor soporte de California C.B.R. (A.A.S.H.TO. T193-63) no podrá ser menor de 20, a 95% de compactación para una penetración 0.1 pulgada.

2.1.5.3. Capa de base

Es la capa de la estructura destinada a transmitir y distribuir las cargas originadas por el tránsito a las capas adyacentes y sobre las cuales se coloca la superficie de rodadura.

Funciones y características de la base

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de las superficies de rodadura.
- Servir de material de transición entre la sub-base y las carpetas de rodadura.
- Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas.
- Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producida por el tránsito.
- El material deberá tener una relación de valor soporte de California o C.B.R. no menor de 90%, (A.A.S.H.T.O. T193-63) a un porcentaje de compactación de 95%, para una penetración de 0.1 pulgada.
- El material no deberá tener un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según A.A.S.H.T.O. T 193.

Para pavimentos rígidos estas bases pueden ser de materiales granulares, como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados de suelo-cemento. Inclusive puede ser de productos bituminosos y agregados pétreos. Las funciones de la base, en los pavimentos de concreto, en su orden de prioridad, son como sigue:

- Prevenir el bombeo.
- Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles de sufrir dichos cambios.
- Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- Aumentar la capacidad estructural del pavimento.

2.1.6. Toma de muestra de suelos

Para determinar en laboratorio las propiedades de un suelo, es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede; e inalterada en caso contrario.

Para el presente proyecto, el tipo de muestra que se utilizó fue alterada y los resultados de laboratorio están contenidos en el apéndice II.

2.1.7. Estudio de suelos

2.1.7.1. Límites de Atterberg

Para conocer la plasticidad de un suelo (plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite sin romperse) se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes: estado sólido, estado semi-sólido, estado plástico y estado líquido.

Los resultados del ensayo de límites para este proyecto se encuentran en el apéndice II.

2.1.7.1.1. Límite líquido

Normado por la A.A.S.H.T.O T89-68. Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico. El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido es el que ideó Casagrande.

El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan pasado la malla número 40. Si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L.L. = w \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

L.L. = Límite líquido calculado del suelo.

W = % de humedad arbitraria del suelo con respecto al peso seco.

N = Número de golpes necesarios para cerrar la ranura en la copa de Casagrande, correspondiente a w.

2.1.7.1.2. Límite plástico

Normado por la A.A.S.H.T.O T90-70. Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

El límite plástico se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L.P. = \left(\frac{P_w}{P_s} \right) (100)$$

$$P_w = (P_h - P_s)$$

Donde:

- L.P. = Humedad correspondiente al límite plástico en %
Ph = Peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos
Ps = Peso de los trocitos de filamentos secos en gramos
Pw= Peso del agua contenida en los filamentos pesados en gramos

2.1.7.1.3. Índice plástico

No es más que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P$$

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

- | | |
|---------------|----------------------------------|
| I.P. = 0 | suelo no plástico |
| I.P. < 7 | suelo que tiene baja plasticidad |
| 7 ≤ I.P. ≤ 17 | suelo medianamente plástico |
| I.P. > 17 | Suelo Altamente plástico. |

2.1.7.2. Ensayo de granulometría

Normado por la A.A.S.H.T.O. T87-70 y T88-70. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad, en porcentaje, de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Los resultados de este análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica.

Con la curva obtenida, se calculan los siguientes coeficientes.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

Cu = coeficiente de uniformidad

D₆₀= tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

D₁₀= tamaño correspondiente al 10%, obtenido de la curva

Cuando los suelos tienen Cu menor que 4, se dice que son uniformes; los suelos con Cu mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica.

El coeficiente de uniformidad indica la variación del tamaño de los granos.

$$Cc = \frac{(D_{60})^2}{(D_{10})(D_{60})}$$

Donde:

C_c = coeficiente de curvatura

D_{60} = tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

El coeficiente de graduación indica una medida de la forma de la curva entre D_{60} y D_{10} .

Los valores del coeficiente de uniformidad, y el de graduación, indican si se tiene un suelo bien graduado para que las partículas pequeñas llenen los espacios vacíos entre los granos de mayor tamaño, durante la compactación (ver apéndice II).

2.1.7.3. Ensayo de proctor

Normado por la A.A.S.H.T.O. T180-70 (modificado). La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se le llama "Contenido óptimo de humedad", para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Antes de la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz número $\frac{3}{4}$. Se entiende por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas, si las hubiere.

La prueba de proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme, de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

En este ensayo se utilizó un pistón de 10 libras y una altura de caída de 18 pulgadas, compactando en 5 capas, usando para ello 25 golpes (ver apéndice II).

2.1.7.4. Ensayo de C.B.R.

Normado por la A.A.S.H.T.O. T193-63. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua.

El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. (ver apéndice II)

Los valores de C.B.R. que se utilizan son:

0.1 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras

0.2 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

2.1.7.5. Ensayo de equivalente de arena

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-176. Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos. (Ver apéndice II)

2.1.7.6. Clasificación de los suelos

Existen diferentes clasificaciones de acuerdo con los puntos de vista de geólogos, agrónomos, ingenieros civiles, etc. Sin embargo, hoy es casi aceptado por la mayoría, que el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S.) es el que mejor satisface los diferentes campos de aplicación de la Mecánica de Suelos. Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos.

Los suelos de partículas gruesas y los suelos de partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por la malla número 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que pasan, y así un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla indicada, y fino si más del 50% de sus partículas pasan por dicha malla.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

2.1.8. Evaluación de la sub-rasante

2.1.8.1. Análisis de resultados de laboratorio de suelos

El suelo presenta las siguientes características:

- Clasificación S.C.U: ML
- Clasificación P.R.A.: A-7-5
- Descripción: limo arenarcilloso color café
- L.L.: 47.39% I.P.: 13.24%
- Peso unitario máximo: 84.1 lb/pie³
- Humedad óptima: 36.00%
- CBR: 11.8 % al 98% de compactación

El material cumple con los requisitos para una subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50%; el 95% de compactación requerida se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de proctor modificado.

2.1.9. Diseño final

2.1.9.1. Espesores de sub-rasante

El espesor de diseño es determinado con base en los siguientes cuatro factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR).
- Resistencia de la sub-rasante o combinación de la sub-rasante y la sub- base (k).

- Los pesos, frecuencia y tipo de carga de eje de camión que el pavimento tiene que soportar.
- Período de diseño, el cual en este u otro procedimiento de diseño de pavimento es usualmente tomado de 20 años, pero puede ser mayor o menor.

2.1.9.2. Espesores de base

Para el presente proyecto, considerando que el material es de calidad baja y contando con una capa de balasto con un espesor de 20 cm actualmente, se colocará una base con un espesor de 10 centímetros, utilizando para el efecto material selecto.

2.1.9.3. Capa de rodadura

Es la capa superficial de concreto de cemento Portland, es decir, la losa en sí, cuyas funciones son:

- Proveer un valor soporte elevado para que resista muy bien las cargas concentradas que provienen de ruedas pesadas trabajando a flexión, distribuirlo bien en el material existente debajo.
- Servir de textura superficial poco resbaladiza, aun cuando se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite y otro material deslizante.
- Proteger la superficie, sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito.
- Prevenir a la superficie de la penetración del agua.
- Proveer buena visibilidad, ya que por su color claro da una mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.

- Ofrecer gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

2.1.9.3.1. Diseño de pavimento

La asociación de Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito. Estos métodos son:

- a) MÉTODO DE CAPACIDAD: Se utiliza cuando es posible obtener datos exactos de carga de tránsito.
- b) MÉTODO SIMPLIFICADO: Se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Para el presente proyecto se aplicó el método simplificado, para el cual la PCA ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga-eje, para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están diseñadas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1.0 a 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Las diferentes categorías se muestran en la tabla I

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la sub-base (ver tabla II), ya que mejoran la estructura del pavimento.

Valores aproximados del módulo de reacción k , cuando se usan bases granulares y bases de suelo-cemento, se muestran en las tablas III y IV respectivamente.

Tabla I. Categoría de carga por eje.

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje. KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5,000	5 a 18	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3,000 a 12,000 dos carriles, 3,000 a 50,000 cuatro carriles o más	8 a 30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) Interestatales urbanas y rurales (medio alto).	3,000 a 20,000 dos carriles. 3,000 a 15,000 cuatro carriles	8 a 30	de 1,500 a 8,000	34	60

FUENTE: . Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 148

Los descriptores altos, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

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

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K (PCA)
Suelos de grano fino en los cuales el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

FUENTE: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 149

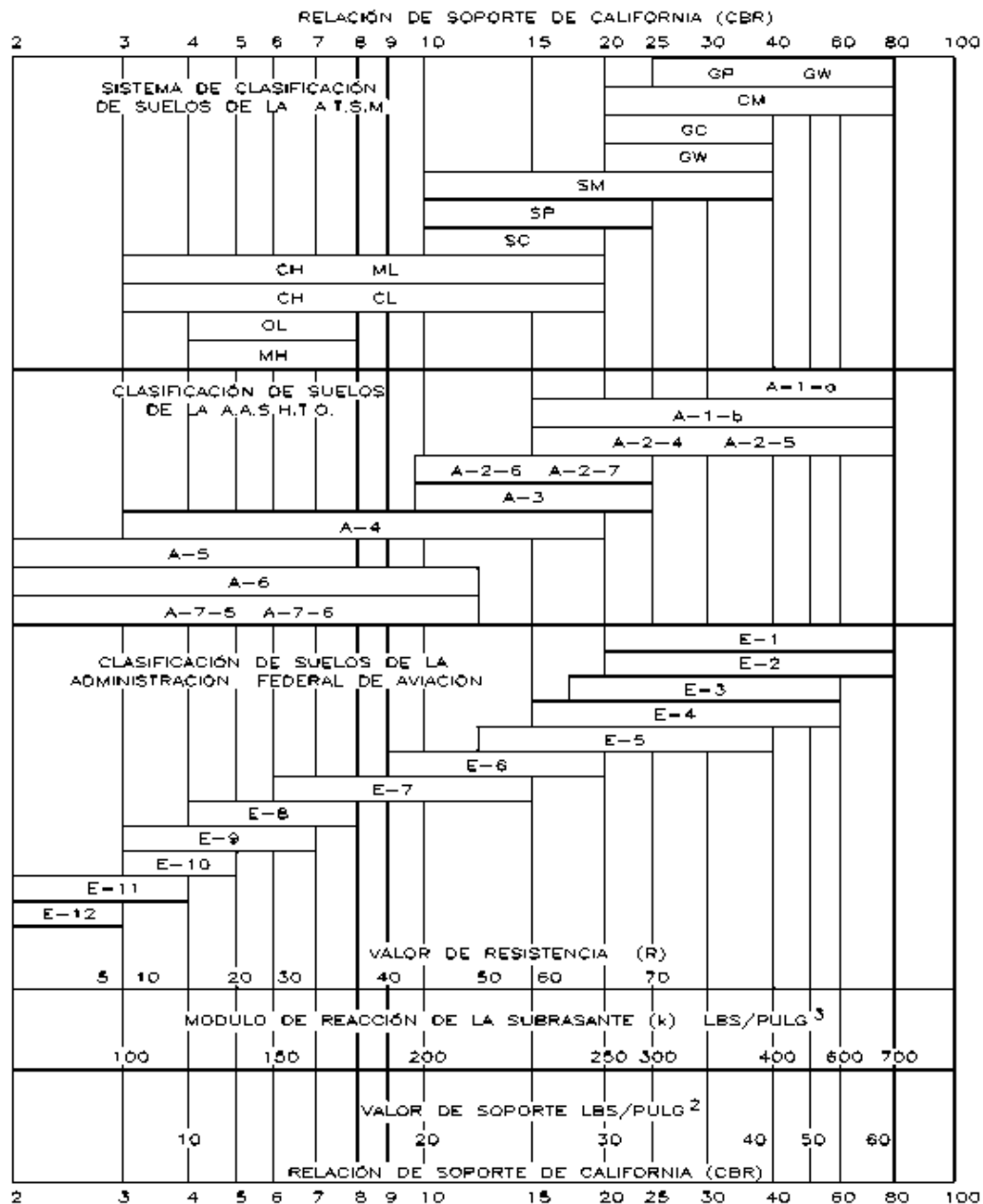
Tabla III. Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA)

Valor de K de la sub-rasante lb/plg.	Valores de K sobre la base lb/plg ³			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Tabla IV. Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (de PCA)

Valor de K de la sub-rasante lb/plg.	Valores de K sobre la base lb/plg ³			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Figura 2. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte



FUENTE: Coronado Iturbide, Jorge. **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.** Capítulo 7 – Pag. 70

Tabla V. TPDC permisible. Carga por eje categoría 2. Pavimento con juntas con agregados de trabe.

Concreto sin hombro o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa Plg.	Soporte				Espesor de losa Plg.	Soporte				
	Sub-rasante- sub-base					Sub-rasante- sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 PSI					5		3	9	42	
	5.5			5	5.5	9	42	120	450	
	6		4	12	59	6	96	380	970	3400
	6.5	9	43	120	400	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	80	320	840	1200	7	1100	1900		
	8	490	1200	1500						
MR = 600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	450	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	620	1500	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
MR = 550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	240								

FUENTE: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 150

Los pasos para el cálculo del espesor de un pavimento por medio de este método son:

- a) Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, sin incluir camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- b) Determinar la categoría de carga por eje, según la tabla I.
- c) Determinar el espesor de la losa requerida por medio de la tabla correspondiente (tabla V).

Conociendo el CBR de la sub-rasante, se busca su correspondiente módulo de reacción en la figura 2. Se determina el espesor de la sub-base. El módulo de reacción se incrementa, según las tablas III y IV. Con este valor, se clasifica la resistencia de la combinación sub-rasante sub-base, según tabla II.

Con la información anterior, conociendo el módulo de ruptura del concreto y el tipo de juntas, se busca el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre él. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario, en ambas direcciones, de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones, en ambas direcciones, y carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje del TPD. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años, con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones (TPDC).

Para el diseño del pavimento de este tramo carretero no fue posible obtener un conteo de tránsito, por lo que se basó únicamente en la categoría correspondiente.

Se consideró la categoría 2 debido a que por el mencionado tramo se comunica al caserío El Hato y a la aldea El Cerrito, donde el tránsito de transporte colectivo y transporte pesado no es frecuente. Por eso se tomó un rango de TPD de 700 a 5,000 vehículos y un 5% a 18% de TPDC.

Seleccionando el valor más bajo de TPD (700 vehículos) con un 25% de vehículos pesados, se obtiene un TPDC de 150 en ambos sentidos.

Para el pavimento se estimó un módulo de ruptura de concreto de 600 PSI, que es equivalente a un $f'c$ de 4,000 PSI (281 kg/cm²), a los 28 días de curado.

Con los datos anteriores, según la tabla V, se obtiene un espesor de la losa de 6.21 pulg (15.77 cm), por lo que se trabajará una losa de 16 cm de espesor. El total del espesor del pavimento será de 26 centímetros, debido a que contará con una base de 10 cm de grosor.

Las losas de concreto tendrán una relación largo/ancho no mayor de 1:1.25 ni mayor de 21 veces el espesor de la losa de concreto. La pendiente de bombeo será de 2.5%.

2.1.9.3.2. Diseño de la mezcla de concreto

Para el presente diseño se utilizaron las tablas de la VI a la IX, las cuales son el resultado de ensayos de laboratorio. Estas tablas son de gran ayuda para obtener mezclas con las características deseadas.

Para este pavimento se necesita un concreto de 4,000 PSI (281 kg/cm²) a los 28 días de curado. La tabla VI indica un asentamiento máximo de 8 cm.

La tabla VII da una relación agua-cemento de 0.44. Conociendo el asentamiento máximo de la mezcla, se obtiene de la tabla VIII la cantidad de agua por metro cúbico de concreto que para este caso es de 200 lt./m³, utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de ¾". El porcentaje de arena sobre el agregado total se obtiene de la tabla IX, al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para este caso es de 44%.

Pasos para el diseño:

- a) Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico entre la relación agua-cemento.

$$\text{Relacion } \frac{A}{C} = 0.44 \quad \text{cemento} = \frac{200 \text{ Kg/m}^3}{0.44} = 454.55 \text{ Kg/m}^3$$

Un litro de agua = Un 1 kilogramo de peso

- b) Calcular la cantidad de agregado, restando el peso del agua y del cemento del peso total de un metro cúbico de concreto:

Cantidad de agregados = P.U.C. = cemento + arena + piedrín + agua

Agregados (arena + piedrín) = (2,400.00 – 454.55 – 200.00) kg/m³

Agregados = 1,745.45 kg/m³

c) La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente:

Arena = (1,745.45)(0.44) kg/m³ = 768.00 kg/m³

d) La cantidad de piedrín será el agregado total menos la cantidad de arena:

Piedrín = (1,745.45)(0.56) kg/m³ = 977.45 kg/m³

e) Resumen de materiales

Agua = 200.00 kg/m³

Arena = 768.00 kg/m³

Cemento = 454.54 kg/m³

Piedrín = 977.45 kg/m³

f) Por último, se divide la cantidad de cada material por la cantidad de cemento encontrada al inicio:

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrín}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$
$$\frac{454.55 \text{ kg/m}^3}{454.55 \text{ kg/m}^3} : \frac{768.00 \text{ kg/m}^3}{454.55 \text{ kg/m}^3} : \frac{977.45 \text{ kg/m}^3}{454.55 \text{ kg/m}^3} : \frac{200.00 \text{ kg/m}^3}{454.55 \text{ kg/m}^3}$$

1 : 1.69 : 2.15 : 0.44

En conclusión, la proporción final para alcanzar la resistencia requerida será:

$$\frac{\text{cemento}}{1} : \frac{\text{arena}}{2} : \frac{\text{piedrin}}{2.5} : \frac{\text{agua}}{0.44}$$

Tabla VI. Asentamiento

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO
Cimientos, muros, columnas, vigas	10 cm
Pavimentos, losas	8 cm

Tabla VII. Relación agua-cemento

RESITENCIA (kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA-CEMENTO
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.67

Tabla VIII. Litros de agua por metro cúbico

ASENTAMIENTO (cm.)	LT. DE AGUA POR M ³				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 – 5	205	200	185	180	175
8 – 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Tabla IX. Porcentaje de arena

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

2.1.9.4. Sección típica

La sección típica está contenida en el plano de pavimentación que se encuentra en el apéndice V

2.1.10. Elaboración de planos

Los planos, para su presentación, se dibujaron en hojas con formato A-1 y se redujeron a tamaño doble carta para su inclusión en el presente trabajo de graduación (ver apéndice V).

2.1.11. Elaboración de presupuesto

PROYECTO
Pavimento rígido del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito

TRAMO	MUNICIPIO	ANCHO (mts)	LONGITUD (km)
Frajanes - caserío El Hato - aldea El Cerrito	Frajanes	6.00	2.75

No.	Actividad	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo
1	Replanteo topográfico	2.75	Km	Q 6,378.35	Q 17,540.46
2	Excavación	1,547.00	m3	Q 70.57	Q 109,171.79
3	Reacondicionamiento de sub-rasante	16,500.00	m3	Q 8.60	Q 141,900.00
4	Relleno con material selecto para base e = 0.10 m	3,546.25	m2	Q 182.56	Q 647,403.40
5	Estudio de suelos	5.00	unidad	Q 2,088.35	Q 107441.75
6	Pavimento de concreto 4000 psi e = 0.16 m	2,640.00	m3	Q 1,986.12	Q 5,243,356.80
7	Bordillo de 0.30x0.10 m	5,500.00	ml	Q 102.88	Q 565,840.00
8	Banqueta de 0.60x0.05 m	5,500.00	ml	Q 98.04	Q 539,220.00
9	Suministro y colocación de alcantarilla metálica de Ø 30"	84.00	ml	Q 1,694.45	Q 142,333.80
10	Mampostería para cajas y cabezales	48.50	m3	Q 1,149.89	Q 55,769.67
11	Transporte	1.00	global	Q 12,267.20	Q 12,267.20
COSTO TOTAL				Q	7,485,244.87
PRECIO UNITARIO POR KM				Q	2,721,907.23
PRECIO UNITARIO POR m2				Q	453.65

Tabla X. Cronograma de ejecución, Pavimento rígido – Tramo carretero caserío El Hato – aldeas El Cerrito.

PROYECTO											
Pavimento rígido del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito											
TRAMO											
Frijianes - caserío El Hato - aldea El Cerrito											
No.	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Replanteo topográfico	█									
2	Excavación	█									
3	Reacondicionamiento de subrasante			█							
4	Relleno con material selecto para base e = 0.10 m				█	█	█	█			
5	Estudio de suelos				█	█	█	█			
6	Pavimento de concreto 4000 psi e = 0.16 m							█	█	█	
7	Bordillo de 0.30x0.10 m										█
8	Banqueta de 0.60x0.05 m										█
9	Suministro y colocación de alcantarilla metálica de Ø 30"							█	█	█	
10	Mampostería para cajas y cabezales							█	█	█	
11	Transporte	█									█

2.2. Diseño de abastecimiento de agua potable para la comunidad Valle San Arturo, municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala.

2.2.1. Levantamiento topográfico

2.2.1.1. Topografía

2.2.1.1.1. Planimetría

Se realiza para representar la proyección del terreno sobre un plano horizontal. En el presente proyecto se utilizó el método de conservación de Acimut con vuelta de campana. Para ello se utilizó un teodolito Kern-Swiss, K-1-M, precisión de 6", un estadal de 4 metros, cinta métrica de 50 metros, plomada, trompos, clavos, pintura, lápices y libreta de campo.

2.2.1.1.2. Altimetría

Consiste en medir las alturas del terreno por medio de la utilización de un alfiler de precisión o teodolito, en los puntos más importantes. Para este caso se efectuó a través de un método indirecto, el taquimétrico, ya que es el más recomendable en acueductos por no ser necesaria una nivelación muy detallada, y, además, porque permite una mayor rapidez en el levantamiento. Esta altimetría es de gran importancia debido a la información que arroja para el manejo de las presiones en el diseño.

2.2.1.1.3. Cálculos y dibujos topográficos

Los cálculos son todas aquellas operaciones matemáticas elementales y aplicaciones de fórmulas cuyos resultados nos llevan a determinar la mejor opción de diseño para un determinado proyecto.

Los dibujos topográficos nos dan la representación gráfica del terreno sobre un plano, facilitando de esta manera el diseño en gabinete.

Los cálculos y dibujos topográficos para el presente proyecto se encuentran en el apéndice I.

2.2.2. Fuentes de abastecimiento de agua

Dentro de las fuentes de agua utilizables por el ser humano existen de dos tipos:

- a) Superficiales, como lagos, ríos y captaciones de agua de lluvia.
- b) Subterráneas, como pozos y manantiales de brotes definidos y difusos.

Para el proyecto de la comunidad Valle San Arturo, la fuente de abastecimiento está ubicada en las faldas de la comunidad.

2.2.3. Descripción del Pozo

De acuerdo con los recursos hidrológicos de la zona, para realizar el proyecto, la única forma de abastecerlo del servicio de agua potable se logra por medio de un pozo mecánico y un sistema de bombeo.

La comunidad Valle San Arturo cuenta actualmente con un pozo mecánico de 600 pies de profundidad y un aforo de 200 G.P.M. Ver apéndice III.

2.2.3.1. Nivel dinámico

Es la distancia desde la boca del pozo hasta el nivel del agua, cuando funciona la bomba.

El nivel dinámico con que se cuenta en el pozo que abastecerá la comunidad Valle San Arturo es de 200 pies. Ver apéndice III.

2.2.3.2. Nivel estático

Es la distancia normal de la boca del pozo hasta el nivel del agua, cuando la bomba no funciona.

El nivel estático con que se cuenta en el pozo que abastecerá la comunidad Valle San Arturo es de 200 pies. Ver apéndice III.

2.2.3.3. Estratigrafía del pozo

Es un perfil estratigráfico que muestra las características de los diferentes estratos de suelos y rocas que se encuentran donde está ubicado el pozo.

En el pozo que servirá para abastecer a la comunidad Valle San Arturo, se puede observar que está conformado en su mayoría por rocas de diversos colores y a diferentes profundidades. Ver apéndice III.

2.2.4. Calidad de agua

2.2.4.1. Examen bacteriológico

Es fundamental determinar las condiciones bacteriológicas del agua, desde el punto de vista sanitario. Los gérmenes patógenos de origen entérico y parásito-intestinal son los que pueden transmitir enfermedades. Por lo tanto, el agua debe estar exenta de ellos.

De acuerdo con los exámenes realizados en el laboratorio de la Facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos, el agua necesita métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) (ver apéndice III).

2.2.4.2. Examen físico

Es el que se efectúa para determinar las características físicas del agua y que puedan ser percibidas por los sentidos, causando la aceptación o rechazo por parte del consumidor. Estas son: el aspecto, el color, la turbiedad, el olor, el sabor, la temperatura y la conductividad eléctrica.

Norma COGUANOR NGO-29001

	LMA	LMP
1. COLOR	5 unidades	50 unidades
2. TURBIDEZ	5 utn o utj	25 utn o utj
3. PH	7.0 – 8.5	6.5 – 9.2
4. TEMPERATURA	18 – 30 oC	No mayor de 34 oC
5. DUREZA	100 mg/l	500 mg/l
6. CLORUROS	200 mg/l	600 mg/l
7. NITRATOS	-----	45 mg/l

LMA = Límites máximos aceptables

LMP = Límites máximos permisibles

Los resultados de este análisis se encuentran en el apéndice III.

2.2.4.3. Examen químico

Este análisis determina la cantidad de compuestos químicos presentes en el agua.

Cuando el agua va a ser utilizada para el consumo humano, debe incluir en su análisis un estudio de dureza y de potencial de hidrógeno (pH), el cual es un parámetro que expresa la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución; así como hierro, magnesio, amoníaco, fluoruros, nitratos, sulfato y total de sólidos en suspensión.

La medida de dureza debe estar como máximo en 150 ppm. El pH para consumo humano debe encontrarse dentro de un rango de 7.0 a 8.5. La presencia de más de 0.3 mg/lit de hierro y 0.05 mg/lit de manganeso causa manchas en la ropa y en las tuberías.

Los resultados de este análisis se encuentran en el apéndice III.

2.2.4.4. Potabilización

El agua para el consumo humano tiene que llenar los requisitos de potabilidad, según normas COGUANOR NGO 29 001. Cuando no cumple con estas normas, deberá ser tratada mediante procesos adecuados, entre los que se pueden mencionar: el desarenamiento, sedimentación, filtración y desinfección. Este último proceso debe adoptarse en todos los sistemas públicos para asegurar la calidad del agua, principalmente si se determina que existe contaminación bacteriológica.

En acueductos rurales, el producto más utilizado para este proceso es el hipoclorito al 66%, el cual es derivado del cloro.

2.2.5. Estudio del diseño hidráulico

2.2.5.1. Período de diseño

El período adoptado fue de 20 años, contemplando adicionalmente un año por concepto de planificación, diseño y construcción del proyecto.

2.2.5.2. Crecimiento de la población

2.2.5.2.1. Método geométrico

Es un método que se usa para encontrar el crecimiento de la población, en donde dy/dt es proporcional al tamaño de la población.

Para la estimación de la población con la que se va a diseñar el sistema, se optó por el método geométrico por su mejor adaptabilidad al crecimiento poblacional en el medio.

Incremento geométrico:

$$Pf = (Pa)(1 + i)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

i = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Para el proyecto se consideró la tasa de crecimiento del 2.8 %.

$$Pf = (Pa)(1+i)^n$$

$$Pf = (580.00 \text{ hab})(1+0.028)^{21}$$

$$Pf = 1036.00 \text{ habitantes}$$

2.2.5.2.2. Método aritmético

Es un método que se usa para la predicción de población, en el cual se toma como base que el aumento de la población (dy), en el intervalo de tiempo (dt), es invariable e independiente del tamaño de la población, es decir, (dy/dt) es constante.

2.2.5.3. Distribución y densidad de la población

En la comunidad Valle San Arturo, la distribución de la población está en función de la distribución de las viviendas, que en su mayoría no se encuentran dispersas y se concentran alrededor de la iglesia y la escuela de la comunidad.

2.2.5.4. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a cada habitante durante un día dentro de una población, para que ésta pueda satisfacer sus necesidades y desarrollar de la mejor forma sus actividades. Se expresa en lt/hab/día.

Para asignar la dotación a una población deben tomarse en cuenta ciertos datos, como por ejemplo: el clima, el nivel de vida de la población, la actividad productiva, el tipo de abastecimiento, las costumbres, etc.

Tabla XI. Dotaciones

DOTACIÓN (lt/hab/día)	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
De 30 a 40	Pozo excavado y bomba manual
De 40 a 50	Llenacántaros en clima frío
De 50 a 60	Llenacántaros en clima cálido
De 60 a 80	Conexión predial en clima frío
De 80 a 100	Conexión predial en clima cálido
De 100 a 150	Conexión domiciliar en clima frío y en zonas urbanas marginales
De 150 a 200	Conexión domiciliar en clima cálido y colonias no residenciales
De 200 a 250	Colonias residenciales

FUENTE: León Medrano, David. **Planificación y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Yichwitz Chonó, San Pedro Soloma, Huehuetenango.** Pág. 8

De acuerdo con la tabla anterior y considerando los diferentes factores que inciden en la población con respecto al consumo de agua, se determinó una dotación de 90 l/hab/día, la cual se ajusta a las necesidades de la comunidad.

2.2.5.5. Factores de consumo

Son factores de seguridad que se utilizan para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema en cualquier época del año. Varían de acuerdo con la comunidad en donde se ejecuta el proyecto debido a costumbres, condiciones climáticas y económicas.

2.2.5.5.1. Factor día máximo

Coeficiente o factor del día de mayor consumo. Se define como la relación entre el valor del consumo máximo diario registrado en el año y el consumo medio diario relativo en ese mismo año.

Para determinar los valores de estos factores se toma como base la población y su calidad de vida.

En acueductos rurales, según UNEPAR, el FDM puede variar de 1.2 a 1.5; y para CARE se recomienda utilizarlo de la forma siguiente:

Para poblaciones menores de 1,000 habitantes, un FDM de 1.4 a 1.5

Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes, un FDM de 1.2 a 1.3

En el proyecto de la comunidad Valle San Arturo se utilizó un factor de día máximo de 1.3 por la cantidad de habitantes.

2.2.5.5.2. Factor hora máximo

Número de veces en que se incrementa el caudal medio para satisfacer la demanda de una población.

Al igual que el factor de día máximo, este valor está en función de la población en estudio y de sus costumbres.

En acueductos rurales, según UNEPAR, el FHM puede variar de 2 a 5; y para CARE se recomienda utilizarlo de la forma siguiente:

Para poblaciones menores de 1,000 habitantes, un FHM de 2.4 a 2.5

Para poblaciones mayores de 1,000 habitantes, un FHM de 2.2 a 2.3

El hecho de tomar factores altos se debe a que en comunidades pequeñas, las actividades de la población se realizan casi a la misma hora, lo cual hace que la demanda de agua suba y, por lo tanto, se necesita un factor de hora máximo mayor.

Para el proyecto de la comunidad Valle San Arturo se tomó un FHM de 2.0.

2.2.5.5.3. Factor de gasto

Es el consumo de agua estipulado por vivienda. Permite distribuir el caudal de hora máximo en los tramos de tubería que componen los ramales de distribución, de acuerdo con el número de viviendas que existen en dichos tramos.

$$Fg = \frac{Qd}{\text{No. de viviendas}} \qquad Fg = \frac{2.1583 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}}{207}$$

$$Fg = 0.01043 \text{ Lts/seg/viviendas}$$

2.2.5.5.4. Consumo medio diario

Llamado también caudal medio diario. Es utilizado para el diseño del tanque de distribución. Permite conocer la capacidad de almacenamiento del tanque para el funcionamiento eficiente de todo el sistema.

Es la cantidad de agua consumida por la población durante un día, la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se tienen registros de consumo diario para determinar dicho promedio, se puede calcular el caudal medio diario, como el resultado de multiplicar la dotación por el número de habitantes proyectados hasta el final del período de diseño. Se expresa en lt./seg.

$$Q_m = \frac{(\text{Población Futura})(\text{Dotación})}{86,400.00 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$

El caudal medio diario para el proyecto en estudio, se calculó así:

$$Q_m = \frac{(10363.00 \text{ hab.})(90 \text{ Lts/hab/día})}{86,400.00 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$
$$Q_m = 1.0791 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}$$

2.2.5.5.5. Consumo máximo diario

Se llama también caudal máximo diario o caudal de conducción, debido a que se utiliza en el diseño de las líneas de conducción. Es el consumo máximo

de agua que puede haber en 24 horas. Se observa durante el período de un año.

Cuando no se cuenta con información, se puede calcular incrementándole un porcentaje, denominado factor día máximo, al caudal medio diario.

$$Q_c = (Q_m)(F.D.M.)$$

Donde:

Q_c = Consumo máximo diario o caudal de conducción

Q_m = Consumo medio diario o caudal medio

FDM = Factor día máximo

Para el proyecto se calculó así:

$$Q_c = \left(1.0791 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \right) (1.3)$$

$$Q_c = 1.4029 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

2.2.5.5.6. Consumo máximo horario

También es conocido como caudal de distribución, ya que es utilizado para el diseño de la red de distribución. Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día, en el período de un año. Cuando no se tiene registros, el caudal máximo horario se obtiene multiplicando el caudal medio diario por un factor que varía de 2.0 a 5. Este factor se denomina “factor de hora máxima”.

$$Q_d = (Q_m)(F.H.M.)$$

Donde:

Q_d = Consumo máximo horario o caudal de distribución

Q_m = Consumo medio diario

FHM = Factor hora máximo

Para el proyecto se calculó así:

$$Q_d = \left(1.0791 \frac{\text{Its}}{\text{seg}} \right) (2.00) \quad Q_d = 2.1583 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

2.2.5.5.7. Caudal de bombeo

Es necesario determinar el caudal de bombeo y el tiempo máximo que deberá permanecer funcionando la bomba para abastecer el consumo máximo diario, en un determinado período de bombeo.

Se debe tomar en cuenta que el equipo de bombeo es el que se diseña para un período de 10 años, no así el resto de componentes del sistema; por lo que la tubería de descarga deberá proyectarse para que pueda abastecer a una población futura de 20 años, como en el presente caso.

La fórmula para determinar el caudal de bombeo es la siguiente:

$$Q_b = \frac{(Q_c)(24 \text{ hrs})}{H}$$

Donde:

- Qb = Caudal de bombeo
- Qc = Caudal de conducción
- H = Horas de bombeo al día

Para el proyecto se calculó de la forma siguiente:

Para un período de 11 años:

$$Pf(11 \text{ años}) = 786.00 \text{ hab.} \quad Qm = 0.81875 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

$$Qc = 1.0644 \frac{\text{Its}}{\text{seg}} \quad Qd = 1.6375 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

$$Qb = \frac{(1.0644 \frac{\text{Its}}{\text{seg}})(24 \text{ hrs})}{12 \text{ hrs}} \quad Qd = 2.1288 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

Para un período de 21 años:

$$Pf(21 \text{ años}) = 1036.00 \text{ hab.} \quad Qm = 1.0792 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

$$Qc = 1.4029 \frac{\text{Its}}{\text{seg}} \quad Qd = 2.1583 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

$$Qb = \frac{(1.4029 \frac{\text{Its}}{\text{seg}})(24 \text{ hrs})}{12 \text{ hrs}} \quad Qd = 2.8058 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}$$

Se puede observar que el caudal de bombeo necesario para abastecer a la población futura, al final de los diez primeros años, es de 2.1288 lt./seg., y para abastecer a la población futura, al final de los veinte años, es de 2.8058 lt./seg., situación que permite utilizar la misma tubería de descarga, variando únicamente el período de bombeo, el cual se puede fraccionar en etapas.

2.2.6. Línea de impulsión

Se refiere a la tubería destinada a conducir el agua desde la fuente o pozo (captación) hasta el tanque de distribución; la cual está diseñada para que trabaje a presión.

La conducción puede realizarse de diferentes formas, dependiendo de la energía que se utilice; éstas pueden ser:

- a) línea por gravedad
- b) línea por bombeo o impulsión
- c) línea mixta (combinación de las anteriores)

2.2.6.1. Cálculo de línea piezométrica

La línea piezométrica es una representación gráfica de la presión del agua en determinado tramo, la cual indica si el diseño está bien para que fluya el agua dentro de los parámetros establecidos de presiones máximas y mínimas. El cálculo del presente proyecto está contenido en los dibujos del apéndice IV.

2.2.6.2. Cálculo de presiones y velocidades

La presión hidrostática en la línea de conducción es recomendable mantenerla, en lo posible, debajo de 80 m.c.a. Lo máximo permisible es 90 m.c.a.. Se debe tener especial cuidado en la calidad de las válvulas y de los accesorios, para evitar fugas. La presión hidrodinámica no debe ser mayor de 60 m.c.a.

En un sistema por gravedad, la velocidad en la línea de conducción debe estar entre 0.6 m./seg. y 3 m./seg. en un sistema por bombeo debe estar entre 0.55 m./seg. y 2.40 m./seg.

El cálculo de la tubería de conducción para la comunidad Valle San Arturo se presenta en el apéndice IV.

Para diseñar la tubería de conducción, es necesario haber calculado el caudal de bombeo, como se expuso en el inciso 2.2.5.5.7. Se emplea la fórmula siguiente:

$$De = 1.8675 \sqrt{Qb}$$

Donde:

De = Diámetro económico

Qb = Caudal de bombeo

1.8675 = Factor de conversión de metros a pulgadas, que contempla, además, una velocidad mínima de flujo en la tubería.

$$De = 1.8675 \sqrt{2.8058 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}}$$

$$De = 3.13 \text{ pulgadas}$$

Este diámetro encontrado no existe, pero proporciona el aproximado del que se va a utilizar; por lo que se procede a verificar la velocidad y pérdida de carga con los diámetros comerciales superiores e inferiores al resultado obtenido.

Verificación de velocidad:

$$V = 1.974 \left(\frac{Qb}{De^2} \right)$$

$$\text{Donde: } 0.55 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \leq V \leq 2.40 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

V = velocidad del flujo en la tubería

Qb = caudal de bombeo

De = diámetro económico

1.974 = factor de conversión de l./pulg² a m./seg²

Para D = 3" se tiene:

$$V = 1.974 \left(\frac{2.8058 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}}{3 \text{ pul}^2} \right) \quad V = 0.62 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Para D = 4" se tiene:

$$V = 1.974 \left(\frac{2.8058 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}}{4 \text{ pul}^2} \right) \quad V = 0.34 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Verificación de pérdidas de carga:

De la ecuación de Hazen & Williams:

$$H_f = \frac{(1741.811141)(L)(Q)^{1.85}}{(\phi)^{4.87} (C)^{1.85}}$$

Para tubería de 3"

$$H_f = \frac{(1741.811141)(15)(2.8058)^{1.85}}{(3.088)^{4.87} (150)^{1.85}}$$

$$H_f = 0.068 \text{ m.c.a}$$

Para tubería de 4"

$$H_f = \frac{(1741.811141)(15)(2.8058)^{1.85}}{(3.97)^{4.87} (150)^{1.85}}$$

$$H_f = 0.020 \text{ m.c.a}$$

Análisis:

Después de obtener los resultados, se puede observar que una tubería con mayor diámetro disminuye la velocidad de flujo y su pérdida de carga es menor. Caso contrario para la tubería de menor diámetro, ya que aumenta su velocidad y su pérdida de carga. Por economía del proyecto es recomendable utilizar la de menor diámetro ya que reduce los costos de adquisición de la tubería y cumple con la condición de velocidad.

2.2.6.3. Carga dinámica total

La carga dinámica total (CDT) es la presión real expresada en metros columna de agua, contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido.

Debido a que la bomba que se va a utilizar es sumergible de bombeo vertical, para el cálculo de la CDT se utiliza la fórmula siguiente:

$$CDT = h_i + hf_i + h_c + hf_c + hf_v + ht_m$$

Donde:

h_i = Diferencia de altura entre la bomba y el sello sanitario

hf_i = Pérdida de carga en la tubería de impulsión

h_c = Diferencia de altura entre el sello sanitario y el tanque de distribución

hf_c = Pérdida de carga en la tubería de conducción

hf_v = Pérdida de carga por velocidad en la descarga

hf_m = Pérdidas menores de carga producidas por accesorios

Altura (h_i)

$$h_i = 146.304 \text{ m.}$$

Pérdida de carga en la tubería de impulsión (hf_i)

$$Hf_i = \frac{(1741.811141)(L)(Q)^{1.85}}{(\phi)^{4.87} (C)^{1.85}}$$

$$hf_i = \frac{(1741.811141)(146.304)(2.8058)^{1.85}}{(7.609)^{4.87} (100)^{1.85}}$$

$$hf_i = 0.0175 \text{ m.}$$

Altura (h_c)

$$\text{Cota sobre el tanque} = 1000.00 \text{ m}$$

$$\text{Cota sobre la fuente} = \underline{1000.50 \text{ m.}}$$

$$h_c = 0.50 \text{ m.}$$

Pérdida de presión en la conducción (hf_c)

$$hf_c = \frac{(1741.811141)(15)(2.8058)^{1.85}}{(3.088)^{4.87} (150)^{1.85}}$$

$$hf_c = 0.068 \text{ m.}$$

Pérdidas por velocidad (hf_v)

$$V = 1.974 \left(\frac{2.8058 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}}{3.088 \text{ pul}^2} \right) \quad V = 0.58 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$hf_v = \frac{V^2}{2 * g} \quad hf_v = \frac{\left(0.58 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)^2}{(2) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right)}$$

$$hf_v = 0.0172 \text{ m.}$$

Pérdidas menores (hf_m)

Son las pérdidas provocadas por los accesorios en la tubería, y se calculan multiplicando las pérdidas por velocidad, por un factor de pérdida.

$$hf_m = 8.2 hf_v$$

$$hf_m = (8.2)(0.0172)$$

$$hf_m = 0.1407 \text{ m.}$$

Entonces:

$$CDT = h_i + hf_i + h_c + hf_c + hf_v + hf_m$$

$$CDT = 146.304 + 0.0175 + 0.50 + 0.068 + 0.0172 + 0.1407$$

$$CDT = 147.0479 \text{ m.c.a}$$

2.2.6.4. Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento del agua sobre las paredes de un conducto, cuando el movimiento del líquido es interrumpido bruscamente.

Las ondas de presión, llamadas normalmente golpe de ariete, son generadas en las tuberías por el cambio de velocidad en un líquido en movimiento. Para conservar el *momentum* dentro del sistema, parte o toda la energía cinética debe ser convertida en energía potencial y, posteriormente, disipada a través de pérdidas por fricción, debido al efecto de la pared de la tubería. Las posibles causas del golpe de ariete son:

- Abrir o cerrar en forma rápida (total o parcialmente) una válvula
- Encendido y apagado de una bomba
- Cambios en la velocidad de una turbina
- Acción de onda de una cisterna
- Separación de columnas de líquido
- Aire atrapado

La sobrepresión que se produce en la tubería se puede determinar como sigue:

$$h = \frac{(145)(V)}{\sqrt{1 + \left(\frac{Ea}{Et}\right)\left(\frac{Di}{e}\right)}}$$

Donde:

h = sobrepresión

V = velocidad de flujo

- Ea = módulo de elasticidad volumétrica del agua
- Et = módulo de elasticidad del material de la tubería
- Di = diámetro interno del tubo
- e = espesor de las paredes del tubo

$$h = \frac{(145)(0.58 \frac{m}{seg})}{\sqrt{1 + \left(\frac{20670 \frac{kg}{cm^2}}{28100 \frac{kg}{cm^2}} \right) \left(\frac{7.8435 pul}{0.2235 pul} \right)}}$$

$$h = 16.2643 \text{ m.c.a.}$$

La presión máxima (PM) a la que se someterá la tubería de descarga es:

$$PM = h_c + hf_c + hf_v + ht_m + h$$

$$PM = 0.5 + 0.068 + 0.0172 + 0.1407 + 16.2643$$

$$PM = 16.9907 \text{ m.c.a}$$

2.2.6.5. Potencia de la bomba

La potencia para hacer trabajar eficientemente una bomba depende del caudal de bombeo, de la altura dinámica total y de la eficiencia de la bomba. La potencia de la bomba se puede determinar a través de la siguiente expresión:

$$POT = \frac{(CDT)(Qb)}{76 * e}$$

Donde:

- POT = Potencia de la bomba
- CDT = Carga dinámica
- Qb = Caudal de bombeo (lts/seg)
- e = Eficiencia de la bomba + eficiencia del motor
- 76 = Constante para transformar lts-m./seg a HP

$$POT = \frac{(147.0479 \text{ m.c.a.}) \left(2.8058 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \right)}{(76)(0.80)}$$

$$POT = 6.78 \cong 7 \text{ HP}$$

La potencia encontrada no necesariamente se halla en el mercado, por lo que los distribuidores ofrecen una de mayor potencia, por seguridad. En consecuencia, para el presente proyecto se utilizará una bomba sumergible de bombeo vertical de 40 HP, ubicada a 400 pies, para producir a boca de pozo 300 GPM, equivalentes a 1600 servicios de ½ paja cada uno, ya que la municipalidad cuenta con este equipo de bombeo, lo cual evita el gasto que provocaría la adquisición del mismo.

2.2.7. Red de distribución

Es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el consumidor final. Su función es brindar un servicio continuo aceptable.

2.2.7.1. Red ramificada o abierta

Ésta se construye en forma de árbol. Es recomendable cuando las casas están dispersas o cuando no hay una ubicación definida de la población que permita diseñar circuitos. En este tipo de red, los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia, de tal manera que alimenten a otros secundarios.

Este tipo de diseño fue el que se utilizó para el proyecto de agua potable de la comunidad Valle San Arturo. Para su cálculo se aplicó la fórmula de Hazen & Williams.

2.2.7.2. Red en forma de malla

En este tipo de diseño, las tuberías están en forma de circuitos cerrados intercomunicados entre sí. Aquí la fórmula de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross. Técnicamente este método funciona mejor, ya que elimina los extremos muertos y permite la circulación del agua.

2.2.7.3. Verificación de presiones y velocidades

En el diseño de la red de distribución es importante la verificación de los límites recomendables para la presión hidrostática, la presión hidrodinámica y la velocidad.

La presión hidrostática no debe sobrepasar los 60 m.c.a. En algunas situaciones podrá permitirse una presión máxima de 70 m.c.a., debido a que al

sobrepasar una presión de 64 m.c.a. se corre el riesgo de que los empaques de los chorros no resistan.

La presión hidrodinámica debe mantenerse entre los 10 y 40 m.c.a. y, en casos extremos, debe ser de 6 m.c.a., como mínimo, para una población rural en donde no existe posibilidad de construcción de edificios de altura considerable.

La velocidad debe mantenerse como máximo en 3 m./seg. y, como mínimo, en 0.6 m./seg.

Del diseño para la comunidad Valle San Arturo, contenido en el apéndice V, se presenta el cálculo del tramo de tubería entre las estaciones E-10 y E-19 que corresponden al ramal No. 2.

E-10 CTo. = 971.80 m

E-19 CTf. = 948.99 m

Distancia horizontal = 1077.45 m (incluye factor de curvatura)

Diferencia de cotas = 22.81 m.c.a.

Factor de seguridad = -10.00 m.c.a

Pérdida Hf = 28.80 m.c.a.

Caudal de distribución (Qd) = 2.1583 lt./seg.

Coefficiente de fricción = 150

Viviendas en el tramo = 123 viviendas futuras

Factor de gasto:
$$Fg = \frac{Qd}{\text{No. de viviendas}}$$

$$Fg = \frac{2.1583 \text{ Lts/seg}}{207} \quad Fg = 0.01043 \text{ Lts/seg/viviendas}$$

Caudal del tramo (Q) = (Fg)(viviendas en el tramo)

Caudal del tramo (Q) = (0.01043)(123) = 1.28241 lts/seg

Para determinar el diámetro de la tubería, Aplicamos la fórmula de Hazen & Williams:

$$\phi = \left(\frac{(1741.811141)(L)(Q)^{1.85}}{(Hf)(C)^{1.85}} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

$$\phi = \left(\frac{(1741.811141)(1077.45)(1.28241)^{1.85}}{(28.80)(150C)^{1.85}} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

$$\phi = 1.59 \text{ pulg.}$$

Como no existe en el mercado, entonces se utiliza un diámetro que se ajuste a los requerimientos; por lo que se procede a verificar el diámetro inferior y superior del encontrado. Entonces:

Para $\phi = 1\frac{1}{2}$ pulg.

Aplicando Hazen & Williams para encontrar la pérdida, se tiene:

$$Hf = \frac{(1741.811141)(L)(Q)^{1.85}}{(\phi)^{4.87} (C)^{1.85}}$$

$$Hf = \frac{(1741.811141)(1077.45)(1.28241)^{1.85}}{(1.754)^{4.87} (150)^{1.85}}$$

$$Hf = 18.15 \text{ m.c.a.}$$

Verificación de velocidad:

$$V = 1.974 \left(\frac{Qb}{Di^2} \right)$$

$$V = 1.974 \left(\frac{1.28241 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}}{1.754 \text{ pul}^2} \right)$$

$$V = 0.82 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Para $\phi = 2$ pulg.

Aplicando Hazen & Williams para encontrar la pérdida, se tiene:

$$H_f = \frac{(1741.811141)(1077.45)(1.28241)^{1.85}}{(2.193)^{4.87} (150)^{1.85}}$$

$$H_f = 6.11 \text{ m.c.a.}$$

Verificación de velocidad:

$$V = 1.974 \left(\frac{1.28241 \frac{\text{Its}}{\text{seg}}}{2.193 \text{ pul}^2} \right)$$

$$V = 0.53 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Los límites recomendados son $0.60 \text{ m/seg} \leq V \leq 3.00 \text{ m/s}$. Por lo que el diámetro que cumple estas recomendaciones es el de $\phi = 1\frac{1}{2}$ pulg.

Para la cota piezométrica inicial:

$$CPo = CPf \text{ de la estación anterior E-10}$$

$$CPo = 987.77 \text{ m.}$$

Para la cota piezométrica final:

$$CPf = Cpo - Hf$$

$$CPf = 987.77 - 18.18$$

$$CPf = 969.59 \text{ m.}$$

Para la presión hidrodinámica:

$$PHd = CPf - CTf$$

$$PHd = 969.59 - 948.99$$

$$PHd = 20.60 \text{ m.c.a.}$$

Para la presión hidrostática:

$$PHs = CPf \text{ (para este tramo la cota del terreno de E-0)} - CTf$$

$$PHs = 987.77 - 948.99$$

$$PHs = 38.78 \text{ m.c.a.}$$

Los resultados completos del cálculo hidráulico del proyecto de agua de la comunidad Valle San Arturo, se encuentran en el apéndice IV.

2.2.8. Diseño del tanque de distribución

2.2.8.1. Método constructivo

El método constructivo es de concreto reforzado fundido en obra. Se construirá una losa inferior, cuatro muros laterales, diseñados como muros de contención, tomando en cuenta las presiones activas y pasivas actuantes sobre los mismos, producidas por las fuerzas de empuje, tanto de la tierra como del agua, y una losa superior diseñada como una losa tradicional en dos sentidos.

2.2.8.2. Dimensiones del tanque

Para este proyecto se contará con un tanque de distribución ubicado en las faldas de la comunidad, ya que su ubicación es más alta.

El volumen de almacenamiento generalmente se calcula en función del caudal máximo diario: para sistemas por gravedad, el valor de este volumen está alrededor del 25% del caudal máximo diario. Para sistemas por bombeo, el volumen es un tanto mayor y se recomienda que sea, como mínimo, de 35%. La función principal de este tanque es abastecer a la comunidad en las horas de máximo consumo.

El volumen de almacenamiento se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = \frac{(35\%)(Q_c)(86400)}{1000}$$

Donde:

Vol = volumen en metros cúbicos

Qc = caudal máximo diario en lts/seg

$$\text{Vol} = \frac{(0.35)(1.4029 \text{ lts/seg})(86400)}{1000} \quad \text{Vol} = 42.42 \cong 50 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta la opinión de la comunidad, y la del Alcalde Municipal, se propuso y se diseñó un tanque con una capacidad de 50 m³.

Las dimensiones internas del tanque de distribución son 5.50 mts. de largo, 3.50 mts. de ancho y 2.60 mts. de altura, y existirán 0.25 mts. libres entre la superficie del agua y la losa superior.

2.2.8.3. Diseño de losa superior

Los requisitos empleados en el ACI 318-99 son los siguientes:

- La separación lateral de las barras no debe ser superior a tres veces el espesor de la losa.
- La separación mínima entre barras de acero de refuerzo no debe ser inferior, bajo ningún concepto, a un diámetro de barra de 2.5 centímetros
- El recubrimiento mínimo de acero de refuerzo es de 2.5 cm.
- El área de acero mínima se calcula como el 40% del área de acero mínima de vigas.
- El acero por temperatura se calcula como:
 $A_{s_{tem}} = (0.002)(\text{base})(\text{altura})$ Se coloca a una separación mínima de 3 veces el espesor de la losa. (Según el ACI)

Las losas utilizadas en el proyecto se armarán en 2 sentidos, ya que la relación es:

$$\text{Lado corto} / \text{lado largo} > 0.50$$

El espesor se calcula como: $T = \text{perímetro} / 180$

$$m = \frac{\text{lado corto}}{\text{lado largo}} \quad m = \frac{3.50 \text{ m}}{5.50 \text{ m}}$$
$$m = 0.64$$

Como $m > 0.5$, nos indica que la losa trabaja en ambos sentidos.

Espesor de la losa:

$$t = \frac{(2)(3.50 + 5.50)}{180} \quad t = 0.10 \text{ mts.}$$

Carga total: $W_t = 1.7CM + 1.7CV$

Donde:

$W_t =$ Carga última actuante

$CM =$ carga muerta

$CV =$ carga viva

Integración de carga muerta:

$$\begin{aligned} \text{Peso propio (concreto)} &= (2400 \text{ Kg/m}^3)(0.10 \text{ m}) = 240 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Pesos de Acabados} &= \underline{90 \text{ kg/m}^2} \\ \text{Total carga muerta} &= 330 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Integración de carga viva:

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

Carga última total:

$$W_t = (1.4)(330 \text{ kg/m}^2) + (1.70)(100 \text{ kg/m}^2)$$

$$W_t = 462 \text{ kg/m}^2 + 170 \text{ kg/m}^2$$

$$W_t = 632 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos, caso 2:

Momentos negativos

$$M_a^- = (C_a)(W_t)(a^2) = (0.0778)(632 \text{ kg/m}^2)(3.50 \text{ m})^2 = 602.33 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_b^- = (C_b)(W_t)(b^2) = (0.0138)(632 \text{ kg/m}^2)(5.50 \text{ m})^2 = 263.83 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momentos positivos

$$M_a^+ = (C_{aCM})(W_{CM})(a^2) + (C_{aCv})(W_{Cv})(a^2) =$$

$$M_a^+ = (0.0324)(462 \text{ kg/m}^2)(3.50^2) + (0.054)(170 \text{ kg/m}^2)(3.50^2) =$$

$$M_a^+ = 295.82 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_b^+ = (C_{bCM})(W_{CM})(b^2) + (C_{bCv})(W_{Cv})(b^2) =$$

$$M_b^+ = (0.0056)(462 \text{ kg/m}^2)(5.50^2) + (0.0094)(170 \text{ kg/m}^2)(5.50^2) =$$

$$M_b^+ = 126.60 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Cálculo de peralte (d)

$$d = t\text{-rec} - \varnothing/2 \quad \varnothing_{5/8} = 1.5875 \text{ cm}$$

$$d = 10 - 2.5 - (1.5875/2) = 6.70 \text{ cm}$$

$$jd = (0.95)(d) = (0.95)(6.70) = 6.40 \text{ cm}$$

Refuerzo a flexión:

$$Ma^- = 602.33 \text{ Kg} - \text{m} \approx 60233.00 \text{ kg} - \text{cm}$$

Cálculo de área de acero:

$$As = \frac{Mu}{\phi Fy jd} \quad As = \frac{60233.00 \text{ Kg} - \text{cm}}{(0.90)(2810 \text{ kg/cm}^2)(6.37 \text{ cm})}$$

$$As = 3.74 \text{ cm}^2$$

Si para 602.33 Kg – m necesito un $As = 3.74 \text{ cm}^2$, para 1 kg – m necesito

K:

Donde:

$$K = \frac{3.74 \text{ cm}^2}{602.33 \text{ kg} - \text{m}} = 0.00621 \frac{\text{cm}^2}{\text{kg} - \text{m}}$$

$$As_{\min} = (0.002)(b)(t) = (0.002)(100)(10) = 2 \text{ cm}^2$$

Tabla XII. Armado final de losa superior

Para	Momentos Kg - m	Factor K $\text{cm}^2 / \text{kg} - \text{m}$	As cm^2	Observaciones	Refuerzo
Ma^-	602.33	0.0621	3.74	Sí chequea	# 4 @ 10 cm
Mb^-	263.83	0.0621	1.62	Utilizar As_{\min}	# 4 @ 19 cm
Ma^+	295.82	0.0621	1.84	Utilizar As_{\min}	# 3 @ 10 cm
Mb^+	126.60	0.0621	0.79	Utilizar As_{\min}	# 3 @ 10 cm

2.2.8.4. Diseño de paredes y losa inferior

A continuación se presenta el procedimiento de cálculo por el método de bandas y solamente se da un ejemplo de bandas horizontales: (pared del tanque) y un ejemplo con bandas verticales y horizontales: (pared y losa), presentando los demás casos tabulados en una tabla. Se analizará como ejemplo, la banda 4 sentido largo con la banda 4 sentido corto y las bandas 6 y 9 en el sentido largo del tanque.

Figura 3. Distribución de bandas en pared del tanque sentido largo

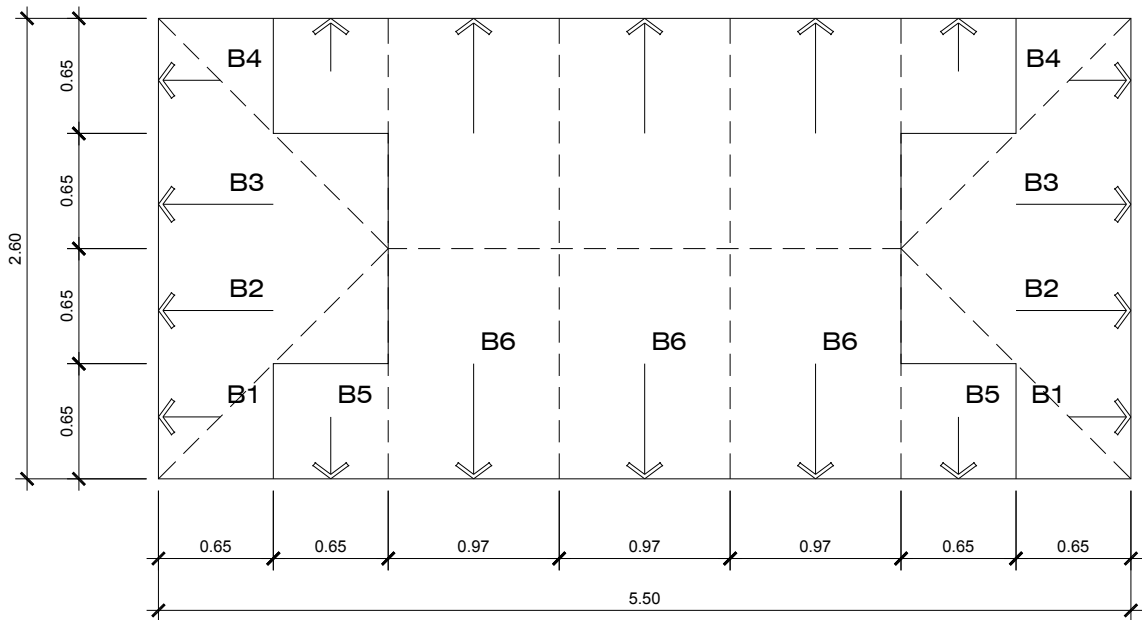


Figura 4. Distribución de bandas en pared del tanque sentido corto

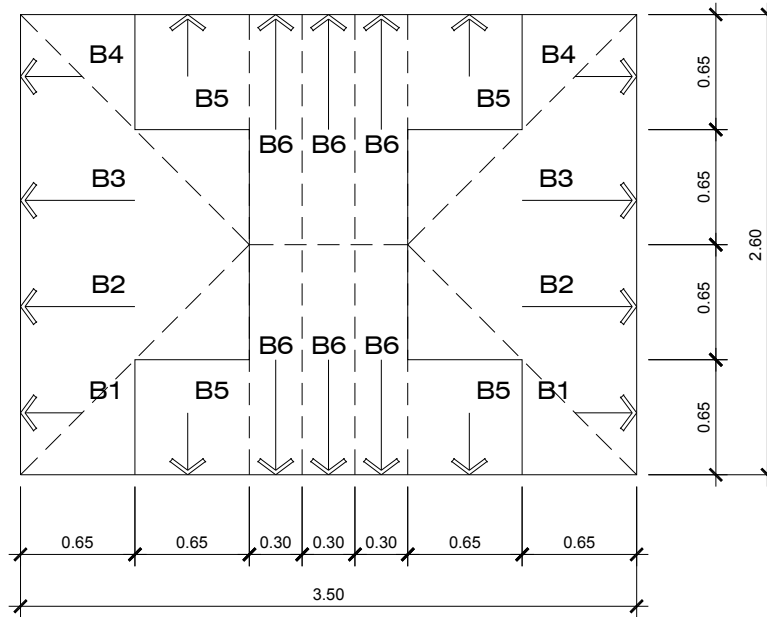
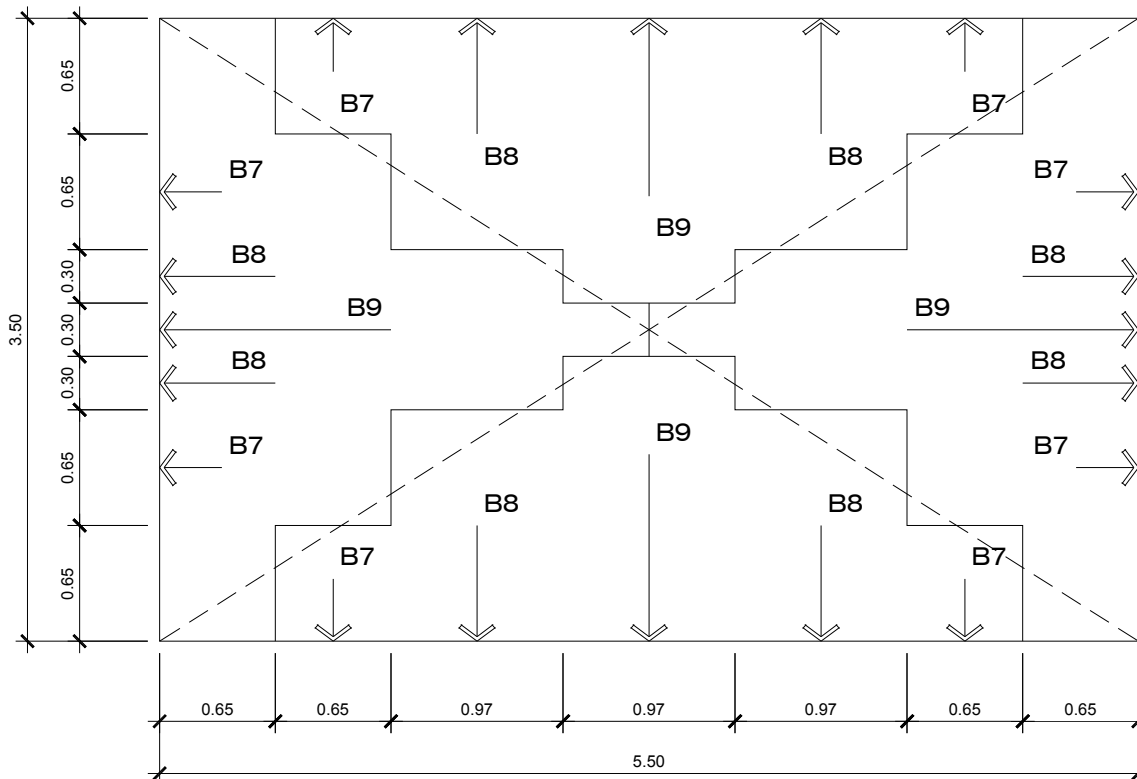


Figura 5. Distribución de bandas en losa inferior del tanque



Datos para el diseño de paredes y losa del tanque:

Longitud: 5.50 mts.

Ancho: 3.50 mts.

Altura: 2.60 mts.

Espesor de paredes y de la losa inferior: 0.15 mts.

Peso específico del concreto: 2,400.00 kg/cm³

Peso específico del suelo: 1,600 kg/cm³

Valor soporte del suelo: 20 Ton/m²

Constante de Rankine: 0.33

Coefficiente de empuje lateral del suelo: 1.40

CASO No.- 1: Banda 4 en sentido largo con la banda 4 en sentido corto.

a) Presión sobre el fondo

$$P = \frac{P_{\text{agua}} + P_{\text{tanque}} + P_{\text{tapadera}}}{\text{Area}}$$

$$P = \frac{((5.5 * 3.5 * 1) + (2)(5.5 + 3.5)(.15))(2.6) + ((5.5 * 3.5 * .15) + (5.5 * 3.5 * .12))(2.4)}{(5.50 * 3.5)}$$

$$P = 3.683 \text{ Ton/m}^2 < 20 \text{ Ton/m}^2$$

b) Cargas

$$X_L = 0.65 \text{ m}$$

$$X_C = 0.65 \text{ m}$$

$$W = (CM) * (Ka) * (\gamma_s) * (H_x) * (H/4) \text{ donde } H_x = H/4$$

$$W = (1.40)(0.33)(1.60)(0.65)(0.65)$$

$$W = 0.312 \text{ Ton/m}$$

c) Momentos Fijos

$$MF = \frac{(W) * (X^2) * (3L - 2X)}{(6L)}$$

$$MF_L = \frac{(0.312) * (0.65^2) * (3 * 5.5 - 2 * 0.65)}{(6 * 5.5)} = 0.061 \text{ Ton - m}$$

$$MF_C = \frac{(0.312) * (0.65^2) * (3 * 3.5 - 2 * 0.65)}{(6 * 3.5)} = 0.058 \text{ Ton - m}$$

d) Reacciones

$$R = W * X$$

$$R_L = (0.312) * (0.65) = 0.203 \text{ Ton}$$

$$R_C = (0.312) * (0.65) = 0.203 \text{ Ton}$$

e) Momentos al centro (sin corregir)

$$M = \frac{(W) * (X^3)}{(3L)}$$

$$M_L = \frac{(0.312) * (0.65^3)}{(3 * 5.50)} = 0.005 \text{ Ton - m}$$

$$M_C = \frac{(0.312) * (0.65^3)}{(3 * 3.50)} = 0.008 \text{ Ton - m}$$

f) Momentos reales en los extremos

$$M^{(-)}_{REAL} = \frac{(MF_L - MF_C)(L_L)}{(L_L + L_C)} + MF_C$$

$$M_{\text{REAL}}^{(-)} = \frac{(0.061 - 0.058)(5.50)}{(5.50 + 3.50)} + 0.058 = 0.060 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

g) Momentos reales al centro

$$M_{\text{REAL}}^{(+)} = MF - M_{\text{REAL}}^{(-)} + M_{\text{CENTRO}}^{(+)}$$

Sentido largo:

$$M_{\text{REAL}}^{(+)} = (0.061) - (0.060) + (0.005) = 0.006 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Sentido corto:

$$M_{\text{REAL}}^{(+)} = (0.058) - (0.060) + (0.008) = 0.006 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

h) Puntos de inflexión

$$W \cdot Y^2 - 2 \cdot R \cdot Y + 2 \cdot M_{\text{REAL}}^{(-)}$$

Sentido largo:

$$(0.312)(Y^2) - 2 \cdot (0.203) \cdot Y + 2 \cdot (0.060)$$

$$Y_1 = 0.447 \text{ m}$$

$$Y_2 = 0.847 \text{ m}$$

Sentido corto:

$$(0.312)(Y^2) - 2 \cdot (0.203) \cdot Y + 2 \cdot (0.060)$$

$$Y_1 = 0.447 \text{ m}$$

$$Y_2 = 0.847 \text{ m}$$

i) Esfuerzo de corte

$$v_{\mu} = \frac{F_{\text{apoyo}}}{(\varphi \cdot b \cdot d)} = \frac{0.203}{(0.95 \cdot 0.65 \cdot 0.1136)} = 3.233 \text{ Ton/m}^2 = 0.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_c = \frac{0.50 \cdot \sqrt{f'c}}{2} = \frac{0.50 \cdot \sqrt{210}}{2} = 3.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_{\mu} < v_c$$

j) Área de acero

$$A_{s_{\min}}=(0.002)(b)(d) \quad A_{s_{\min}}=(0.002)(65)(11.36) = 1.47 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(-)}= 0.060 \text{ Ton} - \text{m}$

$$A_s = \frac{M^{(-)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{6000.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 0.207 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(+)}= 0.006 \text{ Ton} - \text{m}$

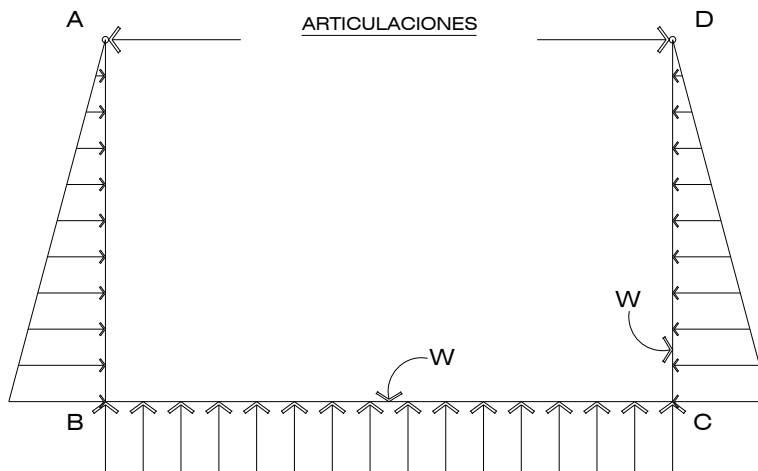
$$A_s = \frac{M^{(+)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{600.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 0.022 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(+)}= 0.006 \text{ Ton} - \text{m}$

$$A_s = \frac{M^{(+)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{600.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 0.022 \text{ cm}^2$$

CASO No.- 2: Banda 6 en paredes con banda 9 en losa inferior.

Figura 6. Diagrama de fuerzas a analizar



a) Determinación de cargas

Banda vertical en pared

$W = (CM) \cdot (K_a) \cdot (\gamma_s) \cdot (H) \cdot (A)$ donde A = ancho de banda

$$W = (1.40) \cdot (0.33) \cdot (1.60) \cdot (2.60) \cdot (0.967)$$

$$W = 1.858 \text{ Ton/m}$$

Bandas horizontal en losa

$W = (CM) \cdot (\gamma_c) \cdot (e) \cdot (A)$ donde e = espesor de la losa inferior

$$W = (1.40) \cdot (2.40) \cdot (0.15) \cdot (0.967)$$

$$W = 0.487 \text{ Ton/m}$$

b) Determinación de momentos fijos

Banda vertical

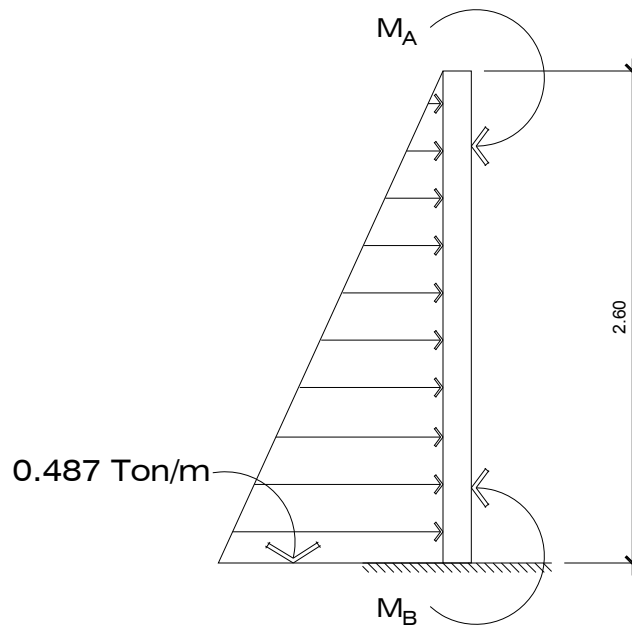
$$M_A = \frac{(W) \cdot (L^2)}{(30)} = \frac{(1.85) \cdot (2.60^2)}{(30)} = 0.419 \text{ Ton - m}$$

$$R_A = \frac{(12M_A L^2 - 2WX^3L + 3WX^2L^2)}{6L^3}$$

$$R_A = \frac{((12)(0.419)(2.60)^2 - (2)(1.85)(1.30^3)(2.60) + (3)(1.85)(1.30^2)(2.60^2))}{(6)(2.60^3)}$$

$$R_A = 0.725 \text{ Ton}$$

Figura 7. Diagrama de fuerzas actuantes en pared del tanque



$$\Sigma M_B = 0$$

$$M_B + (0.725)(2.60) = (0.419) + (1/2)(2.60)(1.858)(1/3)(2.60)$$

$$M_B = 0.627 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$\Sigma F = 0$$

$$R_B + 0.725 - (1/2)(2.60)(1.858)$$

$$R_B = 1.691 \text{ Ton}$$

Banda horizontal en losa

$$MF = \frac{(W)(X^2)(3L - 2X)}{(6L)}$$

$$MF = \frac{(0.487)(2.75^2)(3 * 5.50 - 2 * 2.75)}{(6 * 5.50)} = 1.228 \text{ Ton} - \text{m}$$

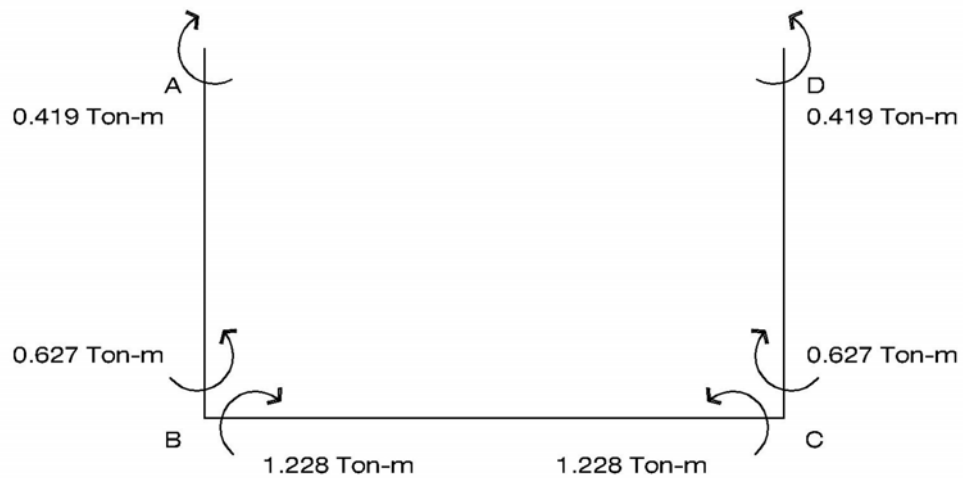
c) Momento al centro sin corregir

$$M = \frac{(W)(X^3)}{(3L)} = \frac{(0.487)(2.75^3)}{(3 * 5.50)} = 0.614 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$R = WX \rightarrow R = (0.487)(2.75) = 1.339 \text{ Ton}$$

d) Distribución de momentos

Figura 8. Diagrama de momentos en pared y losa inferior del tanque



Factores de distribución

$$FD_{AB} = FD_{CD} = \frac{K_{AB}}{(K_{AB} + 0)} = 1.00$$

$$FD_{BA} = FD_{DC} = \frac{K_{BA}}{(K_{BA} + K_{BD})} = \frac{16}{(16 + 7)} = 0.696$$

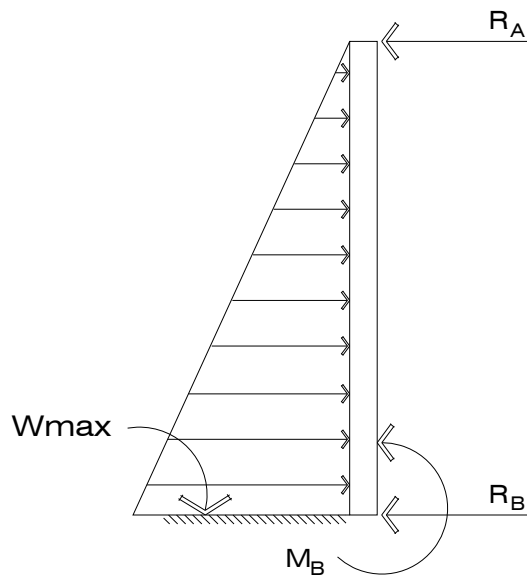
$$FD_{BD} = FD_{DB} = \frac{K_{BD}}{(K_{BD} + K_{BA})} = \frac{7}{(16 + 7)} = 0.304$$

NOTA: se analizará un solo lado por ser simétrico

Nudo	A		B	
Miembro	AB	BA	BD	
K	16	16	7	
FD	1	0.696	0.304	
MF	-418.637	627.955	-1228.150	
	418.637	417.735	182.459	
	208.868	209.318	-91.230	
	-208.868	-82.190	-35.899	
	-41.095	-104.434	17.950	
	41.095	60.193	26.291	
	30.097	20.547	-13.146	
	-30.097	-5.152	-2.250	
	-2.576	-15.048	1.125	
	2.576	9.691	4.233	
	0.000	1140.000	-1140.000	

e) Reacciones (banda vertical)

Figura 9. Diagrama de reacciones en pared del tanque



$$\Sigma M_B = 0$$

$$1.140 + (2.60)(R_A) = (1/2)(2.60)(1.858)(1/3)(2.60)$$

$$R_A = 0.367 \text{ Ton}$$

$$\Sigma F = 0$$

$$R_B + 0.367 = (1.858)(2.60/2)$$

$$R_B = 2.048 \text{ Ton}$$

f) Puntos de Inflexión

Banda vertical

$$Y = \sqrt{\frac{6R_A H}{W}} = \sqrt{\frac{(6)(0.367)(2.60)}{1.858}} = 1.755 \text{ m}$$

Banda horizontal

$$M^{(-)} + \frac{WY^2}{2} = RY \Rightarrow 1.14 + \frac{0.487Y^2}{2} = 1.339Y \Rightarrow Y = 1.05 \text{ m}$$

g) Momentos positivos en paredes

$$\text{Se dará en } Z = \sqrt{\frac{2R_A H}{W}} = \sqrt{\frac{(2)(0.367)(2.60)}{1.858}} = 1.01$$

$$\text{De donde } M = \frac{WZ^3}{6H} - R_A Z$$

$$M = \frac{(1.858)(1.01)^3}{(6)(2.6)} - (0.367)(1.01) = 0.248 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Momentos positivos en losa

$$M = (MF - M^{(-)}) + M_{\text{CENTRO}}$$

$$M = (1.228 - 1.140) + 0.614$$

$$M = 0.72 \text{ Ton-m}$$

h) Esfuerzo de corte

$$v_{\mu} = \frac{F_{\text{apoyo}}}{(\varphi * b * d)} = \frac{0.367}{(0.95 * 0.967 * 0.1136)} = 3.517 \text{ Ton/m}^2 = 0.352 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_{\mu} = \frac{F_{\text{apoyo}}}{(\varphi * b * d)} = \frac{2.048}{(0.95 * 0.967 * 0.1136)} = 19.624 \text{ Ton/m}^2 = 1.96 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_c = \frac{0.50 \sqrt{f'_c}}{2} = \frac{0.50 \sqrt{210}}{2} = 3.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_{\mu} < v_c$$

i) Área de acero

$$A_{s_{\min}} = (0.002)(b)(d)$$

$$A_{s_{\min}} = (0.002)(96.7)(11.36) = 2.19 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(-)} = 1.14 \text{ Ton} - \text{m}$

$$A_s = \frac{M^{(-)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{114000.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 3.395 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(+)} = 0.248 \text{ Ton} - \text{m}$

$$A_s = \frac{M^{(+)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{24800.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 0.86 \text{ cm}^2$$

Para $M^{(+)} = 0.72 \text{ Ton} - \text{m}$

$$A_s = \frac{M^{(+)}}{(\varphi * F_y * j * d)} = \frac{72000.00}{(0.95 * 2810 * 0.95 * 11.36)} = 2.49 \text{ cm}^2$$

Tabla XIII. Resultados finales de distancias y cargas en el tanque de agua potable.

BANDA	ANCHI DE BANDA		X (mts)		W (Ton/m)		MF (Ton- m)	
	SL	SC	SL	SC	SL	SC	SL	SC
B1	0.650	0.650	0.650	0.650	1.249	1.249	0.243	0.231
B2	0.650	0.650	1.300	1.300	0.937	0.937	0.667	0.596
B3	0.650	0.650	1.300	1.300	0.625	0.625	0.445	0.397
B4	0.650	0.650	0.650	0.650	0.312	0.312	0.061	0.058
B5	0.650	0.650	0.650	0.650	1.249	1.249	0.058	0.058
B6	0.967	0.300	1.300	1.300	1.858	0.577	0.419	0.130
B6	0.967	0.300	1.300	1.300	1.858	0.577	0.628	0.195
B7	0.650	0.650	1.300	0.650	0.328	0.328	0.419	0.130
B8	0.967	0.300	2.267	1.300	0.487	0.151	0.628	0.195
B9	0.967	0.300	2.750	1.600	0.487	0.151	0.233	0.064
B9	0.967	0.300	2.750	1.600	0.487	0.151	0.908	0.108
B9	0.967	0.300	2.750	1.600	0.487	0.151	1.228	0.156

Donde: SL: Sentido Largo

SC: Sentido Corto

Tabla XIV. Resultados finales de momentos actuantes en tanque de agua potable.

BANDA	M(+) SIN CORREGIR (T-M)		M (-) EN LOS EXTREMOS		M (+) CORREGIDO		INFLEXIÓN (mts)	
	SL	SC	SL	SC	SL	SC	SL	SC
B1	0.021	0.033	-0.238	-0.238	0.025	0.025	0.447	0.447
B2	0.125	0.196	-0.639	-0.639	0.152	0.152	0.729	0.729
B3	0.083	0.131	-0.426	-0.426	0.102	0.102	0.729	0.729
B4	0.005	0.008	-0.060	-0.060	0.006	0.006	0.447	0.447
B5	0.000	0.000	-0.224	-0.092	-0.275	-0.337	0.299	0.137
B6	0.000	0.000	-0.892	-0.142	-0.350	-0.173	0.598	0.273
B6	0.000	0.000	-1.140	-0.240	-0.248	-0.125	0.598	0.273
B7	0.044	0.009	-0.224	-0.092	0.053	-0.020	0.730	0.000
B8	0.344	0.032	-0.892	-0.142	0.360	-0.003	1.051	0.000
B9	0.614	0.059	-1.140	-0.240	0.702	-0.025	1.052	0.000

Donde: SL: Sentido Largo

SC: Sentido Corto

Tabla XV. Resultados finales de área de acero a utilizar en tanque de agua potable.

BANDA	Vu (Ton/m ²)		Vu (Kg/cm ²)		As- (Cm ²)		As+ (Cm ²)		As min (Cm ²)	
	SL	SC	SL	SC	SL	SC	SL	SC	SL	SC
B1	12.932	12.932	1.293	1.293	0.827	0.827	0.088	0.088	1.477	1.477
B2	19.398	19.398	1.940	1.940	2.218	2.218	0.529	0.529	1.477	1.477
B3	12.932	12.932	1.293	1.293	1.479	1.479	0.353	0.353	1.477	1.477
B4	3.233	3.233	0.323	0.323	0.207	0.207	0.022	0.022	1.477	1.477
B5	5.483	6.287	0.548	0.629	0.776	0.321	0.953	1.171	1.477	1.477
	24.998	24.194	2.500	2.419						
B6	4.948	6.737	0.495	0.674	3.094	0.493	1.215	0.599	2.197	0.682
	20.916	19.126	2.092	1.913						
B6	3.926	5.441	0.393	0.544	3.955	0.831	0.859	0.435	2.197	0.682
	21.938	20.423	2.194	2.042						
B7	6.782	3.391	0.678	0.339	0.776	0.321	0.185	0.070	1.477	1.477
B8	11.826	6.782	1.183	0.678	3.094	0.493	1.248	0.009	2.197	0.682
B9	14.347	8.348	1.435	0.835	3.955	0.831	2.436	0.086	2.197	0.682

Donde: SL: Sentido Largo

SC: Sentido Corto

2.2.9. Elaboración de planos

Los planos son el resultado gráfico del diseño hidráulico. Para su presentación se dibujaron en hojas con formato A-1 y se redujeron a tamaño doble carta para su inclusión en la presente tesis (ver apéndice V).

2.2.10. Elaboración de presupuesto

PROYECTO	
Abastecimiento de agua potable - comunidad Valle San Arturo	

No.	Actividad	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo
1.00	Preliminares				
1.01	Topografía y nivelación	2,450.00	ml	Q 8.60	Q 21,070.00
1.02	Limpieza y chapeo	4,900.00	ml	Q 12.87	Q 19,600.00
2.00	Línea de Distribución				
2.01	Excavación	367.50	m3	Q 62.41	Q 22,935.68
2.02	Relleno	330.75	m3	Q 78.84	Q 26,076.33
2.03	Tubería de Ø 2" PVC 160 PSI	854.75	ml	Q 66.84	Q 57,128.15
2.04	Tubería de Ø 1 1/2" PVC 160 PSI	1,077.45	ml	Q 51.90	Q 55,919.66
2.05	Tubería de Ø 1 1/4" PVC 160PSI	577.60	ml	Q 47.93	Q 27,684.37
2.06	Tubería de Ø 3/4" PVC 250 PSI	868.41	ml	Q 42.74	Q 37,115.84
2.07	Accesorios para tubería	1.00	global	Q 7,130.75	Q 7,130.75
2.08	Cajas unión + accesorios	2.00	unidad	Q 1,361.62	Q 2,723.24
2.09	Cajas de limpieza + accesorios	3.00	unidad	Q 1,361.62	Q 4,084.86
2.10	Conexión domiciliar	116.00	unidad	Q 400.00	Q 46,400.00
3.00	Pozo				
3.01	Caseta de bombeo	1.00	global	Q 19,316.63	Q 19,316.63
3.02	Perforación de pozo mecánico de 600 pies de profundidad	1.00	global	Q 93,060.00	Q 93,060.00
3.03	Equipamiento de pozo mecánico	1.00	global	Q 211,200.00	Q 211,200.00
3.04	Dosificador de cloro	1.00	global	Q 15,950.00	Q 15,950.00
3.05	Tanque de 50 m3, de concreto armado	1.00	global	Q 105,458.00	Q 105,458.00
COSTO TOTAL				Q	772,853.51

Tabla XVI. Cronograma de ejecución, Abastecimiento de agua potable – comunidad Valle San Arturo

PROYECTO													
Abastecimiento de agua potable - comunidad Valle San Arturo													
No.	Actividad	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Preliminares												
1.01	Topografía y nivelación												
1.02	Limpieza y chapeo												
2	Línea de Distribución												
2.01	Excavación												
2.02	Relleno												
2.03	Tubería de Ø 2" PVC 160 PSI												
2.04	Tubería de Ø 1 1/2" PVC 160 PSI												
2.05	Tubería de Ø 1 1/4" PVC 160PSI												
2.06	Tubería de Ø 3/4" PVC 250 PSI												
2.07	Accesorios para tubería												
2.08	Cajas unión + accesorios												
2.09	Cajas de limpieza + accesorios												
2.1	Conexión domiciliar												
3	Pozo												
3.01	Caseta de bombeo												
3.02	Perforación de pozo mecánico												
3.03	Equipamiento de pozo mecánico												
3.04	Dosificador de cloro												
3.05	Tanque de 50 m3, concreto armado												

2.2.11. Estudio de impacto ambiental

Impacto ambiental en sistemas de agua potable

Un estudio de impacto ambiental es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo, o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

Para el diseño y construcción se deben identificar los factores que puedan causar impacto en el ambiente del cual se rodeará. Además, se debe identificar por separado qué partes del ambiente están afectando.

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son:

El agua: Debido a que el proyecto consiste en tomar un caudal de agua de una fuente subterránea, una vez iniciados los trabajos de construcción, puede existir un impacto negativo en la calidad y en la sanidad del agua. Esto debido a movimientos de suelo y materiales que se emplearán para la construcción de la captación; además, el movimiento de suelo para el zanjado puede llegar a impactar pequeñas quebradas de agua que se formen en el trayecto.

El suelo: Será impactado en forma negativa si no se verifica la etapa de zanjado, pues éste provocará movimientos de tierra que producirán polvaredas.

Este problema sólomente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

Salud: Hay un impacto relativamente pequeño en la salud, durante la etapa de construcción, ya que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto que puede afectar principalmente a los trabajadores que participan en su ejecución.

Impactos negativos

Los impactos negativos analizados se presentan principalmente en la etapa de construcción. En la etapa de operación podrá haber impactos negativos sobre el ambiente si existen daños a la tubería que transporte el agua, ya que el líquido podría entrar en contacto con los elementos y contaminarse. En conclusión, los elementos con mayor impacto negativo son:

- El agua
- El suelo
- La salud.

Medidas de mitigación

Para evitar las polvaredas y voladuras de partículas de suelo será necesario programar y ejecutar adecuadamente las labores de zanjado, compactando adecuadamente las mismas, para evitar el arrastre de partículas por el viento. Es recomendable utilizar equipo de protección personal; las gafas de seguridad protegen los ojos de partículas de polvo y voladuras de suelo; las mascarillas respiratorias evitan que el polvo ingrese al organismo de los trabajadores.

Deberá capacitarse al personal encargado del mantenimiento del sistema, referente al manejo de sistemas de agua potable y reparaciones menores para el sistema.

También se deberá capacitar a la población acerca del adecuado uso del agua y el sistema, para evitar desperdicio, y uso innecesario o inadecuado de dicho recurso.

Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en época de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños, que en algunos casos pueden dañar el proyecto. Para prevenir estos problemas se recomienda lo siguiente:

- Integrar un comité permanente de emergencia contra inundaciones, asolvamiento o derrumbes, que puedan afectar cualquier parte del sistema de agua potable de la comunidad; este comité también debe velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentren despejados de materiales o de vegetación.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de cajas rompe presión, válvulas de limpieza, válvulas de aire, tanques de almacenamiento y captaciones.

- Capacitar al personal que laborará en el proyecto, en el momento de entrar en operación, para su mantenimiento y limpieza, y evitar así que el sistema colapse.

Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y cuidado de la salud.
- Verificar si está organizada la comunidad de acuerdo con lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

Plan de seguridad humana

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco y gafas de seguridad, que minimicen los riesgos de accidentes en perjuicio de su salud.
- Se ejecutará un plan de capacitación al personal que labora en la ejecución del proyecto, sobre aspectos de salud y manejo del sistema y del equipo adecuado a utilizar.
- Se mantendrá, en un lugar de fácil acceso, un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

Plan de seguridad ambiental

- En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en los apartados anteriores.

Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales, pues el objetivo del proyecto consiste en mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad; además, al implementarlo, el ambiente socio-económico de la comunidad mejorará debido al desarrollo sustentable de los mismos.

Factores que pueden causar impacto ambiental y sus medidas de mitigación

A continuación se presenta una tabla resumen de los impactos sobre cada uno de los componentes que tendrán influencia al ejecutar el proyecto, y las correspondientes medidas de mitigación.

Tabla XVII.

Medidas de mitigación de impactos ambientales

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Suelos	Deslaves de material	Prevención durante la construcción.
	Erosión de cortes	Prevención de erosión usando estabilización física.
Recurso hídrico	Alteración de fuentes de abastecimiento por causas de los insumos utilizados durante la construcción	Construcción durante la estación seca, para evitar que el manto acuífero sea modificado o resulte en un cambio de curso de caudal durante la construcción de la captación.
	Contaminación de fuente de abastecimiento por causa de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona de brote de fuente de abastecimiento, y darles el tratamiento adecuado luego de retirarlos del sitio de trabajo.
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en la construcción.	Uso adecuado del agua para minimizar la cantidad de partículas sueltas que generen polvo y afecten la salud de los trabajadores.
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar un plan de higiene y seguridad del sitio.
	Generación de desechos sólidos, derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Establecer y construir un servicio sanitario provisional; colocar toneles para la basura para su posterior disposición en una zona adecuada.

Continúa

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de coberturas vegetales.	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores.
		Separar la capa de material orgánico del material inerte.
		Disponer adecuadamente del material orgánico para su posible reutilización.
		Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal, fuera del área de la obra.
		Reforestar las zonas afectadas, con especies establecidas en el lugar.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas.	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo.
		Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incrementos en los niveles de accidentes.	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad de carga del vehículo.
		Mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación; instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.
Paisaje	Impacto visual	Controlar la velocidad de los vehículos y que éstos cuenten con alarma reversa.
		Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra; retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quien corresponda para una correcta evaluación, en caso de hallazgos históricos y arqueológicos; una vez realizadas estas actividades, se puede continuar trabajando.

2.2.12. Evaluación socio-económica

El estudio socio-económico trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, este tiempo debe reducirse a lo mínimo, para que pronto empiece a generar ganancias.

Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el valor presente neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

2.2.12.1. Valor presente neto

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así, las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolso o egresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, etc.

Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del periodo de funcionamiento; para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12.77%. El procedimiento a realizar será:

La Municipalidad de Fraijanes pretende invertir Q. 772,853.51 en la ejecución del proyecto de la red de distribución de agua potable para la comunidad Valle San Arturo. Para esto se contratará un fontanero para el mantenimiento del sistema, con un sueldo de Q 1,450.00. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida corresponde a un pago único de Q 400.00 por vivienda, también se pedirá una cuota mensual por vivienda de Q. 30.00 según acuerdo municipal y dicha comunidad, y tomando una tasa de interés descrita anteriormente, para una vida útil del proyecto de 21 años.

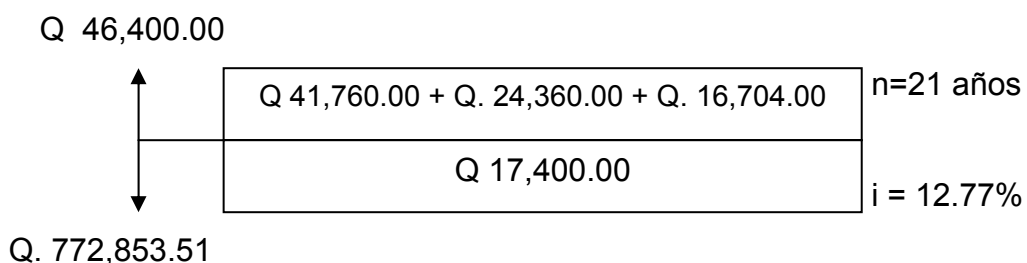
Además se tiene que contemplar el beneficio social que traerá la ejecución de dicho proyecto, se estima que cada familia tendrá un ahorro de Q. 12.50 mensuales por vivienda en gastos de medicina y Q. 12.00 por la compra de agua no potable.

Tabla XVIII. Costo económico de la red de distribución de agua potable.

Beneficio económico		
	Operación	Resultado
Costo inicial		Q 772,853.51
Ingreso inicial	(Q 400.00)(116 viv)	Q 46,400.00
Costos anuales	(Q 1450.00)(12 meses)	Q 17,400.00
Ingresos anuales	(Q. 30.00 /viv)(116 viv)(12 meses)	Q 41,760.00
Vida útil en años		21 años

Tabla XIX. Costo social de la red de distribución de agua potable.

Beneficio social		
	Operación	Resultado
Medicina	(Q. 17.50)(116 viv)(12 meses)	Q 24,360.00
Ahorro por compra de agua no potable	(Q 12.00)(116 viv)(12 meses)	Q 16,704.00



Se utiliza el signo negativo para los egresos y positivo para los ingresos:

$$VPN = -772,853.51 + 46,400.00 - 17,400.00 (1+0.1277)^{21} + 41,760.00 (1+0.1277)^{21} + 24,360.00 (1+0.1277)^{21} + 16,704.00 (1+0.1277)^{21}$$

$$VPN = Q. 89,757.19$$

Debido a que el VPN es mayor que cero, esto indica que el proyecto si es favorable para su ejecución. Y con dicho proyecto se beneficiarán directamente todos los vecinos del caserío; además se contribuirá al desarrollo del municipio con la ejecución de proyectos, principalmente en el sector salud.

2.2.12.2. Tasa interna de retorno

La TIR se utilizaba para evaluar el rendimiento de una inversión, debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socio-económico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera:

$$\text{Costo} = \text{inversión inicial} - \text{VPN}$$

$$\text{Costo} = \text{Q. } 772,853.51 - \text{Q. } 89,757.19$$

$$\text{Costo} = \text{Q. } 683,096.32$$

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

$$\text{Beneficio} = (116 \text{ viv})(5 \text{ hab/viv}) = 580 \text{ hab}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{\text{Q. } 683,096.32}{580 \text{ hab}}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \text{Q. } 1,177.15 \text{ hab}$$

De lo anterior se concluye que el proyecto es favorable, por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente en la Municipalidad de Fraijanes.

2.2.13. Programa de operación y mantenimiento

Para que un sistema de abastecimiento de agua potable funcione correctamente se tiene que contemplar un programa de operación y mantenimiento, tanto para los equipos como para la infraestructura, situación que determinará la vida útil del proyecto.

a. Operación

Se refiere a las acciones externas que se ejecutan a las instalaciones o equipo, sin afectar su naturaleza y características internas.

b. Mantenimiento

Se refiere a las acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos y que de algún modo alteran la naturaleza o partes constitutivas del sistema. Estas acciones internas tienen por objeto la prevención o la reparación de daños.

Hay dos clases de mantenimiento: correctivo y preventivo.

1. Mantenimiento correctivo

Consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones o equipos. Este tipo de mantenimiento no se puede programar, debido a que los daños pueden ser de diferente índole y por diferentes circunstancias. Para ello es necesario que se disponga de personal especializado y equipo idóneo.

2. Mantenimiento preventivo

Consiste en la ejecución de un conjunto de acciones internas en las instalaciones o en el equipo, para evitar, dentro de lo posible, que se produzcan daños. Todas las intervenciones en las instalaciones o equipos deben programarse usando un calendario, con intervalos periódicos basados en otras

experiencias de sistemas similares para, con el tiempo, ajustarlos a las necesidades propias del acueducto correspondiente.

Es importante tomar en cuenta, además, los informes sobre las características y el comportamiento operacional de los equipos o instalaciones que provienen de los lugares de fabricación.

Las actividades a ejecutar para la organización eficiente del mantenimiento preventivo de un sistema son:

- Inventario técnico de las instalaciones o equipos
- Clasificación en grupos de acuerdo con características similares
- Identificación individual de cada una de las instalaciones o equipos
- Formularios necesarios para el control del mantenimiento preventivo
- Normas de mantenimiento preventivo para cada grupo de componentes
- Plan periódico de mantenimiento preventivo, el cual se recomienda sea anual
- Archivos técnicos de mantenimiento

c. Programación para el mantenimiento preventivo

Tabla XX. Programa de mantenimiento

Actividad	Frecuencia
Captación	
Verificar el nivel en el tanque de captación.	diario
Revisar válvulas y rebalses.	diario
Limpiar el área adyacente a la captación (removiendo plantas, piedras, tierra o cualquier otra obstrucción).	mensual
Limpiar la contracuneta de protección.	mensual
Revisar la malla perimetral.	trimestral
Inspeccionar el área de influencia del nacimiento para detectar posibles fuentes de contaminación, como aguas negras, presencia de animales domésticos, letrinas, etc.	anual
Operar válvulas para verificar si giran con facilidad. Si tienen partes rotas o fugas, se corrigen; revisar las tuberías, corregir las fugas, si las hubiera, y pintar con pintura anticorrosiva	anual
Línea de conducción	
Mantener una brecha sobre la línea de conducción con el fin de facilitar la inspección y detectar fugas.	anual
Observar si hay fugas, deslizamientos o hundimientos de la tierra que puedan afectar la línea; cualquier área húmeda anormal sobre la línea enterrada debe ser investigada.	mensual
Inspeccionar elementos de mampostería y concreto en la línea.	semestral
Tanque de distribución	
Para su limpieza, cortar la entrada del agua cerrando la válvula de la línea de conducción. Abrir la válvula de drenaje para vaciar el tanque, abrir la escotilla, penetrar al tanque y limpiar con cepillos metálicos sus paredes y el fondo. Sacar los residuos de la limpieza usando un chorro de agua.	semestral

Continúa

Actividad	Frecuencia
Revisar el estado extremo de las válvulas; verificar que no haya fugas, roturas o falta de piezas, en cuyo caso deberá repararse la válvula o bien cambiarla por otra, si fuese necesario.	trimestral
Revisar la estructura del tanque.	Semestral
Red de distribución	
Inspeccionar la red de distribución con el fin de detectar fugas u otras anomalías; si es posible, corregirlas; en caso contrario, anotarlas en las hojas de registro, verificar y revisar las cajas de válvulas.	mensual
Revisar el funcionamiento de las válvulas, las cuales deben abrir y cerrar lentamente. Pintar y retocar con pinturas anticorrosivas las válvulas y accesorios que estén a la vista de la red de distribución.	semestral
Válvulas	
Abrir y cerrar lentamente la válvula para evitar el golpe de ariete, comprobar que el número de vueltas y el sentido de rotación, al cerrar o abrir, coincide con el indicado en la hoja de registro.	semestral
Abrir y cerrar varias veces las válvulas con el fin de eliminar los depósitos que se hayan podido acumular en el asiento de la compuerta; comprobar el estado de la empacadura del prensa-estopa y reemplazarla si hay dificultad en el manejo de la válvula, o si hay fugas que no se eliminan apretando el prensa-estopa.	semestral
Revisar los empaques; si están en mal estado, cambiarlos. Verificar que los pernos y tuercas estén suficientemente apretados para evitar fugas.	semestral
Cambiar la pieza si es necesario, pintar completamente o retocar la pintura de las válvulas y accesorios. Para ello, usar pintura anticorrosiva. Revisar y limpiar la caja de la válvula. Revisar tapaderas y reemplazar las que estén rotas.	semestral
Conexiones domiciliarias	
Revisar las conexiones por sectores del sistema.	diario
Revisar empaques de las llaves de chorro.	mensual
Revisar llaves de paso y posibles fugas en las conexiones.	trimestral

El personal deberá estar conformado por un albañil, un fontanero, un jefe de cuadrilla y dos auxiliares como mínimo. Para esto se recomienda que sean vecinos de la comunidad y reciban capacitación inicial, con supervisión continua.

2.2.14. Costos de operación y mantenimiento

Son los costos que se generan para poder operar el sistema de abastecimiento de agua potable de manera óptima a lo largo de su vida útil. Dentro de éstos se tiene electricidad, cloración, limpieza de los tanques, pintura, repuestos, herramientas, pago de planilla, etc.

El encargado de mantenimiento debe ser preferiblemente un fontanero asalariado, quien realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema. Éste debe detectar posibles fugas cuando se registra insuficiencia continua, mantener limpias las unidades y libres de maleza, efectuar reparaciones necesarias, controlar el período de la bomba y velar por el buen estado de todas las obras complementarias.

2.2.15. Estudio tarifario y derecho de conexión

El derecho de conexión se calcula con base en lo invertido en el proyecto y se divide por la cantidad de viviendas que van a ser beneficiadas al momento de entrar en funcionamiento. Queda a criterio de la municipalidad, en este caso, absorber parte de lo invertido y únicamente hacerlo por el resto del total, para que los vecinos del lugar no salgan muy afectados económicamente al momento de solicitar su derecho de conexión.

De la misma manera, el estudio tarifario se realiza con base en los gastos que se generan mensualmente para que el sistema funcione, un porcentaje de imprevistos, más un porcentaje de reserva, con el que se tiene que contar para poder reemplazar cualquier componente del sistema, en el momento que éste falle o se deteriore por llegar al término de su vida útil. Adicionalmente a esto, se le puede incrementar un porcentaje de utilidades, que servirá para nuevos proyectos en beneficio de la comunidad.

Debido a que es un proyecto social, el comité de la comunidad Valle San Arturo y el señor alcalde de la municipalidad de Fraijanes firmaron un acuerdo municipal donde se deja estipulado que el derecho de conexión tendrá un costo de Q. 400.00 para cada vivienda, y la tarifa mensual que será cobrada para cada vivienda tendrá un costo de Q. 30.00, de esta manera se busca que la comunidad salga beneficiada.

CONCLUSIONES

1. Los proyectos desarrollados dentro del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), que se presentan en este trabajo, contribuyen a que las poblaciones del caserío El Hato, la aldea El Cerrito y la comunidad Valle San Arturo, del municipio de Fraijanes, en el departamento de Guatemala, resuelvan sus problemas en cuanto a pavimentación y abastecimiento de agua potable.
2. Con la ejecución del proyecto de pavimentación del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito se beneficiarán 5,300 habitantes; además se contribuirá directamente al desarrollo económico y social de la región.
3. El tipo de pavimento que brinda mejores condiciones para la construcción de dicho tramo, es el de concreto, por las ventajas que presenta en cuanto a mantenimiento y durabilidad.
4. La ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable en la comunidad Valle San Arturo, solucionará un ingente problema de dicha comunidad, y beneficiará directamente a los vecinos del caserío; además, contribuirá al desarrollo del municipio, pues facilitará la ejecución de proyectos, principalmente en el sector de salud.
5. Una vez ejecutado el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Valle San Arturo, debe contar en forma permanente con

programas de desinfección que garanticen la calidad del líquido y la salud de los usuarios.

6. Tanto el proyecto de pavimentación del tramo carretero del caserío El Hato hasta la aldea El Cerrito, como el de abastecimiento de agua potable para la comunidad Valle San Arturo, han sido diseñados para evitar deficiencias de construcción que generen más gastos a la municipalidad de Fraijanes, y perjudiquen a la población del lugar.

RECOMENDACIONES

1. Que se capacite a los pobladores de las áreas beneficiadas para que estén en condiciones de brindar el mantenimiento menor a la carretera, a fin de evitar su deterioro y garantizar el adecuado funcionamiento de la nueva vía.
2. Que se contraten los servicios de un laboratorio de suelos para que durante la construcción del pavimento rígido, se garantice la calidad de los materiales con los que se construirá la base.
3. Que todas las tuberías de PVC queden bajo tierra para protegerlas de golpes y de los rayos solares que podrían afectar las líneas de conducción y distribución.
4. Que se promuevan campañas educativas, en la comunidad beneficiada, acerca de cómo proporcionar un adecuado y continuo mantenimiento al sistema de agua potable.
5. Que la construcción de los dos proyectos sea supervisada por personal especializado para garantizar que los trabajos se efectúan de acuerdo con los planos autorizados.
6. Que todo cambio que se pretenda introducir en la ejecución de los dos proyectos sea previamente estudiado por personal idóneo, para determinar si mantiene la línea de los planos originales y, si procede, que

sólo se ejecute cuando cuente con la autorización de la autoridad responsable del o de los proyectos.

7. Que los dos proyectos sean ejecutados en el menor tiempo posible a fin de evitar el incremento de su costo, por las variaciones inflacionarias que afectan el precio de los materiales de construcción.

REFERENCIAS

1. Anckermann Álvarez, Enrique. Manual para el laboratorio de suelos en construcción de carreteras. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 1969.
2. León Medrano, David Israel. Planificación y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Yichwitz Chono. San Pedro Solomá, Huehuetenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 2000.
3. López López, Juan Carlos. Manual del curso de pavimentos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 1998.
4. Mejía Gómez, Hugo Abad. Diseño del pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 1996.
5. Quinteros Rosales, Víctor Manuel Antonio Salvador. Manual de laboratorio de mecánica de suelos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 1978.

6. Socop Batz, Manuel Enrique. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Barrealito del municipio de San Carlos Alzatate, Jalapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 1999.

7. Tetzaguic Car, Carlos Encarnación. Diseño del sistema de agua potable para los caseríos El Rosario y La Granadilla, Conguaco, Jutiapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 2000.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brinker, Russell C. Wolf, Paul R. **Topografía moderna**, (Editorial MéxicoHarla 1982) pp.90-200 pp.
2. CARE. **Guía de operación y mantenimiento de proyectos de agua potable**. Guatemala: 2001.
3. Crespo, Carlos Villalaz. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. (Editorial Limusa. Cuarta Edición. México 1996) pp.20-110.
4. Dirección General de Caminos. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes**. Litografía Guatemalteca, Guatemala: septiembre, 2001
5. Giles, Ronald. **Mecánica de fluidos e hidráulica**. (Editorial McGraw-Hill. Serie Schaum. Segunda edición. México: 1990) pp. 127-181.
6. INFON, **Modelo básico para proyectos de abastecimiento de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental a nivel rural**. Guatemala: 1998.
7. Nilson, Arthur H. **Diseño de estructuras de concreto**. (editorial McGraw Hill. Duodécima edición, Colombia: 2004). pp 365 – 549.

8. Portland Cement Association (PCA). **Design of concrete pavement for city streets.** USA 1974
9. UNEPAR. **Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.** Guatemala:1994.

APÉNDICE

- I. Libretas topográficas
- II. Ensayos de laboratorio de suelos
- III. Análisis de agua e información de pozo
- IV. Cálculo hidráulico
- V. Planos

APÉNDICE I

LIBRETAS TOPOGRÁFICAS

Tabla XXI. Libreta topográfica – Proyecto de agua potable

Est.	P.o	Acimut			DISTANCIA	Zenital			H.S	H.M.	H.I.
		°	'	"		°	'	"			
E-0	E-1	101	56	0	96.6828	93	16	42	1.485	1.00	0.515
E-0	E-2	63	30	2	81.9726	91	2	48	2.410	2.00	1.590
E-2	E-3	109	1	42	185.4555	93	6	6	1.930	1.00	0.070
E-3	E-4	116	46	36	242.9245	93	48	24	3.220	2.00	0.780
E-4	E-5	1001	15	30	80.7027	86	31	36	1.405	1.00	0.595
E-5	E-6	96	46	0	95.6398	93	30	42	1.480	1.00	0.520
E-6	E-7	167	20	12	84.9807	89	8	12	1.725	1.30	0.875
E-7	E-8	165	27	48	150.8360	91	53	18	2.255	1.50	0.745
E-8	E-9	164	20	54	87.8589	92	17	42	2.440	2.00	1.560
E-9	E-10	165	6	42	156.2443	93	58	42	2.785	2.00	1.215
E-10	E-11	164	40	6	169.9588	89	6	30	1.850	1.00	0.150
E-11	E-12	164	52	24	147.8149	92	1	36	2.740	2.00	1.260
E-12	E-13	162	38	42	181.7625	92	4	12	1.910	1.00	0.090
E-13	E-14	166	23	12	53.9972	90	24	48	0.770	0.50	0.230
E-14	E-15	177	51	42	167.9769	90	40	18	1.840	1.00	0.160
E-15	E-16	177	42	12	87.4067	94	42	36	2.640	2.20	1.760
E-16	E-17	211	34	6	33.0275	99	44	12	1.170	1.00	0.830
Est.	P.o	Acimut			DISTANCIA	Zenital			H.S	H.M.	H.I.
		°	'	"		°	'	"			
E-13	E-18	88	18	6	59.9780	91	5	54	1.700	1.40	1.100
E-18	E-19	358	2	12	19.7541	96	22	0	0.800	0.70	0.600
E-19	E-20	91	1	6	103.0000						
E-20	R-20.5	357	57	42	24.6629	107	6	36	0.935	0.80	0.665

Tabla XXI. Libreta de nivelación – proyecto de agua potable

Estación	V.A.	H.I.	V.I.	P.V.	COTA
B.M. 1					+0.50
0+020	0.825	1000.825			1000
0+040			2.065		998.76
0+060			2.91		997.915
0+080	0.595	997.685		3.735	997.09
0+120			1.65		996.035
0+160			2.47		995.215
PV - 1	0.3	994.645		3.34	994.345
0+200			2.08		992.565
PV - 2	0.505	991.4		3.75	990.895
0+235			0.995		990.405
0+280			2.22		989.18
0+325	0.23	988.165		3.465	987.935
0+365	0.48	986.13		2.515	985.65
PV - 3	0.43	982.805		3.755	982.375
0+415	0.185	979.44		3.55	979.255
0+455	0.05	975.77		3.72	975.72
0+505			2.87		972.9
PV - 4	1.135	973.005		3.9	971.87
0+581			1.68		971.325
PV - 5	3.03	975.955		0.08	972.925
0+631			2.55		973.405
PV - 6	2.65	978.38		0.225	975.73
0+681			1.5375		976.8425
PV - 7	0.615	975.41		3.585	974.795
0+777	2.99	974.79		3.61	971.8
0+851			1.845		972.945
PV - 8	0.165	971.155		3.8	970.99
0+936			1.04		970.115
1+016	0.45	968.705		2.9	968.255
1+089	0.01	965.005		3.71	964.995
PV - 9	0.105	961.14		3.97	961.035
PV - 10	0.28	957.57		3.85	957.29
1+173.50			3.05		954.52
1+248.50	0.395	953.975		3.99	953.58
PV - 11	0.315	953.465		0.825	953.15
PV - 12	0.295	949.785		3.975	949.49
1+320			3.065		946.72
PV - 13	3.55	952.99		0.345	949.44
PV - 14	3.73	956.37		0.35	952.64
PV - 15	3.64	959.96		0.05	956.32

Continúa

Estación	V.A.	H.I.	V.I.	P.V.	COTA
1+417.50			0.315		959.645
1+512.50	0.675	958.445		2.19	957.77
PV - 16	0.36	955.255		3.55	954.895
1+605.50	0.275	952.405		3.125	952.13
PV - 17	0.295	949.28		3.42	948.985
PV - 18	0.355	945.83		3.805	945.475
1+655.50			0.91		944.92
1+712.50			2.75		943.08
PV - 19	3.3	949.08		0.05	945.78
1+756.50	1.35	950.34		0.09	948.99
1+807			1.075		949.265
1+857	0.015	947.175		3.18	947.16
1+911	0.56	944.155		3.58	943.595
PV -20			1.54		942.615
2+006.50	0.165	941.65		2.67	941.485
PV - 21	0.37	938.81		3.21	938.44
PV - 22	0.03	935.19		3.65	935.16
2+074.8			1.125		934.065
PV - 23	0.48	931.755		3.915	931.275
2+099.10			0.75		931.005
PV - 24	0.29	928.35		3.695	928.06
2+131.60	0.225	925.67		2.905	925.445
2+181.6				3.69	921.98

Estación	V.A.	H.I.	V.I.	P.V.	COTA
0+000	1.6	950.59			948.99
0+006			1.34		949.25
0+034			1.25		949.34
0+063	0.21	948.15		2.65	947.94
0+086.50			1.735		946.415
			2.62		945.53
P.V.	0.165	944.545		3.77	944.38
P.V.	0.46	941.24		3.765	940.78
P.V.	0.17	937.425		3.985	937.255
0+151.50			2.82		934.605
P.V.	3.635	940.895		0.165	937.26
P.V.	3.14	942.925		1.11	939.785
0+191.5			2.05		940.875
0+205.50			2.08		940.845
P.V.	0.18	939.5		3.605	939.32
P.V.	0.56	936.295		3.765	935.735
0+241.5				3.97	932.325

Tabla XXIII. Libreta topográfica – Proyecto de pavimentación.

Caminamiento	X	Y	Z
0+000	0	0	1604
0+020	19.9393	-1.4567	1603.22
0+040	39.9281	-2.022	1602.54
0+060	59.9243	-2.3938	1602.05
0+080	79.9197	-2.8055	1601.41
0+100	99.918	-3.0706	1600.535
0+120	119.8875	-2.086	1599.975
0+140	139.855	-0.9472	1599.535
0+160	159.8366	-0.2111	1598.775
0+180	179.8355	0	1598.385
0+200	199.8087	-0.7818	1597.785
0+220	219.5674	-3.7517	1597.25
0+240	239.2572	-7.2498	1596.575
0+260	259.0801	-9.6797	1595.595
0+280	279.0772	-9.9724	1594.575
0+300	299.0615	-9.5944	1594.275
0+320	318.9836	-7.8299	1594.115
0+340	338.5293	-3.9192	1594.055
0+360	357.6697	1.86	1594.215
0+380	377.4511	3.1915	1594.685
0+400	397.3822	1.6228	1595.545
0+420	417.3299	2.1184	1596.39
0+440	437.1532	4.7698	1596.305
0+460	456.1632	10.8236	1595.655
0+480	475.0144	17.5041	1594.97
0+500	493.7719	24.4294	1594.455
0+520	512.2777	32.0146	1594.245
0+540	530.7967	39.5671	1594.245
0+560	549.3623	47.005	1593.205
0+580	568.1007	53.9832	1592.625
0+600	587.2665	59.519	1592.415
0+620	607.0631	62.3633	1592.225
0+640	626.8771	65.0838	1591.745
0+660	646.6836	67.838	1590.835
0+680	666.4474	70.7914	1590.275
0+700	686.3045	69.3701	1590.01
0+720	706.0645	66.3138	1589.655
0+740	725.8643	63.5033	1589.15
0+760	745.6705	60.7345	1588.55
0+780	765.5045	58.1631	1587.775
0+800	785.0071	53.8277	1587.12
0+820	804.4758	49.2495	1586.57
0+840	824.0223	45.0145	1586.25
0+860	843.5499	40.6938	1586.15
0+880	863.0092	36.085	1585.735
0+900	882.3692	31.067	1585.3
0+920	901.9551	27.434	1584.865

Caminamiento	X	Y	Z
0+940	921.9361	26.6758	1584.68
0+960	941.9339	26.5196	1584.6
0+980	961.9327	26.7399	1584.41
1+000	981.9315	26.9621	1584.08
1+020	1001.927	27.3271	1583.85
1+040	1021.8746	28.7746	1583.025
1+060	1041.7156	31.1592	1582.17
1+080	1061.4795	34.2235	1581.575
1+100	1081.0226	38.3948	1581.095
1+120	1099.7988	45.2731	1580.53
1+140	1118.6605	51.9241	1579.51
1+160	1137.7276	57.958	1578.51
1+180	1156.5103	64.7987	1578.05
1+200	1174.5299	73.4647	1577.64
1+220	1192.5179	82.2069	1577.835
1+240	1211.0854	89.5941	1577.21
1+260	1230.0957	95.8076	1576.765
1+280	1248.0538	104.5974	1575.71
1+300	1265.6377	114.1198	1574.51
1+320	1282.2094	125.2925	1572.525
1+340	1298.5452	136.8312	1571.355
1+360	1314.9465	148.2751	1570.9
1+380	1331.5687	159.3764	1570.11
1+400	1348.3859	170.1954	1569.515
1+420	1364.4459	182.0859	1568.945
1+440	1380.7378	193.6439	1568.08
1+460	1398.3754	203.0212	1567.005
1+480	1417.0586	210.0727	1565.14
1+500	1431.8197	223.2564	1564.03
1+520	1451.007	228.0259	1562.39
1+540	1470.9413	226.6507	1560.815
1+560	1490.6653	223.4132	1559.875
1+580	1510.5904	223.572	1559.305
1+600	1530.3298	226.7363	1559.025
1+620	1546.9139	237.1868	1559.085
1+640	1561.8003	250.5285	1559.285
1+660	1578.8629	260.6322	1559.585
1+680	1598.1226	265.9899	1561.645
1+700	1616.022	274.6736	1562.225
1+720	1633.2713	284.7518	1561.725
1+740	1651.4807	293.0139	1561.035
1+760	1670.2589	299.7485	1559.83
1+780	1690.0979	302.0625	1558.535
1+800	1710.0493	303.0125	1556.905
1+820	1730.0272	302.2611	1555.405
1+840	1749.8775	299.9217	1553.77
1+860	1769.6288	299.4708	1552.275

Continúa

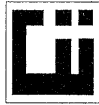
Caminamiento	X	Y	Z
1+880	1789.2767	303.2066	1550.635
1+900	1808.9106	306.9837	1549.005
1+920	1828.8026	308.7843	1547.095
1+940	1848.7966	308.4638	1545.055
1+960	1868.7788	308.8677	1542.98
1+980	1888.7667	308.1805	1540.895
2+000	1908.7548	307.5105	1539.37
2+020	1928.7428	306.8351	1538.38
2+040	1948.7199	306.4949	1537.835
2+060	1968.5634	304.1792	1537.265
2+080	1987.5142	298.463	1536.17
2+100	2003.4503	286.4191	1535.29
2+120	2020.9962	276.9185	1534.52
2+140	2039.62	269.6496	1533.89
2+160	2058.8545	266.7502	1533.26
2+180	2078.0569	272.053	1532.295
2+200	2097.9687	270.4467	1530.98
2+220	2117.1101	264.7859	1529.355
2+240	2135.7111	257.4374	1528.48
2+260	2154.254	249.9436	1527.59
2+280	2172.835	242.5517	1525.55
2+300	2191.7171	236.0473	1523.78
2+320	2211.6718	236.2142	1521.7

Caminamiento	X	Y	Z
2+340	2231.4282	239.2714	1519.34
2+360	2250.3737	245.6779	1516.985
2+380	2269.2577	252.2655	1514.7
2+400	2288.2503	258.5049	1511.665
2+420	2307.6014	263.5452	1508.095
2+440	2327.5407	263.8203	1505.14
2+460	2347.4693	262.3772	1502.69
2+480	2367.2816	264.7217	1500.14
2+500	2386.9173	268.295	1497.155
2+520	2406.704	270.7217	1494.435
2+540	2425.3092	263.4249	1492.45
2+560	2443.9651	256.6306	1489.725
2+580	2451.7563	268.5417	1486.285
2+600	2435.7081	280.4229	1483.73
2+620	2419.4043	291.9782	1481.865
2+640	2412.8116	299.3042	1480.89
2+660	2411.1468	303.993	1480.85
2+680	2415.6623	311.5747	1481.125
2+700	2435.1445	314.1898	1482.97
2+720	2451.643	325.4937	1484.63
2+740	2468.4454	336.3287	1486.995
2+760	2484.4672	348.2681	1489.765
2+780	2497.6113	362.6505	1490.725

APÉNDICE II

ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS

Figura 10. Análisis granulométrico



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



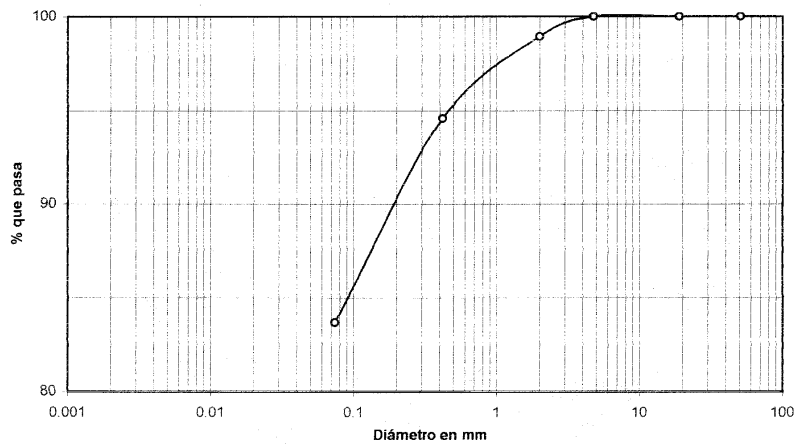
INFORME No. 019 S.S. O.T. No. 21,050

Interesado: Victor Vinicio Barrios Us
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Fraijanes, Guatemala
Fecha: 5 de febrero de 2007

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	100.00
10	2.00	98.94
40	0.42	94.58
200	0.074	83.64

% de Grava: 0.00
% de Arena: 16.36
% de Finos: 83.64



Descripción del suelo: Limo arenociloso color café
Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-7-5
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

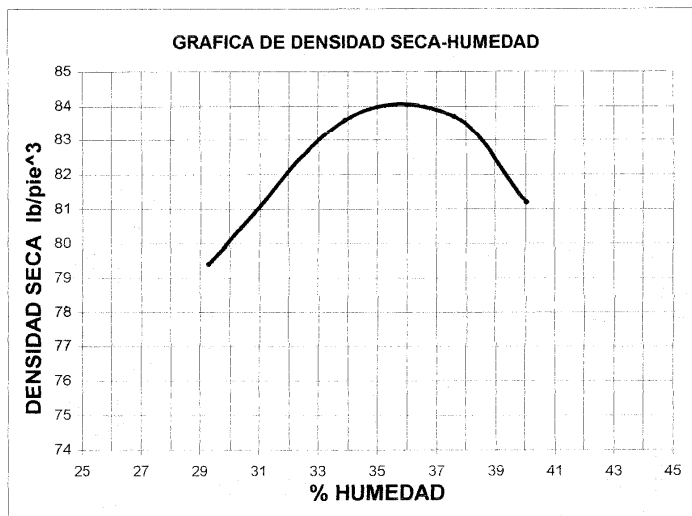
Figura 11. Ensayo de compactación



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 017 S.S. O.T. No.: 21,050
 Interesado: Victor Vinicio Barrios Us
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS
 Ubicación: Fraijanes, Guatemala
 Fecha: 5 de febrero de 2007



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Limo arenarcilloso color café
 Densidad seca máxima γ_d : 1.347 Kg/m³ 84.1 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 36.0 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Ezeobar Alvarez
 DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Pagina web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 12. Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)



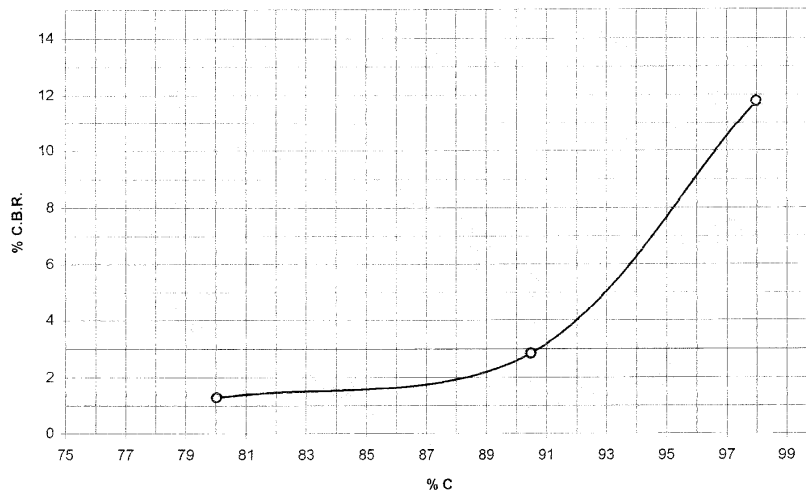
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 018 S.S. O.T. No.: 21,050
 Interesado: Victor Vinicio Barrios Us
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS
 Densidad seca de Proctor Modificado (Lb/pe³) 84.1 Hopt. 36%
 Ubicación: Fraijanes, Guatemala
 Descripción del suelo: Limo arenociloso color café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 5 de febrero de 2007

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pe ³)			
1	10	34.50	67.3	80.02	2.60	1.3
2	30	34.50	76.1	90.49	2.70	2.8
3	65	34.50	82.4	97.98	3.90	11.8

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.:

 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 DIRECTOR CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA - ESAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria Zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2476-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Pagina web: <http://www.usc.edu.gt>

Figura 13. Ensayo de límites de atterberg



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 020 S.S.

O.T. No. 21,050

Interesado: Victor Vinicio Barrios Us
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Fraijanes, Guatemala

FECHA: 5 de febrero Fraijanes, Guatemala

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	47.39	13.24	ML	Limo arenociliceo color café

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR DE IUSAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Figura 14. Ensayo de equivalente de arena (E.A.)



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No.: 21,050

INFORME No. 021 S.S.

Interesado: Victor Vinicio Barrios Us

Proyecto: Trabajo de Graduación Eps

Asunto: Ensayo de Equivalente de Arena (E. A.)

Norma: AASHTO T-176

Muestra: 1

Descripción del suelo: Limo Arenociloso color café

Fecha: 5 de febrero de 2007

RESULTADO DEL ENSAYO:

% de E. A. = 37.8

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Omar E. Medrano Mendez

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.

Oswaldo Romeo Escobar Alvarez

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC



APÉNDICE III

ANÁLISIS DE AGUA E INFORMACIÓN DE POZO

Figura 15. Examen bacteriológico



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 "DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"
 CENTRO DE INVESTIGACIONES (CI)
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 21 042		INF. No.A-201 260	
INTERESADO	FACULTAD DE INGENIERÍA	PROYECTO:	CONTROL DE CALIDAD DE AGUA
MUESTRA RECOLECTADA POR	Victor Vinicio Barrios	DEPENDENCIA:	U.S.A.C.
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Comunidad Valle San Arturo	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2007-01-25; 10 h 05 min.
FUENTE:	pozo Valle San Arturo	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2007-01-25; 11 h 30 min
MUNICIPIO:	Fraijanes	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Guatemala	SABOR:	-----
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Gran cantidad
ASPECTO:	Turbia	CLORO RESIDUAL	-----
OLOR:	Lig. mat. orgánica		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	++++
01,00 cm ³	-----	innecesaria	innecesaria
00,10 cm ³	-----	innecesaria	innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		23	8
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. -- W.E.F. 20 TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
CONCLUSION Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II, calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.			
Guatemala, 2007-01-31			
Vo.Bo.			
	Ing. Oswaldo Romero Escobar Álvarez DIRECTOR CI/USAC		

Figura 16. Examen físico químico sanitario



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS)-CENTRO
 DE INVESTIGACIONES (CII)
 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No. 21042		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 22 682	
INTERESADO:	FACULTAD DE INGENIERÍA	PROYECTO:	CONTROL DE CALIDAD		
RECOLECTADA POR:	Victor Vinicio Barrios Us	DEPENDENCIA:	U.S.A.C		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Comunidad Valle San Arturo Municipalidad Fraijanes	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2007-01-25; 10 h 13 min.		
FUENTE:	Pozo Valle San Arturo		2007-01-25; 11 h 30 min		
MUNICIPIO:	Fraijanes	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Guatemala				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Turbio	4. OLOR:	Lig. materia orgánica	7. TEMPERATURA:	--- °C
2. COLOR:	350,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:	161,00 µmhos/cm
3. TURBIDEDAD:	525,00 UNT	6.potencial de Hidrogeno (pH):	06,80 unidades		
SUSTANCIAS	mg/l.	SUSTANCIAS	mg/l.	SUSTANCIAS	mg/l.
1. AMONIACO (NH ₃)	00,18	6. CLORUROS (Cl ⁻)	07,50	11. SOLIDOS TOTALES	478,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,003	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,10	12. SOLIDOS VOLÁTILES	112,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	05,94	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)	04,00	13. SOLIDOS FIJOS	366,00
4. CLORO RESIDUAL	----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	18,00	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	94,00
5. MANGANESO (Mn)	00,30	10. DUREZA TOTAL	58,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	85,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.		
00,00	00,00	90,00	90,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física ASPECTO turbio (rechazable), OLOR ligero a materia orgánica (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad FÍSICA compuestos que influyen sobre la potabilidad del agua HIERRO sobrepasa la concentración máxima aceptable. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 20th EDITION 2 000, NORMA COGUANOR N° 4 010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2007-01-31

Vo.Bo

Ing. Oswaldo Romero Escobedo
 DIRECTOR CII/USAC

Ing. Sr. en Ingeniería Química
 Jefe Técnico Laboratorio

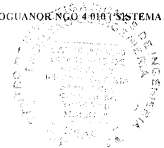


Figura 17. Reporte de prueba de bombeo



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBEO

NOMBRE DEL PROYECTO: PERFORACION Y EQUIPAMIENTO POZO MECANICO CASERIO VALLE DE SAN ARTURO, FRAIJANES
UBICACION: CASERIO VALLE DE SAN ARTURO
PROFUNDIDAD DEL POZO: 600 PIES
DIAMETRO DEL POZO: 8"Ø
TOTAL DE TUBOS: 600 PIES

HOJA NO. 1

FECHA: 16-Mar-06

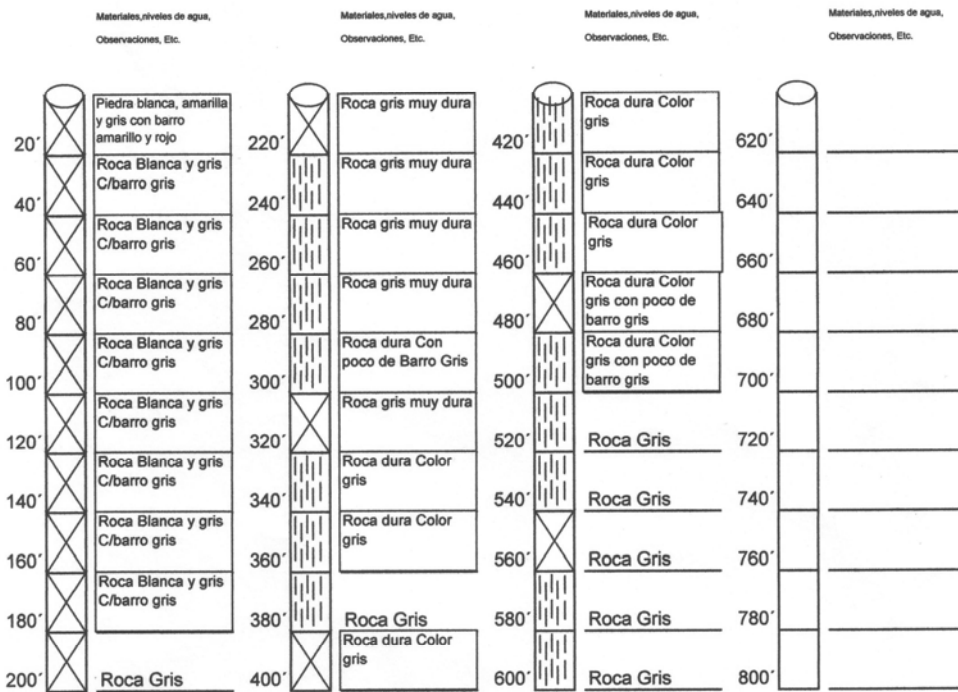
HORAS	PRODUCCION		NIVEL		CAUDAL	
	GPM	DINAMICO	GPMA	DINAMICO	GPM	
		PIES		PIES		
18:00	200	280				
19:00	200	280				
20:00	200	280				
21:00	200	280				
22:00	200	280	RECUPERACION: INMEDIATA			
23:00	200	280				
0:00	200	280				
1:00	200	280				
2:00	200	280	N.E.=	280		
3:00	200	280	N.D.=	280		
4:00	200	280	GPM=	200		
5:00	200	280				
6:00	200	280				
7:00	200	280				
8:00	200	280				
9:00	200	280				
10:00	200	280				
11:00	200	280				
12:00	200	280				
13:00	200	280				
14:00	200	280				
15:00	200	280				
16:00	200	280				
17:00	200	280				
18:00	200	280				

Figura 18. Perfil estratigráfico del pozo perforado.

POZOS

CODIGO: _____ FECHA DE INICIO: 08-Ene-06
 PROYECTO: Caserio Valle San Arturo FECHA DE TERMINADO: 02-Mar-06
 UBICACIÓN: Carretera a el Sausalito y Caserio valle san Arturo

PERFIL DE POZO PERFORADO



TOTAL _____ 600 _____ PIES
 TOTAL ENTUBADO _____ 600 _____ PIES
 NIVEL ESTATICO _____ PIES
 NIVEL DINAMICO _____ PIES
 DIAMETRO DE TUBERIA _____ 8 _____ PULGADAS
 PRODUCCION _____ G.P.M.
 TOTAL 30 TUBOS DE _____ 20 _____ PIES
 CUBETEO _____ HORAS BOMBEO _____
 PICHACHA 15 TUBOS DE _____ 20 _____ PIES
 EMPAQUE DE GRAVA DE _____ A _____
 SELLO DE CEMENTO DE _____ 100 A _____ 120 _____ PIES
 BOMBA INSTALADA A _____ PIES
 OBSERVACIONES: a 355' perdimos circulacion y a 465' empeso a recuperarse con perdida parcial
 a 530' se recupero completamente

FIRMA OPERADOR: _____

APÉNDICE IV

CÁLCULO HIDRÁULICO

Tabla XXIV . Cálculo hidráulico

PROYECTO: Abastecimiento de agua potable
 COMUNIDAD: Valle San Arturo
 MUNICIPIO: Fraijanes
 DEPARTAMENTO: Guatemala

ESTACIÓN	COTAS		DH (m)	POBLACIÓN		Ø	C	Q. Lts/seg	V m/seg	PÉRDIDA		PRESION				OBS.	
	INICIAL (m)	FINAL (m)		ACTUAL	FUTURA					M.C.A.	HF	ESTÁTICA	DINÁMICA	M.C.A.	PSI		M.C.A.
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 1																	
0	10	1000.50	971.80	854.70	580	1036	2	150	2.158	0.886	12.729	18.101	28.700	40.811	15.971	22.711	PVC 160 PSI
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 2																	
10	19	971.80	948.99	1077.45	345	616	1 1/2	150	1.282	0.823	18.178	25.850	38.781	55.147	20.603	29.297	PVC 160 PSI
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 3																	
19	25 A	948.99	921.98	467.61	250	446	1 1/4	150	0.928	0.780	8.381	11.918	47.613	67.705	39.232	55.787	PVC 160 PSI
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 4																	
19	31	948.99	917.18	336.05	95	170	3/4	150	0.354	0.784	11.790	16.765	52.413	74.531	40.623	57.766	PVC 160 PSI
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 5																	
27	27A	946.02	940.78	100.00	15	27	3/4	150	0.266	0.587	2.055	2.922	33.861	48.150	23.425	33.310	PVC 160 PSI

APÉNDICE V

PLANOS

