

01121
68



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**"ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
EN LA REGIÓN DE X'PUJIL, MUNICIPIOS
DE HOLPECHÉN Y CHAMPOTÓN,
ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
FELIPE CRUZ HERNÁNDEZ VARGAS



MÉXICO, D.F.

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/011/03

Señor
FELIPE CRUZ HERNÁNDEZ VARGAS
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. LUIS MANUEL SALMONES HERNANDEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X'PUJIL, MUNICIPIOS DE HOPELCHÉN Y CHAMPOTÓN, ESTADO DE CAMPECHE, MÉX."

- I. INTRODUCCIÓN
- II. OBJETIVOS
- III. ANTECEDENTES
- IV. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X'PUJIL, CAMPECHE
- V. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- VII. BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 13 Febrero 2003.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRÁNDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

Entregado a la Dirección General de Bibliotecas
para difundir en formato electrónico e impres.
contenido de mi trabajo recepción
NOMBRE: Felipe Cruz Hernández Vargas
FECHA: 14 Marzo 2003
FIRMA: Felipe Cruz Hernández Vargas

3

Dicen que uno es el arquitecto (en mi caso, ingeniero) de su propio destino, que lo que hicimos ayer, se ve reflejado en el hoy, y lo de hoy, en el mañana. Sin embargo, también suceden hechos en la vida que nos cambian, que no esperábamos y encontramos coincidencias. Gracias por ello a todas las personas que me permitieron llegar a este momento. El triunfo que para mí representa haber superado este reto.

A Miriam, Ximena Gabriela y Linda Ivonne, mis sobrinas a las que amo como si fueran mis hijas, para que tengan éxito en sus estudios, en su profesión y en la vida.

A mis hermanos Martín, Hugo, Susana e Irma por el cariño y paciencia que siempre me han brindado en todo momento.

A Tayde y Juan Gabriel, mis cuñados, por el apoyo que muy desinteresadamente he recibido de ellos.

A mi esposa María del Rosario, por que siempre me ha impulsado a luchar por lo que quiero.

A ti madre, Adelfa Vargas, por tu esfuerzo, ánimo y amor que hoy nos permite, a ti y a mí, alcanzar esta meta juntos.

A la memoria del ser humano que siempre he admirado, respetado y amado y que tercamente creyó en mí siempre, el Sr. Felipe Hernández Casas, mi padre.

Gracias a Dios por regalarme una familia maravillosa.

Agradezco al M. I. Luis M. Hernández Salmones, mi Director de Tesis, la valiosa ayuda otorgada en la realización del presente trabajo, así como, los consejos de amigo que recibí de él cuando todo me abrumaba.

A los distinguidos profesores del H. Jurado: M. C. María Teresa Rocha G. ; M. I. Alejandro Sánchez Huerta; Ing. Carlos Montoya Beltrán e ; Ing. Narciso Talamantes Chávez por la instrucción y atención en mi depositada y , más aún, por el recelo que mostraron al desconfiar de mi capacidad como estudiante pues, ello me conmino a esforzarme, lo doble y más, para ser mejor cada día. Gracias.

*A mis demás profesores y a mi querida Facultad de Ingeniería no puedo mas que decir...
gracias.*

1

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

PRÓLOGO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRÓLOGO

Como este trabajo hablará sobre Ingeniería Hidráulica, es conveniente ponerse de acuerdo sobre lo que es la Ingeniería y lo que es la Hidráulica. No se pretende dar definiciones, que dejarían insatisfechos a muchos, sino delinear el contorno dentro del cual se usarán esos conceptos. La Ingeniería la hacen los ingenieros y, en la opinión de un servidor, son ellos los encargados de proyectar, construir y operar las obras que se destinan a determinados fines específicos. El medio del que se sirven los hidráulicos para alcanzar dichos fines es el agua y, por eso, puede decirse que la Hidráulica es la disciplina que estudia el manejo y control de ese medio.

En un sentido lato, la Ingeniería es el arte de adaptar el conocimiento humano a la solución de problemas prácticos. Un científico goza de la libertad de escoger el objeto de su estudio y se conforma con la mera adquisición de conocimientos. El ingeniero, en cambio, debe solucionar los problemas cuando estos se suscitan y no está satisfecho si no consigue hacerlo. En el camino de esa acción, la realidad opone diversas consideraciones de índole práctica —el tiempo de ejecución deseable, los medios materiales disponibles, la magnitud de los fenómenos de la naturaleza que la obra deberá soportar, el lapso de utilidad que deberá cumplir- y el ingeniero debe establecer, para cada situación, una jerarquía que determine cuáles de esas consideraciones son fundamentales para la correcta solución del problema. Cuando encuentra tal solución, no significa que encuentre el remedio definitivo. Cada caso implica un punto de equilibrio propio que atiende, en diferentes grados, los requerimientos de cada situación, y el ingeniero debe determinarlo. De un problema al siguiente, las circunstancias específicas obligarán al ingeniero a considerar una y otra vez las mismas variables.

Expresado del modo más esencial, el ingeniero dispone de dos recursos para trabajar: materiales y energía. Estos recursos tienen propiedades y aspectos de lo más diverso, ya sea que se aprovechen en su estado natural, por ejemplo la arcilla o la fuerza bruta de las bestias de carga, o que resulten de múltiples procesos previos de elaboración, como las aleaciones de

acero para los tubos de perforación petrolera o la energía eléctrica generada en una planta nuclear. De una u otra manera, el trabajo del ingeniero supone la aplicación de técnicas específicas, y una obra de ingeniería representa una radiografía o corte transversal del cúmulo de conocimientos de los que dispone cierta civilización.

Por otra parte, para el químico, el agua es una sustancia formada por una molécula constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y, para el biólogo, el agua es el fluido más importante para el desarrollo de los procesos vitales.

Ambos tienen razón, porque consideran el agua desde el punto de vista microscópico; en cambio, para el ingeniero hidráulico el agua es un medio continuo, más o menos homogéneo e isótropo, cuyo comportamiento es necesario entender, para manejarlo adecuadamente.

A grandes rasgos puede decirse que la Hidráulica así delineada se divide en tres bloques; en el primero se estudian los conceptos básicos; el segundo constituye una primera etapa de especialización de tales conceptos; y, el tercero, está formado por las aplicaciones de los dos bloques anteriores a la resolución de problemas específicos.

En el primer bloque se encuentra la Mecánica de Fluidos, que estudia las leyes generales que rigen los estados de equilibrio y movimiento de líquidos y gases. También está la Hidráulica fundamental, encargada de analizar el comportamiento de las estructuras hidráulicas más usuales, que son los tubos y orificios por un lado y los vertedores y canales por el otro; ese comportamiento se estudia tanto para flujo estacionario como para transitorio. Asimismo está la Hidráulica experimental que se encarga del estudio, en el laboratorio, de los distintos fenómenos hidráulicos. Finalmente, en este bloque también se sitúa la Hidrología, encargada de estudiar la disponibilidad y necesidades de agua, así como de la evaluación de los excedentes en un momento dado.

Forma parte del segundo grupo la Hidráulica fluvial y marítima, encargada de estudiar el comportamiento de los cauces naturales y los fenómenos marinos como el oleaje y las mareas. También en este bloque está la Hidráulica agrícola, que trata los problemas de riego y drenaje de las tierras de labor. Además, está el estudio de las máquinas hidráulicas, ya sea que se trate de bombas, o de turbinas. Y, por último, en este bloque se sitúa también la Hidrodinámica naval, encargada de analizar el comportamiento de los cuerpos flotantes estáticos o en movimiento.

El tercer bloque esta formado por los grandes sistemas hidráulicos, que son las obras hidroeléctricas, cuyo fin es la producción de energía; las obras de riego, cuyo objeto es la producción de alimentos; las obras de suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento, cuyo fin es la preservación de la salud de las poblaciones; y, por último, las obras portuarias, que tienen por objeto facilitar las comunicaciones acuáticas.

Así, de acuerdo con lo expuesto, resulta que la Ingeniería Hidráulica es la profesión que consiste en proyectar las obras necesarias para generar energía, producir alimentos, preservar la salud y facilitar las comunicaciones, todo ello sirviéndose del agua. Cuales son esas obras y en que consiste el proyecto, la construcción y operación, de por lo menos alguna de ellas, será el objetivo de este trabajo.

"Abastecimiento de Agua Potable en La Región de N'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

ÍNDICE

**“ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X’PUJIL,
MUNICIPIOS DE HOPELCHÉN Y CHAMPOTÓN, ESTADO DE CAMPECHE, MÉX.”**

Í N D I C E

| | |
|---|------|
| LISTA DE PLANOS. | X |
| LISTA DE FIGURAS. | XII |
| LISTA DE TABLAS. | XIII |
| INTRODUCCIÓN. | 1 |
| 1.- OBJETIVOS. | 4 |
| 2.- ANTECEDENTES. | 7 |
| 2.1 Localización del área de estudio. | 9 |
| 2.2 Descripción del área de estudio. | 9 |
| 2.3 Información climatológica del área de estudio. | 10 |
| 2.3.1 Lluvia, temperatura y evotranspiración. | 10 |
| 3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X’PUJIL, CAMPECHE. | 13 |
| 3.1 Conceptos de trabajo. | 14 |
| 3.1.1 Recopilación y análisis de información. | 14 |
| 3.1.2 Reconocimiento de campo. | 16 |
| 3.1.3 Revisión y actualización de anteproyectos. | 16 |
| 3.2 Levantamiento hidrogeológico detallado de la zona arqueológica Calakmul. | 16 |
| 3.2.1 Marco geológico. | 17 |
| 3.2.2 Estratigrafía. | 18 |
| 3.2.3 Relaciones estratigráficas. | 20 |
| 3.2.4 Marco conceptual hidrogeológico. | 20 |
| 3.2.5 Geología estructural y tectónica. | 21 |
| 3.2.6 Propiedades acuíferas de las rocas de Calakmul. | 21 |
| 3.3 Estudio geofísico. | 22 |
| 3.3.1 Interpretación de los datos geofísicos. | 22 |

| | |
|---|----|
| 3.3.2 Conclusiones y recomendaciones. | 28 |
| 3.4 Muestreo para análisis fisicoquímico y bacteriológico de agua superficial y subterránea. | 29 |
| 3.4.1 Muestreo para análisis isotópico de agua superficial y subterránea. | 30 |
| 3.5 Estudio de Mecánica de Suelos. | 31 |
| 3.5.1 Descripción del proyecto. | 31 |
| 3.5.2 Trabajos de campo. | 31 |
| 3.5.2.1 Reconocimiento de campo. | 31 |
| 3.5.2.2 Exploración y muestreo. | 33 |
| 3.5.2.3 Trabajos de laboratorio. | 33 |
| 3.5.2.3.1 Ensayes índice. | 33 |
| 3.5.2.3.2 Ensayes de calidad. | 34 |
| 3.5.3 Estado actual de las estructuras, estratigrafía y propiedades del terreno de cimentación. | 40 |
| 3.5.3.1 Estado actual de las estructuras. | 40 |
| 3.5.3.2 Condiciones estratigráficas. | 41 |
| 3.5.3.3 Propiedades del terreno de cimentación. | 47 |
| 3.5.3.4 Análisis de la cimentación. | 50 |
| 3.5.3.4.1 Capacidad de carga. | 50 |
| 3.5.3.4.2 Empujes. | 56 |
| 3.5.3.4.3 Alternativas de cimentación. | 59 |
| 3.5.3.5 Conclusiones y recomendaciones. | 62 |
| 3.6 Procesamiento, interpretación e integración de resultados y elaboración de anteproyectos. | 65 |
| 3.6.1 Plano base. | 65 |
| 3.6.2 Información climatológica. | 65 |
| 3.6.3 Geología. | 65 |
| 3.6.3.1 Hidrogeomorfología. | 65 |
| 3.6.3.2 Drenaje superficial. | 67 |
| 3.6.3.3 Hidrogeología. | 67 |
| 3.6.3.3.1 Unidades hidrogeológicas. | 67 |
| 3.6.3.3.2 Análisis hidrogeológico de las principales alternativas. | 68 |
| 3.6.3.3.3 Análisis foteogeomorfológico y foteogeológico. | 69 |
| 3.6.3.4 Marco hidrogeológico. | 73 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3.6.3.4.1 | Funcionamiento de los sistemas acuíferos. | 74 |
| 3.6.3.4.2 | Conclusiones y recomendaciones. | 75 |
| 3.6.4 | Hidrogeoquímica e isótopos. | 77 |
| 3.6.4.1 | Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento. | 77 |
| 3.6.4.2 | Análisis y evaluación de los parámetros determinados en campo y laboratorio. | 81 |
| 3.6.4.3 | Conclusiones y recomendaciones. | 84 |
| 3.6.5 | Relación de la calidad del agua con las formaciones geológicas. | 84 |
| 3.6.5.1 | Alternativas de tratamiento. | 85 |
| 3.6.5.2 | Desinfección del agua. | 85 |
| 3.6.5.3 | Instalación de hipocloradores. | 86 |
| 3.7 | Estudio hidrológico de la Laguna de Alvarado. | 88 |
| 3.7.1 | Objetivo. | 88 |
| 3.7.2 | Datos necesarios. | 88 |
| 3.7.3 | Determinación de los datos necesarios. | 89 |
| 3.7.4 | Comentarios. | 99 |
| 3.7.5 | Funcionamiento combinado de la laguna con los aljibes de la zona. | 100 |
| 3.7.6 | Conclusiones. | 100 |
| 3.8 | Revisión de anteproyectos de los sistemas de abastecimiento de agua potable. | 102 |
| 3.9 | Anteproyectos de captación, conducción y regularización de agua potable. | 103 |
| 3.10 | Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema " Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado ". | 106 |
| 3.11 | Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema " Constitución – Laguna de Alvarado ". | 112 |
| 3.12 | Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema " Laguna de Alvarado – X'pujil – Chicaná ". | 118 |
| 3.12.1 | Fuente de abastecimiento y potabilización. | 118 |
| 3.12.2 | Obra de captación. | 119 |
| 3.12.3 | Línea de conducción. | 119 |
| 4.- | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. | 123 |
| 4.1 | Localización y descripción detallada del sitio de estudio. | 124 |
| 4.2 | Estudio del subsuelo del área de estudio. | 127 |
| 4.3 | Poblaciones consideradas para obtener el gasto de proyecto. | 128 |
| 4.4 | Gastos de dotación de proyecto. | 133 |

| | |
|---|-----|
| 4.5 Gastos de diseño y capacidades de regulación. | 134 |
| 4.6 Descripción general del proyecto. | 136 |
| 4.6.1 Fuente de abastecimiento tipo superficial Laguna Alvarado. | 139 |
| 4.6.2 Bordo para incrementar la capacidad de almacenamiento de la fuente de abastecimiento. | 139 |
| 4.6.3 Obra de toma (planta de bombeo inicial, PB-0). | 140 |
| 4.6.4 Línea de conducción. | 140 |
| 4.6.5 Planta de bombeo número uno (PB-1). | 143 |
| 4.6.6 Plantas de bombeo números dos y tres (PB-2 y PB-3). | 144 |
| 4.6.7 Planta de bombeo número cuatro (PB-4). | 144 |
| 4.6.8 Tanques de cambio de régimen. | 149 |
| 4.7 Problemática actual del proyecto. | 149 |
| 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 150 |
| BIBLIOGRAFÍA | 155 |

LISTA DE PLANOS.

| | | |
|--------------|---|-----|
| Plano no. 1 | Sección Estructural Calakmul. | 26 |
| Plano no. 2 | Sección Estructural Zoh – Laguna. | 27 |
| Plano no. 3 | Sitios en Estudio y Localización de los Pozos a Cielo Abierto (PCA's). | 32 |
| Plano no. 4 | Procedimiento constructivo. | 64 |
| Plano no. 5 | Batimetría de la Laguna de Alvarado. | 96 |
| Plano no. 6 | Curvas de Embalse de la Laguna de Alvarado. | 97 |
| Plano no. 7 | Alternativa No. 1. Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado, Km 0 + 000 al 51 + 600. Tramo X'pujil – Chicaná, Km 51 + 600 - (0 + 000) al 10 + 200. | 108 |
| Plano no. 8 | Alternativa No. 1. Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado, Km 0 + 000 al 51 + 600. Tramo X'pujil – Chicaná, Km 51 + 600 - (0 + 000) al 10 + 200. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 109 |
| Plano no. 9 | Alternativa No. 1. Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado, Km 51 + 600 al 138 + 000. | 110 |
| Plano no. 10 | Alternativa No. 1. Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado, Km 51 + 600 al 138 + 000. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 111 |
| Plano no. 11 | Alternativa No. 2. Constitución – Laguna de Alvarado, Km 0 + 000 al 83 + 700. | 114 |
| Plano no. 12 | Alternativa No. 2. Constitución – Laguna de Alvarado, Km 0 + 000 al 83 + 700. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 115 |
| Plano no. 13 | Alternativa No. 2. Constitución – Laguna de Alvarado, Km 83 + 700 al 170 + 000. | 116 |
| Plano no. 14 | Alternativa No. 2. Constitución – Laguna de Alvarado, Km 83 + 700 al 170 + 000. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 117 |
| Plano no. 15 | Alternativa No. 3. Laguna de Alvarado – Chicaná, Km 0 + 000 al 96 + 500. | 121 |
| Plano no. 16 | Alternativa No. 3. Laguna de Alvarado – Chicaná, Km 0 + 000 al 96 + 500. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 122 |
| Plano no. 17 | Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Para la Región de X'pujil, Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx. Km – (0 + 150) al 85 + 142. | 137 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| Plano no. 18 | Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Para la Región de X'upujil, Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx. Km – 0 + 150 al 85 + 142. Perfil del Terreno y Cargas Piezométricas. | 138 |
| Plano no. 19 | Plano General Obra de Toma. | 141 |
| Plano no. 20 | Plataforma Flotante Obra de Toma y Equipo de Bombeo No. 0 (PB – 0), Km – (0 + 058). | 142 |
| Plano no. 21 | Equipo de Bombeo y Múltiple de Descarga en Planta de Bombeo No. 1 (PB – 1), Km 0 +0 28. | 145 |
| Plano no. 22 | Equipo de Bombeo y Múltiple de Descarga en Planta de Bombeo No. 2 (PB – 2), Km 5 + 924. | 146 |
| Plano no. 23 | Equipo de Bombeo y Múltiple de Descarga en Planta de Bombeo No. 3 (PB – 3), Km 43 + 659. | 147 |
| Plano no. 24 | Equipo de Bombeo y Múltiple de Descarga en Planta de Bombeo No. 4 (PB – 4), Km 76 + 263. | 148 |

LISTA DE FIGURAS.

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura no. I | Croquis de Localización del Área de Estudio. | 11 |
| Figura no. I-A | Área de Estudio: Región de X'pujil, Estado de Campeche, México. | 12 |
| Figura no. II | Croquis de Localización de los Sondeos Eléctricos Verticales en Calakmul. | 24 |
| Figura no. III | Croquis de Localización de los Sondeos Eléctricos Verticales en Zoh – Laguna. | 25 |
| Figura no. IV | Corte Estratigráfico del Suelo. Pozo a Cielo Abierto en Felipe Ángeles (PCA No. 1). | 35 |
| Figura no. V | Corte Estratigráfico del Suelo. Pozo a Cielo Abierto en Zoh – Laguna (PCA No. 2). | 36 |
| Figura no. VI | Corte Estratigráfico del Suelo. Pozo a Cielo Abierto en El Carrizal (PCA No. 3). | 37 |
| Figura no. VII | Corte Estratigráfico del Suelo. Pozo a Cielo Abierto en X'pujil (PCA No. 4). | 38 |
| Figura no. VIII | Sección Estratigráfica del Suelo en el Aljibe de Felipe Ángeles. | 43 |
| Figura no. IX | Sección Estratigráfica del Suelo en el Aljibe de Zoh – Laguna. | 44 |
| Figura no. X | Sección Estratigráfica del Suelo en el Aljibe de El Carrizal. | 45 |
| Figura no. XI | Sección Estratigráfica del Suelo en el Aljibe de X'pujil. | 46 |
| Figura no. XII | Resultados de las Pruebas de Compresión Triaxial Rápida Efectuadas a las Muestras de Suelo de la Región de X'pujil, Camp. | 55 |
| Figura no. XIII | Distribución de Presiones en Suelos de Cimentación de los Aljibes de la Región de X'pujil. | 57 |
| Figura no. XIV | Diagrama de Presiones, Posición y Magnitud del Empuje Lateral Generado Sobre el Aljibe de Felipe Ángeles. | 58 |
| Figura no. XV | Diagrama de Presiones, Posición y Magnitud del Empuje Lateral Generado Sobre el Aljibe de El Carrizal. | 60 |
| Figura no. XVI | Cuenca de la Laguna de Alvarado. | 70 |
| Figura no. XVII | Ubicación de la Región de X'pujil, Estado de Campeche, Méx. | 125 |
| Figura no. XVIII | Principales Vías de Comunicación de la Región de X'pujil, Camp. | 126 |

LISTA DE TABLAS.

| | | |
|--------------|--|-----|
| Tabla no. 1 | Resumen de resultados del laboratorio (Mecánica de Suelos). | 39 |
| Tabla no. 2 | Propiedades del suelo de cimentación. | 47 |
| Tabla no. 3 | Pruebas de resistencia mecánica del suelo de cimentación. | 48 |
| Tabla no. 4 | Calidad del agua de las fuentes alternativas de abastecimiento para localidades de Campeche y Normas de Calidad Para Agua potable. Agosto 12, 2002. | 78 |
| Tabla no. 5 | Calidad del agua de las fuentes alternativas de abastecimiento para localidades de Campeche y Normas de Calidad Para Agua Potable. Septiembre 6, 2002. | 80 |
| Tabla no. 6 | Promedios de precipitación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas. | 90 |
| Tabla no. 7 | Promedios de evaporación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas, en mm. | 91 |
| Tabla no. 8 | Promedios de evaporación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas multiplicados por 0.77, en mm. | 92 |
| Tabla no. 9 | Promedios de precipitación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas multiplicados por el área máxima de la laguna, en m ³ . (Aportación por lluvia a la laguna). | 93 |
| Tabla no. 10 | Curvas de embalse de la Laguna de Alvarado, áreas en m ² y volúmenes en m ³ . | 94 |
| Tabla no. 11 | Áreas – Capacidades de la Laguna de Alvarado, áreas en m ² y volúmenes en m ³ . | 95 |
| Tabla no. 12 | Demanda de agua potable en la Región de X'pujil. | 98 |
| Tabla no. 13 | Ley de demanda de agua potable en la región de X'pujil. | 101 |
| Tabla no. 14 | Censos de población para el proyecto de Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil. | 130 |
| Tabla no. 15 | Poblaciones consideradas para el abastecimiento de agua potable en la región de X'pujil. | 132 |
| Tabla no 16 | Gastos de diseño y capacidades de regulación para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil, proyectado al año 2010. | 135 |

PAGINACION

DISCONTINUA

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón. Estado de Campeche, Méx."

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

Las características del país obligan a construir obras para dotar a las comunidades de los elementos necesarios para su subsistencia e incremento de sus actividades, logrando así su incorporación al desarrollo nacional.

Los 410 Km³ de agua que escurren en los ríos de México serían más que suficientes para cubrir el consumo actual de 42 Km³ si los caudales fueran uniformes en el tiempo y en el espacio, sin embargo, no ocurre así. Por una parte, los escurrimientos varían en el tiempo y, por otra, la ubicación de los ríos más caudalosos no coincide con la población, ni con la actividad económica; tal situación obliga a construir presas para tener agua cuando se necesite y acueductos para llevarla a donde se carece de ella, pero esto es sólo parte de la realidad. También es cierto que no se utiliza plenamente la infraestructura hidráulica que se ha construido, que los tiempos de elaboración y maduración son demasiado largos, que esa infraestructura no se entiende como es debido, que los usuarios desperdician el agua, y que el marco jurídico-administrativo para su manejo no es todo lo eficaz que pudiera ser; es decir, no se usa *racionalmente* el recurso.

Cabe hacer mención que las principales obras que se realizan en las pequeñas corrientes, y de manera especial las que se requieren en el país, se refieren a alguna de las siguientes:

a) Obras de captación, tomas directas (por gravedad y/o bombeo), derivaciones, y presas y bordos de almacenamiento para regulación de corrientes y generación de energía eléctrica.

b) Obras de protección, incluyendo las de encauzamiento, control de erosión, de protección contra inundaciones, de rectificación y las de descarga en corrientes,

c) Obras de cruce, puentes, vados, alcantarillas, sifones, puentes-canal, caminos de acceso y otros.

Los fines que se persiguen con las obras mencionadas se pueden resumir en alguno de los siguientes: dotación de agua potable a poblados, irrigación, control de avenidas y protección contra inundaciones, generación de energía eléctrica, acuacultura, abrevaderos, fines turísticos y usos múltiples.

Ahora bien, en México existen pequeñas comunidades rurales que por su ubicación geográfica, situación climática y topográfica tienen problemas con el abastecimiento de agua. Algunas comunidades de los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche, Guerrero, Veracruz, Puebla, Baja California Norte y Baja California Sur, por mencionar algunos, son ejemplo de ello.

De ésta manera, la Comisión Nacional del Agua realiza, entre otras, diversas obras para la solución del abastecimiento de agua potable en dichas comunidades, como es el caso de aquellas objeto del presente trabajo, el cual tiene la prioridad de abastecer de agua potable a 23 comunidades del estado de Campeche, y será revisado y analizado bajo el título de *“Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X’pujil, Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx.”* y está estructurado de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 se enlistan los objetivos a cubrir en el presente trabajo, mientras que en el Capítulo 2 se describen brevemente los antecedentes del proyecto para, enseguida en el Capítulo 3, describir los estudios necesarios (actividades de campo realizadas, estudios de Mecánica de Suelos, revisión física del estado actual de las estructuras de almacenamiento disponibles, problemática del proyecto, etc.), y así poder determinar y analizar las posibles alternativas viables de suministro de agua potable para dicha región y delimitar los alcances de la opción seleccionada.

Esta alternativa es analizada para dar paso al Capítulo 4, a la definición del proyecto ejecutivo del sistema en general. Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan, a manera de conclusiones y recomendaciones, los juicios y opiniones que un servidor puede formular con base al trabajo realizado.

Asimismo, complementando el reporte, se encuentran los planos, figuras y tablas correspondientes a cada tema, así como, la bibliografía y referencias consultadas en la elaboración de esta tesis.

CAPÍTULO I

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopolchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

Objetivos.

1.- OBJETIVOS.

Como en todo proyecto, primero estableceremos los objetivos a alcanzar en el presente trabajo para delinear los alcances de los estudios, investigaciones y trabajos de campo necesarios para visualizar, de manera general, la situación que deseamos cambiar y, de esta manera emitir las opciones o alternativas que de él se obtengan. Finalmente, y después de analizar detalladamente cada una de estas opciones, elegiremos de ellas la que más se apegue a las exigencias técnicas, económicas, políticas y sociales de la comunidad a beneficiar.

A continuación, y de lo anteriormente expuesto, se numeran dichos objetivos.

1.- Recopilar los estudios previos de utilidad a los fines perseguidos para analizar su información y resultados, complementándolos con los trabajos adicionales de campo que permitan, en el corto plazo, definir la alternativa de abastecimiento técnica y económicamente factible para cubrir las necesidades actuales y las demandas futuras de abastecimiento de agua para uso doméstico y de servicios.

2.- Identificar cuerpos de agua superficial susceptibles de aprovecharse económicamente, determinando su funcionamiento hidráulico y el origen de su almacenamiento.

3.- Caracterizar química y bacteriológicamente las aguas superficiales y subterráneas con objeto de estudiar el funcionamiento hidrodinámico, su interrelación hidrológica y el grado de potabilidad de las mismas.

4.- Estimar la capacidad de carga del subsuelo, con base en estudios de Mecánica de Suelos, para el diseño adecuado de la cimentación de las estructuras de captación de agua de lluvia (aljibes); así mismo, revisar los análisis lluvia-escorrentamiento de estudios previos y las dimensiones de estas estructuras.

5.- Revisar, actualizar y complementar términos de referencia para los proyectos ejecutivos correspondientes, los siguientes anteproyectos de sistemas fuente – línea de conducción, elaborados en estudios anteriores: Nicolás Bravo-X'pujil (pozos); Nuevo Becal-X'pujil (pozos); Constitución-X'pujil (pozos) y; perforación de pozos locales para formar sistemas independientes o múltiples. Con base en la información disponible y en los resultados de actividades complementarias, se podrán analizar otros sistemas alternativos de abastecimiento, seleccionando de todos el más eficiente.

6.- Elaborar el anteproyecto del sistema de abastecimiento de agua potable Laguna de Alvarado; línea de conducción X'pujil-desinfección.

7.- Definir fuentes subterráneas locales de buena calidad para el abastecimiento seguro de la zona turística Calakmul, en proyecto, evaluando su funcionamiento conceptual hidrogeológico, sus flujos laterales y sus índices aproximados de recarga.

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

Antecedentes.

CAPÍTULO 2

2.- ANTECEDENTES.

El proyecto tiene como finalidad dotar de agua potable a un grupo de poblados ubicados en los municipios de Holpelchén y Champotón, estado de Campeche, contando en la actualidad con una población de 7809 habitantes, previendo un crecimiento para el año 2010 a 13 541. Estos se encuentran distribuidos en 23 localidades que son:

16 de Septiembre (Laguna de Alvarado)
Bella Unión de Veracruz (Los Chinos)
Plan de Ayala
Quiché de las Pailas
Ley de Fomento Agropecuario
San Miguel
Unidad y Trabajo
Once de Mayo
El Carmen II
Niños Héroes
Cristóbal Colón
Narciso Mendoza
Ricardo Payró Jene (Polo Norte)
La Guadalupe
Manuel Castilla Brito
Eugenio Echeverría (El Carrizal)
La Lucha
Nuevo Campanario
X'pujil
Heriberto Jara
Valentín Gómez Farías
Becán
Chicaná

En la actualidad los poblados se abastecen con la captación de aguas pluviales a través de aljibes complementando su suministro por medio de pipas.

2.1 Localización del área de estudio.

La región de X'pujil está ubicada al oriente de Ciudad del Carmen y al occidente de Chetumal, a 95 Km de esta última. La Laguna de Alvarado y la zona arqueológica Calakmul se localizan a 55 y 50 Km de distancia al sureste y suroeste de X'pujil, respectivamente. Es una extensa región de geomorfología plana en su mayor parte (figuras I y I-A).

2.2 Descripción del área de estudio

El marco geológico de esta extensa región se constituye principalmente por yesos, calizas y dolomitas, con moderado grado de fracturamiento y carsticidad, agua subterránea salobre y comportamiento estructural complejo. Es errática la capacidad de producción de estos sistemas acuíferos ya que los gastos de los pozos varían de menos de 3 a 60 l/s.

El estudio hidrogeológico de 1990 de la Comisión Nacional del Agua (CNA) concluye que la explotación de las fuentes del subsuelo de calidad química aceptable se restringe a tres zonas específicas: Constitución, Nicolás Bravo y Nuevo Becal, localizadas al poniente, oriente y noreste de X'pujil, respectivamente.

Pozos de agua para consumo humano construidos recientemente por el organismo Estatal de Agua Potable en la zona de Zoh-Laguna, ubicada al norte de X'pujil, resultaron favorables en cuanto a gasto de extracción pero con dureza total de unas tres veces el límite permisible.

Las fuentes superficiales podrían haber resuelto de manera eficiente el problema de abastecimiento de agua potable, aunque fue preciso estudiar el comportamiento hidrológico y la potencialidad de las mismas; en particular, se analizó el funcionamiento hidrodinámico de la Laguna de Alvarado, enclavada a 50 Km de distancia al sur de X'pujil.

2.3 Información climatológica del área de estudio.

El estado de Campeche se encuentra localizado principalmente en la zona perteneciente al Clima Tropical Lluvioso, con número de identificación AWI es de tipo Cálido Subhúmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más seco menor a 60 mm, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.5% de la mensual. La presión atmosférica media anual, medida en milímetros, es del orden de 762.6, mientras que la humedad relativa media es del 74%.

Las estaciones climatológicas empleadas en este proyecto fueron: Silvituc, Zoh-Laguna y la Esperanza, enclavadas en el estado de Campeche; Nicolás Bravo y Cocoyol, localizadas en el estado de Quintana Roo.

El periodo de análisis comprende de 1952 a 1992. En promedio se obtuvieron datos mensuales de lluvia, temperatura y evaporación.

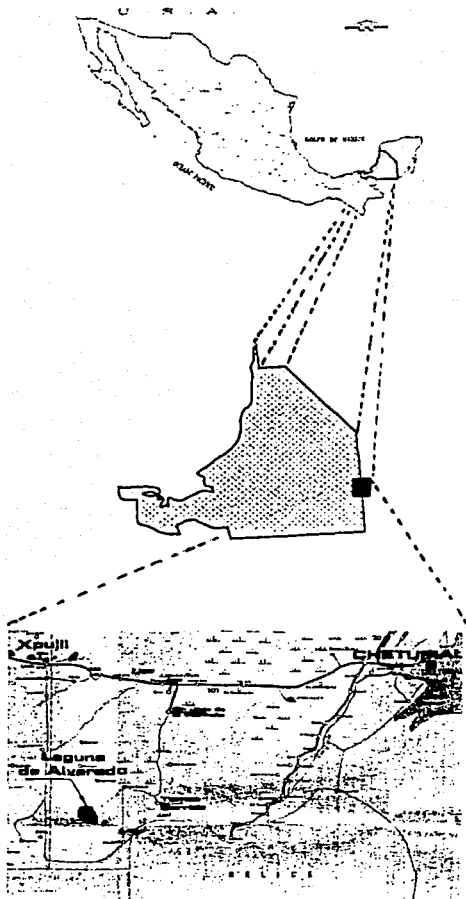
2.3.1 Lluvia, temperatura y evapotranspiración.

La precipitación anual media es de 1200 mm con periodo principal de lluvias de junio a octubre. La temperatura, evaporación y evapotranspiración son, respectivamente: 26°C, 742 y 1776.5 mm/año, ésta representa el 64.7% de la precipitación anual. El 35.3% del volumen de lluvia se infiltra porque los escurrimientos superficiales son mínimos debido a la elevada capacidad de infiltración del terreno.

En el entorno de X'pujil la precipitación pluvial es menor de 1000 mm/año.

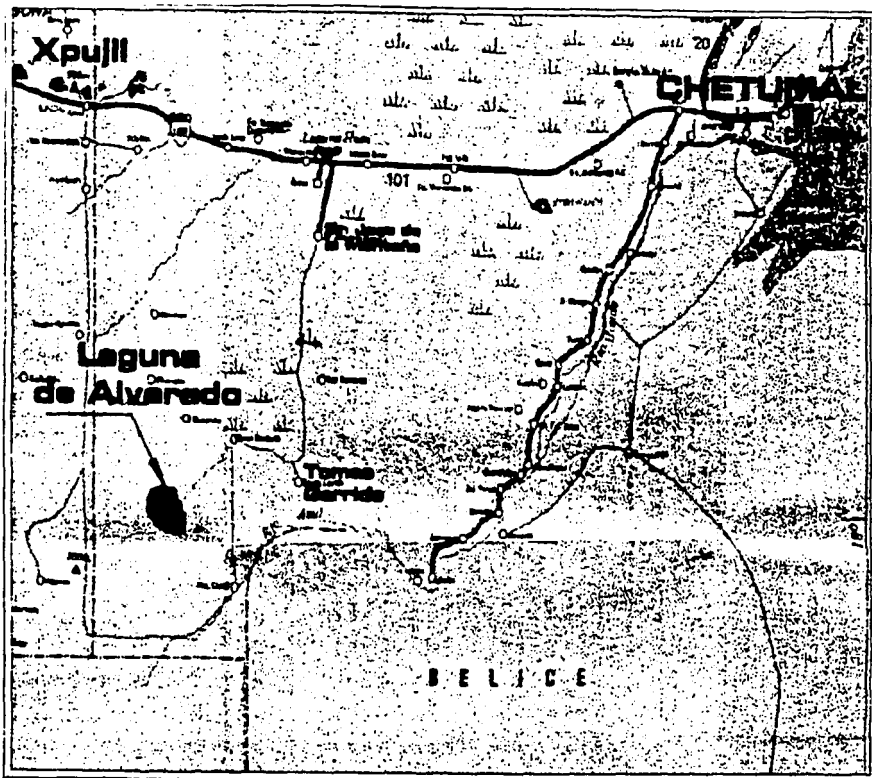
Entre noviembre y mayo la lluvia se distribuye en su mayor parte porque los escurrimientos superficiales son mínimos debido a la recarga de acuíferos.

El periodo de lluvias equivale al 68% de la mínima anual.



**TESIS CON
FAMILIA DE ORIGEN**

| | | | |
|---|---|-----------------------------|-------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | | | |
| ESTADO DE GUERRERO | | | |
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | FACULTAD DE INGENIERÍA | CARRERA DE INGENIERÍA EN... | SEMESTRE... |
| ENERO DE 2003 | FIGURA No. 1 | | |



17

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|--|------------|---|----------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| ÁREA DE ESTUDIO | | | |
| REGION DE XPUJIL, ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO | | | |
| LACTANCIA DEL 4001 | | | |
| FECHA DE ENTREGA | | FECHA | |
| FECHA DE RECIBO | FOLIO No 1 | FOLIO | DE HOJAS |

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil,
Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

**Análisis de alternativas para el suministro
de agua potable en la región de X'pujil, Campeche.**

CAPÍTULO 3

3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X'PUJIL, CAMPECHE.

3.1 Conceptos de trabajo.

A continuación se presentan las actividades en forma descriptiva pero no limitativa que fueron desarrolladas para lograr los objetivos mencionados en el capítulo uno.

3.1.1 Recopilación y análisis de información.

Recopilación y análisis de información: Se recopiló y analizó la siguiente información:

- Estudio hidrogeológico para localizar fuentes de abastecimiento de agua potable en la región de X'pujil, estado de Campeche, CNA 1990.
- Anteproyectos de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil, Campeche, CNA 1990.
- Datos climatológicos de lluvia, temperatura y evaporación de cinco estaciones:

| Estación | Ubicación | | | Periodo |
|-----------------------------|--------------|--------------|----------|-------------|
| | Latitud | Longitud | Altitud | |
| Silvituc, Camp. | 18° 37' 00'' | 90° 15' 00'' | 18.00 m | 1952 – 1991 |
| Zoh-Laguna, Camp. | 18° 35' 00'' | 89° 27' 00'' | 250.00 m | 1951 – 1987 |
| La Esperanza, Camp. | -- | -- | -- | 1958 – 1981 |
| Cocoyol, Quintana Roo. | 18° 10' 00'' | 88° 40' 00'' | 63.00 m | 1954 – 1972 |
| Nicolás Bravo, Quintana Roo | 18° 27' 40'' | 88° 58' 10'' | 20.00 m | 1952 – 1993 |

Se anexan los datos obtenidos de cada estación climatológica, en el subcapítulo 3.7, Conceptos de trabajo, subcapítulo 2.3, Información Climatológica.

- Cartografía de INEGI (cartas topográficas, escala 1:50000):

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| a) Nuevo Becán, E16A63. | n) Calakmul, E16A81. |
| b) Tomás Garrido, E16A83. | ñ) El Ramonal, E16A71. |
| c) Yohaltún, E15B49. | o) Conhuas, E16A61. |
| d) Laguna Ik, E16A41. | p) Zoh-Laguna, E16A62. |
| e) Ukum, E16A42. | q) San Pedro Peralta, E16A64. |
| f) Xmabén, E16A43. | r) Chan Laguna, E15A79. |
| g) Dieciocho de Marzo, E16A44. | s) Polo Norte, E16A72. |
| h) X-Bonil, E15B59. | t) Caobas, E16A73. |
| i) Desempeño, E16A51. | u) Nicolás Bravo, E16A74. |
| j) El Refugio, E16A52. | v) La Esperanza, E15B89. |
| k) Cinco de Mayo, E16A53. | w) El Carmen, E16A82. |
| l) Altos de Sevilla, E16A54. | x) Cacao, E16A84. |
| m) Constitución, E15B69. | |

- Boletín hidrológico de la Región no. 38, tomo III, CNA.
- Fotografías aéreas, escala 1: 80000, blanco y negro.
- Datos de censos, tasas de crecimiento demográfico, dotaciones, poblaciones actuales y horizonte de proyecto, Gerencia Estatal de Campeche, CNA y Organismo Operador de Agua Potable.
- Levantamiento batimétrico de la Laguna de Alvarado, escala 1: 20000, Gerencia Estatal en Campeche, CNA.

3.1.2 Reconocimiento de campo.

Simultáneamente se realizaron reconocimientos de campo del área de estudio a partir de los cuales se definieron los límites físicos de la misma, los sitios factibles de investigación geofísica precisados con base en el levantamiento hidrogeológico, los trazos aproximados de las líneas de conducción de los sistemas de abastecimiento de agua potable y los sitios factibles de monitoreo de aguas para determinar la calidad de la misma; se visitaron los aljibes con problemas de asentamientos y agrietamientos para seleccionar sitios donde determinar la capacidad de carga del suelo, así como también la Laguna de Alvarado para sustentar los criterios de análisis para la estimación de su potencial hidrológico.

3.1.3 Revisión y actualización de anteproyectos

Se elaboró el resumen que a continuación se presenta con base en el estudio:

"Anteproyectos de abastecimiento de Agua Potable Para la Región de X'pujil, Campeche, CNA."

En el punto 4.8 de este informe de manera particular se revisó, depuró y procesó (reanteproyectar) la información de anteproyectos realizados anteriormente, y se plantearon sus ventajas y desventajas técnicas, económicas, políticas y sociales.

3.2 Levantamiento hidrogeológico detallado de la zona arqueológica Calakmul.

Además de la zona Calakmul se levantaron, desde el punto de vista hidrogeológico, la zona Laguna de Alvarado, Zoh-Laguna, Constitución, Nicolás Bravo y Caobas.

Toda esta región, perteneciente a la península de Yucatán, tiene una precipitación pluvial anual media de 1200 mm, y carece del vital líquido debido a que la gran mayoría de esta agua que se precipita en forma de lluvia, se infiltra y se almacena en el subsuelo a profundidades variables: sin embargo, el principal problema es que al iniciar su recorrido por

el subsuelo, inmediatamente ejerce su acción erosiva (disolución) de la roca por la cual fluye y como esta es predominantemente yeso, adquiere los componentes químicos de éste, que la vuelve difícil para el consumo humano.

La zona arqueológica de Calakmul esta a una distancia de 110 Km al suroeste de X'pujil, topográficamente se encuentra a la misma altura de X'pujil, superficialmente se encuentra en una área plana con pequeñas lomas amplias de baja altura.

El relieve de Calakmul se relaciona con una planicie levantada por efectos diapíricos sin deformación aparente, con rangos de inclinación de 1° a 3° que delimitan relieves con rangos de 0 a 2%, estas planicies se identifican en las partes más elevadas de la región y son de dimensiones variables, así mismo se presentan una serie de lomas compuestas principalmente por yesos de la Formación Icaiché las cuales circundan el área de Calakmul.

3.2.1 Marco geológico.

El marco geológico en la región de Calakmul esta definido por arenas dolomíticas (sascab), calizas dolomíticas, silicificadas y recristalizadas, pertenecientes a la unidad litológica del Eoceno no diferenciado, cuyas capas por lo general se encuentran en una posición horizontal en un grado de alteración avanzado, presenta un rasgo geomorfológico de una planicie de inclinación baja (2° a 5°) hacia el poniente, esta geoforma se relaciona con un nivel base superior sin deformación aparente, con drenaje incipiente e intermitente, el cual indica una rápida infiltración hacia el subsuelo.

Hacia los bordes de esta planicie se encuentran una serie de afloramientos de yesos masivos y columnares de la Formación Icaiché, con una serie de lineamientos asociados a fracturamientos con direcciones preferenciales hacia el noreste y noroeste, cuya manifestación esta relacionada y controlada por el drenaje, indicando que Calakmul se encuentra formado por una zona plana estable que cubre a la estructura diapírica de los yesos de la Formación Icaiché.

3.2.2 Estratigrafía.

A continuación se describen los tipos de roca que afloran en el área de estudio, de lo antiguo al reciente:

Formación Icaiché (Paleoceno – Eoceno).

Localidad tipo y distribución.

La localidad tipo se encuentra en el Km 95 de la carretera federal No. 186, Chetumal, Quintana Roo-Francisco Escárcega, Campeche.

Los afloramientos de esta formación presentan marcada discontinuidad, los más representativos se localizan en la Laguna de Alvarado, Caobas, La Moza, Nuevo Becal y Ejido Felipe Ángeles.

Litología y espesor.

Localizada hacia las proximidades del entronque de la carretera Escárcega-Chetumal y el camino a Calakmul, esta constituida por yesos masivos y columnares de mediana compactación, de color blanco a castaño, textura escamosa y acicular, su fracturamiento es bajo a intenso, predominando el primero con una dirección preferente hacia el noroeste, superficialmente presenta una superficie rugosa y acanalada de varios centímetros de profundidad (Lapiáz), que indica un alto grado de carsticidad.

Se encuentra cubierta por la alteración de las arenas dolomíticas (sascab) de bajo espesor, así como de una cubierta de suelo vegetal incipiente y de poco espesor.

Los yesos en el subsuelo tienen continuidad y espesor considerables, como así lo indican los datos y cortes de pozos de PEMEX en la porción norte de la península, donde se registran más de 3000 m.

Eoceno no diferenciado.

Localidad tipo y distribución.

La formación esta constituida por calizas compactas, micro a macrocristalinas, de color amarillo a blanco, generalmente dolomitizadas, a veces silicificadas, o bien simplemente recristalizadas, lo que explica la ausencia de fósiles determinables, pero que indica su origen marino. En el pozo Corinto no. 1 se encuentran calizas con fauna típica del Eoceno Medio, la perforación atravesó más de 500 m sin llegar a la base.

Según trabajos anteriores, carece de localidad tipo, sin embargo, aflora de manera irregular sobre el camino de terracería a Calakmul desde el entronque de la carretera Francisco Escárcega – Chetumal, hasta la zona arqueológica de Calakmul (Km 0.00 a Km 60.00). Sus mejores exposiciones se observan en los diferentes bancos de materiales que se localizan a lo largo del camino que va a Calakmul.

Litología y espesor.

Consiste en capas de calizas dolomíticas muy alteradas de color blanco a crema que llegan a tener hasta 5 cm de espesor (Km 34.00), y que originan arenas dolomíticas (sascab) poco compactas a deleznable y sin fracturamiento. Dentro de estos materiales se encuentran bloques y nódulos hasta de 1.5 m de diámetro de calizas recristalizadas de color castaño a rojizo, bien compactadas, de textura sacaroides y fractura conoidea, así como, nódulos pequeños de calizas silicificadas, y capas delgadas de calizas arcillosas (margas) de color verde-amarillo muy alteradas.

En el kilómetro seis del camino a Calakmul (del entronque con la carretera) se presenta una caliza dolomítica de color crema en capas de un metro, las cuales presentan una ligera inclinación de 4° hacia el suroeste, y afectadas por un fracturamiento marcado e intenso con una dirección preferente hacia el noroeste, estas capas no tienen una amplia continuidad por encontrarse muy intemperizadas, pasando a formar arenas dolomíticas, todas ellas cubiertas por una capa vegetal de suelo vegetal incipiente.

Para la sección geológica-geofísica se tomaron los afloramientos de los bancos de materiales que se encuentran distanciados entre sí aproximadamente dos kilómetros.

Estos afloramientos están esencialmente constituidos por arenas dolomíticas (sascab) de grano fino a medio, de color blanco a amarillo, de baja a media compactación, y no presentan fracturamiento. Dentro de estas arenas se encuentran nódulos de caliza recristalizada de color castaño claro a rojizo, dichos nódulos llegan a alcanzar hasta un metro de diámetro.

3.2.3 Relaciones estratigráficas.

El contacto de las dos unidades descritas no se determinó directamente por su irregular distribución en la zona de yesos. Se considera que dicho contacto es de origen tectónico producto del diapirismo de la unidad evaporítica (yeso).

3.2.4 Marco conceptual hidrogeológico.

El marco hidrogeológico esta controlado por la estructura diapírica y litológica predominante de la región, la cual presenta un alto grado de carsticidad.

Las rocas aflorantes son poco permeables, tienen espesor variable y cubren los yesos de la Formación Icaiché que contiene agua subterránea de moderada a mala calidad en acuíferos de potencial limitado.

La zona de Calakmul por encontrarse alojada en una de las partes más altas de la región, topográficamente hablando, y por estar asociada a los afloramientos de yesos, tiene una intensa infiltración de agua meteórica hacia el subsuelo, por lo que toda esta superficie se convierte en una amplia área de recarga. Por otra parte, no existen obras naturales o de captación subterránea en los alrededores de Calakmul, que se consideren importantes desde el punto de vista de su explotación. Por lo que respecta a la dirección del flujo subterráneo, si se considera que se tiene una estructura diapírica cuya pendiente se dirige hacia el poniente, dicho flujo adopta esta dirección, donde se encuentra con el acuífero de agua dulce a la altura de una línea norte-sur que pasa por el poblado de Constitución.

Existen tres aguadas próximas a la zona arqueológica de Calakmul, de estas sólo una contiene agua de buena calidad química. En las orillas de dicha aguada se observa un fondo arcilloso.

3.2.5 Geología estructural y tectónica.

Las unidades rocosas de la región presentan incipiente deformación pues sus capas son prácticamente horizontales, sin embargo, de acuerdo con las características geomorfológicas y la presencia de yesos en la región se manifiesta un levantamiento heterogéneo por la presencia de una serie de amplios escalonamientos originados por diapirismo de la unidad evaporítica, estos escalonamientos y lineamientos pueden ser rasgos de fallas normales, como los lineamientos bien marcados de los ríos "Escondido" y "El Desempeño" con dirección noreste y noroeste, respectivamente.

Otro aspecto estructural importante es la manifestación de un alto grado de carsticidad en toda la región.

3.2.6 Propiedades acuíferas de las rocas de Calakmul.

Las rocas que afloran en Calakmul (Eoceno no diferenciado, Ein) en general son poco permeables.

Es una secuencia de arenas, dolomías, calizas dolomitizadas, recristalizadas y silicificadas, que en conjunto tienen bajo o nulo fracturamiento. Esta unidad aflora en toda el área de Calakmul y se extiende hasta la carretera Escárcega-Chetumal.

En el área de estudio no se tiene conocimiento ni evidencia de obras de aprovechamientos subterráneos; sin embargo, con base en datos obtenidos de perforaciones, construidas en estos mismos materiales, en el Ejido Constitución, de 80 a 100 m de profundidad, gastos de 1 a 6 l/s y agua aceptable (600 a 1200 ppm de la NOM) se infieren modestas propiedades acuíferas en Calakmul en rocas de moderada permeabilidad y con

potencial hidrológico reducido a su espesor y continuidad hasta antes de la zona de yesos de la Formación Icaiché, con agua de mala calidad.

3.3 Estudio Geofísico.

Con base en el levantamiento hidrogeológico se definieron los sitios para investigar la estructura y la geometría de los acuíferos, mediante la ejecución de sondeos eléctricos verticales de resistividad (SEV), con aberturas de $AB = 1000$ m, con lecturas a 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 7, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 metros de profundidad. Para profundidades reales de 300 metros, estos estudios se ejecutaron donde no existía información geofísica previa.

El objetivo base para realizar el estudio fue la de relacionar los parámetros geológicos, hidrológicos y geofísicos en la búsqueda de los acuíferos que permitan abastecer de agua potable a la región de X'ujil, estado de Campeche.

3.3.1 Interpretación de los datos geofísicos.

La interpretación de los datos geofísicos se llevo a cabo con el programa Resis-Plus de Interplex obteniendo modelos de interpretación con errores menores al 7% con respecto a los modelos teóricos.

Con la interpretación de los resultados obtenidos de los SEV's ejecutados se formaron dos secciones geoeléctricas de los cuales se describen a continuación:

Sección A-A': Calakmul.

Esta sección se forma con los SEV's números 5, 4, 3, 2, y 1, y se ejecutó en la zona de Calakmul. La primera unidad corresponde a calizas fracturadas U1 con un rango de resistividades de 254 a 710 Ohm-m, en contacto lateral con materiales de los U1 denominados

rellenos calcáreos arcillosos con resistividades que van de 7 a 30 Ohm-m. Estas unidades en conjunto presentan un espesor promedio de 20.00 m y les subyacen los materiales de la U2 con resistividades de 31 a 76 Ohm-m denominados calizas fracturadas y alteradas con un espesor promedio de 20.00 m.

La siguiente unidad se encuentra compuesta por otro estrato de calizas fracturadas denominados U3, con un espesor promedio de 150 m con un rango de resistividades que van de 145 a 323 Ohm-m, esperándose que en la zona con resistividades de 129, 160 y 145 Ohm-m, la roca se encuentre más fracturada.

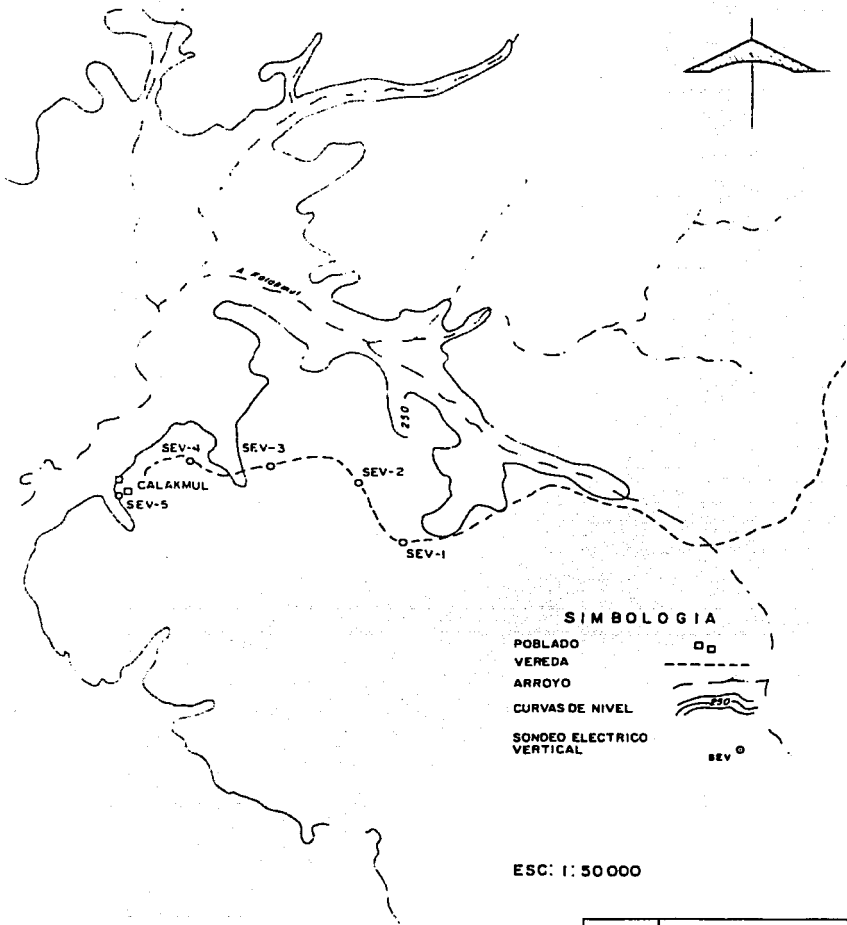
Subyaciendo a la U3 se detectan dos estratos en contacto lateral a una profundidad promedio de 200 m, la primera formada por calizas sanas con resistividades de 223 a 477 Ohm-m y la siguiente por yesos con resistividades de 10 Ohm-m (figura no. II y plano no. 1).

Sección B-B'. Zoh-Laguna.






Esta sección se forma con los SEV's números 6, 7 y 8 y se ejecutó en la zona de Zoh-Laguna, se observa un primer estrato compuesto por suelos y materiales arcillosos con resistividades que van de 2 a 6 Ohm-m con espesor promedio de 15.0 m.

La siguiente unidad detectada denominado U2 se encuentra compuesta por materiales que presentan resistividades que van de 32 a 52 Ohm-m, los cuales se han asociado a arenas y dolomías con espesor promedio de 40 m entre los SEV's números ocho a siete.

Subyaciendo a la unidad anteriormente descrita se han detectado posibles calizas sanas o poco fracturadas denominadas U3 con resistividades que van de 153 a 368 Ohm-m en contacto lateral con la U4 que presenta una resistividad de 15 Ohm-m, el cual se asocia con los yesos detectados por el pozo ubicado en la zona del SEV número 6 (figura no. III y plano no. 2).



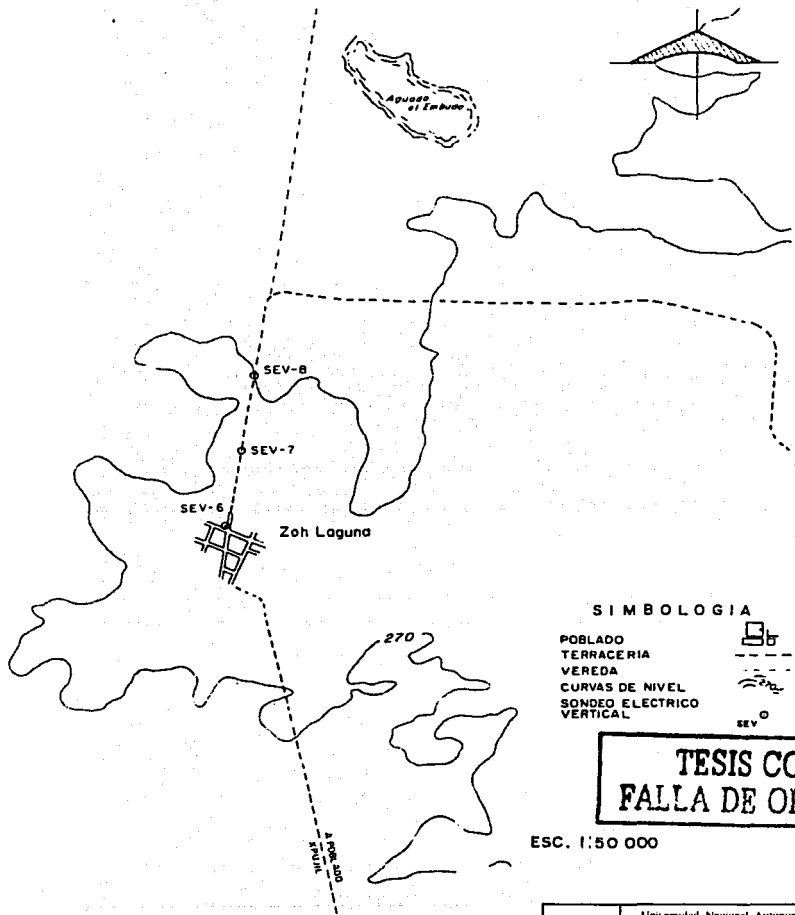
SIMBOLOGIA

- POBLADO 
- VEREDA 
- ARROYO 
- CURVAS DE NIVEL 
- SONDEO ELECTRICO VERTICAL 

ESC: 1: 50000

**TESIS CON
FALLA DE ...**

| | |
|--|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| <small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES EN CALAKMUL <small>ELABORADO POR: ...</small> | |
| FECHA: | ... |
| ELABORADO POR: | ... |
| ENERO DE 2001 | FIGURA No. II |



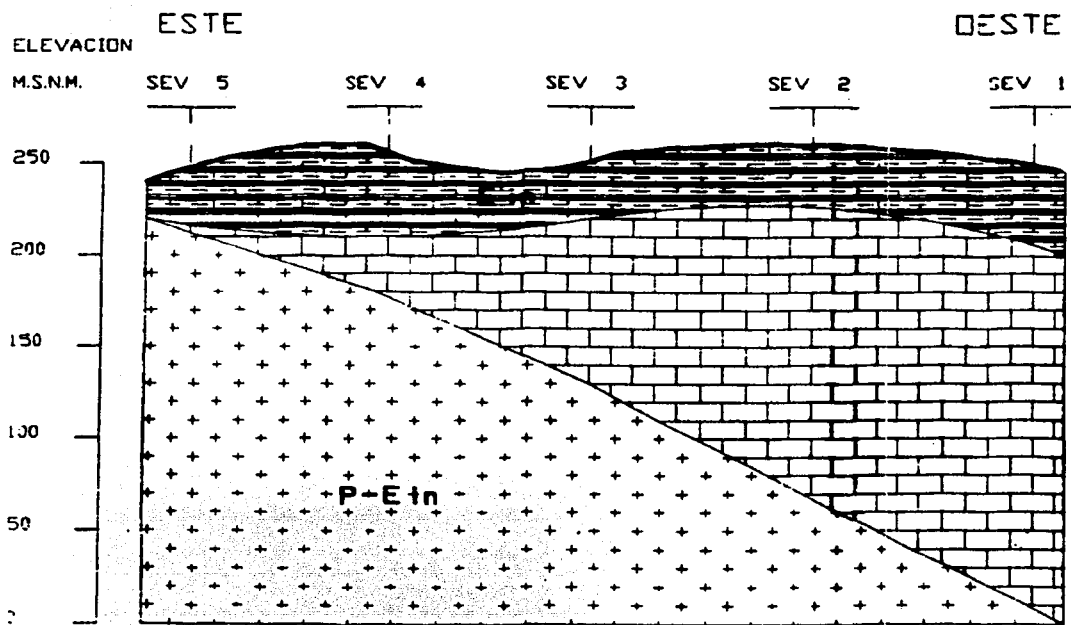
SIMBOLOGIA

- POBLADO
- TERRACERIA
- VEREDA
- CURVAS DE NIVEL
- SONDEO ELECTRICO VERTICAL

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ESC. 1:50 000

| | | | |
|---|---|---------|-------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES EN ZOH-LAGUNA | | | |
| FECHA: | LUGAR: | Escala: | Hoja: |
| | | | |
| Enero de 2005 | Figura No. III | | |



LEYENDA

- | | | |
|-----------------|---------------------------|--|
| E ln | EOCENO NO DIFERENCIADO | ARENAS DOLOMITICAS, DOLOMITAS CON NODULOS DE CALIZA RECRISTALIZADA Y SILICIFICADA. HIDROGEOLOGICAMENTE SE CONSIDERA POCO PERMEABLE. |
| [Brick Pattern] | CUERPO INTERMEDIO | POSIBLE ZONA INTERDIGITADA ENTRE DOLOMITAS, CALIZAS Y YESOS, TENIENDO UNA PERMEABILIDAD MODERADA PERO CON INFLUENCIA EN GRADO VARIABLE DE AGUA DE MALA CALIDAD |
| P-E ln | FORMACION ICAICHE | YESOS DE ESTRUCTURA MASIVA Y SEMICOMPACTOS, CON FRACTURAMIENTO MEDIO. FORMA ACUIFEROS CON AGUA DE MALA CALIDAD. |

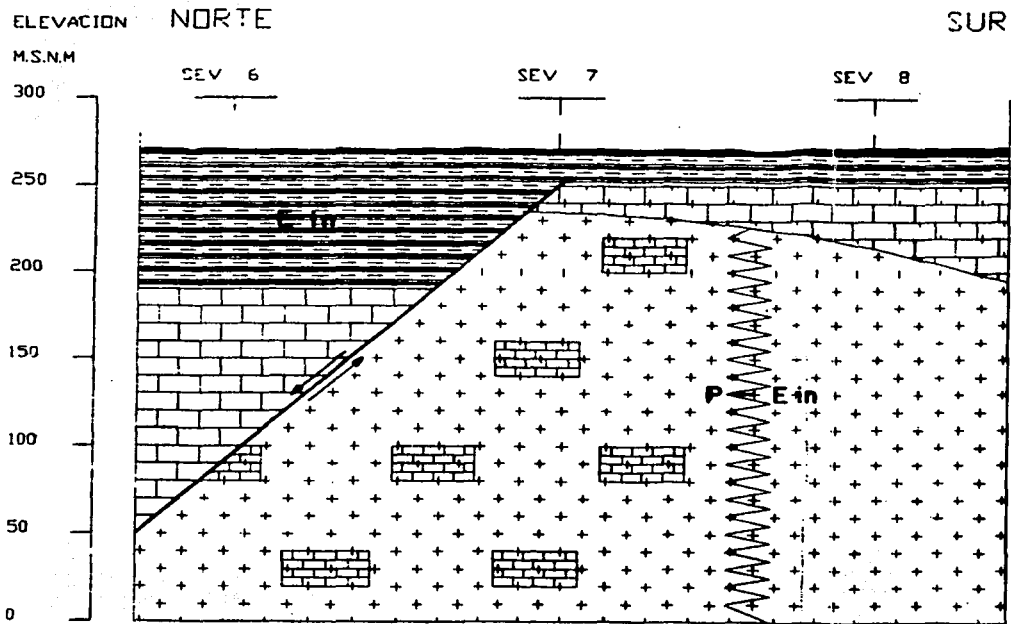
SIMBOLOGIA

SEV - No. SONDEO ELECTRICO VERTICAL

ESCALA HORIZONTAL : 1:2 000 ESCALA VERTICAL : 1:20 000

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

| | | | |
|--|---|-------------------------|----------------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingenieros | | |
| <small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> | | | |
| SECCIÓN ESTRUCTURAL CALAKMUL | | | |
| <small>COMITÉ DE ASISTENTES</small> | | | |
| <small>PROFESOR</small> | <small>ALUMNO</small> | <small>AYUDANTE</small> | <small>OTRO</small> |
| <small>PHILIP C. URRUTIA Y ARANDA</small> | | | |
| <small>FECHA</small> | <small>PROYECTO</small> | <small>ESCALA</small> | <small>OTROS DATOS</small> |
| ENERO DE 2011 | PLANO No. 1 | | |



LEYENDA

- E in** EOCENO NO DIFERENCIADO ARENAS DOLOMITICAS, DOLOMIAS CON NUDULOS DE CALIZA RECRISTALIZADA Y SILICIFICADA HIDROGEOLOGICAMENTE SE CONSIDERA POCO PERMEABLE.
- CUERPO INTERMEDIO** POSIBLE ZONA INTERDIGITADA ENTRE DOLOMIAS, CALIZAS Y YESOS, TENIENDO UNA PERMEABILIDAD MODERADA PERO CON INFLUENCIA EN GRADO. VARIABLE DE AGUA DE MALA CALIDAD
- P-E in** FORMACION ICAICHE YESOS DE ESTRUCTURA MASIVA Y SEMICOMPACTOS. CON FRACTURAMIENTO BAJO A MEDIO, QUE OCASIONALMENTE PRESENTA LENTES CARBONATADAS DE POCO ESPESOR FORMA ACUIFEROS CON AGUA DE MALA CALIDAD

SIMBOLOGIA

- SEV - No.** SONDEO ELECTRICO VERTICAL
- ///** FALLA INFERIDA

ESCALA HORIZONTAL : 1:1 500 ESCALA VERTICAL : 1:20 000

TESIS CON FALLA DE CORTEN

| | | |
|----------------------------------|---|--------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | Facultad de Ingeniería | |
| SECCIÓN ESTRUCTURAL ZOH - LAGUNA | | |
| CARRERA DE ALUMNOS | | |
| FECHA: | ALUMNO: | GRUPO: |
| PROFESOR: | FECHA: | FECHA: |
| ENERO DE 2011 | PLANO No 2 | |

3.3.2 Conclusiones y recomendaciones.

Los SEV's junto con el análisis geológico permitieron inferir la geometría y la estructura de la roca caliza y se puede concluir que las zonas con mayor posibilidad de contener agua, sin asegurar su calidad, se encuentran en las calizas fracturadas de la U3 de la sección de Calakmul, principalmente en las zonas donde las resistividades son de 129 a 160 Ohm-m y en Zoh-Laguna en la zona del SEV número 6 hasta una profundidad de 200 m en las calizas fracturadas con resistividades de 153 Ohm-m.

Dado lo anterior, se recomienda ejecutar las perforaciones exploratorias en los SEV's números 3 y 1 hasta una profundidad de 200 m.

Otro punto importante es llevar un control adecuado de la perforación, principalmente en el muestreo de roca cortada para evitar perforar los yesos.

3.4 Muestreo para análisis fisicoquímico y bacteriológico de agua superficial y subterránea.

Se efectuó la recolección de 26 muestras de agua, para su análisis fisicoquímico, bacteriológico e isotópico, distribuidas de la siguiente manera:

Laguna de Alvarado (15 muestras).

5 muestras superficiales para análisis fisicoquímico.

5 muestras superficiales para análisis bacteriológico.

5 muestras a un metro de profundidad para análisis bacteriológico.

Laguna de San José de la Montaña (2 muestras).

1 muestra superficial para análisis fisicoquímico.

1 muestra superficial para análisis bacteriológico.

Nicolás Bravo (2 muestras, pozo número 2).

1 muestra para análisis fisicoquímico.

1 muestra para análisis bacteriológico.

Caobas (1 muestra del pozo).

1 muestra para análisis fisicoquímico.

Ejido 20 de Noviembre (2 muestras del manantial).

1 muestra para análisis fisicoquímico.

1 muestra para análisis bacteriológico.

Ejido Nuevo Becal (1 muestra del manantial).

1 muestra para análisis bacteriológico.

Zoh-Laguna (2 muestras, pozo y aguada).

1 muestra para análisis fisicoquímico (pozo).

1 muestra para análisis fisicoquímico (aguada).

Constitución (1 muestra del pozo).

1 muestra para análisis fisicoquímico.

En campo se midió la temperatura ambiental, temperatura del agua, pH (potencial de hidrógeno) y conductividad eléctrica (c.e.).

En el laboratorio se analizó pH, alcalinidad total, dureza total, calcio y magnesio, sodio, carbonato, sulfato, cloruro, sólidos totales disueltos (estándar) y conductividad eléctrica (c.e.).

3.4.1 Muestreo para análisis isotópico de agua superficial y subterránea.

Para análisis isotópico de deuterio, oxígeno 18 y tritio se tomaron siete (7) muestras de agua:

Laguna de San José de la Montaña, Pozo Nicolás Bravo, pozo Caobas, manantial Ejido 20 de Noviembre, manantial Ejido Nuevo Becal, aguada Zoh-Laguna y pozo Constitución.

3.5 Estudio de Mecánica de Suelos.

3.5.1 Descripción del proyecto.

Consta del estudio de cuatro sitios (aljibes) localizados en las inmediaciones del poblado de X'pujil (plano no. 3). Las estructuras a estudiar están constituidas de una losa de captación de 25 x 25 m la cual tiene una pendiente hacia el centro, en donde es almacenada el agua en un tanque de 10 m de diámetro, por 3 m de profundidad. La mayor parte de estas estructuras ha sufrido daño por agrietamientos y fracturas, las cuales dejan escapar el agua almacenada.

Se verificó la estructura y terreno de cimentación de cada aljibe, con la finalidad de determinar las causas que han originado que tales estructuras no funcionen adecuadamente.

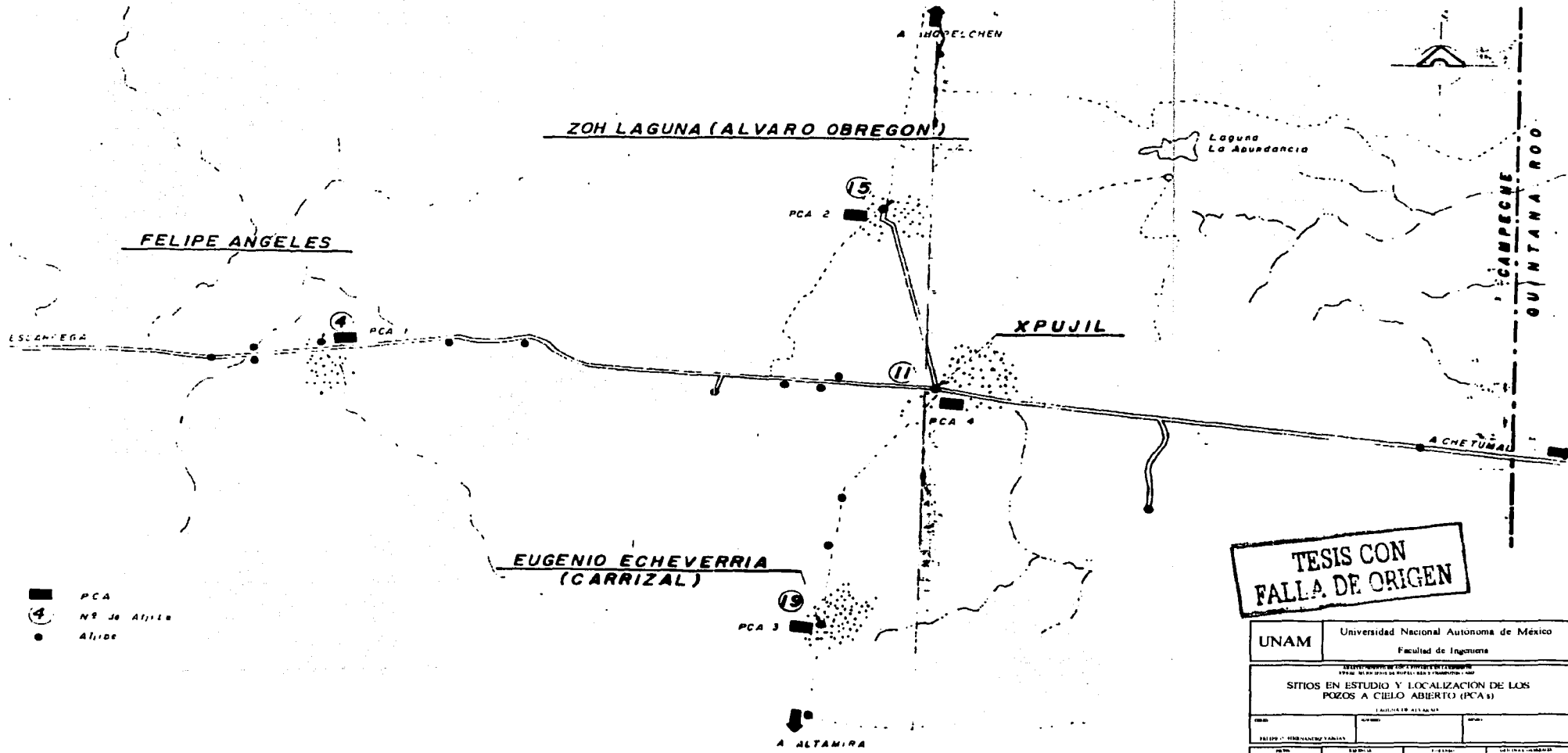
Por lo regular cada población cuenta con su propio aljibe, a excepción de X'pujil el cual cuenta con cuatro estructuras de captación.

3.5.2 Trabajos de campo.

Estos trabajos se dividieron en tres etapas, durante las cuales se desarrollaron las siguientes actividades:

3.5.2.1 Reconocimiento de campo.

Una vez revisada la información disponible se hizo una visita de reconocimiento superficial de los sitios proyectados y las zonas aledañas a los mismos, lo cual se realizó en compañía de un ingeniero Geólogo y otro especialista en Geotecnia, quienes recorrieron el lugar e identificaron los sitios mas adecuados para realizar los pozos a cielo abierto (PCA's), de manera que la información que proporcionararan fuera representativa de cada unidad geológica detectada.



- PCA
- ④ No de Aljibe
- Aljibe

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|--|---|-------------|--|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| <small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> SITIOS EN ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO (PCA's) | | | |
| AUTOR | | FECHA | |
| FELIPE HERNANDEZ VILLALBA | | 1974 | |
| PROFESOR | | CATEDRÁTICO | |
| INGENIERO DE 2015 | | PLANO No. 1 | |

3.5.2.2 *Exploración y muestreo.*

La exploración se llevó a cabo mediante pozos a cielo abierto, excavados con pico y pala, alcanzando una profundidad máxima de 2.50 m. Se realizaron un total de cuatro pozos, distribuidos de la siguiente manera: uno en Felipe Ángeles, uno en Zoh-Laguna, uno en el Carrizal y el último en X'pujil.

De todos los materiales detectados durante la exploración de los PCA's se obtuvieron muestras alteradas, las cuales se protegieron contra pérdida de humedad, empacándolas en bolsas de polietileno y etiquetándolas para su posterior identificación; las muestras cúbicas fueron labradas en el lugar y se protegieron con manta de cielo, brea y parafina para su posterior envío al laboratorio en la Ciudad de México.

También se tomaron lecturas mediante penetrómetro para determinar un valor aproximado de compresión simple determinado en campo.

3.5.2.3 *Trabajos de laboratorio.*

Durante la exploración y muestreo se les realizó a los estratos detectados, una clasificación de campo sobre la base del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

También, con el objeto de encasillar a los materiales de acuerdo al SUCS, se les realizaron los siguientes ensayos:

3.5.2.3.1 *Ensayes índice.*

- Contenido de humedad (w%).
- Clasificación visual y al tacto, en estado húmedo y seco.
- Granulometría por lavado y/o mallas (%G, %A, %F).
- Densidad de sólidos (Ss).

En los perfiles estratigráficos mostrados en las figuras IV a VII, para cada uno de los PCA's, se presentan los resultados de estas pruebas en forma gráfica, así como los resultados promedio obtenidos con el penetrómetro.

3.5.2.3.2 Ensayes de calidad.

Con el fin de poder evaluar las características de resistencia mecánica y de deformación con las que cuentan los materiales, además de las índice, se sometieron a las siguientes pruebas:

- Peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba Próctor o Pórtér (PVSM).
- Peso volumétrico seco suelto y seco compacto (PVSS y PVSC).
- Compresión simple.
- Compresión triaxial rápida.
- Consolidación unidimensional.

Los valores obtenidos mediante estas pruebas se resumen en la tabla no. 1, para cada uno de los aljibes.

| ESTRATIGRAFIA DEL SUELO | | | | CONTENIDO DE AGUA (w) | | | | RESULTADOS DE ENSAYES | | | | | | | |
|---|--------|------|-----------|----------------------------|----|------------------------|---|-----------------------|--|--|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| CLASIFICACION Y DESCRIPCION | PERFIL | SUCS | PROF. (m) | CONTENIDO DE AGUA (w) | | | | RESULTADOS DE ENSAYES | | | | | | | |
| | | | | * LIMITE LIQUIDO (LL) | | * LIMITE PLASTICO (LP) | | GRANULOMETRIA | | | S _s | I _n T/m ³ | Q _u kg/cm ² | P _B kg/cm ² | C.L. |
| | | 20 | 40 | 60 | 80 | F | A | G | | | | | | | |
| <p>Lana vegetal, arcilla arenosa con raíces.</p> <p>Traca caliza fosilifera alpuesta en lasas, muy cementada, poco interpermeada, fracturada, con pequeñas zonas de disolución, blanca, húmeda, muy porosa.</p> | | | 0.15 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | PRESION Kg/cm ² | | | | | | | | | | | |

NOMENCLATURA :

- F - FINOS
- A - ARENA
- G - GRAVA
- S_s - DENSIDAD DE SOLIDOS
- I_n - PESO VOLUMETRICO
- Q_u - PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE
- P_B - PENETROMETRO DE BOLSILLO
- CL - CONTRACCION LINEAL
- PSTD - PENETRACION ESTANDAR

SIMBOLOGIA :

- ARCILLA
- LIMO
- ARENA
- GRAVA
- FOSILES
- RELLENO
- LUTITA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | |
|---|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| CURSO ESTRATIGRAFIA DEL SUELO POZO A CIENO ABIERTO EN ZONA-LAGUNA (P.A. No 2) | |
| NOMBRE DEL ALUMNO _____ | |
| FECHA DE ENTREGA _____ | |
| FECHA DE CALIFICACION _____ | |
| FECHA DE CALIFICACION _____ | |

| ESTRATIGRAFIA DEL SUELO | | | CONTENIDO DE AGUA (w) • LIMITE LIQUIDO (LL) • LIMITE PLASTICO (LP) + LIMITE PLASTICO (LP) | | RESULTADOS DE ENSAYES | | | | | | | |
|---|-------------|-----------------|--|-------|-----------------------|----|----|-------|-------|-------|-------|----|
| CLASIFICACION Y DESCRIPCION | PERFIL SUCS | PROF. (m) | 20 | 40(w) | GRANULOMETRIA | | | S_u | T_n | q_u | P_b | CL |
| | | | | | F | A | G | | | | | |
| Capa vegetal con gran cantidad de raices. | | | | | | | | | | | | |
| Roca caliza arcillosa, con extensas zonas de disolución, en partes muy cementada, amarillenta, poco húmeda. | | 0.35 GP X | | | | 34 | 31 | 35 | 2,60 | | | |
| | | 1.50 | | | | | | | | | 4.0 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

PRESION Kg/cm²

NOMENCLATURA :

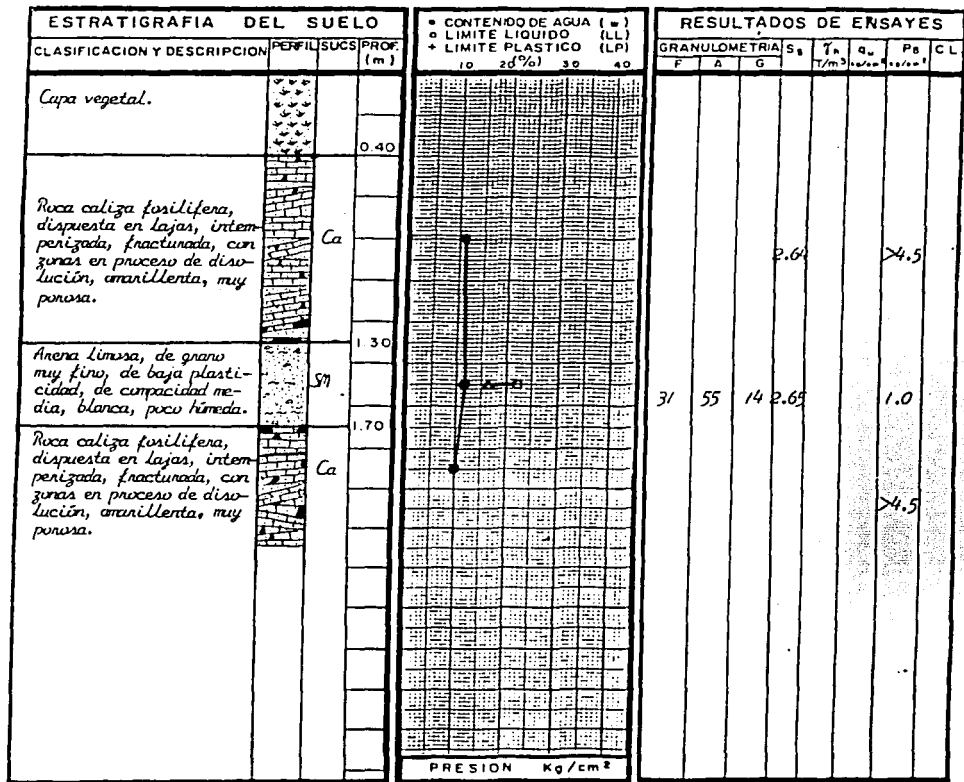
- F - FINOS
 A - ARENA
 G - GRAVA
 S_u - DENSIDAD DE SOLIDOS
 T_n - PESO VOLUMETRICO
 q_u - PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE
 P_b - PENETROMETRO DE BOLSILLO
 CL - CONTRACCION LINEAL
 PSTD - PENETRACION ESTANDAR

SIMBOLOGIA :

- ARCILLA
 LIMO
 ARENA
 GRAVA
 FOSILES
 RELLENO
 LUTITA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|--|---|----------------------|-----------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| CORTE ESTRATIGRAFICO DEL SUELO POZO A CIELO ABIERTO EN EL CARRIZAL (D. S. No. 1) | | | |
| FECHA DE EJECUCION: | FECHA DE ENTREGA: | FECHA DE APROBACION: | FECHA DE PUBLICACION: |
| ELABORADO POR: | DISEÑADO POR: | REVISADO POR: | PROYECTADO POR: |



NOMENCLATURA :

- F - FINOS
- A - ARENA
- G - GRAVA
- S_u - DENSIDAD DE SOLIDOS
- T_h - PESO VOLUMETRICO
- q_u - PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE
- P_b - PENETROMETRO DE BOL SILLO
- CL - CONTRACCION LINEAL
- PSTD - PENETRACION ESTANDAR

SIMBOLOGIA :

- ARCILLA
- LIMO
- ARENA
- GRAVA
- FOSILES
- RELLENO
- LUTITA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | |
|--|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENGENNERIA DE MATERIALES CORTI ESTRATIGRAFICO DEL SUELO POZO A CIENZO ABERTO EN S. P. H. B. L. (ICA No. 4) | |
| FECHA DE ELABORACION | FECHA DE RECEPCION |
| ELABORADO POR | REVISADO POR |
| ENCUENTRO 2011 | FECHA No. 02 |

Tabla No. 1

Resumen de resultados del laboratorio (Mecánica de Suelos)

| UBICACIÓN | | PROYECTO : | | | | | |
|--------------------------|--------------|---|----------------|------------|------------|-----------|-----------|
| P.C.A. | | ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA EL ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA | | | | | |
| ESTRATO | | SUMINISTRO DE AGUA EN LA ZONA DE X'PUJIL. | | | | | |
| PROFUNDIDAD | | MUNICIPIO DE X'PUJIL, CAMPECHE. | | | | | |
| MUESTRA | | | | | | | |
| UBICACIÓN | | POBLADO | FELIPE ANGELES | ZOH LAGUNA | CARRIZAL | X'PUJIL | |
| P.C.A. | | No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| ESTRATO | | No. | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| PROFUNDIDAD | | De: A: | 0.50-INDEF | 0.15-INDEF | 0.35-INDEF | 0.40-1.30 | 1.30-1.70 |
| MUESTRA | | No. | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| GRA | Grava | % | 0.00 | | 35.00 | | 14.00 |
| NULO | Arena | % | 2.00 | | 31.00 | | 55.00 |
| ME | Finos | % | 98.00 | | 34.00 | | 31.00 |
| TRÍA | Part < No 40 | % | | | | | |
| LÍMITE LIQUIDO | | % | 148.50 | | 27.25 | | 22.40 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | % | 74.73 | | 19.51 | | 16.63 |
| ÍNDICE PLÁSTICO | | % | 73.77 | | 7.74 | | 5.77 |
| CONTRACCIÓN LINEAL | | % | | | | | |
| EQUIVALENTE DE ARENA | | % | | | | | |
| P.V.S.M. (Porter) | | Kg/m3 | | | | | |
| W ÓPTIMO (Porter) | | % | | | | | |
| V R S ESTÁNDAR | | % | | | | | |
| EXPANSIÓN | | % | | | | | |
| PESO VOLUMÉTRICO | | Kg/m3 | 1058/1198 | | 1179/1363 | | 1231/1368 |
| SECO SUELO SECO COMPACTO | | Kg/m3 | 1,353.00 | | | | |
| P.V.S.M. (Proctor) | | Kg/m3 | 33.50 | | | | |
| W ÓPTIMO (Proctor) | | % | | | | | |
| VR S | 90 | % | | | | | |
| MODIFICADA | 95 | % | | | | | |
| (VARIANTE II) | 100 | % | | | | | |
| CLASIFICACIÓN SUCS | | - | MH | | GP-SC | | SM |
| HUMEDAD NATURAL | | % | 40.35 | 12.95 | 12.76 | 10.25 | 12.28 |
| GRADO DE COMPACTACIÓN | | % | | | | | |
| 90 | | % | | | | | |
| C.V.V. | | % | | | | | |
| 95 | | % | | | | | |
| 100 | | % | | | | | |
| DENSIDAD APARENTE | | - | | 1.34 | | 1.68 | |
| ABSORSIÓN | | % | | 27.58 | | 22.51 | |
| DENSIDAD DE SÓLIDOS | | - | 2.57 | 2.62 | 2.60 | 2.64 | 2.65 |
| VALOR CEMENTANTE | | Kg/m3 | | | | | |

FECHA: AGOSTO

H O J A No. 1 de 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

39

3.5.3 Estado actual de las estructuras, estratigrafía y propiedades del terreno de cimentación.

3.5.3.1 Estado actual de las estructuras.

El aljibe de Felipe Ángeles se encuentra desplantado en una zona plana, no se observan a simple vista asentamientos diferenciales, dicho aljibe fue reparado hace aproximadamente un año, ya que presentaba agrietamientos fuertes en la parte central de sus paredes. El tratamiento que se le hizo fue únicamente el de impermeabilización de toda la superficie interior.

Actualmente se encuentra operando correctamente y aparentemente no presenta filtraciones, ni fugas de agua.

Es importante determinar los asentamientos del terreno de cimentación ya que se trata de un material fino muy plástico, además de presentar contracciones y expansiones muy altas.

De la inspección visual, efectuada a los materiales de construcción utilizados, se encontraron ciertas irregularidades y mala calidad de los mismos, sin embargo, se recomienda que lo anterior se verifique con la extracción de corazones de concreto.

El aljibe de Zoh-Laguna se encuentra directamente sobre la roca caliza fosilífera y actualmente no esta en funcionamiento debido a un gran número de agrietamientos en la losa de captación, acentuándose en el fondo y paredes del tanque de almacenamiento. Es importante que se realice una exploración más profunda para verificar que no existan cavernas o zonas de disolución de las calizas a la altura del desplante del tanque, las cuales puedan haber originado asentamientos súbitos al transmitir las cargas del aljibe. Es importante hacer notar que se observa mala calidad en los materiales de construcción, lo cual puede ser la verdadera causa de que la estructura este colapsada.

En la zona de desplante del aljibe del Carrizal, se observan desniveles locales de pocos metros: los cimientos de la losa de captación del aljibe se encuentran desplantados directamente sobre la capa vegetal, observándose pequeños fisuramientos que no ponen en riesgo el funcionamiento de la obra.

Actualmente el aljibe se encuentra funcionando correctamente y no se aprecian filtraciones ni agrietamientos de consideración. No se tienen antecedentes de que se le hayan realizado ningún tipo de reparaciones.

El terreno en el que se encuentra el aljibe es roca caliza arcillosa con diferentes grados de alteración.

Por lo que respecta al aljibe número tres de X'pujil, éste se encuentra desplantado en una zona con desniveles locales de pocos metros. Actualmente el aljibe se encuentra en operación, y se tiene conocimiento de que fue reparado hace aproximadamente dos años. De la inspección visual realizada al aljibe, se observan agrietamientos y fisuras que parten principalmente de las esquinas del tanque de captación, ya que, a diferencia de los demás aljibes, éste es de forma cuadrada. Se aprecian también, asentamientos del orden de los 2.5 cm en otra de las esquinas. Es conveniente profundizar con la exploración, al menos hasta una profundidad de desplante del tanque de almacenamiento, ya que con la exploración por medio de PCA's, se detectó una roca caliza fosilífera con diferentes grados de alteración y zonas de disolución, la cual se encuentra intercalada con espesores de hasta 40 cm de sascab, lo que puede ser el motivo por el que se están presentando agrietamientos y asentamientos diferenciales en la superficie.

3.5.3.2 Condiciones estratigráficas

Con base a los datos obtenidos durante el reconocimiento superficial y a la exploración mediante PCA's, aunado a los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras obtenidas, se puede establecer que la estratigrafía representativa de cada sitio es la siguiente:

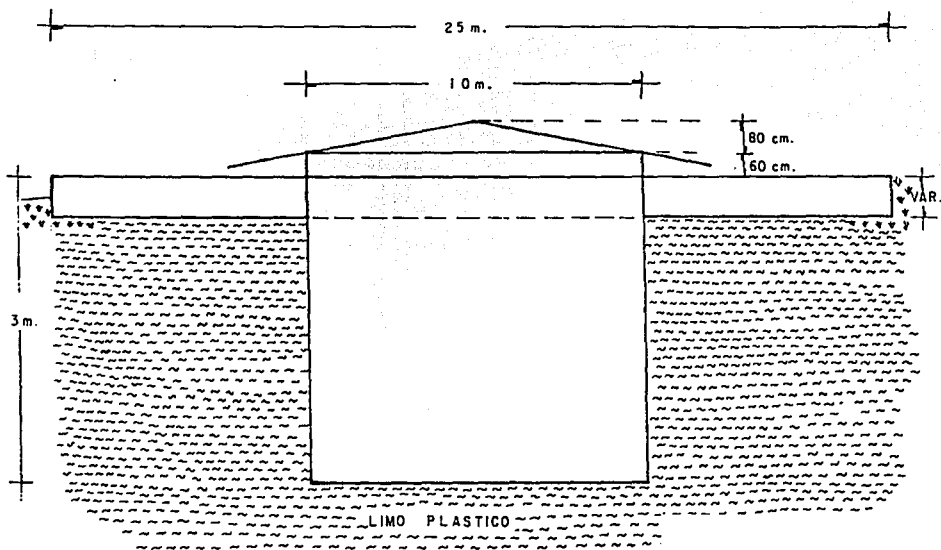
La zona del aljibe de Felipe Ángeles, tiene un espesor de 50 cm de capa vegetal, formada por una arcilla arenosa con gran cantidad de raíces; seguida de un limo plástico, con concentraciones muy altas, de compacidad media a alta, de color castaño verdoso y muy húmedo. Presenta cambios bruscos al variar el contenido de humedad, su grado de expansión es muy alto y su espesor es definido. El nivel de aguas freáticas no se detectó hasta la profundidad explorada la cual fue de 2.50 m.

La zona del aljibe de Zoh-Laguna tiene una capa vegetal promedio de 15 cm, seguida inmediatamente de roca caliza fosilífera, dispuesta en lascas, con restos de coquina y microcoquina, muy cementada, poco intemperizada, presentando zonas de fracturamiento y pequeñas zonas de disolución, color blanco, poco húmeda, con alto índice de porosidad. No fue posible detectar el espesor del lecho rocoso ni el nivel de aguas freáticas.

La estratigrafía en la zona del aljibe del Carrizal es la siguiente: en primer término se tiene una capa vegetal de 35 cm de espesor, formada por una arcilla negra con gran cantidad de raíces, seguida de una roca caliza arcillosa (arcilla y calcita empacada en una arena arcillosa), se aprecian extensas zonas de disolución profunda con partes muy duras color amarillo, poco húmeda, de espesor indefinido. El nivel de aguas freáticas no se detectó.

El aljibe número tres (3) de X'pujil se localiza en una zona donde se tiene un espesor de 40 cm de capa vegetal, seguida de una roca caliza fosilífera dispuesta en lascas, con restos de coquina y microcoquina intemperizada, fracturada con zonas cársticas en disolución, color blanca-amarillenta muy porosa; más abajo se detectó una arena limosa de grano muy fino, de baja plasticidad, de compactación media, blanca, poco húmeda. Este estrato aparentemente es producto de la disolución de la roca caliza muy intemperizada; finalmente, se detectó nuevamente la roca caliza fosilífera dispuesta en lascas intemperizada y fracturada, no se determinó su espesor. El nivel de aguas freáticas no se encontró en esta zona.

En las figuras VIII a XI se muestran las secciones estratigráficas de cada aljibe.

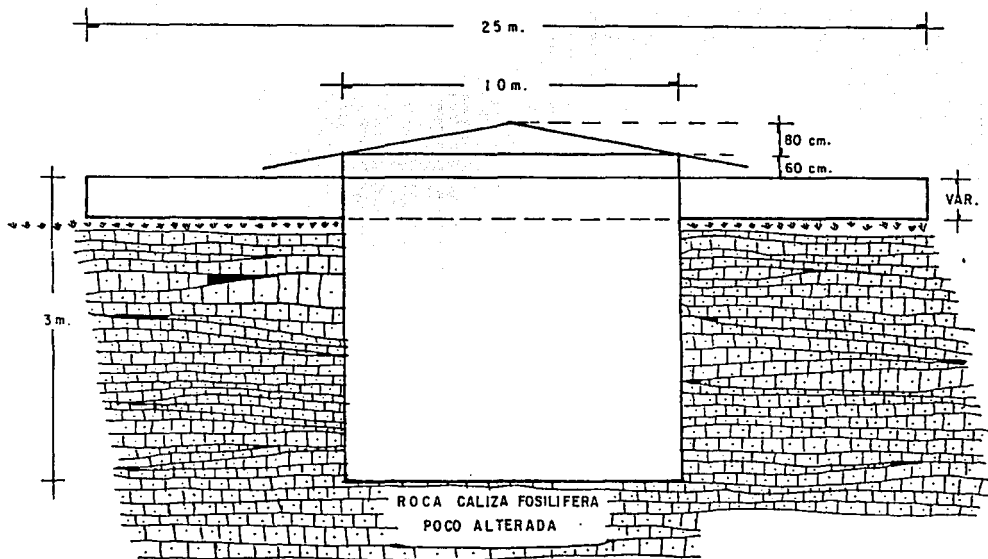


Esc. H. 1:125

Esc. V. 1:25

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|--|---|-----------|---------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUELO EN EL ALBIR DE FELIPE ANGLUS | | | |
| ENCUENTRO AL SUELO | | | |
| NO.: | FECHA: | PROYECTO: | ESCALA: |
| 12001 | 1970-1 | 12001 | 1:25 |
| 12001 | 12001 | 12001 | 12001 |
| 12001 | 12001 | 12001 | 12001 |

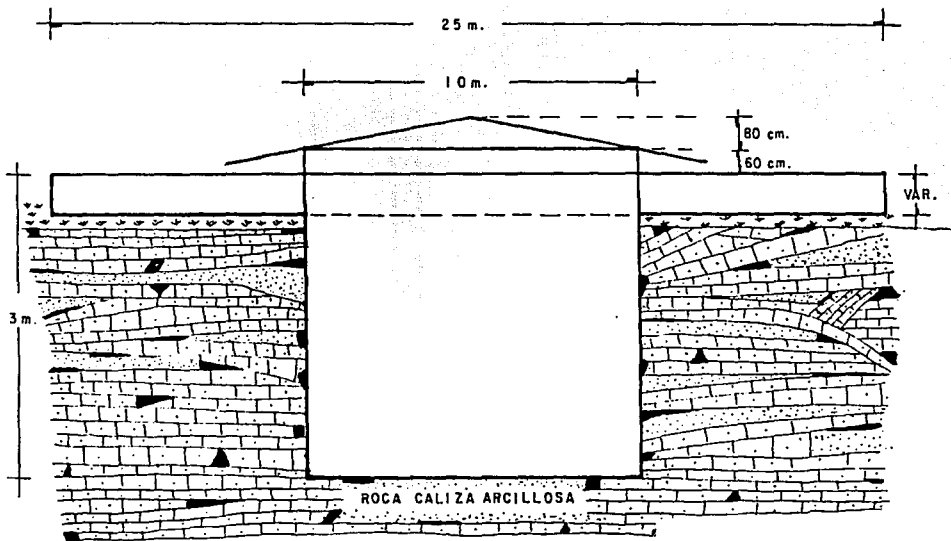


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esc. H. 1:125

Esc. V. 1: 25

| | |
|--|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| SECCION ESTRATIGRAFICA DEL SERIO EN EL ALBIR DE JUMI-LAGUNA | |
| FECHA | ENCARGADO |
| 15 DE OCTUBRE DE 1955 | INGENIERO EN JEFE |

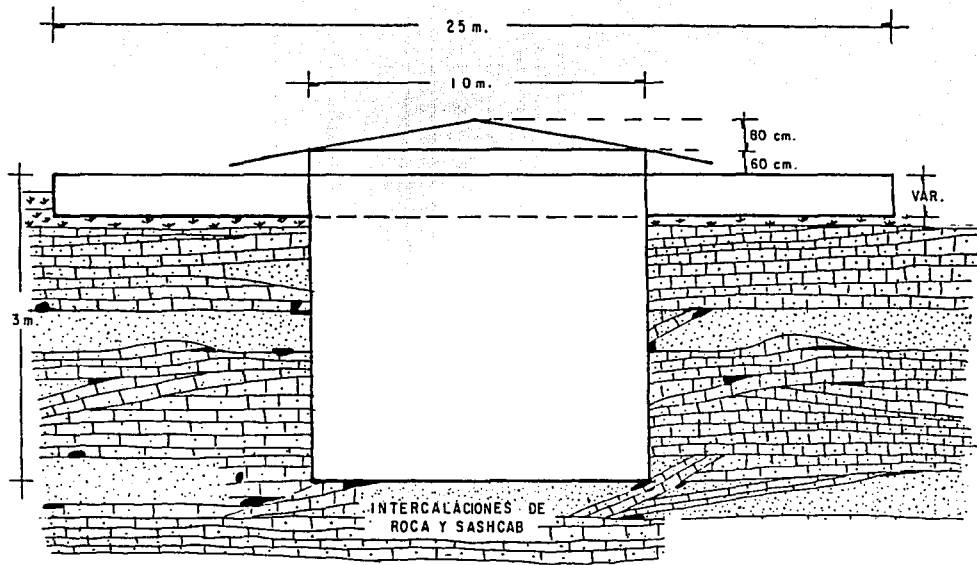


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esc. H. 1:125

Esc. V. 1:25

| | |
|--|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUELO EN EL ALBIRRE DE EL CARRIZAL | |
| CARRIZAL DE EL ALBIRRE | |
| PROFESOR: [] | |
| ESTUDIANTE: [] | |
| 1968 | 1968 |
| 1968 | 1968 |



Esc. H. 1:125

Esc. V. 1: 25

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|---|---|--------|------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingeniería | | |
| SECCION ESTRATIGRAFICA DEL SUELO EN EL ALBIR DE X'PUUL | | | |
| EJECUTIVO DE OBRAS | | | |
| PROYECTO | FECHA | ESCALA | HOJA |
| ENRIQUE BUI | ENERO No. 2 | | |

3.5.3.3 Propiedades del terreno de cimentación.

Se tienen las siguientes características:

Tabla no. 2
Propiedades del suelo de cimentación.

| Propiedad | Símbolo | Unidad | Felpe Ángeles | Zoh- Laguna | Carrizal | X [°] pujil | X [°] pujil |
|------------------------|---------|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Muestra | - | Pieza | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Profundidad | - | metros | 0.50- Indef. | 0.15- Indef. | 0.35- Indef. | 0.40-1.30 | 1.30-1.70 |
| Grava | G | % | 0 | - | 35 | - | 14 |
| Arena | A | % | 2 | - | 31 | - | 55 |
| Finos | F | % | 98 | - | 34 | - | 31 |
| Humedad Natural | W | % | 40.35 | 12.95 | 12.76 | 10.25 | 12.28 |
| Límite Líquido | LL | % | 148.50 | - | 27.25 | - | 22.40 |
| Límite Plástico | LP | % | 74.73 | - | 19.51 | - | 16.63 |
| Índice Plástico | Ip | % | 73.77 | - | 7.74 | - | 5.77 |
| Densidad de Sólidos | Ss | - | 2.57 | 2.62 | 2.60 | 2.64 | 2.65 |
| Clasificación | SUCS | - | MH2 | Rca | GP-SC | Rca | SM |

Nota: Rca significa Roca caliza. Esta nomenclatura no entra en la clasificación SUCS, sin embargo, se anexa para fines de identificación del estrato.

Como se observa, el terreno de cimentación varía significativamente de un lugar a otro, encontrándose desde limos plásticos, muy susceptibles a cambios de volumen al variar el contenido de agua (Felipe Ángeles), hasta roca caliza fosilífera poco alterada, poco intemperizada (Zoh-Laguna), pasando por interestratificaciones de roca y sascab con distintos grados de alteración (X[°]pujil).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En cuanto a las pruebas de resistencia mecánica ensayadas se tiene lo siguiente:

Tabla no. 3
Pruebas de resistencia mecánica del suelo de cimentación.

| Propiedad | Símbolo | Unidad | Felipe Ángeles | Zoh- Laguna | Carrizal | X'pujil | X'pujil |
|---|---------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|
| Muestra | - | Pieza | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Profundidad | - | Metro | 0.50- Indef. | 0.15- Indef. | 0.35- Indef. | 0.40-1.30 | 1.30-1.70 |
| Penetrómetro | PB | Kg/cm ² | 2.9-3.2 | >4.5 | 4.0 | >4.5 | 1.0 |
| Peso Volumétrico Seco Suelto | PVSS | Kg/cm ³ | 1058 | - | 1179 | - | 1231 |
| Peso Volumétrico Seco Compacto | PVSC | Kg/m ³ | 1198 | - | 1363 | - | 1388 |
| Peso Volumétrico Seco Compacto | Proctor | Kg/m ³ | 1355 | - | - | - | - |
| W óptima | W | % | 33.5 | - | - | - | - |
| Densidad relativa | Dr | - | - | 1.34 | - | 1.68 | - |
| Absorción | Abs. | % | - | 27.58 | - | 22.51 | - |
| Compresión simple | qu | Kg/cm ² | 7.61 | 110.0 | 9.0 | 8.5 | 2.0 |
| Cohesión | C | Kg/cm ² | 2.6 | - | - | - | - |
| Ángulo de fricción interna | Φ | grados | 22 | - | - | - | - |
| Peso volumétrico del material | - | Kg/cm ³ | 1838 | 2047 | 2140 | 1411 | 1350 |

Observando los resultados anteriores, se estima que la capacidad de carga del terreno de cimentación obtenida con los resultados de las compresiones simples y compresiones triaxiales, es adecuada para soportar las presiones que le transmitirá la estructura.

Por lo que corresponde a los asentamientos esperados, es notorio que el aljibe de Felipe Ángeles es el más afectado, mientras que en los otros tres aljibes se esperan asentamientos mínimos que no afectan el comportamiento de las estructuras; siempre y cuando no existan zonas de cavernas que no se detectaran con la exploración realizada.

Es conveniente hacer hincapié en la necesidad de profundizar con la exploración de cada sitio, ya sea por métodos indirectos (geofísica) o mejor aun con exploraciones directas (sondeos profundos con recuperación continua de muestras), para borrar toda incertidumbre en cuanto a la ausencia de cavernas, zonas débiles, cársticas, etc.

3.5.3.4 Análisis de la cimentación.

3.5.3.4.1 Capacidad de carga.

- Basados en las características de los materiales detectados y a los valores obtenidos con el penetrómetro, se tiene lo siguiente para cada estructura en particular:

Felipe Ángeles.

Se obtuvieron valores mínimos de 2.9 kg/cm² a 2.50 m de profundidad y valores máximos de 3.2 kg/cm² a 1.50 m.

Considerando los valores de resistencia al esfuerzo cortante más bajo y basándonos en la teoría de Skemton mediante la ecuación:

$$q_c = cN_c + \gamma D_f$$

Donde:

q_c = Capacidad de carga última, en ton/m².

c = Cohesión (obtenida del penetrómetro), en ton/m².

N_c = Factor de capacidad de carga, obtenido a partir de considerar $Y = 0$ m.

D_f = Profundidad de desplante, en metros.

γ = Peso volumétrico del terreno de apoyo, en ton/m³.

El valor de cohesión se obtuvo a partir de que: $c = q_u / 2$

Donde:

c = Cohesión de diseño, en ton/m².

q_u = Resistencia con penetrómetro, en ton/m².

Con lo cual se tiene que:

$$q_c = 78.59 \text{ ton/m}^2$$

Aplicando un factor de seguridad de 4, que es el usual para diseñar cimentaciones, se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$q_n = 19.60 \text{ ton/m}^2$$

Aunado al criterio anterior, se obtuvo la capacidad de carga admisible de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, mediante la siguiente expresión:

$$q_u = C_u N_c F_R + P_v$$

Donde:

q_u = Capacidad de carga admisible, en ton/m^2 .

C_u = Cohesión aparente, en ton/m^2 .

P_v = Presión vertical efectiva de desplante, producto del peso del suelo, en ton/m^2 .

P_v = Presión vertical total a la misma profundidad, en ton/m^2 .

γ = Peso volumétrico del suelo, en ton/m^3 .

B = Ancho de la cimentación en m.

N_q y N_γ = Coeficiente de capacidad de carga, que depende de ϕ .

N_c = Coeficiente de capacidad de carga, donde

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 D_f/B + 0.250 B/L)$$

F_R = Factor de resistencia, igual a 0.35.

ϕ = Ángulo de fricción interna.

$$N_c = 5.14 \{ 1 + [0.25(3)]/10 + 0.250(1) \} = 5.14(1.3325) = 6.81$$

$$c = 26 \text{ ton/m}^2$$

Sustituyendo valores:

$$q_u = 26(6.81)(0.35) + 5.51 = 67.5 \text{ ton/m}^2$$

Considerando un factor de seguridad (F. S.) = 4

$$q_u = 61.97/4 + 5.51 \text{ y } q_u = 21 \text{ ton/m}^2$$

Con lo cual se recomienda que las cimentaciones se diseñen considerando una capacidad de carga admisible de 15 ton/m^2 .

Zoh - Laguna.

A continuación se analiza la capacidad de carga admisible de la roca caliza existente en esta zona; el cálculo se hará basándose en la resistencia al corte de la roca, mediante la expresión siguiente:

$$q_u = kR_c$$

Donde:

q_u = Presión de contacto estructura-roca permisible, en kg/cm^2 .

R_c = Resistencia a la compresión simple, kg/cm^2 .

k = Coeficiente adimensional que depende del espaciamiento de las discontinuidades y/o fracturas existentes en la masa rocosa.

Los valores típicos del coeficiente k son los siguientes:

| Espaciamiento de las discontinuidades y/o fracturas. | k |
|--|------|
| Mayor de 3.0 m | 0.40 |
| De 1 a 3.0 m | 0.25 |
| De 0.30 a 1.0 m | 0.10 |

Para conocer la resistencia al corte de la roca, se ensayaron a la compresión simple especímenes de roca obtenidos de los PCA's realizados, los cuales nos dan un valor de 110 kg/cm^2 .

Para tomar en cuenta el factor de reducción por escala se trabajará únicamente con el 60% del valor obtenido de la compresión simple de laboratorio:

$$q_u = 110 \text{ kg/cm}^2 (0.60\%) = 66 \text{ kg/cm}^2$$

Tomaremos la condición más desfavorable para el coeficiente k, con lo cual se tiene que:

$$q_u = 0.10(66 \text{ kg/cm}^2) = 6.6 \text{ kg/cm}^2 = 66 \text{ ton/m}^2$$

Se hizo otro cálculo de capacidad de carga de la roca caliza, mediante la teoría de Skemton, basada en la ecuación.

$$q_c = cN_c + \gamma D_r$$

donde las literales tienen el significado mencionado anteriormente.

- La fórmula anterior se aplica principalmente a suelos cohesivos, sin embargo, es válido utilizarla para el cálculo de la capacidad de carga en roca, siempre y cuando se utilice únicamente la cohesión del material, despreciando el efecto del ángulo de fricción interna del mismo.

El valor de la cohesión se obtiene a partir de:

$$c = q_u/2 = (110 \text{ kg/cm}^2) / 2 = 55 \text{ kg/cm}^2$$

Con lo cual se obtiene que

$$q_c = 55(5.14) + 2.047(3) = 288.8 \text{ kg/cm}^2$$

Lo cual nos da un dato muy elevado y por consiguiente, muy desproporcionado en cuanto al diseño estructural y presión de contacto requerida para la cimentación de las estructuras, ya que se estaría hablando de anchos de cimentación muy pequeños.

De lo anterior se desprende que la capacidad de carga de diseño para las estructuras actuales y/o futuras desplantadas en esta zona, se tomará conservadoramente de 50 ton/m².

Carrizal.

Para calcular la capacidad de carga admisible en esta zona, se utilizara la misma fórmula empleada en el caso de Felipe Ángeles, ya que el terreno existente es una roca caliza arcillosa, cuya resistencia se debe principalmente a la cohesión de toda la masa estudiada. Se utilizó la fórmula:

$$q_u = cN_c F_R + P,$$

Adicionalmente se consideró un factor de seguridad de 4, con lo que la capacidad de carga admisible de diseño en esta zona será del orden de :

$$q_u = 33.2 \text{ ton/m}^2$$

X'pujil.

En esta zona, a diferencia de las demás, existe roca caliza interestratificada con sascab y zonas de yeso, por lo que la capacidad de carga estará en función de la zona o estrato en que sea desplantada la estructura. La capacidad de soporte de la roca es elevada, por lo que el dato de capacidad de carga admisible de todo el terreno será el que se obtenga del material fino (sascab).

Para el caso de desplante en roca, se podrá adoptar una capacidad de carga de diseño de 30 ton/m^2 . Sin embargo, el estrato de sascab será el que marque la pauta para diseñar la cimentación, por lo que la capacidad de carga admisible para este estrato se obtendrá mediante la teoría de Skempton.

$$q_c = cN_c + \gamma D_r$$

donde las literales tienen el mismo significado ya mencionado.

Si consideramos un factor de seguridad de 4, el valor de capacidad de carga admisible será:

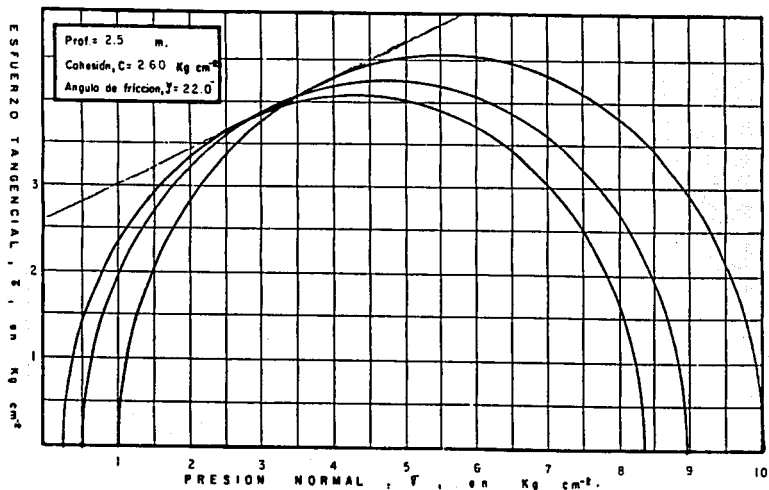
$$q_u = 10.00 \text{ ton/m}^2$$

Valor que aparentemente es bajo, sin embargo debido a que los estratos de material fino presentan variaciones en cuanto a espesor y compacidad, se recomienda que la capacidad de carga de diseño en estas estructuras se tome precisamente de:

$$q_u = 10.00 \text{ ton/m}^2$$

En la figura no. XII se muestra la prueba de compresión triáxial rápida con sus datos respectivos.

| PROF | DENSIDAD DE SÓLIDOS ρ_s | RELACION DE VACIOS | | GRADO DE SATURACION w | LIMITE LIQUIDO LL | INDICE DE PLASTICIDAD I_p | ESFUERZO PRINCIPAL | | | PESO VOLUMETRICO | | CLASIFICACION S U C B |
|------|------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| | | INICIAL w | DE AGUA w | | | | PORCENTUAL δ_{PL} | MINOR F_{11} | MAYOR F_3 | MEJEDO γ_b | SECO γ_s | |
| m | — | — | % | % | % | % | % | Kg/cm^2 | Kg/cm^2 | Kg/m^3 | Kg/m^3 | |
| 0.50 | 2.57 | 2.19 | 25.2 | 29.50 | 148.5 | 73.77 | 6.00 | 0.25 | 8.33 | 1,838 | 1,468 | MH ₂ |
| | | 2.19 | 24.9 | 29.22 | | | 6.00 | 0.50 | 8.94 | 1,838 | 1,471 | |
| | | 2.24 | 26.1 | 29.93 | | | 6.00 | 1.00 | 10.03 | 1,838 | 1,458 | |



55

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| | | |
|--|---|--|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | Facultad de Ingeniería | |
| RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA EFECTUADAS A LAS MUESTRAS DE SUELO DE LA REGION DE SIJUPILCAMP | | |
| NO. | | |
| FECHA DE REALIZACION DE LA PRUEBA | | |
| INSTRUMENTOS USADOS | | |
| INSTRUMENTOS | | |

3.5.3.4.2 Empujes.

Los principales parámetros a tomar en cuenta, en una evaluación de las características más representativas de las zonas donde se encuentren o se pretendan desplantar las estructuras, son: el tipo de relleno y la sobrecarga que pueda generar primero el equipo de excavación y corte al realizar los trabajos respectivos y, posteriormente, el probable tránsito de vehículos en las inmediaciones de la zona.

El espacio generado entre la excavación y el cuerpo de cada estructura se rellenará con el material producto de la excavación.

La sobrecarga se considero uniformemente distribuida, producida por un tractor D8 o similar, a razón de 5 ton/m², la cual se obtuvo de acuerdo a la presión estimada que transmitirá el equipo de excavación y/o de movimientos de tierras. El área de influencia del equipo es de 6 m² (2 x 3 m) aproximadamente. La presión media de la carga a lo largo del muro se obtuvo mediante la teoría de Bousinesq con lo cual se obtiene un valor medio de presiones que resultó ser de 2.7 ton², figura no. XIII.

No se considero empuje de agua en ninguna de las estructuras, ya que el nivel de aguas freáticas no fue detectado durante la exploración.

Felipe Ángeles.

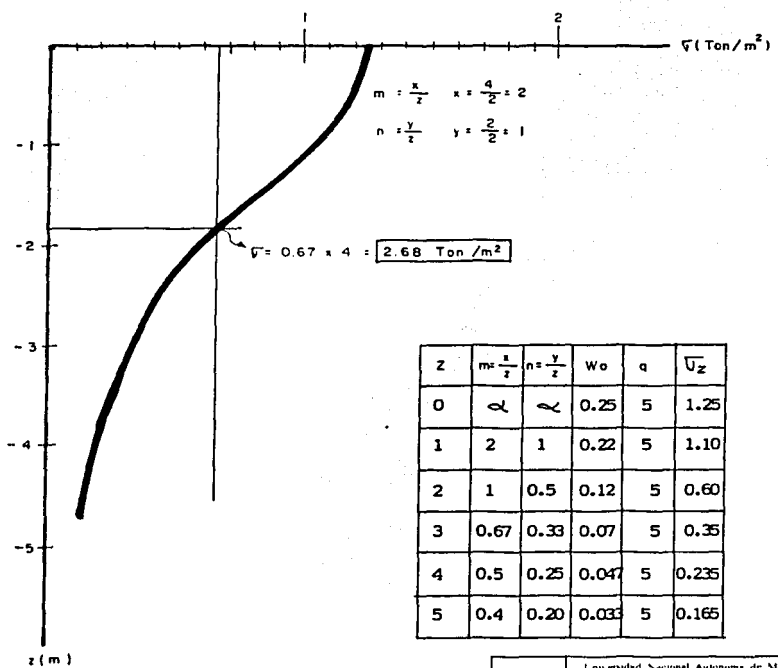
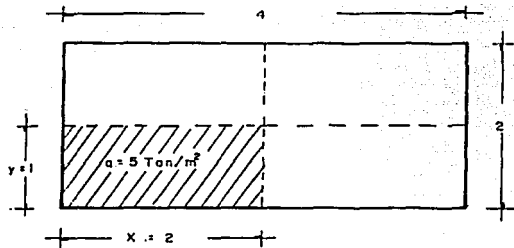
Para este aljibe se obtuvo que el empuje total generado sobre los muros es del orden de las 7.35 ton/m y su punto de aplicación se localiza a una distancia de 1.25 m, medidos a partir de la parte más baja de la estructura, figura no. XIV.

Zoh - Laguna.

Aplicando un factor de seguridad de 6, con lo cual obtenemos teóricamente la altura estable del corte vertical sin soporte, la cual es:

$$H_c = H(c) / F = 2(68) / 6 = 45 \text{ m}$$

El valor obtenido es muy alto y se encuentra fuera de toda proporción y sólo nos da una idea de lo consolidada que se encuentra la roca caliza, por lo que se estima que la caña de deslizamiento del material no alcanza a generarse para los niveles de desplante de la estructura.



| z | $m = \frac{x}{z}$ | $n = \frac{y}{z}$ | W_0 | q | U_z |
|---|-------------------|-------------------|-------|---|-------|
| 0 | ∞ | ∞ | 0.25 | 5 | 1.25 |
| 1 | 2 | 1 | 0.22 | 5 | 1.10 |
| 2 | 1 | 0.5 | 0.12 | 5 | 0.60 |
| 3 | 0.67 | 0.33 | 0.07 | 5 | 0.35 |
| 4 | 0.5 | 0.25 | 0.047 | 5 | 0.235 |
| 5 | 0.4 | 0.20 | 0.033 | 5 | 0.165 |

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

DISTRIBUCION DE PRESIONES EN SUELOS DE CIMENTACIONES DE LOS ALBES DE LA REGION DE N. PUEBLA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA

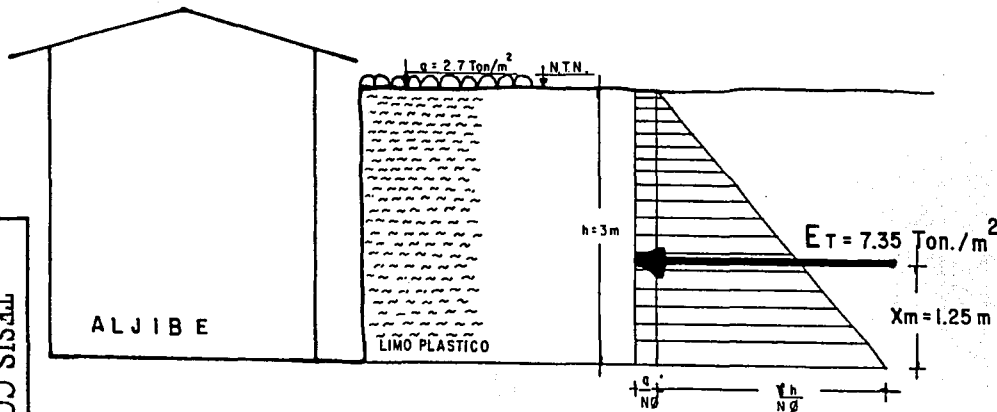
ENFERMERIA: _____

INGENIERIA: _____

ESTUDIOS DE INVESTIGACION: _____

DATOS DE DISEÑO

- $\gamma_w = 1.838 \text{ Ton/m}^3$ PESO VOLUMETICO DEL TERRENO
- $\phi = 22^\circ$ ANGULO DE FRICCION INTERNA DEL TERRENO
- $\frac{1}{N\phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = 0.45$ COEFICIENTE ACTIVO DE PRESION
- $q = 2.7 \text{ Ton/m}^2$ SOBRECARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA



$\frac{q}{N\phi} = 2.48$; $E_1 = 3.72$; $X_1 = 1.0 \text{ m}$
 $\gamma_w h = 1.21$; $E = 3.63$; $X_2 = 1.5 \text{ m}$
 $E_T = 7.35$; $x_m = 1.25 \text{ m}$

TESIS CON FALLA DE TIPO...
 FALLA DE TIPO...

58

| | | | |
|--|---|--------|------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingeniería | | |
| DIAGRAMA DE PRESIONES, POSICIÓN Y MAGNITUD DEL EMPUJE LATERAL GENERADO SOBRE EL ALJIBE DE FELPE ÁNGELES <small>LAB. No. 02-41-10-01</small> | | | |
| PROFESOR | ALUMNO | FECHA | |
| ENERO DE 2003 | ENFERIA No. 20V | 1/1/03 | 01/01/2003 |

Los aljibes podrán diseñarse en esta zona considerando únicamente alguna carga eventual de tránsito y el empuje del agua de lluvia en épocas de avenidas, con lo que el empuje actuante será mínimo.

Carrizal.

El empuje total que se genera en este aljibe es del orden de las 40 ton/m, localizado a una distancia de 1.27 m, medida a partir de la parte más baja del tanque de almacenamiento, figura no. XV.

X'pujil.

El terreno de cimentación de este aljibe se encuentra formado por una roca caliza fosilífera con espesores variables de sascab, con diferentes grados de compactación, y se estima que los generados por el sascab serán mínimos y no ponen en riesgo la estabilidad de la estructura. Además de que la cuña de deslizamiento de la roca no alcanza a generarse a la profundidad de desplante de la estructura.

3.5.3.4.3 Alternativas de cimentación.

En suelos.

Para las estructuras que se proyecten desplantar en materiales limo-arcillosos, se propone que la cimentación se haga por apoyo directo, mediante un cajón de cimentación, apoyado directamente en el material limoso.

La capacidad de carga de diseño para estos terrenos será de 15 ton/m², por lo que se considera que no se tendrán problemas en cuanto a resistencia, ya que la presión que transmite el peso propio de la estructura, incluido el peso del agua es de aproximadamente 5 ton/m².

Por lo que respecta al nivel de agua freática, no se tendrán problemas, ya que hasta la profundidad explorada que fue de 3.0 m, no se detectó dicho nivel.

DATOS DE DISEÑO

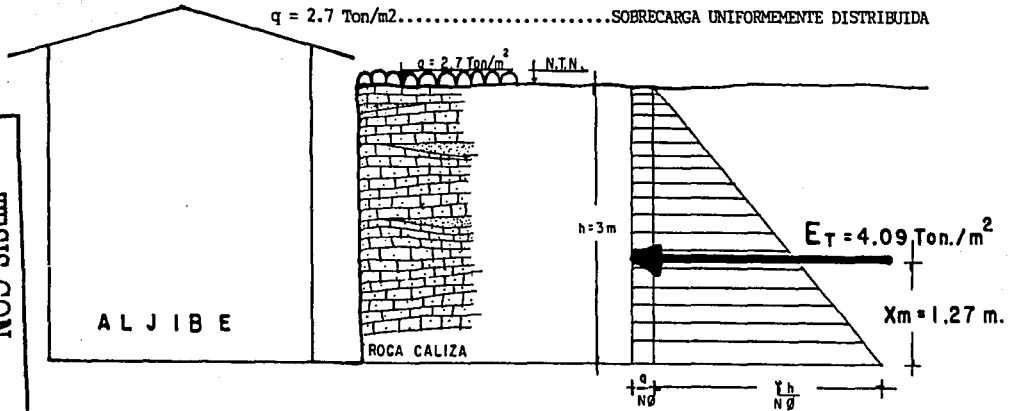
$\gamma_w = 1.580 \text{ Ton/m}^3$PESO VOLUMETRICO DEL TERRENO

$\phi = 35^\circ$ANGULO DE FRICCION INTERNA DEL TERRENO

$\frac{1}{N\phi} = 0.27$COEFICIENTE ACTIVO DE PRESION

$q = 2.7 \text{ Ton/m}^2$SOBRECARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



$\frac{q}{N\phi} = 1.27$; $E = 1.905$; $X_1 = 1.0 \text{ m}$
 $\delta_w \cdot h = 0.729$; $E = 2.187$; $X_2 = 1.5 \text{ m}$

 $E_T = 4.092$; $X_m = 1.27 \text{ m}$

60

| | | | |
|--|--------------------|---|--------------------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | |
| <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</small> DIAGRAMA DE PRESIONES, POSICIÓN Y MAGNITUD DEL EMPUJE GENERADO SOBRE EL ALJIBE DE EL CARRIZA <small>1.000 kg/m³ de peso propio</small> | | | |
| FECHA DE ELABORACIÓN | | FECHA DE REVISIÓN | |
| ELABORADO POR | | REVISADO POR | |
| PROFESOR | ESTUDIANTE | PROFESOR | ESTUDIANTE |
| FECHAS DE ELABORACIÓN | FECHAS DE REVISIÓN | FECHAS DE ELABORACIÓN | FECHAS DE REVISIÓN |
| FECHAS DE ELABORACIÓN | FECHAS DE REVISIÓN | FECHAS DE ELABORACIÓN | FECHAS DE REVISIÓN |

En roca.

Para las estructuras que se desplanten sobre roca caliza la capacidad de carga será de 40 ton/m² (tomando una media de todos los valores obtenidos). Se estima que la presión que transmite la estructura es del orden de las 5 ton/m², por lo que no se tendrán problemas en cuanto a capacidad de carga.

Se propone que la cimentación se haga a base de un cajón de cimentación, apoyado directamente sobre la roca caliza. Los asentamientos que se pudieran presentar serán despreciables y ocurrirán durante la construcción de la obra.

En suelos mixtos.

Al igual que en los casos anteriores, se propone cimentar mediante un cajón de cimentación apoyado totalmente en roca, verificando que no existan zonas débiles, material suelto u oquedades que pongan en riesgo la estabilidad de la estructura.

La capacidad de carga de diseño de este tipo de terrenos será de 10 ton/m².

Los asentamientos probables en el terreno de cimentación serán debido a los estratos de material fino (sascab), aunque estos serán pequeños ya que el material existente es una arena limosa y/o limo arenoso con pocas deformaciones, y en caso de presentarse, se desarrollarán en forma inmediata y únicamente durante la etapa de construcción.

No se tendrán problemas de flotación de la estructura, ya que no se detectó el nivel de aguas freáticas.

3.5.3.5 Conclusiones y recomendaciones.

Basados en el reconocimiento geotécnico de los sitios estudiados, la localización e identificación de las unidades litológicas detectadas con la exploración y muestreo; complementado con los ensayos de laboratorio y los distintos cálculos realizados, es posible establecer conclusiones y recomendaciones generales del estudio.

Conclusiones.

Existen variaciones significativas en cuanto al terreno de cimentación de cada aljibe, ya que mientras que en el de Felipe Ángeles existen suelos finos plásticos, con concentraciones y expansiones altas, en Zoh-Laguna aflora la roca caliza fosilífera poco alterada, poco intemperizada con distintos grados de disolución; por otro lado, en Carrizal se detectó una caliza arcillosa con profundas disoluciones y, finalmente, en X'pujil se tiene una roca caliza fosilífera intercalada con espesores de hasta 40 cm de sascab de compacidad media.

De los valores obtenidos con el penetrómetro, compresiones simples y compresiones triaxiales, se observa que las estructuras no presentan problemas en cuanto a la capacidad de carga del terreno de cimentación, mas bien, es atribuible a la existencia de cavidades existentes de la masa del terreno, como el caso del aljibe Zoh-laguna, el cual presenta asentamientos diferenciales excesivos y grietas muy grandes, aun y cuando se encuentra desplantado sobre roca caliza poco alterada.

Otra anomalía que se detectó en forma general, en las cuatro estructuras estudiadas, es la mala calidad de los materiales con que se construyeron todos los aljibes de la zona (grava muy porosa, polvo de yeso en lugar de polvo de roca), además de la pobreza en cemento que se puede apreciar a simple vista.

Como se mencionó en párrafos anteriores, la capacidad de carga del terreno de cimentación por sí misma es satisfactoria, sin embargo, al existir fugas en las paredes y fondo de los tanques de almacenamiento, se reblandece el terreno de apoyo, provocando fallas locales, tubificación y asentamientos inducidos, con lo cual se reduce la capacidad de carga considerada.

Recomendaciones.

A continuación se presentan las recomendaciones generales que servirán para dar calidad a las cimentaciones propuestas:

- Los trabajos se iniciarán con el despalme, desenraíce y limpieza en general de la zona destinada para desplantar la estructura.

- Una vez efectuadas las excavaciones para alojar la cimentación, estas deberán permanecer abiertas el menor tiempo posible, para evitar asentamientos de recompresión e intemperización de los suelos de cimentación.

- El fondo de las excavaciones se protegerá en todos los casos con una plantilla de concreto pobre de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor, antes de proceder al colado de la cimentación elegida.

- El desplante de la cimentación se hará invariablemente sobre material resistente, con pocas deformaciones.

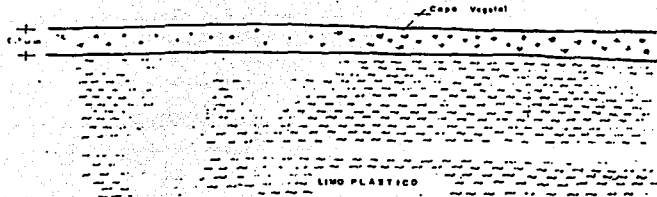
- El ancho de la excavación será tal que permita los trabajos de cimbra y descimbra de los elementos estructurales.

- En caso de que, al llegar al nivel de desplante de la cimentación, se detecten zonas de material suelto, de mala calidad u oquedades, se deberán excavar 0.20 m adicionales en la zona afectada, la cual se rellenará con concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

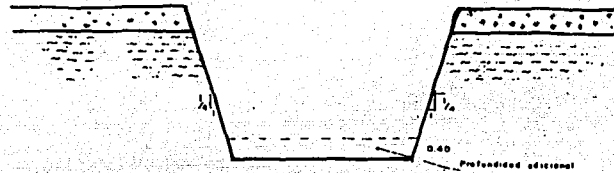
- Se recomienda, hasta donde sea posible, realizar colados integrales, para garantizar un comportamiento homogéneo de las estructuras. Donde no sea posible lo anterior, se deberá verificar que exista una adecuada liga entre el concreto anterior y el concreto reciente, utilizando, de ser necesario, aditivos y picando la superficie de adherencia del concreto anterior.

Para todo lo anterior se aconseja consultar el plano no. 4 sobre el procedimiento constructivo a seguir.

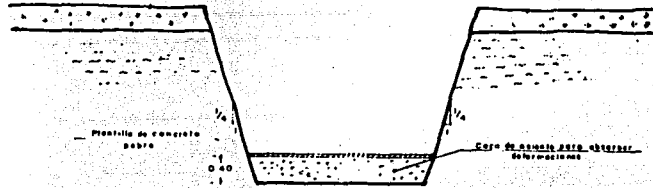
a) Estado actual del terreno



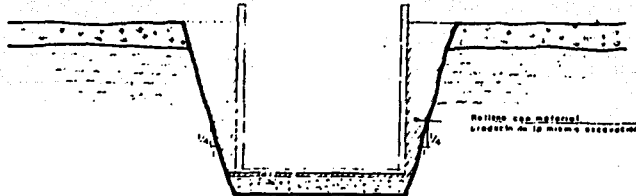
b) Se realizará el des... correspondiente y se procederá a retirar la excavación con equipo mecánico dejando taludes de 1/4 : 1/4... hasta la profundidad de proyecto, max. 40cm adicionales



c) Se colocará una capa de arena gruesa de tamaño máximo de 5" compactada con equipo ligero, sobre esta se colocará una planilla de concreto pobra de un 1'c x 150 kg/cm²

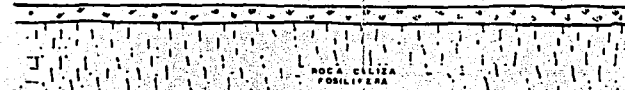


d) Sobre la superficie exterior se procederá al cimbrado, armado y colado de los elementos estructurales. El espacio generado entre las muros laterales y el talud de la excavación se rellenará con material producto de la misma excavación, compactado en forma manual hasta llegar al nivel del terreno natural

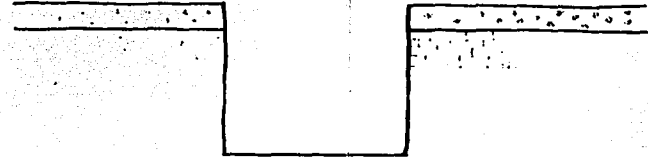


e) Finalmente se construirá la losa de piso y topa del aljibe.

b) Estado actual del terreno



Se realizará el des... correspondiente y se procederá a retirar la excavación con equipo mecánico, dejando taludes verticales, más lo prescrito en el proyecto.

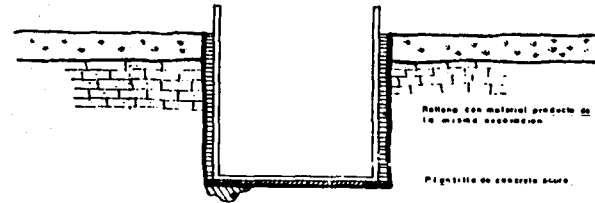


c) Se verificará que no existen zonas debiles (Bases en estado suelto), o anomalas (zonas de) y en caso de que exista se deberá de remover todo el material inadecuado rellenando los huecos a base de concreto pobra con un 1'c x 150 kg/cm²

d) En caso de detectar agrietados mayores de 0.80cm, se deberá dar aviso a la institución encargada, para programar un inspeccion mas detallada.

e) Terminado el punto anterior se colocará una planilla de concreto pobra de un 1'c x 150 kg/cm²

f) Sobre la superficie exterior se procederá al cimbrado, armado y colado de los elementos estructurales. El espacio generado entre las muros laterales y el talud de la excavación se podrá rellenar con material producto de la misma excavación, compactado en forma manual, hasta llegar al nivel del terreno natural



Zona anomala rellenada con concreto pobra

g) Finalmente se construirá la losa de piso y la tapa del aljibe.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|----------------------------|-------------|---|---------------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO | | | |
| EQUIPO DE ELABORACIÓN: | | | |
| ELABORADO POR: | FECHA: | REVISADO POR: | FECHA: |
| PELLE C. HERNANDEZ ALVARO | 15/05/2017 | RODRIGUEZ | 15/05/2017 |
| PROFESOR: | ASISTENTE: | COORDINADOR: | COORDINADORA: |
| EMERSONE 2017 | PLANO No. 4 | | |

3.6 Procesamiento, interpretación e integración de resultados y elaboración de anteproyectos.

3.6.1 Plano Base.

Con respecto al Plano Base, se aclara que para cada tema tratado en los términos de Referencia se elaboró el plano base correspondiente, por ejemplo, para la actividad geológica-geohidrológica se tienen cuatro planos, con los requerimientos indicados en dichos términos.

Los Planos Base mencionados, se indican en cada capítulo al que corresponden, por lo que no se puede manejar en forma independiente.

3.6.2 Información Climatológica.

Esta información ya se trató en el capítulo 2, por lo que se recomienda estudiarla en las páginas correspondientes.

3.6.3 Geología.

3.6.3.1 Hidrogeomorfología.

Se desarrolló mediante el análisis morfométrico de relieve como una representación de condiciones superficiales para inferir posibles zonas de recarga y descarga de agua subterránea, dirección del flujo subterráneo y zonas apropiadas de almacenamiento de calidad aceptable.

Se determinó el siguiente:

Rasgo hidrogeomorfológico para la zona Calakmul.

Planicie de inclinación débil. Se relaciona con el nivel base de erosión sin deformación aparente por diapirismo, con rangos de inclinación de 1° a 3° que delimitan relieves con rangos de pendientes de 0 a 5%.

El comportamiento hidrológico superficial se relaciona con los sistemas de fracturamiento por deformación en la superficie asociados a los bordes de la estructura diapírica. Los escurrimientos en esta zona son afluentes del arroyo "El laberinto" el cual fluye hacia el noreste, dichos escurrimientos tienen una densidad baja a media, cuyo tipo va desde el subparalelo a paralelo, esta configuración infiere una disposición similar en el subsuelo, que permite establecer una posible dirección de flujo (descarga) y recarga en dicha dirección.

Rasgos geomorfológicos del área de la Laguna de Alvarado:

El comportamiento hidrológico de la unidad, sin indicios de deformación localizada al sureste y región noreste de la Laguna de Alvarado, es de un desarrollo alto de carticidad, sin escurrimientos superficiales notables con una red hidrográfica casi nula, lo que infiere un sistema de drenaje predominantemente subterráneo profundo. En tanto la hidrología de superficie, que prevalece en la planicie levantada por diapirismo, se relaciona con sistemas de fracturación por deformación en superficie y se encuentran próximos a los bordes de las estructuras diapíricas. Los escurrimientos en esta zona están bien integrados con una densidad media, el modelo de drenaje va desde el enrejado a subparalelo, esta configuración infiere una disposición similar en el subsuelo, que puede establecer direcciones de flujo y recarga en dicha dirección, con poca influencia y reducida aportación a la Laguna de Alvarado y, consecuentemente, una baja concentración de sales en dicho almacenamiento.

Lomeríos de inclinación moderada.

Con rangos de inclinación de 9° a 15° que caracterizan pendientes de 26%, y en algunas ocasiones hasta 25° de inclinación y pendientes de 46% en zonas de laderas escarpadas de mayor deformación y trazas de fallamiento, interrumpen la geoforma de inclinación débil.

En esta zona las discontinuidades infieren un sistema hidrológico de descarga por fracturamiento moderado, el drenaje de esta unidad es subparalelo de densidad media en etapa juvenil del ciclo geomorfológico. El origen de esta geoforma es el resultado de una deformación por diapirismo con estructura dómica que tiene una dirección preferencial sureste-noreste, la litología es de yeso, el sistema de discontinuidades originadas por deformación favorecen el desarrollo del carst; las que, de acuerdo con el drenaje superficial, son el modelo representativo de la hidrología subterránea de toda el área levantada.

3.6.3.2 Drenaje superficial.

El drenaje es de régimen intermitente torrencial de dimensiones considerables, tal es el caso de los ríos "El Desempeño" y "Escondido", dicho drenaje está regido por el alto grado de disolución, la carsticidad y el fracturamiento de las rocas, es de tipo radial en las porciones altas y cambia a rectangular hacia las partes bajas de la estructura diapírica.

También existen algunos manantiales, la mayoría de ellos de bajos caudales, excepto el conocido "El Charro", ubicado a unos 20 Km al noreste de X'pujil, con un caudal aproximado de 30 l/s, el cual alimenta el arroyo del mismo nombre.

3.6.3.3 Hidrogeología.

3.6.3.3.1 Unidades hidrogeológicas.

Las unidades litológicas se agruparon de acuerdo a sus características hidrológicas, quedando definidas de la siguiente manera.

Unidad hidrogeológica permeable evaporítica (UI).

Corresponde a los yesos de la Formación Icaiché, con alto grado de permeabilidad secundaria, debida a intensa carsticidad manifestada por el gran número de dolinas y poljes (depressiones formadas por la unión de dos o más dolinas), y al intenso fracturamiento que al encontrarse en el subsuelo con una capa impermeable originan manantiales con agua de mala calidad y caudales de 0.5 a 20 l/s.

Existen pozos negativos de la CNA (X'pujil, Conhuas, Zoh-Laguna y Caobas), algunos con profundidad variable en esta unidad.

Unidad hidrogeológica poco permeable a semipermeable carbonatada (U2).

Aflora sobre la carretera Escárcega-Chetumal, en X'pujil. Esta formada por una secuencia de calizas, dolomías, margas, calizas dolomitizadas, recristalizadas y silicificadas. Por el lado occidental el límite con los yesos se ubica cerca del poblado de Constitución (Km 75.00), y por el lado oriente el contacto con estos mismos se ubica cerca del poblado de Nicolás Bravo (Km 203.00).

En esta formación se han perforado pozos a profundidades de 80 a 100 m con gastos de 1.0 a 6.0 l/s y agua de calidad aceptable (600 a 1200 ppm de NOM).

3.6.3.3.2 Análisis hidrogeológico de las principales alternativas.

Las zonas estudiadas son:

- a) Laguna de Alvarado
- b) Zoh – Laguna
- c) Nicolás Bravo
- d) Constitución
- e) Calakmul

Geología – hidrogeología.

a) Laguna de Alvarado.

La Laguna de Alvarado se localiza a 55 Km al sur de X'pujil, a la elevación 150 msnm, 100 m por debajo del poblado de X'pujil. Su estructura corresponde a una depresión por colapso producto de la inestabilidad de los yesos de la Formación Icaiché, los cuales son de aspecto masivo y columnar con alto grado de carsticidad.

Esta fuente consiste de un cuerpo de agua superficial más o menos circular con diámetro aproximado de 500 m y un tirante de agua promedio de 2.0 m.

Se alimenta de la precipitación directa sobre el área de la laguna y de una pequeña corriente superficial formada durante las lluvias, otras sólo descargan a la zona inundable por el noroeste, norte, noreste, este, sureste y sur, en el lado suroeste y oeste se presenta un contrafuerte constituido por yesos altamente permeables a través de fracturas con orientación noroeste-sureste, aproximadamente, por donde se fuga o se filtra el agua cuando el nivel de la laguna se eleva.

El fondo del vaso de la laguna ha sido sellado por una capa de arcilla de variable espesor, la cual retiene el agua embalsada, es posible que si se rompe este sello el agua salga a la zona de yesos los cuales son muy permeables por su alto fracturamiento y carsticidad.

El agua de la Laguna de Alvarado es de buena calidad química y de color gris oscuro debido a la alta concentración de materia orgánica (hojas y toda clase de vegetales).

Su elevación máxima desciende con cierta rapidez por las fuertes filtraciones a su alrededor a través de las fracturas u oquedades de los yesos.

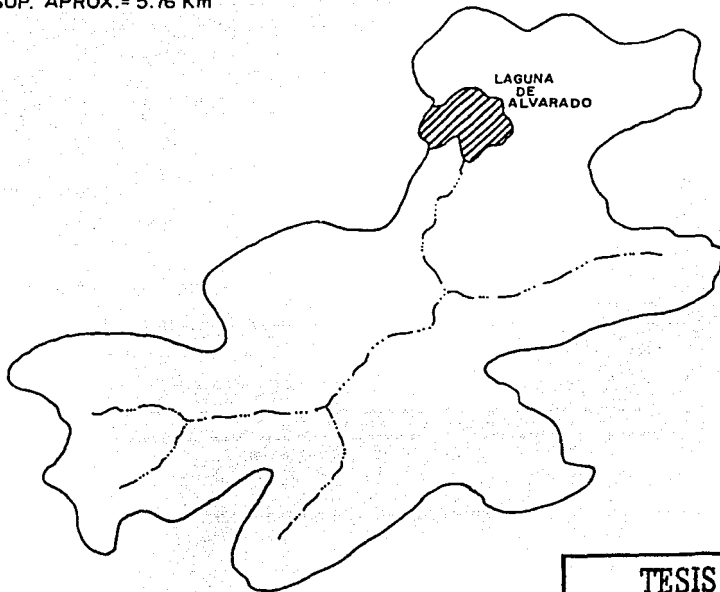
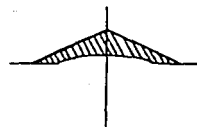
3.6.3.3 Análisis fotogeomorfológico y fotogeológico.

Al analizar estereoscópicamente la zona de la Laguna de Alvarado, se observa que ésta presenta un vaso semicircular hacia el noroeste, norte, noroeste y sureste. su contorno es irregular, ello se debe a que en estos dos lados está limitado directamente por la formación de yesos y es precisamente donde tiene su mayor profundidad (4.5 m).

La cuenca de captación de esta laguna tiene una forma alargada cuya mayor longitud la adquiere de norte a sur, con ligera inclinación al noreste-suroeste. El vaso de la laguna se aloja muy cerca de la parte norte de dicha cuenca y su aportación superficial la recibe principalmente de la porción sur y sureste, a través de una corriente o cauce que no esta muy bien definido (tanto el principal como sus secundarios); a este cause se le estima una longitud de 3.5 a 4.0 Km. La superficie estimada de esta cuenca es de 5.76 Km², figura no. XVI.

Geológicamente el vaso de la laguna esta en contacto directo (separada por una capa arcillosa) con los yesos en su parte oeste y suroeste, y el resto esta rodeada por su propia cuenca, compuesta superficialmente por sedimentos arcillosos producto de la intemperización y posteriormente la erosión de las rocas eocénicas (arenas dolomíticas, dolomías y calizas arcillosas), las cuales forman pequeñas elevaciones montadas en los yesos, o bien.

SUP. APROX. = 5.76 Km²



ESCALA 1:12,500



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

| | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| CENSA DE LA LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| FILIOLO | | INGENIERO | |
| FOLIO | | FOLIO | |
| FOLIO | | FOLIO | |

superficies más amplias formando planicies que, sin embargo, tienen como basamento la formación yesífera que como se sabe, se le observa fracturada y con amplias y continuas zonas carstícas.

Ahora bien, para que esta laguna funcione como fuente de abastecimiento, se requerirá de almacenar un mayor volumen y para que esto suceda, se debe impermeabilizar las actuales áreas de descarga naturales que tiene, sin embargo, al hacerlo se corre el riesgo de que se abran nuevas áreas laterales por donde pueda fugarse el agua y en un momento dado podría fallar el fondo mismo del vaso ya que, como se ha dicho, esta asentado sobre rocas fracturadas y carstificadas.

a) *Zoh - Laguna.*

Se localiza a 10 Km al norte de X'pujil, a la elevación 250 msnm. Se encuentra en una zona semiplana con lomeríos de baja altura, en sus alrededores afloran materiales arcillo-calcáreos (Eoceno no diferenciado), como arenas dolomíticas y conglomerados calcáreos, las lomas corresponden a yesos de la Formación Icaiché los cuales presentan abundantes huellas de disolución superficial (lapiaz), indicativas de un alto grado de carsticidad.

Se encuentra en la unidad evaporítica permeable con agua de mala calidad, aunque en su porción superficial es probable encontrar agua de mejor calidad, restringida al espesor de los materiales del Eoceno no diferenciado. Cuenta también, con una pequeña aguada en una estructura de colapso de fondo impermeable de 150 m de diámetro y 1.5 m de profundidad.

Agua de exagerada dureza en esta región se tiene también en el manantial localizado en el rancho "El Diamante" perteneciente al ejido Nuevo Becal, a unos 19 Km al noreste de X'pujil, con caudal aproximado de 15 a 20 l/s.

Los niveles piezométricos varían por la diversidad litológica y el grado de disolución de los yesos.

b) *Constitución.*

Esta región se localiza a 75 kilómetros al poniente del poblado de X'pujil, teniendo un desnivel aproximado de 120 m con respecto a X'pujil, se caracteriza por ser una planicie que contrasta tan solo a ocho kilómetros al oriente aproximadamente de las partes elevadas, la

zona plana corresponde a la unidad litológica del Eoceno no diferenciado, y las partes elevadas a los yesos de la Formación Icaiché.

Hidrológicamente se encuentra en la unidad poco permeable y semipermeable, los pozos profundos de Constitución, Pablo García, X-Bonil y Santa Lucía, poseen de 70 a 100 m de profundidad, niveles estáticos entre 40 y 50 m y de 5 a 6 l/s de gasto.

Por sus valores de conductividad eléctrica (c.e.) se infiere que la salinidad del agua es moderada. Es posible que los yesos de la Formación Icaiché se encuentren a profundidades no mayores de 250 m, ocasionando con esto la manifestación de los sulfatos que disminuyen la calidad química del agua.

Para esta unidad, la zona de recarga la constituyen los mismos afloramientos rocosos del Eoceno no diferenciado pero también puede tener alimentación de la unidad yesífera a través de fracturas, ocasionando con esto un incremento respecto a los estándares de calidad de agua potable. De acuerdo a la distribución espacial que mantienen las capas del Eoceno no diferenciado se considera que el flujo del agua es en dirección longitudinal.

Por otra parte, de acuerdo a la clasificación de aguas y contenido de STD que se realizó en 1991, se determina que las porciones este y norte del ejido de Constitución son las que contienen mejor calidad de agua con tan solo 1000 ppm de los estándares de calidad, y disminuyen, en calidad, hacia el sur con 2000 ppm del estándar observándose un incremento mayor de sulfatos.

c) *Caobas-Nicolás Bravo.*

Se localiza a 30 y 50 Km al oriente de X'pujil, con desniveles de 100 a 150 metros, la zona Caobas tiene lomeríos amplios y de baja altura, mientras la zona de Nicolás Bravo es semiplana. Ambas se encuentran en la transición de la formación yesífera y el Eoceno no diferenciado.

La unidad hidrogeológica permeable evaporítica queda expuesta hacia Caobas, La Moza y el ejido 20 de Noviembre, el pozo de Caobas tiene 177 m de profundidad, 112 m de nivel estático, gasto de 9 l/s, 60 cm de abatimiento y agua de mala calidad (agua dura) con un grado de conductividad eléctrica (c.e.) de 1590 micro-ohms.

Puede haber zonas con agua de moderada calidad donde se encuentren grandes espesores de la secuencia carbonatada del Eoceno no diferenciado.

Nicolás Bravo se encuentra en la unidad carbonatada poco permeable, como ahí lo demuestran pozos de 130 m de profundidad, entre 80 y 90 m de nivel estático, con gastos entre 6 y 7 l/s y agua de calidad aceptable para consumo humano.

d) *Calakmul.*

Esta a 110 Km al suroeste de X'pujil, a la misma elevación que este poblado. Es una área plana con lomas de baja altura, su litología es arena dolomítica (sascab) y caliza dolomítica, silicificada y recristalizada. Geológicamente pertenece a la unidad permeable a semipermeable carbonatada, conforma una planicie sobre la unidad yesífera, tiene espesor variable, diferentes profundidades y, posiblemente, agua de mala calidad o encontrarse drenada la unidad del Eoceno no diferenciado.

Existen tres aguadas de las cuales solo una contiene agua. En sus orillas se observa un fondo arcilloso.

3.6.3.4 *Marco hidrogeológico.*

Controlado por la estructura diapírica y litológica predominante de la región, la cual presenta alto grado de carsticidad.

El fracturamiento y la disolución de yesos provoca la profundización de los niveles de agua, las fallas y las discontinuidades litológicas (dolomías, margas,...), permiten la manifestación de manantiales de bajo a medio caudal (ejido 20 de Noviembre y ejido Nuevo Becal), que descargan acuíferos con agua de mala calidad (agua dura).

Los acuíferos de Constitución y Nicolás Bravo contienen agua de moderada calidad química, sus pozos arrojan gastos de 5 a 10 l/s con niveles de 40 a 50 m y de 80 a 100 m de profundidad, respectivamente.

La zona es la porción elevada de los yesos de la Formación Icaiché, con movimiento del agua en fracturas y carst. Por la estructura diapírica de los yesos el agua subterránea debe tener flujo radial hacia los extremos del diapiro, mezclándose con agua de buena calidad.

Las pequeñas lagunas y aguadas contienen agua de buena calidad, indicando que no reciben aportaciones subterráneas.

3.6.3.4.1 Funcionamiento de los sistemas acuíferos.

De acuerdo a las características de las unidades hidrogeológicas, se determinaron dos sistemas acuíferos en la región de estudio, los cuales se describen a continuación.

- Sistema acuífero evaporítico.

Este está comprendido por los yesos de la Formación Icaiché, el cual tiene un flujo subterráneo radial desde las zonas de recarga y que corresponden a las porciones más elevadas hacia la periferia, controlados por fracturas. Una vez infiltrada el agua presenta dos comportamientos, uno de ellos es que al encontrar horizontes menos permeables forman manantiales de variable caudal que forman pequeños arroyos que, posteriormente, penetran nuevamente en el subsuelo, el otro caso es el que fluye a través de fracturas hasta zonas profundas, lo que está evidenciado por los pozos fallidos en estos manantiales, con lo cual se concluye que este sistema es de tipo regional pero restringido a zonas fracturadas.

- Sistema acuífero carbonatado.

Este está formado por los materiales del Eoceno no diferenciado. Por su distribución espacial este sistema también tiene su área de recarga hacia las porciones elevadas y a su propia superficie de afloramientos, sin embargo, tiene influencia con el sistema evaporítico, ya que recibe aportes subterráneos de este como lo demuestra el no muy alto contenido de STD en los pozos de Nicolás Bravo y Constitución que bordean a los yesos, por lo tanto el flujo de agua subterránea a través de este sistema es de forma longitudinal controlado por el sistema de fracturas que bordean al sistema evaporítico con una dirección noreste-suroeste.

3.6.3.5.1 Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

La zona de estudio se localiza dentro de la estructura diapírica de los yesos de la Formación Icaiché, su rasgo geomorfológico es de amplias planicies erosivas que se forman o cubren a los yesos de la Formación Icaiché, presentando geoformas escalonadas con bordes escarpados que pueden inferir trazas de fracturamiento tectónico hacia el poniente y oriente del poblado de X'pujil, originadas por la deformación diferencial de estructuras diapíricas.

Se definieron dos unidades hidrogeológicas las cuales corresponden, la primera a los yesos de la Formación Icaiché (permeable) y, la segunda, a los materiales carbonatados del Eoceno no diferenciado (semipermeable).

El modelo conceptual hidrológico se define a través de los rasgos carsticos de la región, teniendo como área de recarga la porción elevada en el centro de X'pujil, siendo, por lo tanto, el flujo en dirección radial rumbo hacia los poblados de Constitución por el lado poniente y Nicolás Bravo por el lado oriente, presentándose hacia estos poblados la interfase del agua de mala calidad con la de buena calidad, ya que a partir de dichos poblados, rumbo a Escárcega y Chetumal, respectivamente, se tiene agua de calidad aceptable.

La Laguna de Alvarado, se encuentra en los yesos de la Formación Icaiché y corresponde a una estructura carstica (dolina) con fondo impermeable de materiales arcillosos y calcáreos (sascab). Su área de recarga es sólo a través de la precipitación y aporte de arroyos de régimen intermitente y torrencial; su descarga es a través de fracturas y resumideros en los yesos y se produce sólo cuando la laguna desborda su nivel.

Tomando en cuenta las dimensiones de la laguna, el origen de la recarga, así como las zonas de infiltración naturales que no permiten que se almacene un volumen considerable, además de que se pueden presentar ciclos de lluvias muy escasos, se considera poco factible la extracción del agua de esta laguna con gastos mayores a 10 l/s. A fin de tener un mayor apoyo a lo antes expuesto, es necesario realizar un estudio hidráulico detallado de la laguna.

X'pujil, Zoh-Laguna y Caobas, se encuentran sobre la unidad yesífera, en donde se han perforado algunos pozos con resultados negativos, además afloran manantiales con agua de mala calidad química (agua dura), no apta para consumo humano, solamente pudiera

utilizarse como zona recreativa el sitio donde se encuentra el manantial de "El Chorro" que está dentro de la propiedad del rancho "El Diamante".

Hacia las zonas de Constitución y Nicolás Bravo, el agua tiene mejor calidad química, como lo indican los pozos ahí construidos, con profundidades que oscilan entre los 80 y 100 m, con gastos de 4 a 10 l/s (para la zona de Nicolás Bravo).

Recomendaciones.

- Llevar a cabo una primera perforación exploratoria en la parte norte de la zona arqueológica de Calakmul en el sitio donde se ubicó el SEV número uno, a una profundidad de proyecto (P.P.) de 150 m.

- Llevar a cabo una segunda perforación exploratoria sobre la margen izquierda del río "Escondido" a unos 50 m aguas arriba del puente "Las Sorpresas", localizado en el tramo de carretera entre Caobas y Nicolás Bravo, a una profundidad de proyecto (P.P.) de 150 m.

- Llevar a cabo una tercera perforación exploratoria aproximadamente a tres kilómetros al oriente del pozo de Constitución (kilómetro 78 de la carretera Escárcega-Chetumal), a una profundidad de proyecto (P.P.) de 100 m.

- Dichas perforaciones tendrán la característica de ser exploratorias, con un diámetro máximo de 12 ¼", salvo casos especiales no previstos, en donde la elección de dicho diámetro quedará a criterio de las personas autorizadas para ello.

- Dicha perforación es recomendable hacerla con un equipo de percusión, para evitar la obstrucción con lodo bentonítico en las zonas permeables.

- Es recomendable llevar una supervisión muy estricta de la perforación del pozo para tener un control del corte litológico, con el fin de evitar penetrar la zona de yesos para no llegar a la zona de agua de mala calidad, en cuyo caso debe suspenderse de inmediato la perforación y sellar con un tapón de cemento un tramo mínimo de dos a tres metros del fondo de la misma.

- Tomar la Laguna de Alvarado como fuente de abastecimiento únicamente cuando se hayan agotado las posibilidades de encontrar agua subterránea a través de pozos profundos en las zonas que se indican en los párrafos anteriores, haciendo la aclaración que dicha laguna sólo podrá proporcionar entre 5 y 10 l/s como gasto máximo.

3.6.4 Hidrogeoquímica e isótopos.

3.6.4.1 Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento.

Con la finalidad de establecer la fuente de abastecimiento más apropiada para el suministro público de las localidades de la Región de X'pujil, se analizaron, desde los puntos de vista técnico y económico diversas alternativas, de las cuales tres son las que se consideran de mayor importancia para el estudio: Pozo Nicolás Bravo, Pozo Constitución, y Laguna de Alvarado.

En cada una de estas tres fuentes, se evaluó la disponibilidad de agua, longitudes de tubería de conducción, cárcamos de bombeo, sistemas de distribución y costos, entre otros conceptos. Asimismo, desde el punto de vista de control de calidad, se tomaron muestras para su análisis en laboratorio con el objeto de contar con resultados que permitan definir cual de las fuentes presenta menores problemas sanitarios y cual es la más recomendable para su exploración y uso, sin que sea necesaria la inclusión de un sistema de tratamiento de potabilización completo.

Los resultados obtenidos del análisis técnico y económico de las alternativas evaluadas determinaron que el agua de la Laguna de Alvarado es la que proporciona mayores ventajas y que tiene agua en calidad y cantidad suficiente para satisfacer las necesidades actuales de las poblaciones demandantes del recurso; estos datos se presentan en el capítulo correspondiente.

Los datos de calidad del agua de las tres fuentes de abastecimiento, obtenidos de los análisis realizados durante los meses de agosto y septiembre del año 2002, se promediaron entre las cinco estaciones climatológicas y se presentan en las tablas 4 y 5. Dichos datos se analizaron y evaluaron tomando como referencia las Normas Oficiales Mexicanas de 1980 y 1993, así como con los criterios recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS); éstos se incluyeron en las tablas mencionadas.

Tabla No. 4

Calidad del agua de las fuentes alternativas de abastecimiento para localidades de Campeche
y Normas de Calidad Para el Agua Potable. Agosto 12, 2002.

| PARAMETRO | UNIDAD | LAGUNA DE ALVARADO | | | | | M7 (N. BRAVO) | M 12 (CONST.) | NORMAS DE CALIDAD | | |
|--------------------|-------------------------------|--------------------|----------|-----------|----------|---------|------------------|------------------|-------------------|-------------|-----------|
| | | M 1 | M 2 | M 3 | M 4 | M 5 | | | NOM 1993 | SSA 1980 | OMS |
| | | (PONIENTE) | (CENTRO) | (ORIENTE) | (NORTE) | (SUR) | | | | | |
| CAMPO : | | | | | | | | | | | |
| Temperatura | °C | 28.2 | 28.2 | 28.1 | 28.1 | 28.0 | 24.8 | 28.2 | — | 10 - 15 | — |
| pH | u. de pH | 8.38 | 8.42 | 8.40 | 8.42 | 8.40 | 7.45 | 6.81 | 8.9 - 8.5 | 8.0 - 8.0 | 8.5 - 8.5 |
| Conductividad | umhos / cm | 139.0 | 132.0 | 178.0 | 177.0 | 178.0 | 612.0 | 1153.0 | — | — | — |
| LABORATORIO | | | | | | | | | | | |
| pH | u. de pH | 7.05 | 6.90 | 6.45 | 6.60 | 6.55 | — | — | 8.9 - 8.5 | — | 6.5 - 8.5 |
| Conductividad | umhos / cm | 175.0 | 175.0 | 175.0 | 175.0 | 175.0 | — | — | — | — | — |
| Turbiedad | UTJ | 14.0 | 14.0 | 14.0 | 14.0 | 14.0 | — | — | — | — | — |
| Alcalinidad Total | mg / l | 80.0 | 52.0 | 56.0 | 56.0 | 52.0 | — | — | 10.0 | 10.0 | 5.0 |
| Dureza Total | mg / l | 85.0 | 80.0 | 75.0 | 65.0 | 70.0 | — | — | 400.0 | 400.0 | — |
| Dureza de Calcio | mg / l | 70.0 | 55.0 | 65.0 | 65.0 | 50.0 | — | — | 520.8 | 300.0 | 500.0 |
| Dureza de Magnesio | mg / l | 15.0 | 25.0 | 10.0 | 0.0 | 20.0 | — | — | 300.0 | 150.0 | — |
| Calcio | mg / l | 28.0 | 22.0 | 26.0 | 26.0 | 20.0 | — | — | 120.8 | 150.0 | — |
| Magnesio | mg / l | 3.6 | 6.0 | 2.4 | 0.0 | 4.8 | — | — | — | — | — |
| Cloruros | mg / l | 24.1 | 14.4 | 9.6 | 14.4 | 9.6 | — | — | 125.0 | 125.0 | — |
| Sulfatos | mg / l | 0.77 | 0.61 | < 0.013 | 1.25 | < 0.013 | — | — | — | 250.0 | 250.0 |
| Bicarbonatos | mg / l | 73.2 | 63.4 | 68.3 | 68.3 | 63.4 | — | — | 250.0 | 250.0 | 400.0 |
| Coliformes Fecales | NMP / 100 ml (superficial) | 9.0 | 93.0 | 43.0 | 460.0 | 20.0 | — | — | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | (a 1 m de prof) | 240.0 | 23.0 | 7.0 | 75.0 | 120.0 | — | — | — | — | — |
| Coliformes Totales | NMP / 100 ml (superficial) | 9.0 | 460.0 | 43.0 | 32,400.0 | 120.0 | — | — | 2.0 | < 20.0 | 3.0 |
| | (a 1 m de prof) | 1,100.0 | 240.0 | 7.0 | 75.0 | 120.0 | — | — | — | — | — |

* Ncta M 6 y M 8 - M 11 Calidad de otras fuentes

87

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla No. 4 (continua)

Calidad del agua de las fuentes alternativas de abastecimiento para localidades de Campeche
y Normas de Calidad Para el Agua Potable. Agosto 12, 2002.

| PARAMETRO | UNIDAD | LAGUNA DE ALVARADO | | | | | | | | | | | NORMAS DE CALIDAD | | |
|--------------------|--------------|--------------------|------------------|-------------|---------|---------|----------------|--------------|---------|-----------|---------|-----------|-------------------|-----------|--|
| | | M 6 | M 7 | M 8 | M 9 | M 10 | M 11 | M 12 | NICOLAS | 20 DE | SAH | NOM | SSA | OMS | |
| | | A. DE CALAKMUL | NICOLAS BRAVO | SAN JOSE | COABAS | X'PUJIL | NUYEO BECAL | CONSTITUCION | BRAVO | NOVIEMBRE | JOSE | 1983 | 1980 | 1971 | |
| CAMPO | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura | oC | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| pH | u. de pH | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 10 - 15 | -- | |
| Conductividad | umhos / cm | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 6.9 - 8.5 | 6.0 - 8.0 | 6.5 - 8.5 | |
| LABORATORIO: | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | u. de pH | 6.60 | 6.70 | 6.85 | 6.60 | 6.60 | 6.70 | 6.80 | 6.80 | 7.40 | 7.20 | 6.9 - 8.5 | -- | 6.5 - 8.5 | |
| Conductividad | umhos / cm | 330.0 | 780.0 | 500.0 | 2,300.0 | 3,000.0 | 2,600.0 | 1,400.0 | 900.0 | 540.0 | 3,150.0 | -- | -- | -- | |
| Turbiedad | UTJ | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 10.0 | 10.0 | 5.0 | |
| Alcalinidad Total | mg / l | 196.0 | 240.0 | 188.0 | 204.0 | 248.0 | 288.0 | 260.0 | 260.0 | 216.0 | 188.0 | 400.0 | 400.0 | -- | |
| Dureza Total | mg / l | 322.0 | 1,542.0 | 124.0 | 159.0 | 334.0 | 144.0 | 1,673.0 | 1,502.0 | 1,409.0 | 427.0 | 520.8 | 300.0 | 500.0 | |
| Dureza de Calcio | mg / l | 138.0 | 1,409.0 | 104.0 | 143.0 | 85.0 | 85.0 | 1,506.0 | 1,429.0 | 1,188.0 | 163.0 | 300.0 | 150.0 | -- | |
| Dureza de Magnesio | mg / l | 186.0 | 133.0 | 20.0 | 16.0 | 249.0 | 59.0 | 167.0 | 73.0 | 241.0 | 264.0 | 120.8 | 150.0 | -- | |
| Calcio | mg / l | 54.4 | 583.6 | 41.8 | 57.2 | 34.0 | 34.0 | 602.4 | 571.8 | 467.2 | 65.2 | -- | -- | -- | |
| Magnesio | mg / l | 45.2 | 32.3 | 4.9 | 3.9 | 60.5 | 14.3 | 40.8 | 17.7 | 58.6 | 64.2 | 125.0 | 125.0 | -- | |
| Cloruro | mg / l | 89.5 | 70.7 | 297.0 | 180.3 | 94.2 | 160.3 | 132.0 | 141.4 | 89.5 | 292.3 | -- | 250.0 | 250.0 | |
| Sulfatos | mg / l | 12.2 | 28.6 | 14.1 | 2,142.0 | 1,995.0 | 1,729.0 | 520.0 | 24.2 | 2,014.0 | 8.8 | 250.0 | 250.0 | 400.0 | |
| Bicarbonatos | mg / l | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Coliformes Fecales | NMP / 100 ml | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <3 | 1,100.0 | 1,100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Coliformes Totales | NMP / 100 ml | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <3 | 1,100.0 | 1,100.0 | 2.0 | <20.0 | 3.0 | |

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

67

Tabla No. 5

Calidad del agua de las fuentes alternativas de abastecimiento para localidades de Campeche
y Normas de Calidad Para el Agua Potable. Septiembre 6, 2002.

| PARAMETRO | UNIDAD | LAGUNA DE ALVARADO | | | | | | | | | | NORMAS DE CALIDAD | | |
|--------------------|--------------|--------------------|------------------|-------------|---------|---------|----------------|--------------|---------|-----------|---------|-------------------|-----------|-----------|
| | | M 6 | M 7 | M 8 | M 9 | M 10 | M 11 | M 12 | NICOLAS | 20 DE | SAN | NOM | SSA | OMS |
| | | A. DE CALAKMUL | NICOLAS BRAVO | SAN JOSE | COABAS | XPUJIL | HUEVO BECAL | CONSTITUCION | BRAVO | NOVIEMBRE | JOSE | | | |
| CAMPO : | | | | | | | | | | | | 1983 | 1980 | |
| Temperatura | oC | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 10 - 15 | -- |
| pH | u. de pH | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 6.9 - 8.5 | 8.0 - 8.0 | 6.5 - 8.5 |
| Conductividad | umhos / cm | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| LABORATORIO : | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | u. de pH | 6.60 | 6.70 | 6.65 | 6.60 | 6.60 | 6.70 | 6.80 | 6.60 | 7.40 | 7.20 | 6.9 - 8.5 | -- | 6.5 - 8.5 |
| Conductividad | umhos / cm | 330.0 | 780.0 | 500.0 | 2,300.0 | 3,000.0 | 2,600.0 | 1,400.0 | 900.0 | 540.0 | 3,150.0 | -- | -- | -- |
| Turbiedad | UTJ | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 10.0 | 10.0 | 5.0 |
| Alcalinidad Total | mg / l | 196.0 | 248.0 | 188.0 | 204.0 | 248.0 | 268.0 | 280.0 | 260.0 | 216.0 | 188.0 | 400.0 | 400.0 | -- |
| Dureza Total | mg / l | 322.0 | 1,542.0 | 124.0 | 159.0 | 334.0 | 144.0 | 1,673.0 | 1,502.0 | 1,409.0 | 427.0 | 520.8 | 300.0 | 500.0 |
| Dureza de Calcio | mg / l | 136.0 | 1,409.0 | 104.0 | 143.0 | 85.0 | 85.0 | 1,508.0 | 1,429.0 | 1,168.0 | 163.0 | 300.0 | 150.0 | -- |
| Dureza de Magnesio | mg / l | 186.0 | 133.0 | 20.0 | 16.0 | 249.0 | 59.0 | 167.0 | 73.0 | 241.0 | 264.0 | 120.8 | 150.0 | -- |
| Calcio | mg / l | 54.4 | 563.8 | 41.8 | 57.2 | 34.0 | 34.0 | 602.4 | 571.6 | 467.2 | 65.2 | -- | -- | -- |
| Magnesio | mg / l | 45.2 | 32.3 | 4.9 | 3.9 | 60.5 | 14.3 | 40.6 | 17.7 | 58.6 | 64.2 | 125.0 | 125.0 | -- |
| Cloruros | mg / l | 89.5 | 70.7 | 297.0 | 160.3 | 94.2 | 160.3 | 132.0 | 141.4 | 89.5 | 292.3 | -- | 250.0 | 250.0 |
| Sulfatos | mg / l | -- | 189.0 | -- | 393.0 | 408.0 | 363.0 | 173.0 | 162.0 | 383.0 | -- | 250.0 | 250.0 | 400.0 |
| Bicarbonatos | mg / l | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Coliformes Fecales | NMP / 100 ml | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Coliformes Totales | NMP / 100 ml | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

08

3.6.4.2 Análisis y evaluación de los parámetros determinados en campo y laboratorio.

De acuerdo con los resultados analíticos obtenidos, se puede observar lo siguiente.

a. pH

El pH determinado en laboratorio, de todas las aguas muestreadas y analizadas, varío de ligeramente ácido a ligeramente alcalino. El ámbito de variación fue de 6.55 a 7.4 unidades de pH; obteniéndose la mayor concentración en el pozo 20 de Noviembre. Los valores determinados de pH son apropiados para el agua de consumo doméstico, por lo tanto no representan problemas.

En campo, los pH's determinados en el agua de la Laguna de Alvarado presentaron valores ligeramente menores a los obtenidos en laboratorio, detectándose mínimos de 6.38 unidades de pH. En el pozo Nicolás Bravo se obtuvo un valor máximo de 7.45 unidades de pH.

La variación entre las determinaciones de campo y laboratorio se considera normal, sobre todo si no se preservan las muestras de agua convenientemente.

b. Conductividad eléctrica (c.e.).

En el agua de la Laguna de Alvarado los valores determinados de conductividad son bajos, tomando como punto de comparación el valor que establece la OMS, para sólidos disueltos totales de 1000 mg/l, y la relación entre este parámetro y la conductividad eléctrica.

En el agua de los pozos, como es obvio, la conductividad se incrementa significativamente; ésta varío de 330 a 300 umhos/cm. Estos valores son indicativos de la gran cantidad de iones en solución que están presentes en el agua y que, de acuerdo con su tipo, concentración y efectos en la salud, tendrán que ser removidos antes del consumo del agua, por las implicaciones que éstos pueden tener.

En las otras dos fuentes, Pozos Constitución y Nicolás bravo, los valores determinados fueron 1900 y 400 umhos/cm, respectivamente; éstos, al parecer, no representan gran problema para que el agua se consuma directamente. Se dice al parecer porque en el

análisis no se determinaron parámetros de importancia para decidir si el agua es aceptable o no para su consumo; los parámetros faltantes son, entre otros, sodio, potasio, manganeso y metales pesados.

c. Turbiedad.

En las muestras examinadas sólo se determinó turbiedad en el agua de la Laguna, encontrándose que rebasa ligeramente la Norma Oficial para Agua Potable. Este problema podrá abatirse si se opta por esta fuente y se localiza apropiadamente la obra de toma.

d. Alcalinidad.

Las concentraciones obtenidas de alcalinidad total, en todas las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite que establecen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de 400 mg/l. Con respecto a este parámetro no existe inconveniente en el uso del agua de cualquiera de las fuentes.

e. Dureza total.

La dureza total determinada en las muestras de agua de la Laguna varío de 65 a 85 mg/l, valores muy por debajo de los que señalan las normas y los criterios de calidad usados para la evaluación. En cambio en el agua de las demás fuentes los valores determinados fueron extremos ya que variaron de 124 a 1673 mg/l.

Los pozos Constitución y Nicolás Bravo son los que presentaron los valores máximos con 1679 y 1502 mg/l, respectivamente. Estas concentraciones rebasan tanto las normas como los criterios de calidad; además, provocan que el uso del agua se limite en las actividades diarias ya que causa problemas al evitar que el jabón produzca espuma y que deje la piel seca al bañarse la gente.

De las durezas determinadas, la de calcio es, generalmente, mucho mayor en comparación con la de magnesio. En el caso de las tres fuentes principales, la concentración de la dureza de calcio es desde 2.5 hasta 19.5 veces mayor a la de magnesio. La norma establece un valor de 300 mg/l para dureza de calcio.

f. Calcio y magnesio.

De manera similar a los valores de dureza de calcio y magnesio, las concentraciones de calcio son mucho mayores que las de magnesio, excepto en la muestra M10. En las normas y en los criterios de la OMS no se fijan límites para el calcio, para magnesio es de 125 mg/l; sin embargo, si se relaciona la concentración de calcio con los valores de dureza determinados se podrá observar que el agua de los pozos Constitución y Nicolás Bravo rebasan dichas normas.

Con el agua de la laguna no hay problema con respecto a estos parámetros.

g. Cloruros y sulfatos.

El agua de la Laguna satisface ampliamente los valores límite establecidos para estos dos parámetros. En el caso de las demás fuentes, las muestras de San José rebasan el valor establecido para cloruros en más de 40 mg/l, y las de Caobas, X'pujil, Nuevo Becal y 20 de Noviembre rebasan las normas establecidas para sulfatos.

Los pozos Constitución y Nicolás Bravo satisfacen convenientemente dichos valores normativos.

h. Bicarbonatos.

Este parámetro sólo se determinó en las aguadas de la laguna encontrándose un ámbito de variación de 63.4 a 73.2 mg/l.

Estas concentraciones no son representativas, por lo cual no limitan el uso del agua.

i. Coliformes fecales y totales.

Los organismos del tipo coliforme sólo se determinaron en algunas muestras. En las fuentes de interés, solo se analizaron en las aguas de la Laguna de Alvarado y del pozo Nicolás Bravo.

En las aguas de la laguna se rebasan los límites permisibles para agua potable, de menos de 2 NMP/100ml, esto es indicativo de que el agua deberá ser desinfectada antes de su consumo. El agua del pozo Nicolás Bravo, se encuentra en el límite establecido.

3.6.4.3 Conclusiones y recomendaciones.

Como se puede observar en las tablas 4 y 5 los parámetros que rebasan las normas señaladas son turbiedad, conductividad, calcio, y coliformes; tanto fecales como totales.

En el caso de la turbiedad, como se puede observar la diferencia entre el valor obtenido y las normas no es crítica. Para determinar si no se requerirá de tratamiento adicional para reducir la conductividad eléctrica y el contenido de calcio, será necesario hacer un análisis completo a las muestras de las diferentes fuentes de abastecimiento seleccionadas para su análisis. Entre otros, los parámetros faltantes de análisis son: color, sodio, potasio, materia orgánica (o también, oxígeno consumido en medio ácido), magnesio, fierro y otros metales pesados.

Las concentraciones detectadas de coliformes son de riesgo, ya que el consumo de esta agua provoca enfermedades gastrointestinales que, en ocasiones, son mortales. Para reducir la concentración de organismos en las tomas domiciliarias es necesario aplicar una cantidad suficiente de cloro residual en el agua servida.

3.6.5 Relación de la calidad del agua con las formaciones geológicas.

Para relacionar la calidad del agua con las formaciones geológicas es necesaria la determinación en laboratorio de un mayor número de parámetros y de repeticiones de los mismos a través del tiempo, para contar con información básica que nos permita establecer relaciones apropiadas y determinar las formaciones geológicas que influyen en la calidad de las aguas de las diferentes fuentes de abastecimiento.

Mediante el uso de diagramas de Piper y con la poca información analítica disponible, ya que al menos faltó la determinación de sodio, potasio, bicarbonato y carbonatos en las diferentes muestras de agua, se puede establecer que el agua de las tres fuentes tiene características cálcico-bicarbonatadas y magnésico-bicarbonatadas, además, es cálcica y ligeramente magnésiana.

3.6.5.1 Alternativas de tratamiento.

Sobre la base de la información de laboratorio se puede observar que el agua de la Laguna de Alvarado requiere únicamente desinfección para asegurar la salud de la población consumidora del recurso. Para las aguas de abastecimiento de las otras dos fuentes, pozos Nicolás Bravo y Constitución, es posible que se requiera de un sistema de tratamiento, ya sea por ablandamiento, clorifloculación o intercambio iónico, debido a la gran cantidad de sales minerales contenidas en el líquido.

Al requerirse del sistema de tratamiento, como es obvio, los costos de inversión, operación y mantenimiento se incrementarán significativamente.

Lo anterior justificó, aún más, la decisión de emplear a la Laguna de Alvarado como la fuente de abastecimiento para la región en estudio, ya que en este caso, como se ha mencionado, solo se requerirá de desinfección.

3.6.5.2 Desinfección del agua.

Para la desinfección del agua se evaluaron dos alternativas de tratamiento, una por medio de hipoclorito de sodio y la otra utilizando luz ultravioleta.

La segunda alternativa es muy atractiva ya que se trata de un agua blanca, con cantidad de color gris oscuro mínima, sólidos en suspensión y turbiedad cerca de los estándares de calidad, además, los gastos son pequeños. No obstante de que su uso es factible, representa grandes e importantes desventajas, como son: en el país solo se emplea a nivel industrial; no se tiene gran experiencia en el uso de este método a nivel municipal, requiere de personal especializado para su operación; y, para verificar que el agua está desinfectada o libre de organismos patógenos es necesario que se efectúen análisis de laboratorio continuos, los cuales tardan 48 horas. Además, no se cuenta con un laboratorio próximo a la zona lo que dificulta su control, entre otros aspectos.

Con la primera alternativa, esto es, empleando hipocloradores, la verificación de que el agua no contiene coliformes se puede hacer más rápida y de manera sencilla, efectuando determinaciones. "in situ", de la concentración de cloro residual por comparación visual con

equipo de fácil manejo. Además, el personal encargado de la operación del equipo no requiere ser especializado pero si, preferentemente, capacitado o entrenado. Además, la operación de los dispositivos de desinfección es simple y no requiere de gran tiempo para su mantenimiento.

Por otra parte, los costos de los hipocloradores son mucho menores en comparación con los correspondientes a las lámparas ultravioleta. Los costos de operación y mantenimiento pueden ser comparativos al requerirse químicos en el primer caso y energía eléctrica, en mayor cantidad, en el segundo.

Las alternativas anteriores, con sus ventajas y desventajas, se presentaron a las autoridades de la CNA, estatal y regional, y de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado (CAPAE), con quienes se decidió el empleo de hipocloradores como dispositivo para el tratamiento del agua de suministro.

3.6.5.3 Instalación de hipocloradores.

Con la finalidad de garantizar la desinfección del agua de abastecimiento se evaluaron tres alternativas, las cuales fueron:

- Instalar un hipoclorador en cada localidad.
- Instalar un solo hipoclorador para todas las localidades.
- Instalar al menos tres hipocloradores en los tanques de almacenamiento y/o rebombeo.

a. Instalar un hipoclorador en cada localidad.

La primera alternativa no es muy viable ya que se requieren 23 equipos, uno por comunidad, son mayores los costos de operación y mantenimiento; el número de personal para su operación se incrementa, y el control en la desinfección del químico al agua, generalmente se pierde. Además, la coordinación y supervisión del personal encargado de esta actividad se dificulta.

b. Instalar un solo hipoclorador para todas las localidades.

La segunda alternativa, aunque es atractiva ya que requiere de un solo equipo de desinfección de mayor capacidad, de que se tiene mejor control en la operación de estos dispositivos y en el suministro del químico, y de que el número de personal en mínimo, no es la apropiada. Esto se debe a que se requiere de mayor dosificación o adicionar cantidades mayores de cloro para que este químico desinfecte el agua y se mantenga un cloro residual apropiado en los poblados más alejados.

Al incrementar la dosis de inyección de cloro, para garantizar la existencia de cloro residual en las poblaciones más alejadas, los habitantes de las primeras poblaciones podrán rechazar el agua por el sabor que le imparte el químico, con lo que se presentarán problemas con la población.

c. Instalar al menos tres hipocloradores en los tanques de almacenamiento y/o rebombeo.

La tercer alternativa es la más atractiva ya que se requieren únicamente tres o cuatro equipos de cloración, uno en cada tanque de almacenamiento y/o rebombeo, los requerimientos del personal son de medio a bajo; la dosis de aplicación de cloro en cada etapa es menor, tratando de mantener una concentración de cloro residual apropiada en las tomas; se evita rechazo del agua por parte de la población; y se garantiza, la desinfección del agua en toda la conducción hasta las tomas domiciliarias.

Cada una de las alternativas anteriores se presentó a las autoridades de la CNA y de la CAPAE, señalando sus ventajas y desventajas. Por lo anterior, en forma conjunta se optó por la última de estas.

3.7 Estudio hidrológico de la Laguna de Alvarado.

3.7.1 Objetivo.

La finalidad del estudio del funcionamiento de vaso de la laguna, es determinar la potencialidad hidráulica de la misma como fuente de suministro, para lo cual se determinaron las relaciones que existen entre las condiciones pluviométricas y de evaporación de la zona en estudio, la demanda de agua, la capacidad del vaso, los volúmenes máximos aprovechables y las deficiencias en la demanda. De esta manera el estudio del funcionamiento de vaso, nos da a conocer las fluctuaciones que experimenta el nivel del agua en el vaso por efecto de las aportaciones, extracciones y evaporaciones. También nos da a conocer los derrames que se presentan, y las deficiencias que se tienen cuando el vaso no puede satisfacer las demandas.

El análisis de un vaso se efectúa para el periodo observado en el pasado y que se considera representativo de lo que pueda acontecer en el futuro. Esto es, se supone que el ciclo hidrológico observado hasta la fecha actual, se repetirá en el futuro. El periodo mínimo recomendado es de 20 años. En nuestro caso tenemos 42 años.

3.7.2 Datos necesarios.

Los datos que se requieren son:

- a) Volúmenes mensuales producto de escurrimiento superficial, que ingresan al vaso.
En nuestro caso no existen estas aportaciones.
- b) Datos pluviométricos en forma de láminas de precipitación mensual de este tipo y láminas de evaporación.
- c) Características topográficas del vaso dadas por la curva de áreas-capacidades.
- d) Distribución de la demanda a lo largo del año.
- e) Capacidad muerta del vaso.
- f) Capacidad máxima del vaso.

3.7.3 Determinación de los datos necesarios.

a) Volúmenes mensuales escurridos que llegan al vaso.

En nuestro caso no existen estas aportaciones, sin embargo conviene hacer un estudio específico para tener la certeza de éstos o detectar alguna posible aportación superficial. Sólo se tendrán volúmenes de ingreso por lluvia que se obtienen multiplicando el área máxima de la laguna, correspondiente a la capacidad máxima, multiplicada por la altura de lluvia correspondiente (tabla no. 6), obteniendo así la tabla no. 9.

b) Datos pluviométricos.

La laguna de Alvarado queda enmarcada por cinco estaciones climatológicas analizadas:

Zoh-Laguna, Nicolás Bravo, Cocoyol, La Esperanza y Silvituc (figura no. 1)

Como valores representativos para la laguna se promediaron los cinco registros de evaporación para obtener la tabla no. 7. A partir de esta tabla con los valores obtenidos de las estaciones climatológicas afectados de un coeficiente de reducción, 0.77 que es el valor usual, se obtiene la evaporación real, es decir.

$$\text{Evaporación real} = 0.77(\text{Evaporación observada})$$

Aplicando este coeficiente se obtiene la tabla no. 8.

c) Características topográficas del vaso de la laguna (Curva áreas-capacidades).

En el plano no. 5 se muestra la topografía del vaso de la laguna a partir de éste se elaboró la tabla no. 10. Se sugiere verificar el levantamiento batimétrico ya que en la inspección física se apreció mayor extensión y profundidad a la laguna. A partir de esta tabla se elaboró el plano no. 6 y la tabla no. 11 de áreas-capacidades, auxiliar para el cálculo del funcionamiento de vaso.

Tabla No 6

Promedios de precipitación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1952 | 37.9 | 3.4 | 32.4 | 223.3 | 66.7 | 193.0 | 202.4 | 214.4 | 47.7 | 190.4 | 135.4 | 19.0 | 1,366.1 |
| 1953 | 10.2 | 39.6 | 1.2 | 26.6 | 60.9 | 148.1 | 319.0 | 68.0 | 370.6 | 237.4 | 1.8 | 84.7 | 1,368.4 |
| 1954 | 17.0 | 22.9 | 54.1 | 188.9 | 132.7 | 372.5 | 178.9 | 216.8 | 296.2 | 227.9 | 20.4 | 25.2 | 1,753.2 |
| 1955 | 28.7 | 45.8 | 4.3 | 3.2 | 16.1 | 140.4 | 284.8 | 164.1 | 228.5 | 286.2 | 146.5 | 73.7 | 1,418.0 |
| 1956 | 13.0 | 80.3 | 61.0 | 3.2 | 114.9 | 313.5 | 168.0 | 131.6 | 339.3 | 178.5 | 31.9 | 77.5 | 1,492.3 |
| 1957 | 59.5 | 95.3 | 32.0 | 90.9 | 19.7 | 241.9 | 167.1 | 81.9 | 146.2 | 53.1 | 76.5 | 78.4 | 1,144.5 |
| 1958 | 32.5 | 11.0 | 10.5 | 84.4 | 307.2 | 159.4 | 359.5 | 95.3 | 130.9 | 180.5 | 182.2 | 133.6 | 1,877.2 |
| 1959 | 82.2 | 14.5 | 59.0 | 90.8 | 45.8 | 82.7 | 50.0 | 78.7 | 143.8 | 205.7 | 36.5 | 1.5 | 901.1 |
| 1960 | 27.5 | 7.5 | 21.4 | 131.8 | 389.8 | 262.9 | 186.2 | 100.6 | 242.6 | 107.1 | 117.9 | 59.4 | 1,854.6 |
| 1961 | 62.9 | 74.8 | 24.7 | 73.4 | 93.3 | 129.3 | 304.0 | 238.1 | 195.5 | 185.3 | 88.4 | 72.8 | 1,541.8 |
| 1962 | 63.8 | 7.8 | 9.0 | 85.2 | 97.3 | 133.1 | 90.7 | 66.1 | 184.0 | 232.7 | 57.4 | 2.2 | 1,006.1 |
| 1963 | 55.1 | 45.7 | 64.4 | 4.7 | 84.8 | 84.8 | 207.8 | 306.4 | 456.8 | 99.0 | 76.1 | 45.1 | 1,520.6 |
| 1964 | 127.5 | 33.0 | 59.6 | 14.9 | 113.2 | 277.7 | 233.0 | 90.6 | 247.0 | 82.8 | 121.7 | 86.0 | 1,501.2 |
| 1965 | 50.2 | 100.7 | 5.8 | 23.2 | 97.1 | 165.5 | 114.0 | 111.3 | 187.9 | 227.6 | 38.4 | 80.8 | 1,212.5 |
| 1966 | 82.5 | 46.8 | 43.9 | 39.8 | 211.3 | 273.1 | 153.5 | 106.7 | 208.6 | 100.0 | 30.9 | 5.9 | 1,304.7 |
| 1967 | 84.5 | 31.1 | 36.0 | 105.4 | 2.4 | 245.9 | 125.2 | 141.9 | 165.4 | 181.8 | 41.3 | 52.3 | 1,263.0 |
| 1968 | 46.6 | 38.4 | 18.4 | 14.4 | 146.5 | 164.5 | 152.8 | 228.9 | 206.5 | 178.4 | 67.4 | 46.5 | 1,269.4 |
| 1969 | 60.0 | 17.1 | 61.8 | 42.5 | 308.2 | 142.1 | 139.1 | 154.8 | 370.3 | 130.2 | 54.0 | 14.9 | 1,494.8 |
| 1970 | 35.6 | 16.4 | 8.0 | 2.9 | 87.7 | 99.6 | 174.5 | 180.9 | 206.5 | 129.6 | 33.2 | 19.9 | 997.1 |
| 1971 | 14.2 | 18.6 | 34.5 | 1.6 | 17.2 | 54.0 | 127.6 | 104.9 | 143.5 | 68.9 | 101.1 | 86.5 | 792.8 |
| 1972 | 73.5 | 36.5 | 3.1 | 19.3 | 101.7 | 182.6 | 242.0 | 173.8 | 275.9 | 190.5 | 89.6 | 93.6 | 1,491.3 |
| 1973 | 40.7 | 31.9 | 11.2 | 40.6 | 196.3 | 105.1 | 111.6 | 253.6 | 204.4 | 180.4 | 83.0 | 72.2 | 1,326.2 |
| 1974 | 52.8 | 23.8 | 39.2 | 10.3 | 144.7 | 158.5 | 114.0 | 82.6 | 192.7 | 166.7 | 53.9 | 15.8 | 1,086.2 |
| 1975 | 81.8 | 3.8 | 20.6 | 1.5 | 47.0 | 30.7 | 112.7 | 109.0 | 205.1 | 230.2 | 78.4 | 12.8 | 934.6 |
| 1976 | 17.9 | 15.0 | 1.3 | 21.1 | 86.8 | 447.1 | 116.9 | 110.0 | 139.3 | 51.3 | 70.3 | 138.5 | 1,227.3 |
| 1977 | 29.6 | 58.5 | 55.8 | 62.3 | 103.2 | 257.9 | 143.6 | 106.5 | 100.8 | 79.7 | 69.5 | 69.8 | 1,137.0 |
| 1978 | 28.3 | 10.3 | 53.4 | 23.1 | 148.9 | 118.2 | 167.5 | 116.2 | 314.2 | 214.7 | 105.6 | 40.2 | 1,334.8 |
| 1979 | 17.5 | 2.4 | 7.2 | 11.1 | 40.0 | 364.0 | 125.6 | 151.5 | 381.2 | 293.8 | 55.3 | 119.7 | 1,569.2 |
| 1980 | 7.0 | 7.2 | 112.0 | 18.3 | 19.2 | 63.2 | 69.5 | 98.8 | 151.8 | 102.9 | 71.8 | 93.7 | 815.5 |
| 1981 | 12.8 | 34.0 | 78.8 | 10.4 | 37.4 | 299.5 | 177.8 | 144.9 | 190.5 | 138.8 | 15.3 | 40.3 | 1,180.6 |
| 1982 | 29.9 | 31.8 | 138.4 | 22.0 | 71.0 | 216.6 | 154.8 | 160.4 | 386.2 | 93.8 | 80.0 | 71.1 | 1,460.7 |
| 1983 | 82.7 | 77.6 | 71.2 | 32.5 | 8.6 | 175.9 | 204.1 | 164.5 | 114.6 | 186.4 | 99.5 | 62.8 | 1,301.3 |
| 1984 | 61.5 | 53.2 | 79.3 | 5.1 | 297.7 | 101.1 | 259.9 | 192.8 | 154.9 | 107.0 | 78.4 | 50.5 | 1,431.3 |
| 1985 | 12.4 | 35.8 | 35.5 | 17.7 | 144.1 | 351.1 | 222.0 | 176.7 | 341.4 | 199.1 | 247.0 | 177.3 | 2,318.0 |
| 1986 | 82.8 | 20.2 | 6.7 | 7.7 | 119.0 | 131.1 | 119.8 | 119.9 | 126.5 | 102.4 | 79.9 | 30.0 | 843.4 |
| 1987 | 18.2 | 17.8 | 81.8 | 28.8 | 117.3 | 185.8 | 172.7 | 97.0 | 146.8 | 71.7 | 40.5 | 38.6 | 917.2 |
| 1988 | 131.5 | 46.8 | 15.5 | 25.8 | 60.0 | 157.1 | 125.4 | 278.7 | 454.7 | 130.0 | 78.5 | 44.1 | 1,544.6 |
| 1989 | 45.3 | 27.7 | 14.2 | 64.2 | 73.2 | 95.9 | 121.2 | 129.0 | 337.6 | 143.8 | 59.7 | 23.7 | 1,135.8 |
| 1990 | 47.1 | 24.8 | 50.5 | 92.1 | 53.6 | 125.0 | 180.8 | 147.9 | 206.2 | 79.7 | 55.6 | 87.8 | 1,171.1 |
| 1991 | 55.5 | 19.9 | 10.8 | 6.1 | 91.2 | 145.7 | 121.4 | 113.1 | 267.0 | 137.1 | 109.5 | 137.8 | 1,214.2 |
| 1992 | 7.5 | 5.0 | 57.8 | 17.9 | 19.8 | 164.1 | 105.0 | 149.8 | 88.7 | 68.0 | 66.4 | 61.0 | 832.9 |
| 1993 | 8.5 | 26.4 | 61.3 | 132.2 | 184.8 | 123.5 | 223.5 | 297.1 | 279.2 | 175.4 | 68.4 | 68.4 | 1,464.7 |
| Suma | 1,938.5 | 1,334.8 | 1,632.9 | 2,059.8 | 4,480.8 | 7,901.5 | 7,117.4 | 6,294.8 | 9,404.8 | 6,434.5 | 3,325.3 | 2,612.4 | 56,517.7 |
| Promedio | 46.2 | 31.8 | 38.9 | 49.0 | 106.7 | 188.1 | 169.5 | 149.9 | 223.9 | 153.2 | 78.7 | 62.2 | 1,298.0 |

FALLA DE ORIGEN

06

Tabla No. 7

Promedios de evaporación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas, en mm.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1952 | 121.4 | 131.1 | 182.7 | 181.9 | 153.4 | 164.9 | 182.7 | 150.6 | 147.3 | 115.1 | 107.5 | 93.9 | 1,723.4 |
| 1953 | 106.1 | 125.6 | 160.3 | 190.0 | 201.2 | 164.4 | 165.3 | 186.2 | 140.9 | 132.0 | 103.2 | 128.1 | 1,784.4 |
| 1954 | 134.9 | 105.9 | 168.4 | 188.2 | 178.4 | 153.3 | 174.3 | 158.5 | 135.3 | 121.8 | 107.1 | 101.2 | 1,705.1 |
| 1955 | 113.9 | 115.2 | 153.6 | 175.4 | 179.6 | 170.5 | 138.1 | 153.6 | 135.7 | 131.8 | 110.9 | 108.4 | 1,886.4 |
| 1956 | 120.0 | 129.4 | 154.2 | 182.8 | 167.0 | 137.5 | 141.9 | 148.4 | 137.2 | 132.7 | 111.9 | 107.7 | 1,868.5 |
| 1957 | 106.8 | 110.5 | 149.9 | 175.7 | 192.8 | 154.2 | 156.1 | 182.0 | 136.7 | 130.6 | 116.2 | 99.6 | 1,890.7 |
| 1958 | 98.1 | 113.9 | 178.1 | 182.5 | 183.0 | 158.3 | 149.3 | 148.9 | 172.0 | 135.0 | 123.1 | 96.1 | 1,736.2 |
| 1959 | 113.8 | 136.7 | 160.3 | 182.8 | 185.7 | 184.2 | 168.4 | 159.0 | 166.0 | 148.8 | 108.9 | 99.7 | 1,805.9 |
| 1960 | 132.9 | 126.8 | 163.2 | 172.9 | 179.8 | 149.0 | 169.9 | 187.3 | 184.5 | 158.7 | 111.0 | 104.3 | 1,800.1 |
| 1961 | 103.3 | 105.1 | 165.1 | 171.8 | 174.9 | 146.3 | 150.4 | 137.9 | 106.8 | 145.3 | 105.7 | 115.2 | 1,827.9 |
| 1962 | 103.3 | 130.3 | 188.2 | 188.4 | 174.3 | 158.4 | 152.8 | 157.8 | 132.8 | 126.5 | 121.8 | 91.3 | 1,718.1 |
| 1963 | 105.4 | 116.9 | 168.5 | 184.4 | 200.7 | 184.3 | 174.5 | 180.4 | 163.8 | 130.7 | 113.0 | 101.5 | 1,764.1 |
| 1964 | 94.5 | 114.8 | 185.0 | 187.7 | 171.0 | 133.8 | 140.1 | 151.5 | 132.4 | 102.7 | 92.4 | 79.9 | 1,565.5 |
| 1965 | 85.5 | 108.5 | 156.1 | 178.2 | 195.7 | 158.4 | 138.4 | 144.5 | 108.1 | 113.7 | 90.8 | 82.2 | 1,381.2 |
| 1966 | 82.0 | 108.3 | 148.5 | 185.6 | 185.9 | 142.2 | 145.9 | 148.5 | 111.1 | 120.9 | 95.8 | 88.8 | 1,541.5 |
| 1967 | 99.6 | 108.2 | 161.3 | 188.4 | 201.7 | 189.6 | 158.5 | 144.5 | 139.4 | 124.5 | 93.0 | 87.5 | 1,858.0 |
| 1968 | 89.9 | 116.0 | 181.1 | 194.2 | 203.5 | 183.4 | 140.8 | 148.7 | 138.2 | 128.3 | 97.8 | 90.1 | 1,689.9 |
| 1969 | 97.1 | 122.2 | 137.0 | 172.3 | 173.8 | 151.1 | 148.6 | 125.3 | 132.1 | 118.9 | 97.7 | 101.5 | 1,575.6 |
| 1970 | 102.0 | 104.0 | 182.4 | 202.8 | 206.0 | 169.5 | 143.8 | 142.1 | 125.3 | 113.2 | 88.8 | 89.5 | 1,848.4 |
| 1971 | 106.0 | 133.2 | 181.5 | 195.3 | 207.8 | 184.4 | 167.2 | 170.9 | 145.7 | 129.7 | 100.9 | 96.0 | 1,818.7 |
| 1972 | 107.4 | 116.0 | 177.3 | 193.0 | 214.9 | 188.6 | 151.5 | 136.8 | 134.0 | 124.9 | 108.5 | 92.7 | 1,724.5 |
| 1973 | 110.9 | 103.2 | 179.3 | 178.8 | 176.1 | 182.4 | 154.3 | 139.6 | 137.8 | 118.9 | 104.5 | 89.2 | 1,854.2 |
| 1974 | 111.4 | 112.4 | 185.1 | 182.8 | 193.8 | 147.0 | 143.3 | 138.0 | 137.3 | 110.9 | 99.1 | 86.4 | 1,809.4 |
| 1975 | 98.0 | 118.2 | 158.2 | 174.2 | 191.5 | 187.8 | 165.1 | 149.5 | 122.9 | 122.0 | 107.5 | 91.6 | 1,661.6 |
| 1976 | 108.4 | 111.5 | 172.7 | 185.2 | 174.4 | 148.5 | 141.2 | 138.6 | 129.0 | 131.7 | 101.7 | 93.9 | 1,802.7 |
| 1977 | 92.4 | 107.7 | 158.4 | 153.6 | 184.2 | 135.8 | 138.5 | 138.5 | 124.5 | 131.4 | 94.5 | 103.5 | 1,539.1 |
| 1978 | 85.1 | 105.8 | 133.8 | 157.8 | 184.1 | 151.7 | 151.4 | 143.1 | 121.9 | 117.8 | 110.0 | 96.9 | 1,561.5 |
| 1979 | 125.1 | 148.9 | 149.4 | 148.2 | 240.0 | 158.3 | 233.7 | 91.5 | 125.8 | 120.9 | 105.7 | 110.7 | 1,758.2 |
| 1980 | 187.8 | 104.0 | 183.7 | 186.2 | 250.4 | 165.5 | 190.0 | 135.5 | 137.2 | 124.6 | 95.0 | 86.6 | 1,786.2 |
| 1981 | 85.1 | 123.8 | 188.4 | 184.1 | 209.5 | 134.0 | 131.8 | 142.1 | 127.7 | 124.8 | 99.1 | 93.4 | 1,801.7 |
| 1982 | 103.9 | 122.0 | 158.5 | 179.1 | 188.2 | 156.3 | 138.1 | 118.0 | 123.5 | 123.4 | 101.6 | 85.0 | 1,593.5 |
| 1983 | 82.0 | 104.1 | 120.0 | 155.2 | 218.8 | 173.1 | 146.7 | 138.2 | 135.3 | 124.6 | 91.9 | 87.3 | 1,587.3 |
| 1984 | 91.8 | 110.8 | 140.0 | 156.7 | 165.0 | 142.9 | 134.2 | 136.8 | 113.1 | 128.4 | 95.2 | 90.5 | 1,506.1 |
| 1985 | 93.2 | 121.3 | 161.8 | 148.8 | 145.3 | 138.1 | 124.2 | 145.3 | 115.9 | 128.6 | 104.8 | 112.1 | 1,539.5 |
| 1986 | 83.8 | 108.1 | 144.7 | 155.7 | 173.4 | 142.4 | 141.2 | 138.0 | 111.9 | 122.7 | 115.6 | 95.0 | 1,532.5 |
| 1987 | 88.4 | 108.2 | 164.3 | 137.7 | 175.1 | 161.3 | 135.8 | 128.4 | 141.5 | 105.2 | 98.8 | 110.4 | 1,548.8 |
| 1988 | 92.9 | 109.0 | 147.2 | 186.8 | 182.6 | 149.0 | 155.1 | 143.8 | 128.4 | 129.2 | 101.3 | 88.2 | 1,601.6 |
| 1989 | 95.8 | 110.1 | 151.0 | 188.3 | 192.5 | 145.5 | 147.1 | 135.4 | 112.1 | 113.4 | 101.1 | 93.5 | 1,565.5 |
| 1990 | 108.0 | 108.3 | 140.6 | 145.3 | 187.9 | 160.6 | 139.3 | 135.0 | 112.0 | 114.8 | 91.2 | 94.7 | 1,517.5 |
| 1991 | 113.7 | 98.2 | 134.4 | 180.3 | 157.8 | 153.4 | 153.8 | 140.1 | 132.5 | 142.5 | 110.3 | 102.8 | 1,598.5 |
| 1992 | 86.4 | 93.2 | 120.5 | 43.8 | 113.4 | 105.5 | 123.4 | 92.3 | 76.5 | 115.3 | 81.5 | 73.7 | 1,135.4 |
| 1993 | 79.7 | 86.9 | 105.9 | 115.2 | 138.7 | 140.0 | 92.7 | 118.6 | 89.5 | 164.5 | 110.8 | 88.8 | 1,329.1 |
| Suma | 4,384.9 | 4,791.7 | 6,594.4 | 6,938.7 | 7,739.5 | 6,482.4 | 6,320.4 | 5,589.4 | 5,429.7 | 5,302.6 | 4,325.3 | 4,033.9 | 68,312.8 |
| Promedio | 103.9 | 114.1 | 157.0 | 165.2 | 184.3 | 154.3 | 150.5 | 142.6 | 129.3 | 126.3 | 103.0 | 96.0 | 1,626.5 |

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Tabla No. 8

Promedios de evaporación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas multiplicados por 0.77, en mm.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1952 | 93.5 | 101.0 | 140.7 | 140.1 | 118.1 | 127.0 | 125.3 | 123.6 | 113.4 | 91.0 | 82.7 | 72.2 | 1,328.6 |
| 1953 | 81.7 | 96.7 | 123.5 | 146.3 | 154.9 | 126.6 | 127.3 | 129.0 | 108.5 | 101.6 | 79.4 | 99.4 | 1,374.0 |
| 1954 | 103.8 | 81.5 | 129.6 | 129.5 | 135.8 | 118.0 | 134.2 | 122.1 | 104.2 | 93.8 | 82.4 | 77.9 | 1,312.9 |
| 1955 | 87.7 | 88.7 | 118.3 | 135.1 | 138.3 | 131.2 | 106.3 | 118.3 | 104.5 | 105.5 | 85.4 | 83.4 | 1,298.5 |
| 1956 | 92.4 | 99.6 | 118.7 | 140.8 | 128.6 | 105.9 | 109.3 | 112.7 | 105.7 | 102.1 | 86.1 | 82.9 | 1,284.8 |
| 1957 | 82.2 | 85.1 | 115.4 | 135.3 | 148.3 | 118.7 | 120.2 | 124.6 | 105.3 | 100.5 | 89.5 | 78.7 | 1,301.9 |
| 1958 | 74.0 | 87.7 | 137.1 | 140.5 | 140.9 | 121.9 | 114.9 | 114.7 | 132.4 | 104.0 | 94.8 | 74.0 | 1,336.9 |
| 1959 | 87.6 | 105.3 | 123.4 | 125.4 | 143.0 | 126.4 | 130.4 | 122.4 | 150.9 | 114.5 | 84.4 | 78.8 | 1,360.5 |
| 1960 | 102.3 | 97.5 | 125.7 | 133.1 | 138.5 | 114.7 | 130.9 | 128.8 | 126.6 | 122.2 | 85.5 | 80.3 | 1,386.1 |
| 1961 | 79.6 | 80.9 | 127.2 | 132.3 | 134.7 | 112.7 | 115.8 | 108.2 | 82.3 | 111.9 | 81.4 | 88.7 | 1,253.5 |
| 1962 | 79.6 | 100.3 | 144.9 | 130.4 | 134.2 | 122.0 | 124.7 | 121.5 | 102.3 | 97.4 | 93.8 | 70.3 | 1,321.4 |
| 1963 | 81.1 | 90.0 | 129.7 | 142.0 | 154.5 | 141.9 | 134.4 | 138.9 | 79.9 | 100.7 | 87.0 | 78.1 | 1,358.4 |
| 1964 | 72.7 | 88.2 | 142.5 | 129.1 | 131.7 | 103.0 | 107.9 | 118.7 | 101.9 | 79.0 | 71.2 | 81.6 | 1,205.5 |
| 1965 | 85.9 | 83.6 | 120.2 | 137.2 | 150.7 | 122.8 | 106.5 | 111.2 | 83.3 | 87.5 | 69.9 | 83.3 | 1,202.1 |
| 1966 | 63.1 | 83.4 | 112.8 | 127.5 | 143.1 | 109.5 | 112.4 | 114.3 | 85.6 | 93.1 | 73.7 | 88.4 | 1,187.0 |
| 1967 | 78.7 | 83.3 | 124.2 | 129.7 | 155.3 | 130.6 | 122.0 | 111.2 | 107.3 | 95.9 | 71.6 | 87.3 | 1,275.2 |
| 1968 | 89.2 | 89.3 | 124.0 | 149.5 | 156.7 | 125.8 | 108.4 | 114.5 | 108.4 | 97.3 | 75.3 | 89.4 | 1,285.9 |
| 1969 | 74.8 | 94.1 | 105.5 | 132.6 | 133.8 | 118.3 | 112.9 | 96.5 | 101.7 | 91.8 | 75.2 | 79.1 | 1,213.2 |
| 1970 | 78.5 | 80.1 | 125.0 | 156.1 | 158.6 | 130.5 | 110.7 | 109.4 | 96.5 | 87.1 | 67.8 | 68.9 | 1,269.2 |
| 1971 | 81.8 | 102.6 | 139.8 | 150.4 | 160.0 | 142.0 | 128.7 | 131.6 | 112.2 | 99.9 | 77.7 | 74.0 | 1,400.4 |
| 1972 | 82.7 | 89.3 | 136.5 | 148.6 | 165.5 | 128.3 | 118.6 | 105.3 | 103.2 | 96.2 | 84.3 | 71.4 | 1,327.8 |
| 1973 | 65.4 | 79.4 | 138.0 | 137.7 | 135.6 | 125.0 | 118.8 | 107.5 | 108.1 | 91.1 | 80.4 | 68.7 | 1,273.7 |
| 1974 | 85.7 | 86.5 | 127.1 | 125.4 | 149.2 | 113.2 | 110.4 | 106.2 | 105.7 | 85.4 | 76.3 | 68.1 | 1,239.3 |
| 1975 | 75.5 | 91.0 | 121.8 | 134.1 | 147.5 | 129.3 | 123.3 | 115.1 | 94.6 | 94.0 | 82.8 | 70.5 | 1,279.4 |
| 1976 | 83.5 | 85.9 | 133.0 | 119.5 | 134.3 | 112.8 | 108.7 | 105.2 | 99.3 | 101.4 | 78.3 | 72.3 | 1,234.1 |
| 1977 | 71.2 | 82.9 | 122.0 | 118.2 | 126.4 | 104.6 | 105.1 | 105.1 | 93.9 | 101.2 | 72.8 | 79.7 | 1,185.1 |
| 1978 | 85.5 | 81.5 | 103.0 | 121.5 | 141.8 | 116.8 | 118.6 | 110.2 | 93.9 | 90.7 | 84.7 | 78.1 | 1,202.4 |
| 1979 | 86.3 | 114.7 | 115.0 | 114.1 | 184.8 | 121.9 | 179.9 | 70.5 | 96.9 | 93.1 | 81.4 | 85.3 | 1,353.8 |
| 1980 | 144.5 | 80.0 | 126.0 | 120.2 | 192.8 | 127.4 | 148.3 | 104.3 | 105.7 | 96.0 | 73.1 | 66.7 | 1,383.1 |
| 1981 | 85.5 | 95.4 | 128.2 | 126.4 | 161.3 | 103.1 | 101.5 | 109.4 | 98.3 | 95.1 | 86.1 | 78.3 | 1,233.3 |
| 1982 | 80.0 | 93.9 | 120.5 | 137.9 | 144.9 | 120.4 | 106.3 | 89.3 | 95.1 | 95.0 | 78.2 | 65.4 | 1,227.0 |
| 1983 | 70.8 | 80.2 | 92.4 | 119.5 | 168.5 | 133.3 | 113.0 | 106.4 | 104.2 | 96.0 | 70.7 | 67.2 | 1,222.2 |
| 1984 | 70.5 | 85.4 | 107.8 | 120.7 | 127.0 | 110.0 | 103.3 | 105.3 | 87.1 | 99.6 | 75.3 | 69.7 | 1,159.7 |
| 1985 | 71.8 | 93.4 | 124.6 | 114.6 | 111.9 | 106.4 | 95.7 | 111.9 | 89.2 | 99.1 | 80.7 | 86.3 | 1,185.4 |
| 1986 | 64.5 | 83.3 | 111.4 | 119.9 | 133.5 | 109.7 | 108.7 | 106.2 | 86.2 | 84.5 | 89.0 | 73.2 | 1,180.0 |
| 1987 | 68.1 | 81.8 | 126.5 | 106.0 | 154.6 | 124.2 | 104.6 | 97.3 | 108.9 | 81.0 | 74.4 | 85.0 | 1,192.5 |
| 1988 | 71.5 | 83.9 | 113.3 | 128.5 | 148.3 | 114.8 | 119.4 | 110.7 | 97.4 | 99.5 | 78.0 | 67.9 | 1,233.2 |
| 1989 | 73.6 | 84.6 | 118.3 | 129.6 | 148.2 | 112.1 | 113.2 | 104.2 | 86.3 | 87.3 | 77.8 | 72.0 | 1,205.4 |
| 1990 | 83.1 | 83.4 | 108.2 | 111.9 | 129.3 | 123.7 | 107.3 | 104.0 | 86.2 | 88.3 | 70.2 | 72.9 | 1,168.5 |
| 1991 | 87.6 | 75.6 | 103.5 | 123.4 | 121.5 | 118.1 | 118.4 | 107.9 | 102.0 | 109.7 | 84.9 | 79.0 | 1,231.6 |
| 1992 | 74.2 | 71.8 | 92.8 | 33.6 | 87.3 | 81.2 | 95.0 | 71.1 | 58.9 | 88.8 | 62.8 | 56.8 | 674.2 |
| 1993 | 81.4 | 68.9 | 81.5 | 88.7 | 105.3 | 107.8 | 71.4 | 91.3 | 68.9 | 126.6 | 85.3 | 68.3 | 872.2 |
| Suma | 3,161.0 | 3,689.6 | 5,077.7 | 5,342.8 | 5,959.4 | 4,991.4 | 4,866.7 | 4,811.8 | 4,180.9 | 4,083.0 | 3,330.5 | 3,106.1 | 52,600.9 |
| Promedio | 80.0 | 87.8 | 120.9 | 127.2 | 141.9 | 118.8 | 115.9 | 109.8 | 99.5 | 97.2 | 79.3 | 74.0 | 1,252.4 |

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

9x

Tabla No. 9

Promedios de precipitación mensual por año de las cinco estaciones climatológicas multiplicados por el área máxima de la laguna, en m³.
(Aportación por lluvia a la laguna)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1952 | 18,936.1 | 1,652.6 | 18,127.2 | 111,599.6 | 33,321.6 | 98,456.3 | 101,154.3 | 107,168.3 | 23,829.2 | 95,157.1 | 67,669.5 | 9,455.7 | 882,725.2 |
| 1953 | 5,081.0 | 19,807.7 | 817.8 | 13,264.0 | 30,419.8 | 73,999.9 | 159,444.7 | 32,968.0 | 42,329.2 | 118,963.1 | 966.2 | 42,314.2 | 883,874.7 |
| 1954 | 8,483.7 | 11,457.3 | 27,037.8 | 94,418.9 | 66,285.1 | 90,493.6 | 90,493.6 | 120,231.1 | 148,033.2 | 112,886.1 | 10,170.4 | 12,800.8 | 876,182.1 |
| 1955 | 14,343.5 | 22,902.2 | 2,136.5 | 1,599.3 | 8,958.9 | 70,155.8 | 142,235.8 | 82,000.0 | 114,211.0 | 143,910.5 | 70,255.6 | 37,822.9 | 708,882.7 |
| 1956 | 8,509.8 | 30,136.4 | 30,461.3 | 1,599.3 | 57,309.1 | 156,968.8 | 83,962.1 | 85,757.8 | 189,548.5 | 89,184.4 | 15,395.5 | 38,722.5 | 745,913.4 |
| 1957 | 26,736.6 | 47,616.0 | 18,063.3 | 45,429.5 | 9,845.6 | 120,907.9 | 83,512.3 | 45,964.3 | 73,067.0 | 26,538.0 | 32,221.9 | 38,165.3 | 838,211.7 |
| 1958 | 16,252.7 | 5,477.5 | 5,247.6 | 32,175.5 | 153,530.7 | 78,864.0 | 170,688.9 | 97,678.5 | 85,430.5 | 90,220.3 | 96,786.8 | 66,780.8 | 932,211.7 |
| 1959 | 49,071.5 | 7,236.7 | 28,486.7 | 45,379.5 | 22,896.7 | 46,328.1 | 24,688.7 | 39,322.3 | 71,847.6 | 102,823.8 | 18,221.8 | 729.7 | 450,336.8 |
| 1960 | 12,753.8 | 3,758.3 | 10,715.2 | 65,770.3 | 94,822.1 | 131,370.7 | 93,048.0 | 56,297.3 | 171,253.3 | 53,525.8 | 58,922.9 | 29,696.8 | 826,936.8 |
| 1961 | 31,215.8 | 37,393.1 | 12,264.4 | 38,623.5 | 46,659.0 | 64,630.8 | 151,941.4 | 118,978.3 | 97,585.9 | 52,628.2 | 44,180.1 | 36,263.8 | 770,532.3 |
| 1962 | 31,865.8 | 3,788.3 | 4,516.0 | 42,560.0 | 46,659.0 | 64,630.8 | 151,941.4 | 118,978.3 | 97,585.9 | 52,628.2 | 44,180.1 | 36,263.8 | 770,532.3 |
| 1963 | 27,527.6 | 22,937.9 | 32,185.5 | 2,334.9 | 42,380.9 | 42,410.9 | 103,833.1 | 33,035.1 | 81,943.0 | 116,297.0 | 28,897.0 | 1,109.5 | 904,312.4 |
| 1964 | 83,701.3 | 18,502.8 | 26,847.8 | 7,486.6 | 56,554.5 | 138,787.4 | 126,442.9 | 45,258.8 | 123,494.3 | 44,499.9 | 38,012.8 | 22,519.8 | 759,967.0 |
| 1965 | 25,088.7 | 30,337.3 | 2,968.7 | 11,594.8 | 11,594.8 | 82,692.7 | 56,964.3 | 55,604.9 | 96,925.4 | 113,768.0 | 18,201.3 | 40,361.1 | 756,241.4 |
| 1966 | 41,211.4 | 23,269.5 | 21,950.1 | 19,901.0 | 105,022.3 | 136,468.4 | 78,715.4 | 54,325.5 | 104,262.8 | 49,957.5 | 15,423.0 | 2,948.7 | 652,035.7 |
| 1967 | 42,230.9 | 15,233.0 | 18,071.9 | 52,578.2 | 1,199.5 | 122,894.5 | 82,561.8 | 70,928.0 | 110,190.3 | 88,190.2 | 20,650.7 | 26,158.2 | 631,205.1 |
| 1968 | 30,006.5 | 8,556.1 | 36,789.1 | 7,176.8 | 74,236.5 | 62,182.9 | 76,285.6 | 114,388.4 | 82,552.7 | 90,969.0 | 33,704.8 | 23,219.5 | 634,393.7 |
| 1970 | 17,792.0 | 8,186.3 | 4,018.2 | 4,558.3 | 43,810.2 | 48,787.5 | 66,540.0 | 133,110.9 | 226,297.0 | 64,499.9 | 60,892.6 | 43,600.6 | 805,976.5 |
| 1971 | 7,116.8 | 8,285.8 | 17,242.2 | 779.6 | 8,608.1 | 26,877.8 | 63,771.2 | 52,418.3 | 71,727.8 | 84,448.8 | 18,802.5 | 9,955.5 | 496,335.1 |
| 1972 | 36,729.4 | 18,261.8 | 1,569.3 | 9,965.8 | 90,827.1 | 96,236.6 | 120,945.4 | 66,780.8 | 137,877.8 | 85,227.8 | 44,420.0 | 48,758.9 | 747,082.8 |
| 1973 | 20,360.8 | 15,463.0 | 5,907.5 | 20,280.8 | 98,095.7 | 52,536.3 | 55,784.8 | 126,722.8 | 95,157.1 | 90,139.3 | 46,469.0 | 36,133.7 | 662,780.9 |
| 1974 | 26,376.1 | 11,894.6 | 18,601.2 | 5,127.7 | 72,267.4 | 79,204.3 | 56,974.3 | 41,261.4 | 63,771.8 | 83,302.4 | 28,787.8 | 52,475.0 | 524,875.0 |
| 1975 | 40,991.5 | 1,906.1 | 49,991.5 | 729.7 | 23,499.4 | 15,353.1 | 56,316.6 | 54,475.4 | 102,489.7 | 115,038.1 | 39,682.1 | 6,367.1 | 467,676.2 |
| 1976 | 8,988.9 | 7,486.6 | 838.7 | 3,535.4 | 49,287.8 | 232,459.2 | 56,403.8 | 54,995.2 | 88,816.8 | 25,648.4 | 33,154.1 | 69,198.8 | 813,372.0 |
| 1977 | 14,773.3 | 26,173.3 | 27,767.4 | 31,135.9 | 51,556.7 | 138,891.8 | 71,777.8 | 54,293.5 | 26,367.3 | 39,942.0 | 34,714.3 | 34,864.3 | 586,253.5 |
| 1978 | 11,854.7 | 5,147.7 | 28,680.8 | 11,564.8 | 74,986.2 | 58,093.8 | 43,702.2 | 56,003.8 | 157,511.6 | 107,291.6 | 52,886.1 | 56,803.0 | 667,688.9 |
| 1979 | 8,748.1 | 1,199.5 | 2,618.4 | 5,527.5 | 19,991.0 | 181,637.9 | 62,751.7 | 75,895.8 | 180,454.0 | 146,553.7 | 29,266.9 | 46,238.9 | 667,688.9 |
| 1980 | 3,488.4 | 3,608.4 | 58,964.7 | 8,155.9 | 8,615.7 | 31,565.7 | 34,724.3 | 48,357.7 | 75,988.8 | 51,416.8 | 38,868.0 | 46,238.9 | 667,688.9 |
| 1981 | 8,797.1 | 18,982.3 | 36,392.2 | 5,177.7 | 18,571.6 | 149,702.4 | 68,859.9 | 72,397.3 | 95,217.0 | 88,388.7 | 7,966.5 | 10,500.0 | 590,013.7 |
| 1982 | 14,803.3 | 15,962.8 | 87,658.3 | 10,965.0 | 35,464.0 | 108,231.2 | 77,355.1 | 83,182.5 | 193,029.8 | 46,988.8 | 36,982.0 | 36,535.9 | 720,020.5 |
| 1983 | 41,314.4 | 38,872.5 | 38,872.5 | 58,812.1 | 16,252.7 | 4,787.8 | 87,890.3 | 92,188.4 | 57,254.2 | 93,168.0 | 49,776.3 | 61,299.5 | 650,336.5 |
| 1984 | 30,736.1 | 26,578.0 | 39,812.1 | 2,568.8 | 143,805.1 | 110,969.9 | 129,891.4 | 86,278.8 | 77,395.1 | 33,495.9 | 39,192.3 | 25,218.6 | 715,307.2 |
| 1985 | 6,197.2 | 17,812.0 | 18,262.7 | 88,300.1 | 72,027.5 | 275,420.5 | 110,969.9 | 129,891.4 | 86,278.8 | 77,395.1 | 33,495.9 | 39,192.3 | 715,307.2 |
| 1986 | 46,389.1 | 10,075.5 | 2,838.7 | 3,968.3 | 57,963.8 | 65,500.4 | 55,285.0 | 58,933.0 | 63,221.5 | 51,186.8 | 39,922.0 | 15,313.1 | 471,487.2 |
| 1987 | 8,075.9 | 8,906.0 | 40,921.5 | 14,403.5 | 8,636.1 | 92,658.1 | 96,287.3 | 48,478.1 | 72,386.9 | 35,853.8 | 29,266.9 | 19,261.3 | 468,289.4 |
| 1988 | 65,730.3 | 23,279.5 | 7,526.5 | 12,814.2 | 29,986.5 | 78,514.6 | 81,152.4 | 139,287.1 | 227,237.4 | 64,951.3 | 39,242.2 | 22,031.7 | 711,963.8 |
| 1989 | 22,556.4 | 13,890.4 | 7,080.1 | 32,102.2 | 36,583.5 | 40,589.3 | 64,470.9 | 166,823.8 | 71,751.0 | 29,878.5 | 11,828.0 | 567,519.8 | 667,688.9 |
| 1990 | 25,930.0 | 12,394.4 | 25,222.0 | 46,045.9 | 26,787.8 | 62,455.1 | 80,380.4 | 73,833.3 | 103,036.8 | 39,832.0 | 47,836.4 | 43,880.2 | 585,302.5 |
| 1991 | 27,754.1 | 8,465.7 | 5,414.2 | 3,085.3 | 45,582.8 | 72,796.3 | 60,872.8 | 58,516.4 | 133,417.2 | 68,541.7 | 54,722.3 | 68,872.3 | 608,845.0 |
| 1992 | 3,748.3 | 2,468.6 | 28,787.6 | 8,846.0 | 9,895.4 | 62,613.0 | 52,478.3 | 74,918.2 | 44,330.0 | 33,984.7 | 44,171.1 | 30,486.2 | 416,253.2 |
| 1993 | 3,248.5 | 13,194.0 | 30,630.2 | 66,070.2 | 92,528.3 | 81,722.1 | 111,717.9 | 148,483.0 | 39,582.1 | 67,836.5 | 44,171.1 | 33,178.0 | 731,957.9 |
| Suma | 968,802.8 | 667,108.1 | 818,076.7 | 1,029,427.9 | 2,235,405.2 | 3,948,985.4 | 3,157,089.2 | 3,148,038.7 | 4,700,264.4 | 3,215,795.5 | 1,651,827.6 | 1,305,620.4 | 27,246,536.9 |
| Promedio | 23,668.7 | 15,883.5 | 19,430.4 | 24,519.2 | 53,319.2 | 84,022.5 | 64,892.6 | 74,905.7 | 111,911.1 | 76,566.6 | 39,331.5 | 31,986.2 | 684,727.1 |

P.A.T.
 TRISIS CON
 1

Tabla No. 10

Curvas de embalse de la Laguna de Alvarado, áreas en m² y volúmenes en m³.

| Elevación m | Area m ² | Area Acumulada | A + A | | | Volumen m ³ | Volumen Acumulado | |
|----------------|------------------------|-------------------|------------|------------|--------------|---------------------------|----------------------|--------------|
| 5.6 | 9,191.73 | 9,191.73 | | | | | | |
| 5.8 | 12,368.42 | 21,560.15 | 30,751.88 | 14,077.47 | 44,829.35 | 0.2 | 2,988.62 | 2,988.62 |
| 6.0 | 19,454.89 | 41,015.04 | 62,575.19 | 29,737.02 | 92,312.21 | 0.2 | 6,154.15 | 9,142.77 |
| 6.2 | 13,421.05 | 54,436.09 | 95,451.13 | 47,251.44 | 142,702.57 | 0.2 | 9,513.50 | 18,656.28 |
| 6.4 | 17,518.80 | 71,954.89 | 126,390.98 | 62,585.48 | 188,976.46 | 0.2 | 12,598.43 | 31,254.71 |
| 6.6 | 16,842.11 | 88,797.00 | 160,751.89 | 79,933.59 | 240,685.48 | 0.2 | 16,045.70 | 47,300.40 |
| 6.8 | 15,902.26 | 104,699.26 | 193,496.26 | 96,420.85 | 289,917.11 | 0.2 | 19,327.81 | 66,628.21 |
| 7.0 | 18,872.18 | 123,571.44 | 228,270.70 | 113,744.62 | 342,015.32 | 0.2 | 22,801.02 | 89,429.23 |
| 7.2 | 11,278.20 | 134,849.64 | 258,421.08 | 129,087.43 | 387,508.51 | 0.2 | 25,833.90 | 115,263.13 |
| 7.4 | 18,383.46 | 153,233.10 | 288,082.74 | 143,747.79 | 431,830.53 | 0.2 | 28,788.70 | 144,051.84 |
| 7.6 | 28,721.80 | 181,954.90 | 335,188.00 | 166,977.58 | 502,165.58 | 0.2 | 33,477.71 | 177,529.54 |
| 7.8 | 22,443.61 | 204,398.51 | 386,353.41 | 192,850.49 | 579,203.90 | 0.2 | 38,613.59 | 216,143.13 |
| 8.0 | 14,624.06 | 219,022.57 | 423,421.08 | 211,584.23 | 635,005.31 | 0.2 | 42,333.69 | 258,476.82 |
| 8.2 | 17,030.08 | 236,052.65 | 455,075.22 | 227,378.23 | 682,453.45 | 0.2 | 45,496.90 | 303,973.72 |
| 8.4 | 18,533.83 | 254,586.48 | 490,639.13 | 245,144.47 | 735,783.60 | 0.2 | 49,052.24 | 353,025.96 |
| 8.6 | 19,736.84 | 274,323.32 | 528,909.80 | 264,270.71 | 793,180.51 | 0.2 | 52,878.70 | 405,904.66 |
| 8.8 | 15,582.71 | 289,906.03 | 564,229.35 | 282,007.06 | 846,236.41 | 0.2 | 56,415.76 | 462,320.42 |
| 9.0 | 13,364.66 | 303,270.69 | 593,176.72 | 296,513.07 | 889,689.79 | 0.2 | 59,312.65 | 521,633.07 |
| 9.2 | 14,530.08 | 317,800.77 | 621,071.46 | 310,450.73 | 931,522.19 | 0.2 | 62,101.48 | 583,734.55 |
| 9.4 | 15,845.86 | 333,646.63 | 651,447.40 | 325,627.33 | 977,074.73 | 0.2 | 65,138.32 | 648,872.87 |
| 9.6 | 16,503.76 | 350,150.39 | 683,797.02 | 341,798.91 | 1,025,595.93 | 0.2 | 68,373.06 | 717,245.93 |
| 9.8 | 12,556.39 | 362,706.78 | 712,857.17 | 356,373.29 | 1,069,230.46 | 0.2 | 71,282.03 | 788,527.96 |
| 10.0 | 12,443.61 | 375,150.39 | 737,857.17 | 368,876.12 | 1,106,733.29 | 0.2 | 73,782.22 | 862,310.18 |
| 10.2 | 38,590.23 | 413,740.62 | 788,891.01 | 393,973.29 | 1,182,864.30 | 0.2 | 78,857.62 | 941,167.80 |
| 10.4 | 63,157.89 | 476,898.51 | 890,639.13 | 444,198.48 | 1,334,837.61 | 0.2 | 88,989.17 | 1,030,156.97 |
| 10.5 | 22,875.94 | 499,774.45 | 976,672.96 | 488,202.51 | 1,464,875.47 | 0.1 | 48,829.18 | 1,078,986.16 |

SUMA 499,774.45

TESIS CON
 FATA NT
 EN

Ab

Tabla No. 11

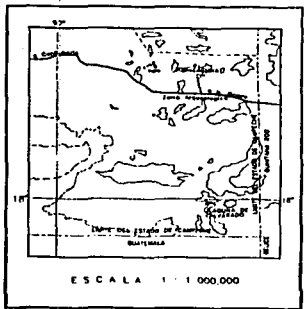
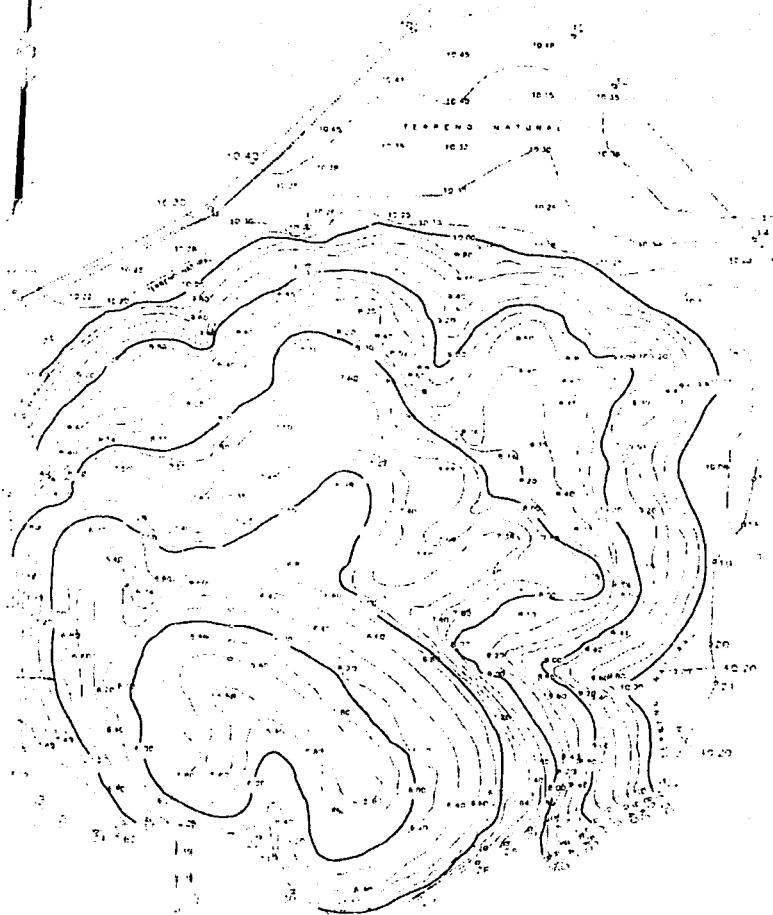
Áreas- Capacidades de la Laguna de Alvarado, áreas en m² y volúmenes en m³.

| AREA m ² | 0.0 | 2,000 | 4,000 | 6,000 | 8,000 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0 | 200 | 400 | 600.0 | 800.0 |
| 10,000 | 1,000 | 1,250 | 1,850 | 2,000 | 2,025 |
| 20,000 | 2,100 | 2,600 | 3,025 | 4,000 | 4,850 |
| 30,000 | 5,000 | 6,000 | 6,650 | 7,200 | 8,020 |
| 40,000 | 9,100 | 10,000 | 11,000 | 12,000 | 12,200 |
| 50,000 | 14,900 | 16,000 | 18,000 | 19,200 | 20,990 |
| 60,000 | 22,000 | 23,900 | 25,000 | 26,000 | 28,000 |
| 70,000 | 29,600 | 31,000 | 33,100 | 34,000 | 36,000 |
| 80,000 | 38,000 | 40,000 | 42,000 | 43,000 | 46,000 |
| 90,000 | 48,000 | 49,000 | 51,000 | 53,000 | 55,000 |
| 100,000 | 57,000 | 59,000 | 61,000 | 63,000 | 65,000 |
| 110,000 | 68,000 | 71,000 | 73,000 | 76,000 | 79,000 |
| 120,000 | 83,000 | 87,000 | 91,000 | 95,000 | 99,000 |
| 130,000 | 104,000 | 109,000 | 115,000 | 119,000 | 123,000 |
| 140,000 | 126,000 | 129,000 | 133,000 | 135,000 | 138,000 |
| 150,000 | 141,000 | 143,000 | 145,000 | 146,500 | 148,000 |
| 160,000 | 150,600 | 152,500 | 154,500 | 157,000 | 159,000 |
| 170,000 | 161,000 | 164,000 | 166,000 | 169,000 | 172,000 |
| 180,000 | 175,300 | 178,000 | 181,000 | 184,000 | 187,000 |
| 190,000 | 190,000 | 193,000 | 196,000 | 200,000 | 204,000 |
| 200,000 | 208,000 | 212,000 | 216,000 | 221,000 | 225,000 |
| 210,000 | 230,000 | 236,000 | 241,000 | 247,000 | 254,000 |
| 220,000 | 260,000 | 264,000 | 269,000 | 273,000 | 278,000 |
| 230,000 | 284,000 | 289,000 | 295,000 | 302,000 | 308,000 |
| 240,000 | 313,000 | 319,000 | 324,000 | 330,000 | 336,000 |
| 250,000 | 341,000 | 347,000 | 353,000 | 358,000 | 362,000 |

| AREA m ² | 0 | 2,000 | 4,000 | 6,000 | 8,000 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 260,000 | 368,000 | 373,000 | 377,000 | 383,000 | 388,000 |
| 270,000 | 394,000 | 399,000 | 405,000 | 411,000 | 417,000 |
| 280,000 | 423,000 | 430,000 | 438,000 | 446,000 | 456,000 |
| 290,000 | 467,000 | 475,000 | 483,000 | 491,000 | 499,000 |
| 300,000 | 508,000 | 517,000 | 525,000 | 533,000 | 541,000 |
| 310,000 | 550,000 | 559,000 | 567,000 | 577,000 | 586,000 |
| 320,000 | 594,000 | 601,000 | 609,000 | 617,000 | 625,000 |
| 330,000 | 634,000 | 643,000 | 650,000 | 658,000 | 665,000 |
| 340,000 | 674,000 | 682,000 | 688,000 | 698,000 | 707,000 |
| 350,000 | 717,000 | 727,000 | 737,000 | 749,000 | 760,000 |
| 360,000 | 774,000 | 788,000 | 797,000 | 808,000 | 818,000 |
| 370,000 | 830,000 | 842,000 | 855,000 | 867,000 | 875,000 |
| 380,000 | 881,000 | 887,000 | 892,000 | 897,000 | 901,000 |
| 390,000 | 905,000 | 909,000 | 912,500 | 916,000 | 919,000 |
| 400,000 | 923,000 | 926,000 | 928,000 | 931,000 | 934,000 |
| 410,000 | 940,000 | 942,000 | 943,000 | 944,000 | 946,000 |
| 420,000 | 948,000 | 950,000 | 952,000 | 954,000 | 957,000 |
| 430,000 | 959,500 | 962,000 | 964,000 | 967,000 | 970,000 |
| 440,000 | 972,000 | 975,000 | 977,000 | 980,000 | 983,000 |
| 450,000 | 986,000 | 989,000 | 992,000 | 995,000 | 997,000 |
| 460,000 | 1,001,000 | 1,005,000 | 1,007,000 | 1,011,000 | 1,014,000 |
| 470,000 | 1,018,000 | 1,022,000 | 1,025,000 | 1,030,000 | 1,033,000 |
| 480,000 | 1,038,000 | 1,042,000 | 1,045,000 | 1,049,000 | 1,053,000 |
| 490,000 | 1,058,000 | 1,062,000 | 1,066,000 | 1,070,000 | 1,074,000 |
| 500,000 | 1,078,000 | | | | |

95

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

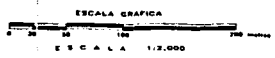


SIMBOLOGIA

- CURVA DE NIVEL 
- POLIGONAL 
- CAMINO 

SUPERFICIE 47 - 02 - 84 Hg

NOTA: LEVANTAMIENTO EFECTUADO POR LA GERENCIA ESTATAL DE CAMPECHE, C.N.A.



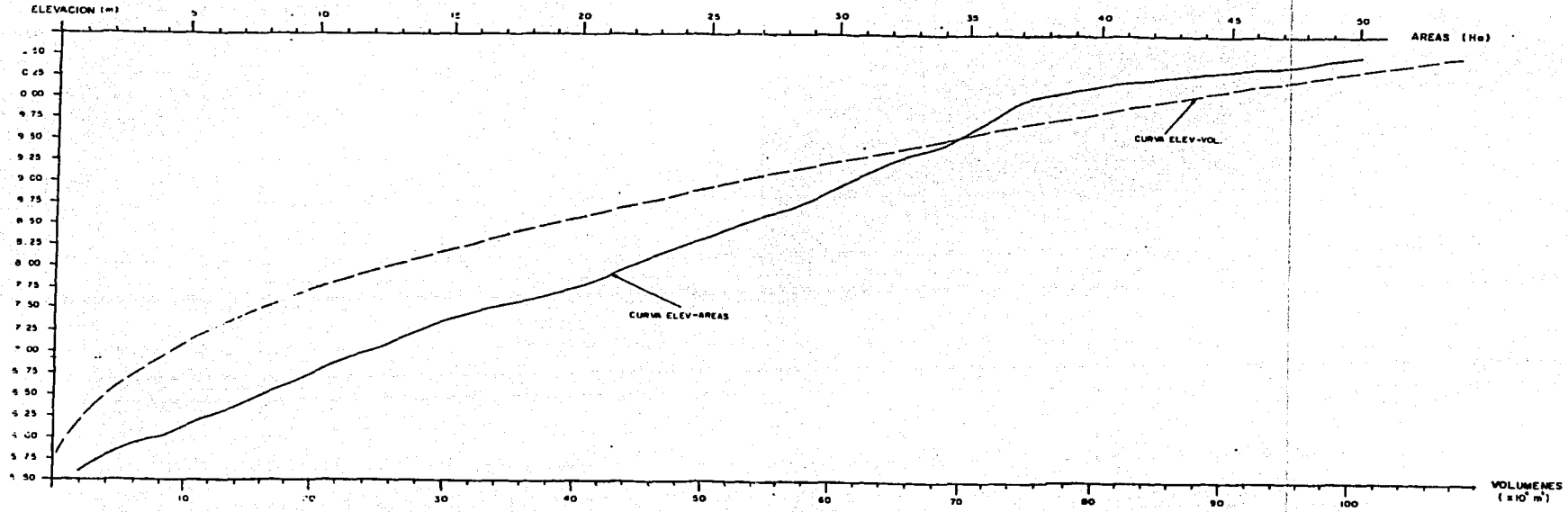
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

BATIMETRÍA DE LA LAGUNA DE ALVARADO

| | | | |
|----------------------|-------------|-------|---------------|
| AUTORES | | | |
| FECHA DE ELABORACIÓN | | | |
| TÍTULO | | | |
| INSTRUMENTOS | PLANO No. 5 | FECHA | ELABORADO POR |

CURVAS ELEV. - VOLUMENES Y ELEV.-AREAS



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|---|---|----------|-------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería | | |
| CURVAS DE EMBALSE DE LA LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| AUTOR | TÍTULO | FECHA | LUGAR |
| SERVICIO DE INVESTIGACIONES | CARRERA | SEMESTRE | CATEDRÁTICO |
| ENERGÍA 2003 | PLANO No 6 | CANTON | CANTON |

d) Distribución de la demanda a lo largo del año.

De acuerdo con la población y dotación considerada se determinó el gasto a suministrar igual a 20 l/s constante a lo largo del año. Así la demanda anual se muestra en la tabla no. 12.

Tabla no. 12
Demanda de Agua Potable en la Región de X'pujil.

| Mes | Días | Volumen (m ³) |
|------------|------|---------------------------|
| Enero | 31 | 53 568 |
| Febrero | 28 | 48 384 |
| Marzo | 31 | 53 568 |
| Abril | 30 | 51 840 |
| Mayo | 31 | 53 568 |
| Junio | 31 | 51 840 |
| Julio | 31 | 53 568 |
| Agosto | 31 | 53 568 |
| Septiembre | 30 | 51 840 |
| Octubre | 31 | 53 568 |
| Noviembre | 30 | 51 840 |
| Diciembre | 31 | 53 568 |
| Sumas | 365 | 630 720 |

Gasto constante de 20 l/s.

e) Capacidad muerta o capacidad a conservar del vaso de almacenamiento.

Teniendo en cuenta la necesidad de mantener un nivel mínimo para la conservación ecológica se consideró conveniente el volumen igual a 89 400 m³ (8.3% del volumen máximo) que corresponde a un área de 12.4 Ha (24.8% del área máxima) y a una elevación de 7.0 m.

f) Capacidad máxima del vaso.

Se consideró conveniente como capacidad máxima el volumen igual a 1 079 000 m³ correspondiente a la elevación 10.50 m el cual cubre un área de la laguna igual a 50 Ha. Se considera factible aumentar ligeramente esta capacidad mediante la construcción de un pequeño bordo perimetral en la parte baja de la laguna.

La capacidad inicial de 863 189 m³ para enero de 1952, corresponde al 80% de la capacidad máxima, tomando en cuenta que en esa fecha termina el periodo de lluvias.

3.7.4 Comentarios.

- Considerando que la laguna sólo recibe aportación por lluvia, el porcentaje de aprovechamiento igual a 70.25% es bueno, esto se debe a la adecuada configuración de la laguna la cual permite obtener un bajo porcentaje de evaporación, 29.89%.

- Para optimizar la utilización de la laguna sólo se requiere hacer un análisis cuidadoso para obtener un programa de operación que reduzca la demanda en los meses anteriores a la presentación de los mayores déficits para atenuar los valores de éstos.

- Adicionalmente se recomienda revisar el levantamiento batimétrico de la laguna ya que, posiblemente, se pueda tener mayor capacidad de embalse.

Por otra parte deber verificarse la posible aportación de alguna corriente de escurrimiento exterior, hacia la laguna. También debe hacerse un análisis cuidadoso para aumentar la capacidad de la laguna mediante la construcción de un bordo perimetral en las partes bajas de la laguna.

3.7.5 Funcionamiento combinado de la laguna con los aljibes de la zona.

El análisis de esta alternativa requiere hacer una evaluación cuidadosa del estado actual de operación de los aljibes, las demandas que son capaces de abastecer y simular el funcionamiento hidráulico de cada uno de los aljibes.

El análisis se puede encuadrar bajo las siguientes consideraciones:

- Proporcionar suministro de agua sólo en los meses de estiaje ya que en los meses de lluvia, junio a noviembre, se debe inducir a optimizar la utilización de los aljibes.
- De esta forma la ley de demanda se muestra en la tabla no.13.
- El análisis de funcionamiento de vaso basta con hacerlo en forma anual para detectar los años con déficit, ya que la distribución mensual será resultado de la combinación de una demanda variada en los meses anteriores a los críticos y el funcionamiento de los aljibes, además de la posibilidad de considerar una capacidad de almacenamiento mayor de la laguna.

3.7.6 Conclusiones.

En conclusión el aprovechamiento de la laguna como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es factible y muy atractivo a pesar de que necesariamente existirán déficits ya que no se han considerado aportaciones de corrientes externas y la precipitación, en general, es menor que la evaporación ya que la configuración del vaso y su capacidad permiten un funcionamiento hidráulico eficiente.

Tabla no. 13
Ley de demanda de agua potable en la región de X'pujil.

| Mes | Días | Volumen (m ³) |
|--------------|------------|------------------------------|
| Enero | 31 | 53 568 |
| Febrero | 28 | 48 384 |
| Marzo | 31 | 53 568 |
| Abril | 30 | 51 840 |
| Mayo | 31 | 53 568 |
| Junio | 30 | 0 |
| Julio | 31 | 0 |
| Agosto | 31 | 0 |
| Septiembre | 30 | 0 |
| Octubre | 31 | 0 |
| Noviembre | 30 | 0 |
| Diciembre | 31 | 53 568 |
| Sumas | 365 | 314 496 |

3.8 Revisión de anteproyectos de los sistemas de abastecimiento de agua Potable.

Se revisó y analizó toda la información sobre el análisis de alternativas realizado con anterioridad, en donde se indica que fueron estudiadas las tres alternativas siguientes:

- a.- Perforación de pozo en Nicolás Bravo y conducción por bombeo.
- b.- Perforación de pozo en Constitución y conducción por bombeo.
- c.- Abastecimiento de la Laguna de Alvarado y conducción por bombeo.

De las alternativas anteriores no se puede incluir como estudiada la que se refiere a perforación de pozos locales, ya que como se menciona en el propio estudio, esta no fue desarrollada por carecer de la información geohidrológica.

Del análisis de los factores que sirvieron de base para el estudio de alternativas, se puede establecer que las variables independientes (parámetros de proyecto), no son las mismas para todas las alternativas, por lo que la variable dependiente (obra – costo) no puede ser comparada para emitir un dictamen sobre la alternativa más económica.

En las alternativas estudiadas, falta precisar el alcance o cobertura de las obras que componen cada alternativa, ya que en el caso de la perforación de pozos y manantiales con líneas de conducción, no se establece claramente la consideración de tanques reguladores o de almacenamiento. Para el caso de la captación a través de aljibes si se considera la construcción de tanques.

Lo anterior no implica que estén mal los parámetros establecidos, pero si, que no se tiene el soporte necesario para su evaluación, así como su unificación para emplearlos en el comparativo de alternativas.

Actualmente estas localidades no cuentan con servicio de agua potable y su abastecimiento de agua es muy precario a través de aljibes comunales y servicio de pipas, lo cual restringe el consumo a la disponibilidad del líquido y recursos económicos, por lo tanto, en el presente estudio se contemplan anteproyectos para la construcción de un sistema de agua potable que tome en cuenta las condiciones socio-económicas de la región y, particularmente,

la limitación de fuentes de abastecimiento con la calidad y cantidad de agua necesaria y suficiente económicamente factibles.

El uso que los usuarios le den al agua esta en función de su disponibilidad, de su costo y fundamentalmente de las costumbres de los habitantes de la región, las cuales se pueden ver modificadas al contar con un sistema de agua potable adecuado, por lo tanto, debemos de ser precavidos al establecer los parámetros de proyecto y sobre todo al elaborar el proyecto de la alternativa seleccionada.

Estas localidades se encuentran distribuidas en un radio de aproximadamente 50 Km y su población promedio de la mayoría de ellas es de 250 habitantes, por lo que cualquier solución para su abastecimiento de agua potable, será económicamente alta.

3.9 Anteproyectos de captación, conducción y regularización de agua potable.

En un proyecto de agua potable es esencial contar con estudios sobre las probables fuentes de abastecimiento, básicamente en lo que se refiere a la cantidad de agua disponible y a su calidad. Al respecto se tiene lo siguiente:

a) Para el caso del aprovechamiento de aguas subterráneas, no se presentan estudios geohidrológicos y geofísicos mínimos, que nos permitan confirmar lo que se plantea como un hecho factible, ya que la localización y profundidad de las perforaciones, así como los gastos de extracción se dan como datos confirmados.

b) En una de las alternativas se tiene como fuente de abastecimiento un manantial, que como en el caso anterior, no se dispone de un aforo que nos confirme el gasto disponible (15 l/s), así como de un aforo que nos precise la calidad del agua, ya que únicamente se menciona que contiene grandes cantidades de sulfatos de calcio y magnesio, por lo que la caracterizan como aguas de mala calidad. Tomando en cuenta que en el estudio se considera la necesidad de una planta potabilizadora, este dato es necesario.

c) En el caso del aprovechamiento de las aguas de lluvia, se recopiló información de estaciones hidrométricas, pero no se incluyen estudios que se hubiesen realizado en las obras existentes en donde se capta esta agua. Actualmente esta fuente de abastecimiento es la mas importante en la zona.

En lo referente a las líneas de conducción, se revisaron las alternativas que tienen como obras de captación pozos profundos, que son la número uno "Nicolás Bravo" y la número dos "Constitución" y con el objeto de poderlas comparar entre sí con la alternativa número tres "Laguna de Alvarado", que se presenta en el siguiente inciso de este trabajo, se hizo necesario unificar y redefinir las coberturas de servicio y parámetros de proyecto.

Una vez definida la cobertura de servicio y reestructurados los datos básicos, se rediseñaron los anteproyectos "Nicolás Bravo" y "Constitución", para lo cual se consideraron los siguientes aspectos:

a.- Se rediseñaron buscando tener el menor número de estaciones de bombeo.

b.- La tubería a emplear será de PVC, por ser la que presenta mayores ventajas técnico-económicas, ya que es la tubería comercial en los diámetros analizados con mayor resistencia a la presión hidrostática y que es congruente con la consideración anterior.

c.- El diseño comprende únicamente obras de captación y líneas de conducción con sus bombeos.

d.- No se consideran los tanques reguladores, ni los tramos de tubería que alimentan a cada tanque, ya que esto es prácticamente igual en cualquiera de las alternativas.

e.- No se realiza un estudio detallado de los fenómenos transitorios, ya que los gastos, velocidades y diámetros que se manejan y resultan en todas las alternativas analizadas, no se justifica y únicamente se determina la sobrepresión con la fórmula de Jowkowski modificada, que nos da resultados conservadores que no inciden significativamente en el diseño de la tubería y sí nos permite tener un mayor factor de seguridad en la conducción, para el caso de mínimos defectos en la construcción, o bien en eventuales problemas de operación.

Cabe mencionar, que tanto en este rediseño de anteproyectos como en el diseño del anteproyecto "Laguna de Alvarado", nos abocamos exclusivamente al proyecto de la línea de conducción principal en lo que se refiere a tuberías, y no se realiza el diseño de cruceros, ya que con la información disponible (cartas topográficas escala 1 : 50000) no es posible llegar a ese detalle, además de que este aspecto no es representativo en la etapa de anteproyecto en la que nos encontramos.

Para la selección del diámetro más económico de cada uno de los tramos que conforman las dos alternativas en cuestión, se tomo en cuenta la carga dinámica total resultante, así como el costo anual de bombeo.

Los datos, parámetros y fórmulas empleadas en el cálculo del diámetro más económico, son los siguientes:

| | Manning |
|--|--------------------------|
| Pérdidas por fricción | |
| Coefficiente de rugosidad del material de la tubería | 0.009 |
| Módulo de elasticidad de la tubería | 29300 kg/cm ² |
| Módulo de elasticidad del agua | 20670 kg/cm ² |
| Porcentaje adicional de pérdidas | 5.0 % |
| Eficiencia de los equipos de bombeo. | 75% |
| Costo de energía eléctrica | \$ 2.00 Kwatt/hora |

A partir de la caja de transición la línea de conducción trabajará por gravedad en ambas alternativas.

A continuación se presentan los datos y resultados técnicos, del rediseño de estas dos alternativas.

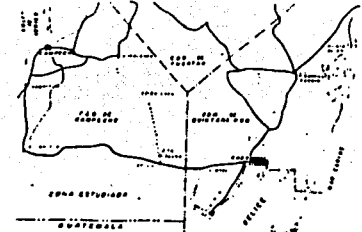
3.10 Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema " Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado ".

Esta alternativa tiene la finalidad de dotar de agua potable a 24 comunidades de la región de X'pujil a saber:

| Población y/o estructura | Cadenamiento Km | Cota de terreno msnm |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| Nicolás Bravo | 00 + 000 | 70.00 |
| Planta de Bombeo no. 1 | 21 + 500 | 150.00 |
| Planta de Bombeo no. 2 | 32 + 200 | 220.00 |
| X'pujil | 50 + 000 | 250.00 |
| Valentín Gómez Farías | 51 + 200 | |
| Planta de Bombeo no. 3 | 51 + 600 | 260.00 |
| Heriberto Jara | -(6 + 000) | |
| Becal | -(7 + 900) | |
| Chicaná | -(10 + 800) | |
| Nuevo Campanario | 58 + 900 | 349.00 |
| La Lucha | 61 + 300 | 277.00 |
| El Carrizal | 65 + 300 | 290.00 |
| El Diecisiete | 70 + 00 | 255.00 |
| Polo Norte | 74 + 600 | 271.00 |
| La Guadalupe | 75 + 300 | 273.00 |
| Los Manantiales | 78 + 250 | 284.00 |
| La Victoria | 78 + 000 | 280.00 |
| Narciso Mendoza | 83 + 650 | 248.00 |
| Cristóbal Colón | 85 + 500 | 221.00 |
| Niños Héroes | 14 + 100 | 255.00 |
| El Carmen | 98 + 700 | 250.00 |
| Unidad y Trabajo | 103 + 300 | 275.00 |
| Ley de Fomento Agropecuario | 105 + 900 | 298.00 |
| Once de Mayo | 108 + 700 | 290.00 |
| San Miguel | 109 + 600 | 292.00 |
| Laguna de Alvarado | 138 + 000 | 150.00 |
| Las Pailas | 138 + 000 | 150.00 |

Como se puede observar el anteproyecto no. 1 "Nicolás Bravo – Laguna de Alvarado" consta de:

- La captación de agua subterránea, es del Pozo "Nicolás Bravo", proyectado a perforarse en la población del mismo nombre, cuya capacidad de extracción se prevee sea 10 l/s.
- Una planta de bombeo vertical como toma.
- Una línea de conducción de aproximadamente 138 kilómetros de longitud, la cual iría del poblado Nicolás Bravo a el poblado 16 de Septiembre (Laguna de Alvarado).
- Cuatro plantas de bombeo (incluida la de toma).
- Una caja de transición, ubicada entre los poblados de San Miguel y 16 de Septiembre
- Tres tanques de cambio de régimen, y
- Una serie de derivaciones para entregar el agua a los poblados cercanos a la red principal del acueducto.
- (Al respecto ver planos del 7 al 10).



CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|------------------------------------|---------------------|
| POBLACION ACTUAL TOTAL (1994) | 7,809 00 hab |
| POBLACION DE PROYECTO TOTAL (2001) | 13,541 00 hab |
| COSTACION | 100 L/a/a |
| GASTO MEDIO | 833 1/a/a |
| GASTO MEDIO DIARIO TOTAL | 13 83 1/a/a |
| GASTO MEDIO HORARIO | 20 85 1/a/a |
| COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA | 1.5 |
| FUENTES DE ABASTECIMIENTO | agua subterránea |
| TIPO DE CARTON | forma directa |
| CAPACIDAD DE REGULACION | 2.37 m ³ |

S I M B O L O G I A

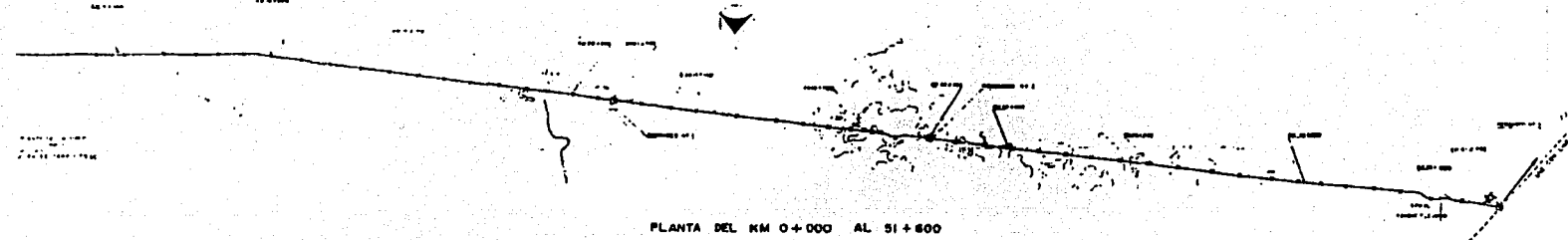
| | | |
|---------------------|--|-----------|
| 200 mm (8") DE Ø | | KM 51+600 |
| 63 mm (2 1/2") DE Ø | | |
| 50 mm (2") DE Ø | | |
| PLANTA DE BOMBEO | | |
| TANQUE ELEVADO | | |
| CURVAS DE NIVEL | | |
| KILOMETRAJE | | |

NOTAS.

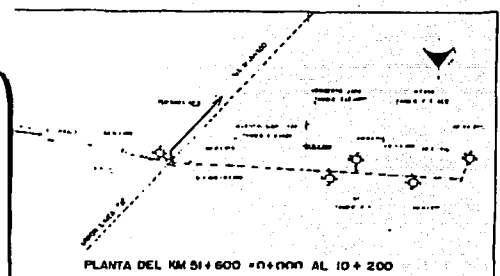
- N (1) TUBERIA DE PVC 63 mm (2 1/2") Ø L=700 m
- N (2) TUBERIA DE PVC 50 mm (2") Ø L=800 m
- N (3) TUBERIA DE PVC 50 mm (2") Ø L=1800 m
- N (4) TUBERIA DE PVC 50 mm (2") Ø L=2300 m

| | | |
|---|---|------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | Facultad de Ingeniería | |
| ALTERNATIVA No 1 NICOLÁS BRAVO - LAGUNA DE ALVARADO KM 0+000 AL 51+600 TRAMO X PUJUL - CHICANA KM 51+600 - 0+000 AL 10+200 | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | |
| PROF. | FECHA | OTRO |
| PHILIP C. HERNANDEZ YANIAS | | |
| FECHA | PROYECTO | OTRO |
| ENERO DE 2003 | PLAN No 7 | |

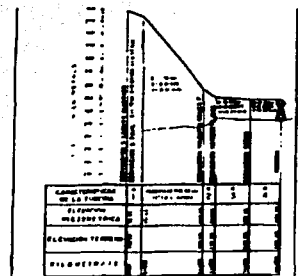
TESIS CN
FALLA DE C...



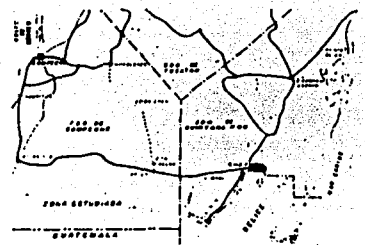
PLANTA DEL KM 0+000 AL 51+600



PLANTA DEL KM 51+600 AL 10+200



| ESTACION | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| CANTONAMIENTO DE LA TUBERIA | | | | |
| ELEVACION MEDIO TUBERIA | | | | |
| ELEVACION TERRENO | | | | |
| KILOMETRAJE | | | | |



CROQUIS DE LOCALIZACION

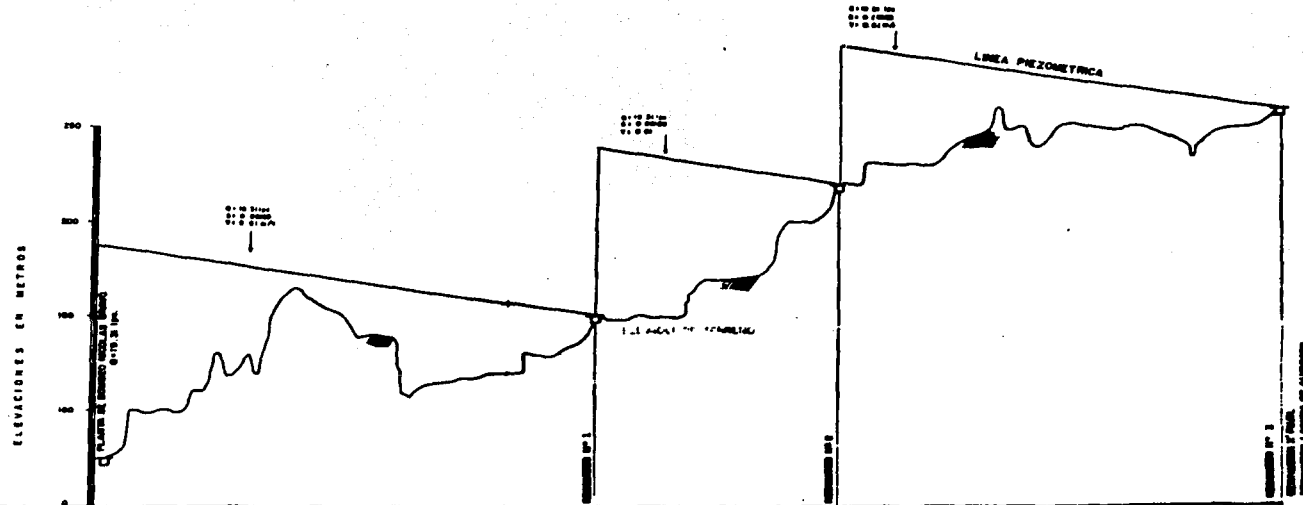
DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| HEILACION ACTUAL TOTAL (884) | 7,000 00 m |
| HEILACION DE PROYECTO TOTAL (200) | 13,841 00 m |
| COTACION | 100 L/m |
| GASTO MEDIO | 833 100 |
| GASTO MEDIO DIARIO TOTAL | 18 83 100 |
| GASTO MEDIO HORARIO | 20 00 100 |
| COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA | 1.5 |
| COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA | 1.5 |
| FUENTES DE ABASTECIMIENTO | 1 zona de captacion |
| TIPO DE CAPTACION | 1 zona de captacion |
| CAPACIDAD DE REGULACION | 232 m ³ |

SIMBOLOGIA

| | | |
|-----------------------|--|-------------|
| 300 mm (12") DE Ø | | KM 51 + 600 |
| 65 mm (2 1/2") DE Ø | | |
| 50 mm (2") DE Ø | | |
| PLANTA DE RESERVOIRIO | | |
| TANQUE ELEVADO | | |
| CURVAS DE NIVEL | | |
| KILOMETRAJE | | |

ESC. HORIZ. 1:100,000
VERT. 1:1000



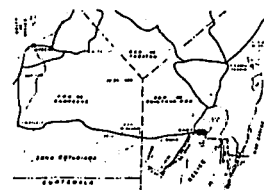
| CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | TUBERIA DE PVC 200 mm (8") Ø L=2100M | | | | TUBERIA DE PVC 80mm (3") Ø L=1070 | | | | TUBERIA DE PVC 300 mm (12") Ø L=2400M | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|-----------------------------------|------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| ELEVACION PIEZOMETRICA | 150 | 145 | 140 | 135 | 135 | 130 | 125 | 120 | 120 | 115 | 110 | 105 |
| ELEVACION DE TERRENO | 150 | 145 | 140 | 135 | 135 | 130 | 125 | 120 | 120 | 115 | 110 | 105 |
| KILOMETRAJE | 0+00 | 0+21 | 0+42 | 0+63 | 0+63 | 0+84 | 0+105 | 0+126 | 0+126 | 0+147 | 0+168 | 0+189 |

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

ALTERNATIVA No. 1
NICOLÁS BRAVO - LAGUNA DE ALVARADO
KM 0 + 000 AL 31 + 600
TRAMO X'PUJIL - CHICANA
KM 31 + 600 - 0 + 000 AL 10 + 200
PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS
LAGUNA DE ALVARADO

FECHA: ENERO DE 2003
AUTOR: FELIPE C. HERNANDEZ VARIAS
PROYECTO: PLAN No 8

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



CROQUIS DE LOCALIZACION

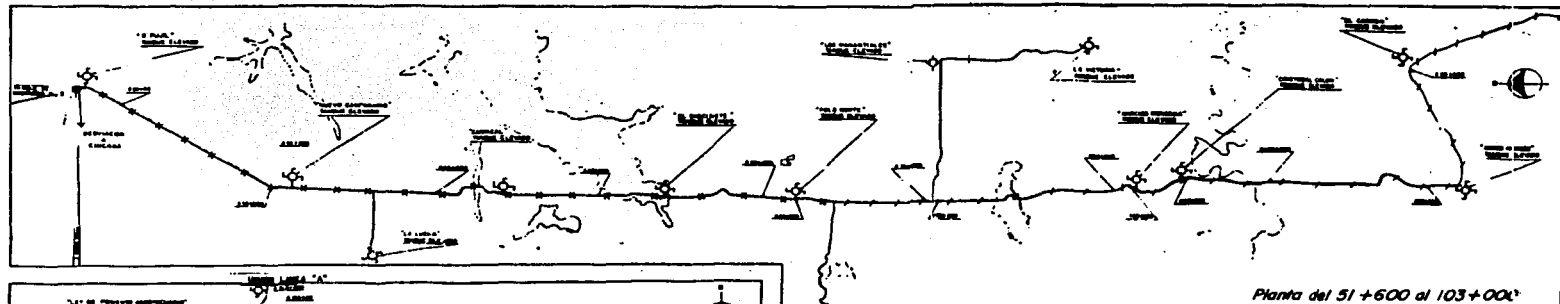
DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| PLANTA ACTUAL TOTAL (1984) | 7,400 000 |
| POBLACION "E" PROYECTA TOTAL (2010) | 15,600 000 |
| DOTACION | 100 L/P/D |
| RASIO MLDU | 100 L/P/D |
| GASTO MAXIMO DIARIO TOTAL | 1581120 |
| GASTO MAXIMO HORARIO | 1085120 |
| COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA | 1.2 |
| COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA | 1.8 |
| FUENTE DE ABASTECIMIENTO | Agua Superficial |
| TIPO DE CAPTACION | Toma Directa |
| CAPACIDAD DE REGULACION | 100 M ³ |

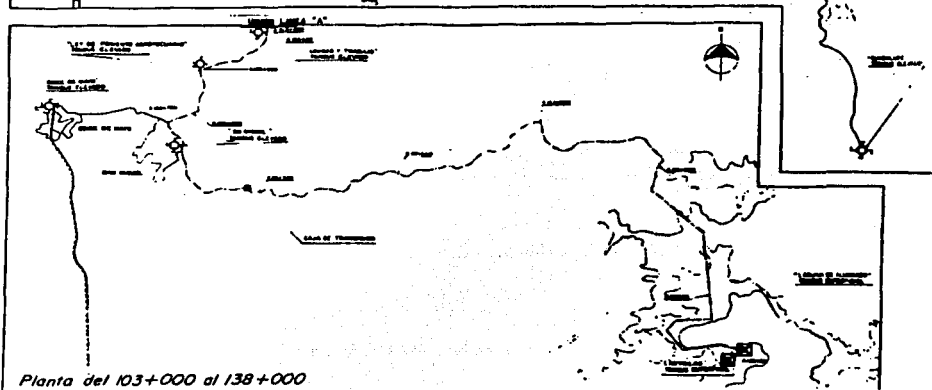
SIMBOLOGIA

| | |
|---------------------|--|
| 200 mm (8") DE Ø | |
| 150 mm (6") DE Ø | |
| 100 mm (4") DE Ø | |
| 75 mm (3") DE Ø | |
| 50 mm (2") DE Ø | |
| TANQUE ELEVADO | |
| KILOMETRAJE | |
| CURVAS DE NIVEL | |
| CAJA DE TRANSICION | |
| TANQUE DE RESERVOIO | |

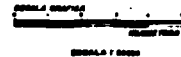
NOTA: La planta y el perfil se dibujaron en base a punto de nivel
 - (1) TUBERIA DE PVC 150mm (6") x 1.1200 M
 - (2) TUBERIA DE PVC 100mm (4") x 1.1700 M
 - (3) TUBERIA DE PVC 75mm (3") x 1.1200 M



Planta del 51+600 al 103+000

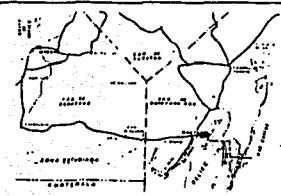


Planta del 103+000 al 138+000



TESIS CON
FALTA DE COPIEN

| | | | |
|---|---|--------------------|--------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingenieros | | |
| ALTERNATIVA No. 1 NICOLÁS BRAVO - LAGUNA DE ALVARADO KM 51 + 600 AL 138 + 000 | | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| ELABORADO | FECHA | PROYECTO | ESCALA |
| ELIPEL HERNANDEZ VARGAS | 1984 | LAGUNA DE ALVARADO | 1:1000 |
| NO. DE | FECHA | PROYECTO | ESCALA |
| ENERO DE 2003 | PLANO No. 9 | | |



CROQUIS DE LOCALIZACION

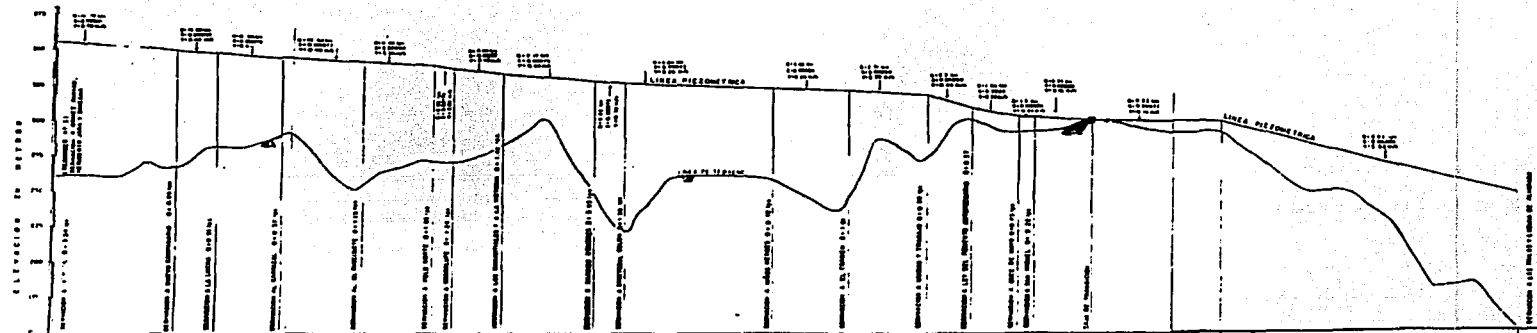
DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| BLAZON ACTUAL TOTAL (1994) | 7,040,000 hab |
| POBLACION "E" PROYECTO TOTAL (2001) | 13,741,000 hab |
| DOTACION | 100 L/PJM |
| GASTO MEDIO | 1047.100 |
| GASTO MENSUAL DIARIO TOTAL | 13,871,000 |
| GASTO MENSUAL HORARIO | 20,637,000 |
| COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA | 1.8 |
| COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA | 1.8 |
| FUENTE DE ABASTECIMIENTO | Acueducto Superficial |
| TIPO DE CAPTACION | Toma Directa |
| CAPACIDAD DE REGULACION | 200 m ³ |

SIMBOLOGIA

| | |
|---------------------|--|
| 200mm (ø") DE Ø | |
| 150mm (ø") DE Ø | |
| 100mm (ø") DE Ø | |
| 75mm (ø") DE Ø | |
| 50mm (ø") DE Ø | |
| TARQUE ELEVADO | |
| KILOMETRAJE | |
| CURVAS DE NIVEL | |
| CAJA DE TRANSICION | |
| TARQUE DE RESERVOIR | |

NOTA: Las juntas y el perfil se muestran en forma de punto de vista.
 * (1) TUBERIA DE PVC 150mm (ø") Ø L = 1200 m
 * (2) TUBERIA DE PVC 100mm (ø") Ø L = 1750 m
 * (3) TUBERIA DE PVC 75mm (ø") Ø L = 1000 m



| CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | TUBERIA DE PVC 150mm (ø") Ø L = 1200 m | TUBERIA DE PVC 100mm (ø") Ø L = 1750 m | TUBERIA DE PVC 75mm (ø") Ø L = 1000 m | TUBERIA DE PVC 50mm (ø") Ø L = 500 m | TUBERIA DE PVC 25mm (ø") Ø L = 250 m | TUBERIA DE PVC 15mm (ø") Ø L = 150 m | TUBERIA DE PVC 10mm (ø") Ø L = 100 m | TUBERIA DE PVC 5mm (ø") Ø L = 50 m | TUBERIA DE PVC 3mm (ø") Ø L = 30 m | TUBERIA DE PVC 2mm (ø") Ø L = 20 m | TUBERIA DE PVC 1mm (ø") Ø L = 10 m | TUBERIA DE PVC 0.5mm (ø") Ø L = 5 m | TUBERIA DE PVC 0.2mm (ø") Ø L = 2 m | TUBERIA DE PVC 0.1mm (ø") Ø L = 1 m |
|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ELEVACION PIEZOMETRICA | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEVACION DEL TERRENO | | | | | | | | | | | | | | |
| KILOMETRAJE | | | | | | | | | | | | | | |

1.500 m
VALLE DE ORIZABA

| | | |
|---|---|------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | Facultad de Ingeniería | |
| ALTERNATIVA No. 1 X'PUJIL - LAGUNA DE ALVARADO KM 51+600 AL 138+000 PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | |
| PROF. C. FERNANDO VILLAS | NO. 0000 | NO. 000 |
| FECH. ENERO DE 2003 | ESCALA PLANO No 10 | FECHA DE ENTREGA |

3.11 Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema " Constitución – Laguna de Alvarado ".

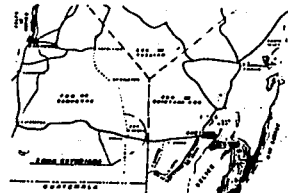
Esta alternativa, la número dos, considera el abastecimiento de agua potable a 28 comunidades dentro de la región de X'pujil como sigue.

| Población y/o Estructura | Cadenamiento (Km) | Cota de terreno (msnm) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Constitución | 0 + 000 | 75.00 |
| Planta de bombeo no. 1 | 12 + 500 | 160.00 |
| Planta de bombeo no. 2 | 40 + 000 | 220.00 |
| Emiliano Zapata | 52 + 500 | 190.00 |
| Eugenio Echeverría Castellet | 60 + 000 | 210.00 |
| Chichonal | 65 + 000 | 260.00 |
| Planta de bombeo no. 3 | 70 + 000 | 275.00 |
| El Solitario | 70 + 000 | 275.00 |
| Chicaná | 74 + 200 | 270.00 |
| Becán | 75 + 800 | 270.00 |
| Heriberto Jara | 77 + 700 | 270.00 |
| Valentín Gómez Farías | 78 + 500 | 265.00 |
| X'pujil | 83 + 700 | 260.00 |
| Nuevo Campanario | 91 + 000 | 266.00 |
| La Lucha | 93 + 400 | 277.00 |
| El Carrizal | 97 + 400 | 290.00 |
| El Diecisiete (Manuel Castilla) | 102 + 100 | 255.00 |
| Polo Norte (Ricardo Payró) | 106 + 200 | 274.00 |
| Los Manantiales | 110 + 350 | 280.00 |
| La Victoria | 110 + 350 | 284.00 |
| La Guadalupe | 107 + 400 | 335.00 |
| Narciso Mendoza | 115 + 750 | 248.00 |
| Cristóbal Colón | 117 + 500 | 221.00 |
| Niños Héroes | 126 + 200 | 255.00 |
| El Carmen | 130 + 800 | 250.00 |
| Unidad y Trabajo | 135 + 400 | 275.00 |
| Ley de Fomento Agropecuario | 138 + 000 | 298.00 |

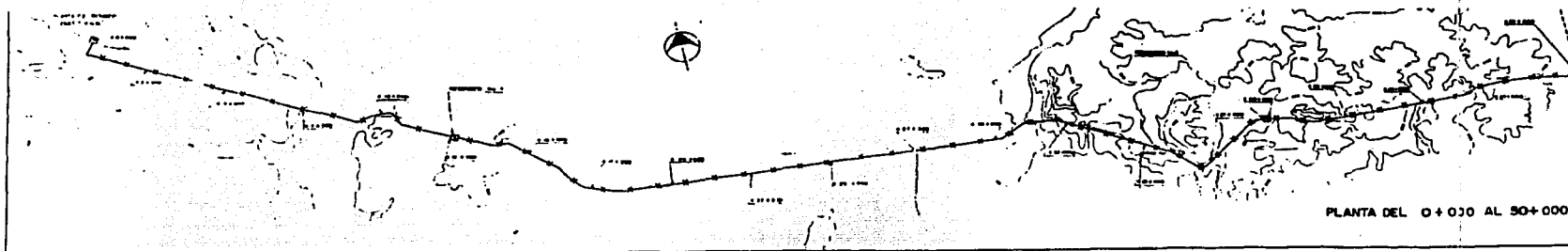
| Población y/o Estructura | Cadenamiento (Km) | Cota de terreno (msnm) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Once de Mayo | 140 + 800 | 290.00 |
| San Miguel | 141 + 700 | 292.00 |
| Caja de transición | 145 + 000 | 300.00 |
| Laguna de Alvarado | 170 + 000 | 150.00 |
| Las Pailas | 170 + 000 | 150.00 |

De esta forma el anteproyecto constaría de la infraestructura siguiente:

- Fuente de toma pozo Constitución, que se prevé sea perforado en el poblado del mismo nombre, con un gasto esperado de 6 l/s.
- Una línea de conducción de aproximadamente 210 Km que iría del poblado de Constitución al poblado 16 de Septiembre, propiamente a La Laguna de Alvarado.
- Cuatro plantas de bombeo (incluida la de toma)
- Cuatro tanques de cambio de régimen para proporcionar el abastecimiento a las comunidades antes señaladas, y
- Una caja de transición entre los poblados de San Miguel y 16 de Septiembre (Laguna de Alvarado), aproximadamente en el kilómetro 145 + 000.
- Además de una serie de derivaciones.
- (Ver planos del 11 al 14).



CRUCIS DE LOCALIZACION



PLANTA DEL 0+000 AL 50+000

DATOS DEL ANTERPROYECTO

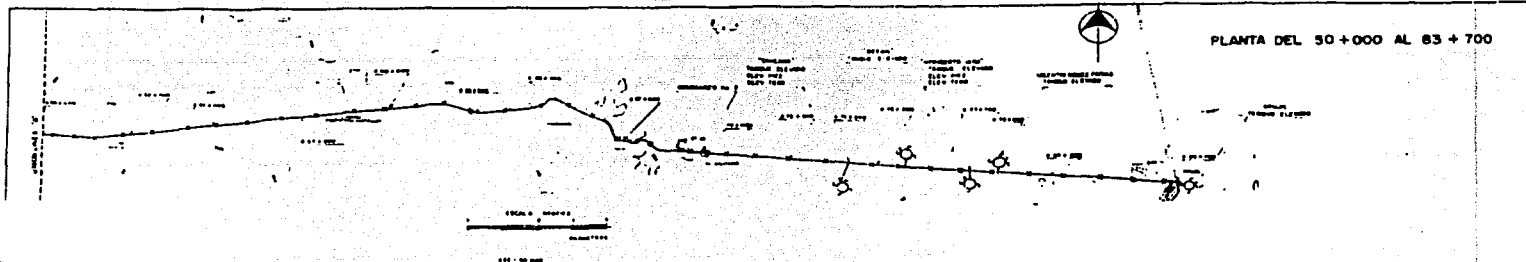
| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| POBLACION ACTUAL TOTAL (1983) | 72,000 hab |
| POBLACION DE PROYECTO TOTAL (1983) | 72,000 hab |
| DEPARTAMENTO | JALISCO |
| MUNICIPIO | LAGUNA DE ALVARADO |
| TIPO DE OBRAS | CONSTRUCCION DE CARRETERA |
| ESTADO DE OBRAS | ESTUDIO PRELIMINAR |
| FECHA DE ELABORACION | 1983 |
| FECHA DE APROBACION | |
| FECHA DE EJECUCION | |
| FECHA DE CANCELACION | |
| FECHA DE REVISACION | |

SIMBOLOGIA

| | |
|---------------------------|--|
| LINEA DE FONDO (1:50,000) | |
| PLANTA DE RECONSTRUCCION | |
| TANQUE ELEVADO | |
| ESTACION DE NIVEL | |
| PLUMETRAJE | |

- NOTAS:
- 1. TIPO DE TUBERIA DE 10" O 12" DE DIAM.
 - 2. TIPO DE TUBERIA DE 10" O 12" DE DIAM.
 - 3. TIPO DE TUBERIA DE 10" O 12" DE DIAM.

LA PLANTA Y PERFIL DE OBRAS SE HAN ELABORADO EN ESCALA 1:5000

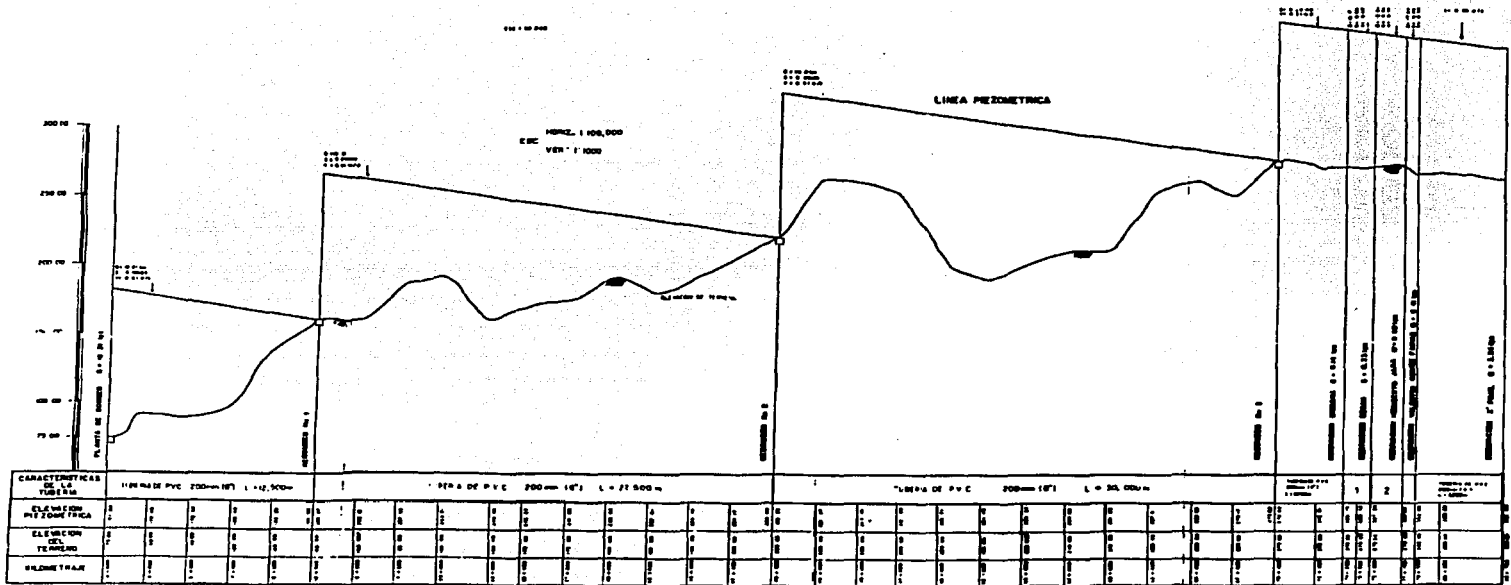


PLANTA DEL 50+000 AL 83+700

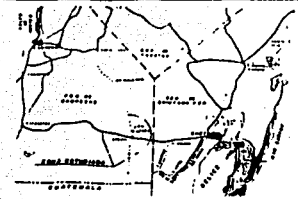
TESIS
FALLADO

| | | | |
|---|-------------|---|------------------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| ALTERNATIVA No 2 CONSTITUCION - LAGUNA DE ALVARADO KM 0+000 AL 83+700 | | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| EQUIPO C. HERRANDEZ VARGAS | | EQUIPO | |
| PROF. | ESTUDIANTE | FECHA | FECHA DE ENTREGA |
| ENERGIA DE HIDRO | PLANO No 11 | | |

MORFINE 247 30 0 247 274



| CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA | TUBERÍA DE PVC 200mm (8") L = 12,500m | | | | | | | | | | TUBERÍA DE PVC 200mm (8") L = 21,500m | | | | | | | | | | TUBERÍA DE PVC 200mm (8") L = 20,000m | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| ELEVACION DEL FONDO | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| ELEVACION DEL TUBERÍA | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| VALOR TRAZO | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |



CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|------------------------------------|---------------|
| POBLACION ACTUAL TOTAL (1990) | 7,000 de hab |
| POBLACION DE PROYECTO TOTAL (1990) | 12,000 de hab |
| DESEMBO | 100 L / 2.76 |
| ANCHO MEDIO | 10 de 1.44 |
| CANTO MEDIO (MÁS TOTAL) | 0.50 TPA |
| CANTO MEDIO MEDIANO | 0.50 TPA |
| COEFICIENTE DE VARIACION LONGA | 1.0 |
| COEFICIENTE DE VARIACION ANCHA | 1.0 |
| PERCENT DE HABILITAMIENTO | 100% (100%) |
| TIPO DE CANTONADO | 100% (100%) |
| CANTONADO DE HABILITAMIENTO | 100% (100%) |

SIMBOLOGIA

- TUBERIA DE FONDO 10" DE Ø
- PLANTA DE DISEÑO
- TUBERIA ELEVADA
- CANTONADO DE BIVEL
- ALMOCENA

- NOTAS:**
- 1) TUBERIA DE 200mm (8") Ø L = 12,500m
 - 2) TUBERIA DE PVC 200mm (8") Ø L = 21,500m
 - 3) TUBERIA DE PVC 200mm (8") Ø L = 20,000m

LA PLANTA Y PERFIL DE ANCHO DE CANTONADO SE DA EN PLANOS DE L. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

**ALTERNATIVA No 2
CONSTITUCION - LAGUNA DE ALVARADO
KM 83 + 700 AL 170 + 000
PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS**

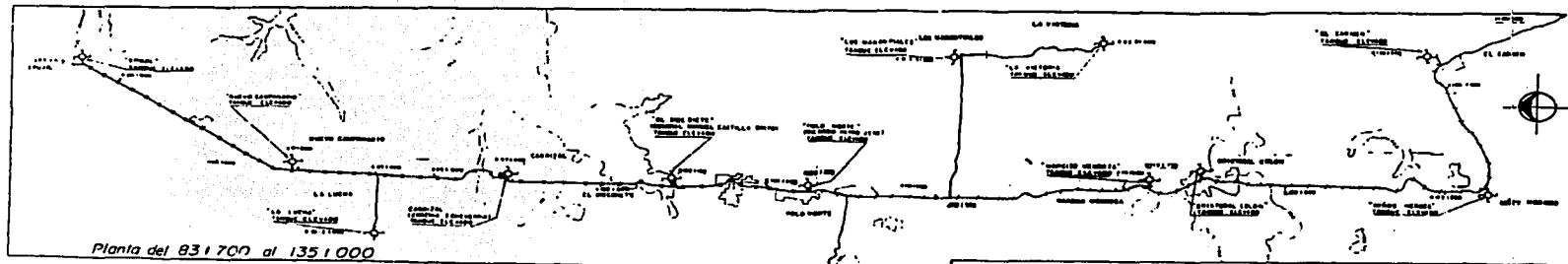
LAGUNA DE ALVARADO

ENFOQUE: ENFOQUE VARIAS

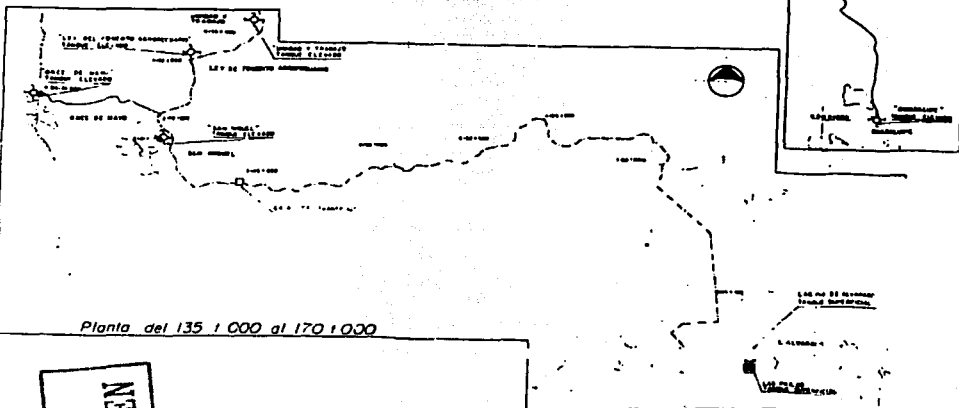
ENFOQUE: ENFOQUE VARIAS

ENFOQUE: ENFOQUE VARIAS

ENFOQUE: ENFOQUE VARIAS



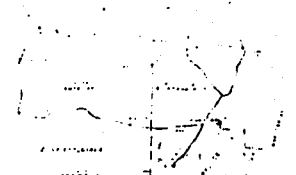
Planta del 83+700 al 135+000



Planta del 135+000 al 170+000

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Esc: 1/50,000



CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DEL ANTEPROYECTO

| | |
|------------------------|----------------|
| TIPO DE OBRAS | RECONSTRUCCION |
| ESTADO DE AVANCE | 100% |
| FECHA DE ELABORACION | 1981 |
| FECHA DE ACTUALIZACION | 1981 |
| FECHA DE REVISION | 1981 |
| FECHA DE APROBACION | 1981 |
| FECHA DE EMISION | 1981 |
| FECHA DE CANCELACION | 1981 |
| FECHA DE SUSPENSIÓN | 1981 |
| FECHA DE REANUDACION | 1981 |
| FECHA DE CANCELACION | 1981 |
| FECHA DE SUSPENSIÓN | 1981 |
| FECHA DE REANUDACION | 1981 |

SIMBOLOGIA

| | |
|----------------------|--|
| SEÑAL DE ALERTE | |
| SEÑAL DE PROHIBICION | |
| SEÑAL DE OBLIGACION | |
| SEÑAL DE INFORMACION | |
| SEÑAL DE TRANSICION | |
| SEÑAL DE PERIFERIA | |

NOTA: La planta y croquis se elaboraron con el sistema de UTM.

- 1. ESTACIONAMIENTO DE 150 M x 150 M
- 2. ESTACIONAMIENTO DE 150 M x 150 M
- 3. ESTACIONAMIENTO DE 150 M x 150 M

| | | | |
|---|---|----------------------|-----------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingeniería | | |
| ALTERNATIVA No 2 CONSTITUCION - LAGUNA DE ALVARADO KM 83 + 700 AL 170 + 000 | | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| PROYECTO | FECHA | ESTADO | CIUDAD |
| PROYECTO: VARIAS | FECHA: | ESTADO: | CIUDAD: QROO |
| FECHA DE EMISION: | FECHA DE APROBACION: | FECHA DE SUSPENSIÓN: | FECHA DE REANUDACION: |
| FECHA DE EMISION: 2011 | FECHA DE APROBACION: 13 | FECHA DE SUSPENSIÓN: | FECHA DE REANUDACION: |

CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DEL ANTEPROYECTO

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL FERROCARRIL DE LA LAGUNA DE ALVARADO
 ALTERNATIVA No. 2
 CONSTITUCION - LAGUNA DE ALVARADO
 PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS
 ESCALA: Horizontal = 1:100,000 Vertical = 1:1,000

SIMBOLOGIA

- 200mm = 1:100
- 150mm = 1:150
- 100mm = 1:200
- 75mm = 1:250
- 50mm = 1:300
- 30mm = 1:400
- 15mm = 1:600
- 7.5mm = 1:800
- 3.75mm = 1:1,000
- 1.875mm = 1:1,200
- 0.9375mm = 1:1,500
- 0.46875mm = 1:2,000

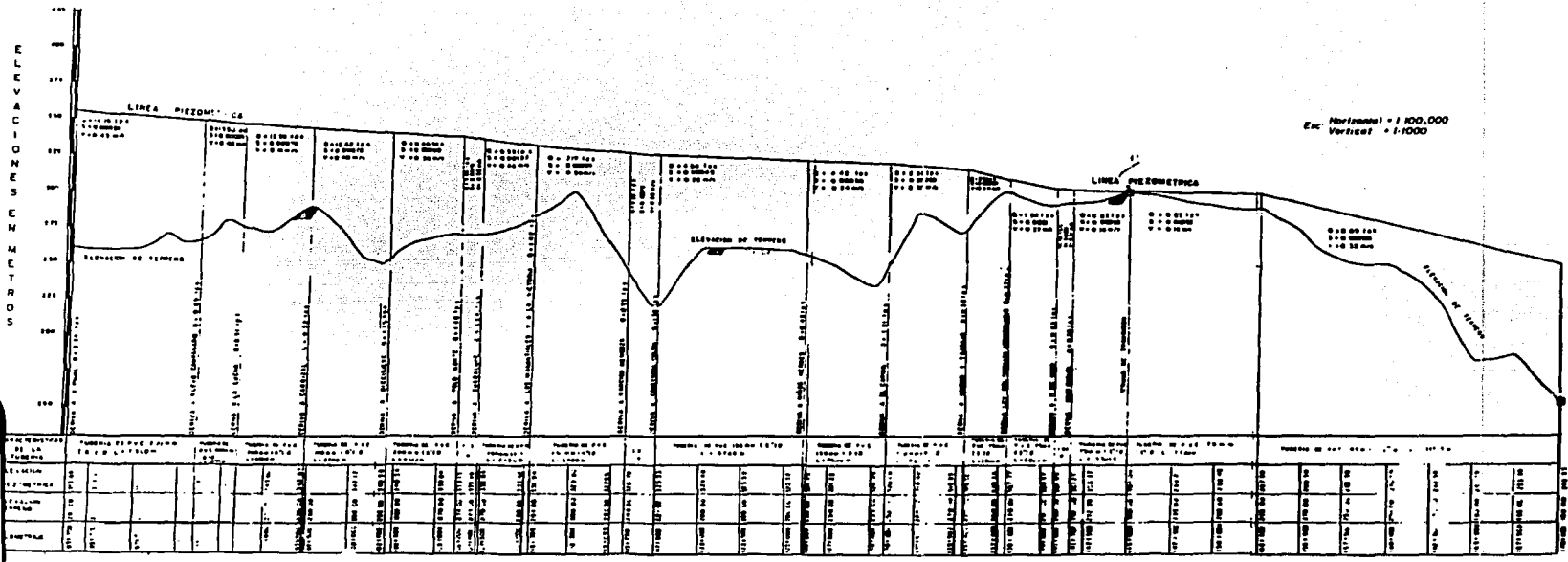
NOTA: La escala se aplica a las dimensiones nominales de las obras.

- 1. ESTACION DE PRECISION (E7) M. E. 1:200 M.
- 2. ESTACION DE ALTERNATIVA (E7) M. E. 1:200 M.
- 3. ESTACION DE ALTERNATIVA (E7) M. E. 1:200 M.

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Ingeniería

ALTERNATIVA No. 2
 CONSTITUCION - LAGUNA DE ALVARADO
 KM 83 + 000 AL 170 + 000
 PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS

| | |
|---|--------------|
| LAGUNA DE ALVARADO | |
| PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL FERROCARRIL DE LA LAGUNA DE ALVARADO | FECHA: 2011 |
| NUMERO DE DISEÑO: 2011 | PLANO No. 14 |



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

3.12 Anteproyecto de abastecimiento de agua potable para la región de X'pujil del sistema "Laguna de Alvarado – X'pujil – Chicaná".

En esta alternativa número tres, los datos básicos de proyecto y gastos de diseño requeridos, corresponden a los reestructurados para las alternativas estudiadas en los subcapítulos anteriores, que son los siguientes:

| | |
|---|----------------|
| Población estimada (1998). | 7809 hab. |
| Población de proyecto (2010). | 13541 hab. |
| Dotación. | 100 l/hab./día |
| Gasto medio anual (Q.M.A.). | 16.09 l/s |
| Coefficiente de variación diaria (C.V.D.). | 1.2 |
| Coefficiente de variación horaria (C.V.H.). | 1.5 |
| Gasto medio diario (Q.M.D.). | 19.31 l/s |
| Gasto máximo anual (Q.M.A.). | 28.96 l/s |

3.10.1 Fuente de abastecimiento y potabilización.

La fuente de abastecimiento para esta alternativa es la Laguna de Alvarado que se localiza a 85 Km al sur de X'pujil y cuyas aguas son susceptibles de aprovechamiento, lo que se deduce de :

- La inspección física realizada en la visita técnica.
- Del resultado de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua, así como;
- Del estudio sobre disponibilidad y gasto factible de extracción.

Sobre la base de las características bacteriológicas, no se requiere de planta potabilizadora, exclusivamente se requiere que esta agua sea sometida a un proceso de desinfección en el inicio de la conducción, el cual se recomienda sea de una solución de hipoclorito. El cloro residual que se requiere en la distribución de cada localidad deberá aplicarse directamente en los tanques reguladores, aspecto que es igual en las tres alternativas analizadas.

3.10.2 Obra de captación.

La obra de captación será un muelle, cuya ubicación exacta se definirá en el proyecto ejecutivo. Sobre este muelle se ubicarán los equipos de bombeo que alimentan directamente a la línea de conducción. La succión del equipo de bombeo estará en función de los niveles que se fijen para la operación de la laguna (se dejará un tirante que permita preservar la fauna existente).

En tierra firme se construirán las casetas de operación-vigilancia y la de cloración.

Para esta obra se requiere construir una línea de transmisión y una subestación de energía eléctrica. El costo de la línea se incluirá en el presupuesto de esta alternativa, ya que a diferencia de la subestación, es un concepto adicional al de las alternativas números uno y dos.

Para el acceso a la zona de captación, se requiere de la construcción de un camino de aproximadamente 10 Km, para unirlo al camino existente y cuyo trazo estará en función de la localización definitiva de la línea de conducción.

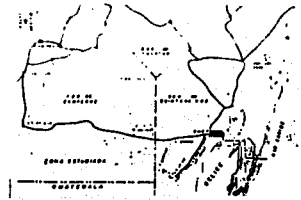
3.10.3 Línea de conducción.

Para el diseño de la línea se tomaron los mismos aspectos considerados en las alternativas uno y dos, además de los datos, parámetros y fórmulas empleadas en el cálculo del diámetro más económico.

El anteproyecto se dibujó en planta a escala 1:50000 (formada a partir de cartas topográficas del INEGI), y el perfil a escalas 1:100000 y 1:1000, horizontal y vertical; respectivamente, el cual fue deducido de las cartas mencionadas. En el perfil se dibujó la línea

piezométrica de trabajo normal, verificándose que la carga disponible fuese suficiente para alimentar a los tanques (proyecto), de todas las localidades, planos 15 y 16.

Al igual que las alternativas números uno y dos, no se diseñaron los ramales de derivación a cada tanque, por considerarse que estos son similares en todas las alternativas y por lo tanto no representan un factor de comparación, que es lo que buscamos con estos proyectos.



CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DE ANTEPROYECTO

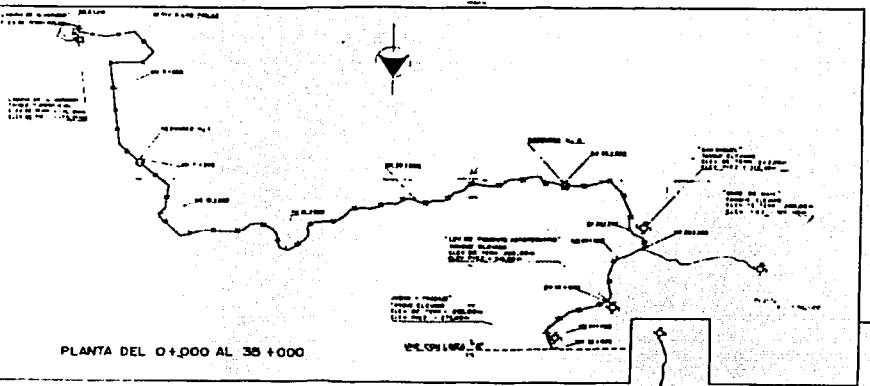
| | |
|------------------------------------|--------------------|
| POBLACION ACTUAL TOTAL (1984) | 7000 000 000 |
| POBLACION DE PROYECTO TOTAL (2000) | 13,541 000 000 |
| DELLACION | 100 L / 2774 |
| BASTO M ² /DNO | 11 43 100 |
| BASTO MAXIMO DIARIO TOTAL | 13 85 100 |
| BASTO MAXIMO HORARIO | 20 65 100 |
| COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA | 1.2 |
| COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA | 1.5 |
| FUENTE DE ABASTECIMIENTO | QUEMOSUFICIENTE |
| T.P. DE CAPTACION | TOMA DIRECTA |
| CAPACIDAD DE REGULACION | 800 m ³ |

SIMBOLOGIA

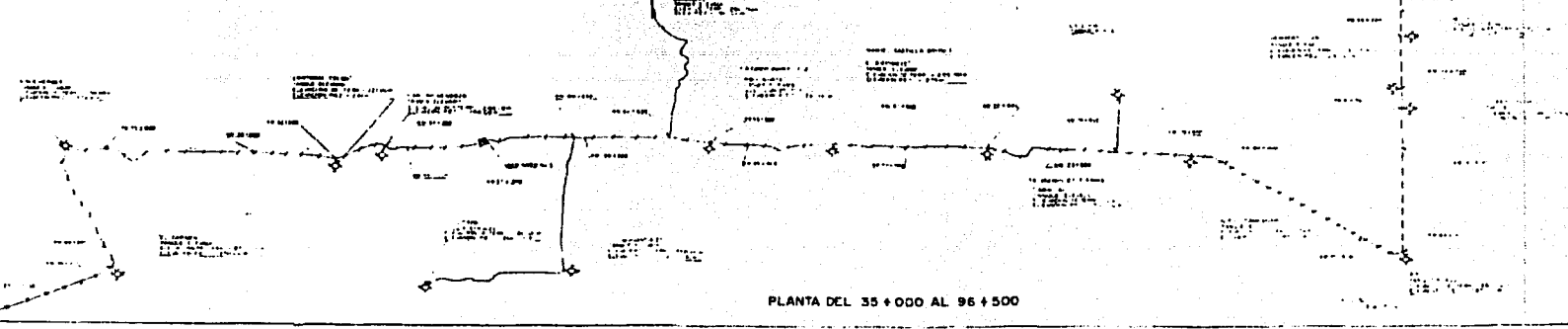
| | |
|---------------------|--|
| 200 mm (4") DE Ø | |
| 150 mm (6") DE Ø | |
| 100 mm (4") DE Ø | |
| 75 mm (3") DE Ø | |
| 63 mm (2 1/2") DE Ø | |
| 50 mm (2") DE Ø | |
| TANQUE ELEVADO | |
| TOMA DIRECTA | |
| PLANTA DE RESERVOIR | |
| KILOMETRAJE | |
| CURVAS DE NIVEL | |
| TANQUE SUPERFICIAL | |

NOTA - Los datos de proyecto corresponden a las 23 comunidades más al centro familiar (localidad al ponerse en el PLANT. La planta y su tubería se muestra en base a datos de INEGI)

- Ø (1) TUBERIA DE PVC 200 mm (4") L = 900m
- Ø (2) TUBERIA DE PVC 150 mm (6") L = 1000m
- Ø (3) TUBERIA DE PVC 63 mm (2 1/2") L = 900m

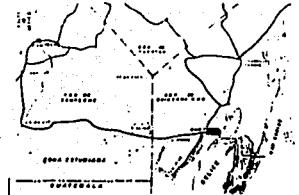


PLANTA DEL 0+000 AL 35+000



PLANTA DEL 35+000 AL 96+500

| | | |
|--|---|----------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | Facultad de Ingeniería | |
| ALTERNATIVA No 3 LAGUNA DE ALVARADO - CHICANA KM 0+000 AL 96+500 | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | |
| FECHA | ELABORADO | REVISADO |
| 15/01/2003 | PHILIP L. SHERMAN Y VARIAS | |
| FECHA | ELABORADO | REVISADO |
| 15/01/2003 | PLANO No 15 | |



CROQUIS DE LOCALIZACION

DATOS DE ANTEPROYECTO

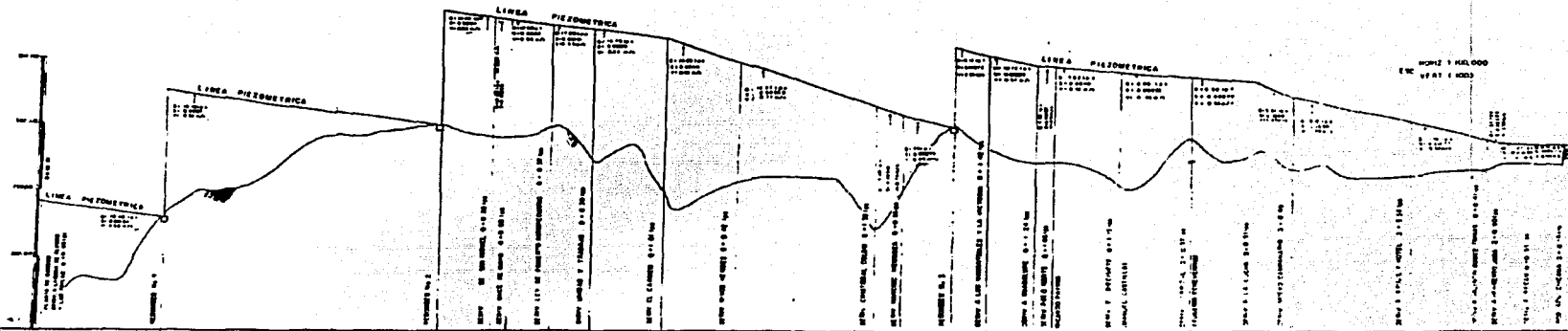
| | |
|------------------------------------|---------------------|
| POBLACION ACTUAL TOTAL (1984) | 7,809 00 hab |
| POBLACION DE PROYECTO TOTAL (2000) | 12,961 00 hab |
| DETERMINACION | 100 L 1/25 |
| GASTO MFCDO | 11 52 100 |
| GASTO MAXIMO DIARIO TOTAL | 15 85 100 |
| GASTO MAXIMO MENSUAL | 20 06 100 |
| COCIENTE DE VARIACION DIARIA | 1.2 |
| COCIENTE DE VARIACION MENSUAL | 1.5 |
| PUNTO DE ABASTECIMIENTO | puerto de Guaymas |
| T.M. DE CAPTACION | 1000 m ² |
| CAPACIDAD DE RECALZAMIENTO | 500 m ³ |

SIMBOLOGIA

- 200 mm (8") DE Ø
- 150 mm (6") DE Ø
- 100 mm (4") DE Ø
- 75 mm (3") DE Ø
- 50 mm (2") DE Ø
- TANQUE ELEVADO
- TOMA DIRECTA
- PLANTA DE RESERVOIRIO
- KILOMETRAJE
- CURVAS DE NIVEL
- TANQUE SUPLENCTORIO

NOTA: Las curvas de perfil corresponden a un 25 centímetros de altura factible, considerando el ancho de 4 metros. La planta y perfil se armaron en base a planas de 1:5000.

- SITUERIA DE PVC 200 mm (8") L=1000 m
- SITUERIA DE PVC 150 mm (6") L=1000 m
- SITUERIA DE PVC 50 mm (2") L=1000 m



| ESTACION | ALTURA DEL TERRENO (m) | ALTURA DE LA CARGA (m) | ALTURA DEL NIVEL (m) | TIPO DE SITUERIA | LONGITUD (m) | OTROS DATOS |
|----------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| 0+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 0+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 1+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 2+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 3+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 4+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 5+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 6+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 7+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 8+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+10 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+20 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+30 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+40 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+50 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+60 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+70 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+80 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 9+90 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |
| 10+00 | 1000 | 1000 | 1000 | | | |

| | | | |
|---|-------------|---|-------------------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| <p>ALTERNATIVA No 3 LAGUNA DE ALVARADO - CHICANA KM 0+000 AL 96+500 PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMETRICAS</p> | | | |
| LAGUNA DE ALVARADO | | | |
| ELIPE C. HERNANDEZ VARGAS | | | |
| FECHA: | ENCARGO: | PROYECTO: | FECHA DE ENTREGA: |
| ENERO DE 2013 | PLANO No 16 | | |

CAPÍTULO 4

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche. Méx."

Descripción del proyecto.

4.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

4.1 Localización y descripción detallada del sitio de estudio.

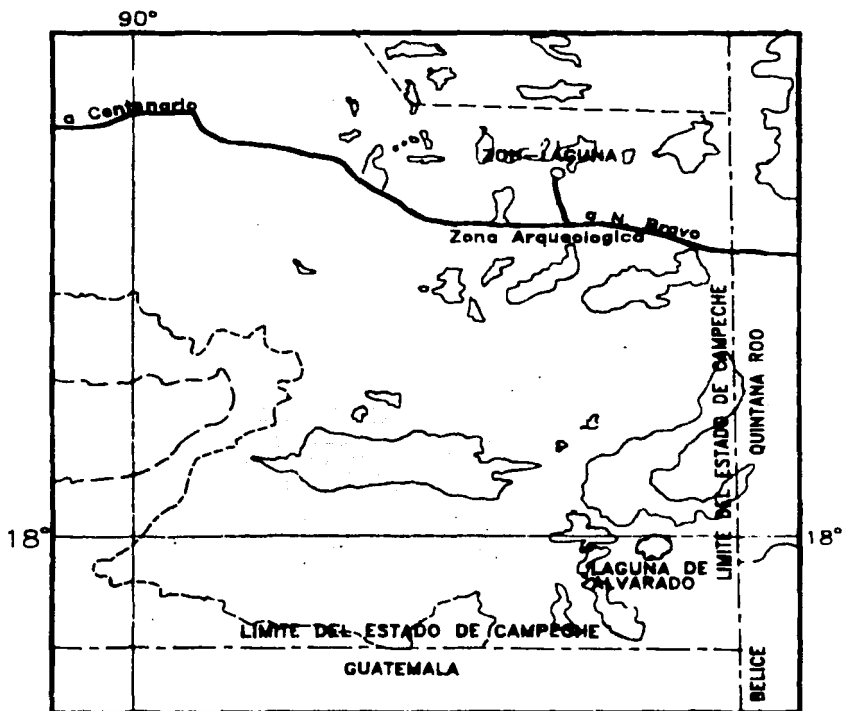
El área específica de estudio se localiza en la región de X'pujil, cuyas coordenadas geográficas se encuentran entre los 17° 51' 43'' a los 18° 10' 23'' de latitud norte y 89° 09' 06'' a los 89° 32' 49'' de longitud oeste, dentro de los municipios de Hopolchén y Champotón, en la porción sur del estado de Campeche, Méx., figura no. XVII.

Está limitado al norte por la carretera federal no. 186, Chetumal – Quintana Roo, tramo Escárcega – Chetumal; al oriente por el estado de Quintana Roo y Belice; al sur por Guatemala y al poniente por la región de la reserva de la biosfera de Calakmul (figura no. I-A).

La principal vía de comunicación, que se encuentra a lo largo de toda la zona del proyecto, es un camino de terracería utilizado por las compañías madereras de la región, orientado de norte a sur, partiendo del poblado de X'pujil, donde entronca con la carretera federal de Escárcega – Chetumal y que comunica a varios centros de población, principalmente a los que beneficia esta obra (figura no. XVIII).

De manera general, la zona de estudio forma parte de la provincia fisiográfica de la península de Yucatán que se caracteriza por tener un relieve casi plano o ligeramente ondulado, y que es determinado por la disolución de las rocas calcáreas.

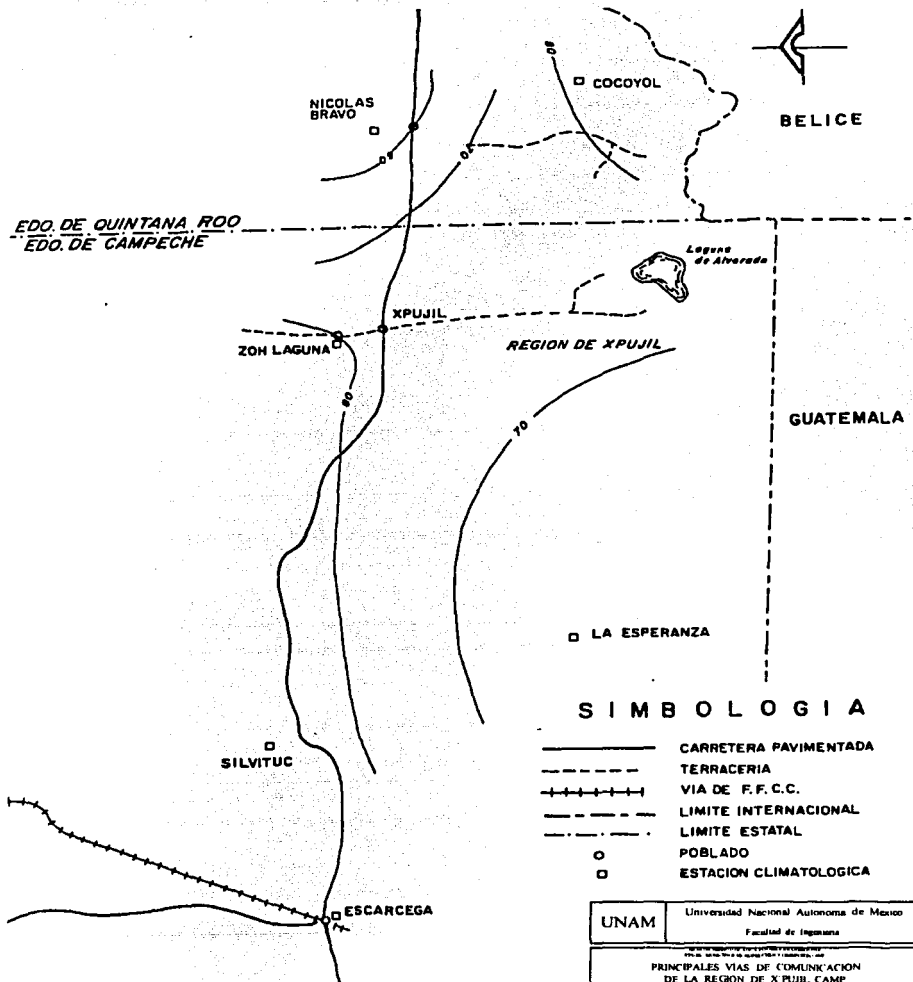
En el área en cuestión, se encuentran geoformas clasificadas de tercer orden, tales como los cerros aislados o lomeríos, planicies y partes bajas con pendientes que van desde 0% hasta 30%.



ESCALA 1 : 1 000,000

FEJIS CON
FUENTE DE ORIGEN

| | | | |
|---|----------------|---|----------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| UBICACION DE LA REGION DE X'PUIL. ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO | | | |
| LAGUNA DE X'PUIL | | | |
| FECHA DE ELABORACION | ESCALA | TITULO | PROYECTO |
| ENERO DE 1971 | FIGURA No XVII | | |



SIMBOLOGIA

- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERIA
- +++++ VIA DE F.F.C.C.
- - - - - LIMITE INTERNACIONAL
- . - . - LIMITE ESTATAL
- POBLADO
- ESTACION CLIMATOLOGICA

| | |
|------|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Ingenieria |
|------|---|

| | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| PRINCIPALES VIAS DE COMUNICACION DE LA REGION DE XPUJIL CAMP | | | |
| CARRERA DE INGENIERIA EN VIALS DE COMUNICACION | | | |
| FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO |
| FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO | FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO |

TESIS CON FALLA DE

4.2 Estudio del subsuelo del área de estudio.

Dentro del entorno geológico del área del proyecto, de acuerdo con la carta geológica del Instituto de Geología de la UNAM, la geología superficial se localiza dentro del periodo Paleoceno-Eoceno no diferenciado, el cual incluye roca caliza compacta de micro a macrocristalina de color amarillo, generalmente precristalizada. La ausencia de fósiles o su indeterminación, indican el origen de éstas.

Este suelo blando calizo que predomina en la región, es conocido con el nombre maya de Sas Cab. Es un material homogéneo en cuanto a su distribución, por lo que no presenta fuertes irregularidades estratigráficas. De hecho, los estratos que se encuentran van de una pequeña capa vegetal, seguida de un estrato medio de arcillas inorgánicas que varían desde la baja a la alta plasticidad y, finalmente, la capa dura, estable y firme que al compactarse incrementa substancialmente su resistencia, comportamiento que lo hace satisfactorio como material de cimentación en las obras de ingeniería construidas.

La estratigrafía general en la zona de estudio, tiene las siguientes características:

a) *Manto superficial.* Capa vegetal formada por arcilla de color castaño oscuro, gris oscuro o rojizo, que se extiende desde la superficie del terreno con un espesor que varía desde unos 20 hasta 80 cm de profundidad, mezclado con material orgánico. Este primer estrato se considera como despalme por estar constituido por materiales de origen vegetal heterogéneos.

b) *Formación arcillosa superior.* Por debajo del manto superficial, se encuentran dos substratos de arcilla inorgánica de plasticidad variable. El primer substrato tiene un espesor que varía de 70 a 85 cm de profundidad, con arcillas compuestas con limos de texturas francas, de color grisáceo, gris oscuro o castaño oscuro, cuya plasticidad va de baja a alta. Este material tiene una baja capacidad de carga admisible que sufre de cambios volumétricos, por lo que no es recomendable desplantar las estructuras especiales sobre él. El segundo substrato es realmente una zona de transición entre las arcillas oscuras y las arcillas blancas. El espesor varía entre los 10 y 105 cm de profundidad, y el material está compuesto por arcillas de color gris a blanco, algunas veces de color rojizo con partículas grises.

c) *Capa dura.* Formada por roca caliza, el material está compuesto por gravas, arenas y arcilla fina blanca consolidada de consistencia dura, es firme y estable de alta resistencia al corte y de baja compresibilidad que al compactarse aumenta su resistencia a la compresión simple y hace al material más impermeable. Este estrato puede aflorar a la

superficie del terreno o encontrarse hasta una profundidad de 1.30 m. Es ideal para el desplante de cualquier estructura especial que se requiera en el proyecto.

4.3 Poblaciones consideradas para obtener el gasto de proyecto.

Conjuntamente con las autoridades de la Comisión Nacional del Agua (Regional y Estatal) y las del Organismo Operador, se definieron las localidades a incluir en el presente proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable denominado " *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Región X'pujil, Municipios de Hopelchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx.* ".

Para determinar las proyecciones de población, se recopiló la información de censos oficiales existentes para los años de 1970, 1980 y 1990, observándose que no todas las localidades que comprende el presente proyecto aparecen en dicha información, ya que en el censo de 1970 únicamente se consigna la población de X'pujil y en el de 1980 aparecen solamente cinco de las 23 localidades estudiadas (tabla no. 15).

Lo anterior nos señala que la mayoría de las localidades son de reciente formación, por lo que la proyección poblacional para el año 2010 se determinó con base a estimaciones y comparaciones, sin tomar en cuenta el crecimiento histórico de las mismas.

De acuerdo a la información recopilada para los municipios de Hopelchén y Champotón, donde se concentran las localidades en cuestión, se determinaron las siguientes tasas de crecimiento:

Municipio de Hopelchén

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Periodo 1970 - 1980 | 1.90% anual |
| Periodo 1980 - 1990 | 4.58% anual |
| Promedio | 3.24% anual |

Municipio de Champotón

Periodo 1970 - 1980 4.06% anual

Periodo 1980 - 1990 5.86% anual

Promedio 4.96% anual

Tabla no. 14

Censos de población para el proyecto de Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.

| Localidad | Censo 1970 Hab. | Censo 1980 Hab. | Censo 1990 Hab. | Censo Físico 1990 |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1.- 16 de Septiembre | - | 57 | 125 | 100 |
| 2.- Bella Unión | - | - | 229 | 650 |
| 3.- Plan de Ayala | - | 285 | 428 | 600 |
| 4.- Quiché de las Pailas | - | - | 185 | 200 |
| 5.- Ley de Fomento Agropecuario | - | - | 78 | 135 |
| 6.- San Miguel | - | - | 82 | 102 |
| 7.- Unidad y Trabajo | - | - | 61 | 110 |
| 8.- Once de Mayo | - | - | 80 | 300 |
| 9.- El Carmen II | - | - | 229 | 650 |
| 10.- Niños Héroes | - | - | 184 | 153 |
| 11.- Cristóbal Colón | - | - | 278 | 500 |
| 12.- Narciso Mendoza | - | - | 301 | 345 |
| 13.- Ricardo Payró | - | 285 | 428 | 600 |
| 14.- La Guadalupe | - | - | 217 | 450 |
| 15.- Manuel Castilla Brito | - | 226 | 255 | 410 |
| 16.- Eugenio Echeverría | - | - | 120 | 135 |
| 17.- La Lucha | - | - | 180 | 185 |
| 18.- Nuevo Campanario | - | - | 189 | 250 |
| 19.- X'pujil | 362 | 339 | 865 | 1020 |
| 20.- Heriberto Jara | - | - | 131 | 325 |
| 21.- Valentín Gómez Farias | - | - | 118 | 150 |
| 22.- Becán | - | - | 100 | 120 |
| 23.- Chicaná | - | - | - | 50 |

Si tomamos en cuenta que la mayoría de localidades que abarca el presente proyecto corresponden al municipio de Hopelchén, además de que estas comunidades

representan el 4% de la población total de los dos municipios (según censo de 1990), se fijó una tasa de crecimiento ponderada para nuestras localidades del 3.5% anual, el cual se aplicó al número de habitantes recabado físicamente durante el invierno de 1990.

El límite de proyecto fue fijado por la Comisión Nacional del Agua y corresponde al año 2010, con lo que se obtuvo un periodo económico de 16 años.

A continuación se presenta una relación de las poblaciones de proyecto resultantes para el año 2010 (tabla no. 15).

Tabla no. 15

Poblaciones consideradas para el abastecimiento de agua potable en la región de X'pujil. Línea de conducción Laguna de Alvarado – X'pujil – Chicaná.

| Localidad | Municipio | Número de Habitantes | Cadenamiento Km |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|
| 16 de Septiembre | Hopelchén | 250 | 00 + 293 |
| Bella Unión | Hopelchén | 126 | 02 + 500 |
| Plan de Ayala | Hopelchén | 236 | 07 + 552 |
| Quiché las Pailas | Hopelchén | 484 | 12 + 121 |
| Ley de Fomento Agropecuario | Hopelchén | 182 | 20 + 079 |
| San Miguel | Hopelchén | 190 | 22 + 667 |
| Unidad y Trabajo | Hopelchén | 141 | 22 + 536 |
| Once de Mayo | Hopelchén | 600 | 25 + 807 |
| El Carmen | Hopelchén | 532 | 32 + 425 |
| Niños Héroes | Champotón | 428 | 32 + 822 |
| Cristóbal Colón | Hopelchén | 1258 | 40 + 902 |
| Narciso Mendoza | Hopelchén | 699 | 421 + 891 |
| Ricardo Payró | Hopelchén | 1355 | 51 + 881 |
| La Guadalupe | Hopelchén | 865 | 51 + 881 |
| Manuel Castilla Brito | Hopelchén | 774 | 56 + 602 |
| Eugenio Echeverría | Hopelchén | 265 | 61 + 135 |
| La Lucha | Hopelchén | 484 | 63 + 883 |
| Nuevo Campanario | Hopelchén | 484 | 66 + 957 |
| X'pujil | Hopelchén | 2243 | 74 + 582 |
| Heriberto Jara | Champotón | 358 | 80 + 101 |
| Valentín Gómez Farías | Champotón | 300 | 80 + 353 |
| Becán | Champotón | 735 | 82 + 352 |
| Chicaná | Champotón | 358 | 85 + 142 |

4.4 Gastos de dotación de proyecto.

De acuerdo a las Normas de Proyecto que tiene establecidas la CNA, la dotación que le corresponde a estas localidades, en función del tipo de clima (cálido) y el número de habitantes de proyecto, sería de 150 l/hab./día, sin embargo, sobre la base de las características y costumbres de sus habitantes se estableció una dotación diferente, tomando en cuenta los siguientes consumos:

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Consumo doméstico. | 60 l/hab./día |
| Para beber. | 2 l/hab./día |
| Para preparación de alimentos. | 3 l/hab./día |
| Para lavado de ropa. | 5 l/hab./día |
| Para lavado de utensilios. | 5 l/hab./día |
| Para aseo personal. | 30l/hab./día |
| Para servicio de sanitarios. | 15l/hab./día |
| Consumo comercial. | 10 l/hab./día |
| Otros consumos. | 10 l/hab./día |
| Pérdidas y desperdicios. | 20 l/hab./día |
| Total | 100 l/hab./día |

No se consideraron los consumos públicos e industriales por estimarse que en estas localidades no son representativos.

4.5 Gastos de diseño y capacidades de regulación.

A partir de las poblaciones de proyecto y la dotación asignada, determinamos los requerimientos de gastos, para lo cual se fijaron los siguientes valores para los coeficientes de variación diaria y horaria:

$$C. V. D. = 1.2$$

$$C. V. H. = 1.5$$

Tomando en cuenta que no existen registros que nos permitan establecer con precisión la variación de consumos debido a las fluctuaciones en las actividades y clima que se presentan durante el año en estas localidades, se adoptó el valor de 1.2 para la variación diaria. El coeficiente de variación horaria se fijó de 1.5, considerando que el comportamiento de los consumos durante el día corresponde a una media nacional en el sector rural.

A continuación se presenta una tabla en donde se consignan los gastos medio anual (Q.M.A.), máximo diario (Q.M.D.) y máximo horario (Q.M.H.), así como las capacidades de regulación que se estima para el año 2010, respectivamente (tabla no. 17).

Tabla no. 16

Gastos de diseño y capacidades de regulación para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil; proyectado al año 2010.

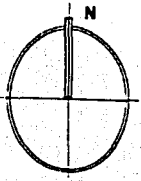
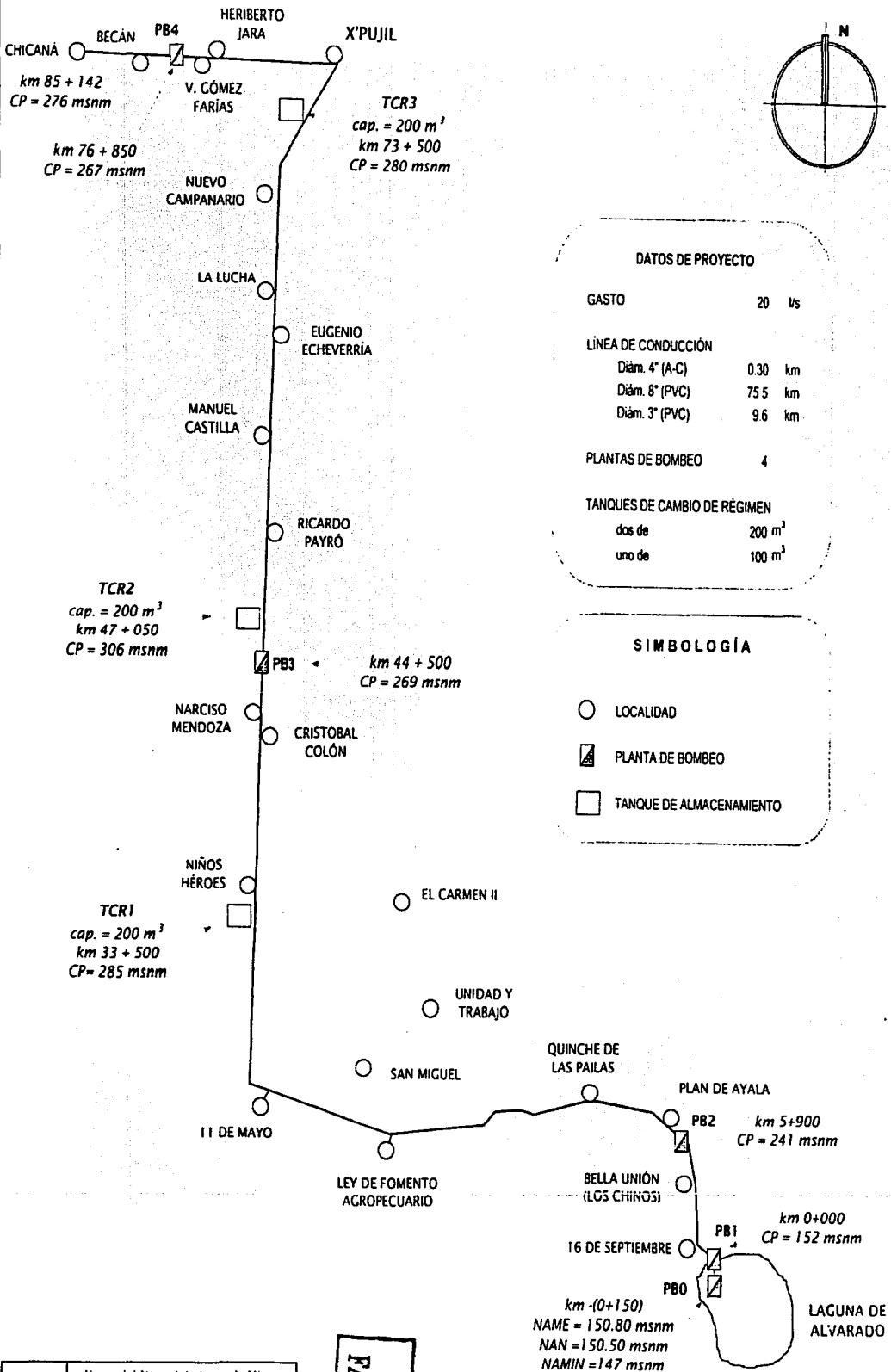
| Localidad | Población de Proyecto Año 2010 | Dotación l/h/d | Q.M.A. l/s | Q.M.D. l/s | Q.M.H. l/s | Regulación m ³ |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| 16 de Septiembre | 250 | 100 | 0.130 | 0.160 | 0.240 | 2.0 |
| Bella Unión | 126 | 100 | | | | |
| Plan de Ayala | 236 | 100 | | | | |
| Quiché de las Pailas | 484 | 100 | 0.27 | 0.32 | 0.48 | 5.0 |
| Ley de Fomento Agropecuario | 182 | 100 | 0.18 | 0.22 | 0.32 | 3.0 |
| San Miguel | 190 | 100 | 0.14 | 0.16 | 0.24 | 2.0 |
| Unidad y Trabajo | 141 | 100 | 0.15 | 0.18 | 0.26 | 3.0 |
| Once de Mayo | 600 | 100 | 0.40 | 0.48 | 0.72 | 7.0 |
| El Carmen | 532 | 100 | 0.86 | 1.04 | 1.55 | 1.0 |
| Niños Héroes | 428 | 100 | 0.20 | 0.24 | 0.37 | 4.0 |
| Cristóbal Colón | 1528 | 100 | 0.66 | 0.80 | 1.20 | 1.0 |
| Narciso Mendoza | 699 | 100 | 0.46 | 0.55 | 0.83 | |
| Ricardo Payró | 1355 | 100 | 0.80 | 0.96 | 1.44 | 1.0 |
| La Guadalupe | | | | | | |
| Manuel Castilla Brito | 774 | 100 | 0.54 | 0.65 | 0.98 | 1.0 |
| Eugenio Echeverría | 265 | 100 | 0.18 | 0.22 | 0.32 | 3.0 |
| La Lucha | 484 | 100 | 0.25 | 0.29 | 0.44 | 4.0 |
| Nuevo Campanario | 484 | 100 | 0.33 | 0.40 | 0.60 | 6.0 |
| X'pujil | 2243 | 100 | 1.35 | 1.63 | 2.44 | 2.0 |
| Heriberto Jara | 358 | 100 | 0.43 | 0.52 | 0.78 | 8.0 |
| Valentín Gómez Farías | 288 | 100 | 0.20 | 0.24 | 0.36 | 3.0 |
| Becán | 735 | 100 | 0.16 | 0.19 | 0.29 | 3.0 |
| Chicaná | 348 | 100 | 0.07 | 0.08 | 0.12 | 1.0 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.6 Descripción general del proyecto.

El proyecto fue planteado en 1998 por la CNA para abastecer a 23 comunidades rurales durante la época de estiaje, y está diseñado para un gasto de 20 l/s. Esta compuesto por:

- La captación de agua es de la Laguna de Alvarado, localizada en el ejido 16 de Septiembre, cuya capacidad de almacenamiento se incrementó a través de la construcción de un bordo de retención.
- Una obra de toma, tipo superficial, dentro de la Laguna de Alvarado.
- Una línea de conducción de aproximadamente 85 kilómetros de longitud, la cual va del poblado 16 de Septiembre (Laguna de Alvarado) a la zona arqueológica de Chicaná.
- Cinco plantas de bombeo (incluida la de toma).
- Tres tanques para cambiar el régimen hidráulico.
- Cinco tanques unidireccionales, y
- Una serie de derivaciones para entregar el agua a más de veinte poblados que se encuentran dentro de la región.
- (Ver planos 17 y 18).



DATOS DE PROYECTO

| | | |
|------------------------------|------|----------------|
| GASTO | 20 | us |
| LÍNEA DE CONDUCCIÓN | | |
| Diám. 4" (A-C) | 0.30 | km |
| Diám. 8" (PVC) | 75.5 | km |
| Diám. 3" (PVC) | 9.6 | km |
| PLANTAS DE BOMBEO | 4 | |
| TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN | | |
| dos de | 200 | m ³ |
| uno de | 100 | m ³ |

SIMBOLOGÍA

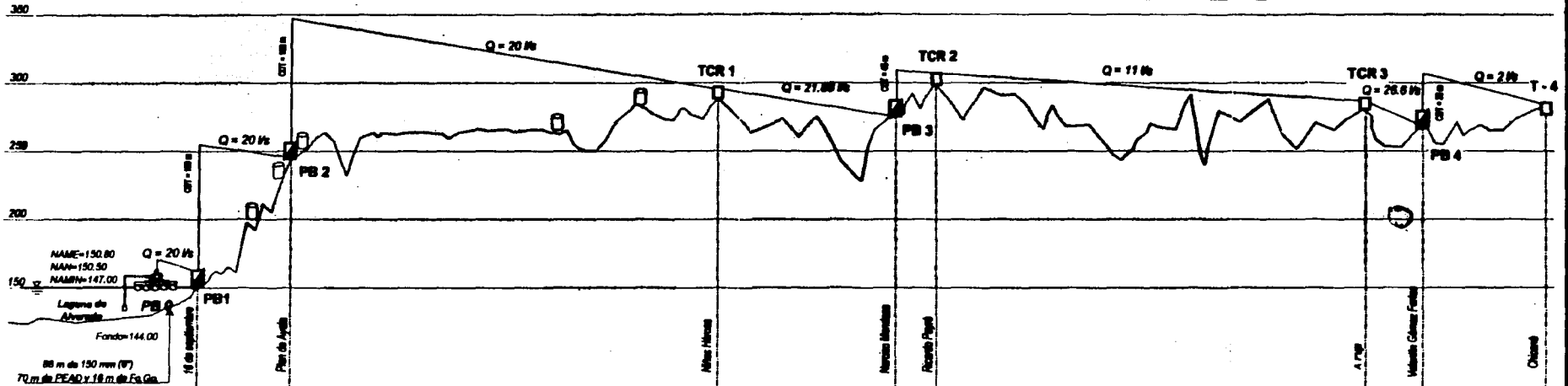
- LOCALIDAD
- PLANTA DE BOMBEO
- TANQUE DE ALMACENAMIENTO

TESIS CON FALTA DE ORIGEN

| | |
|--|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CAMPECHE INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CAMPECHE, S. DE C. V. | |
| SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN DE X'PUJIL, MUNICIPIOS DE HOPELCHEN Y CHAMPOTÓN, ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO KM. (0+150) AL 85+142 | |
| LAGUNA DE ALVARADO | |
| FECHA DE ELABORACIÓN | AUTOR |
| FECHA DE 2014 | PLANO No 17 |

Elevaciones
(m.s.n.m.)

Nota:
Los tramos de Anclamiento a gravedad indican un caudal mínimo de conducción de acuerdo a la capacidad de la tubería y el desnivel topográfico.



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
| longitud (m) | 5,000 | 7,181 | 1,200 | 13,204 | 3,087 | 11,208 | 2,372 | 28,621 | 1,811 | 3,089 | 4,632 | |
| clase | RD-28 | RD-32.5 | RD-32.5 | RD-32.5 | | RD-41 | | RD-41 | RD-32.5 | | RD-41 | |
| diámetro | 200 mm (8") | | | | | | | | | | | |
| material | P.V.C. | | | | | | | | | | | |
| estaciones (Km) | 0+000 | 5+000 | 12+181 | 25+385 | 38+589 | 49-797 | 61-175 | 72-383 | 101-004 | 102-815 | 106-447 | |

| PLANTAS DE BOMBEO | | |
|-------------------|---------------|-----------------------------|
| No. | Estación (Km) | Cota de planilla (m.s.n.m.) |
| PB 0 | 0 + 000 | Resorte |
| PB 1 | 0 + 000 | 130.94 |
| PB 2 | 5 + 004 | 233.92 |
| PB 3 | 43 + 689 | 262.38 |
| PB 4 | 76 + 283 | 267.88 |

| TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN | | |
|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| No. | Estación (Km) | Cota de planilla (m.s.n.m.) |
| TCR 1 | 32 + 429 | 261.88 |
| TCR 2 | 48 + 631 | 266.88 |
| TCR 3 | 72 + 882 | 268.88 |
| T - 4 | 88 + 894 | 278.88 |

| TANQUES UNIDIRECCIONALES | | |
|--------------------------|---------------|-----------------------------|
| No. | Estación (Km) | Cota de planilla (m.s.n.m.) |
| T.U. 1 | 3 + 889 | |
| T.U. 2 | 5 + 889 | |
| T.U. 3 | 6 + 338 | |
| T.U. 4 | 22 + 883 | |
| T.U. 5 | 28 + 892 | |

| | |
|---|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería |
| SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA REGIÓN DE X PUJIL, MUNICIPIOS DE HOPELCHEN Y CHAMPOTÓN, ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO KM - (0 + 150) AL 85 + 142 PERFIL DEL TERRENO Y CARGAS PIEZOMÉTRICAS | |
| ESCALA DE ALARGADO: HORIZONTAL: 1:1000 VERTICAL: 1:100 | |
| FECHA: ENERO DE 2003 | PLANO: No. 18 |

TESIS CON
 FALLA DE CORTIN

4.6.1 Fuente de abastecimiento tipo superficial Laguna de Alvarado.

Ubicada en el poblado 16 de Septiembre en el cadenamamiento 0 + 000.

De los estudios realizados por la CNA, se determinó como fuente de abastecimiento la Laguna de Alvarado, la cual tiene un embalse de 900 000 m³ en temporada de estiaje; de los cuales son aprovechables 700 000 m³ aproximadamente, pero este se mejoró con la construcción de un bordo que le permite aumentar su capacidad en 168 000 m³.

4.6.2 Bordo para incrementar la capacidad de almacenamiento de la fuente de abastecimiento.

Ubicado en la orilla más baja de la Laguna de Alvarado.

El proyecto del bordo se contempló con el fin de incrementar la capacidad de almacenamiento de la laguna en la época de estiaje. La altura del mismo se basó en los estudios topográficos que determinaron la curva de máximo embalse, en los cuales se tomó en cuenta el nivel de la población 16 de Septiembre para que, al sobre elevarse las aguas, no exista la posibilidad de inundación. Por los mismos estudios se determinó el sitio más conveniente del eje del bordo, así como el del vertedor. Los estudios de Geotecnia determinaron los sitios de los bancos de materiales para la construcción del mismo. La obra tiene una longitud total de 212 m de los cuales 45 corresponden al vertedor. El bordo esta construido con material arcilloso terminado con una cubierta de enrocamiento semiacomodada de 60 cm de espesor. El vertedor es de concreto armado, incluido un pequeño tanque amortiguador.

4.6.3 Obra de toma (planta de bombeo inicial, PB-0).

Ubicada en el cadenamamiento - (0 + 150), propiamente dentro de la Laguna de Alvarado (plano no. 19).

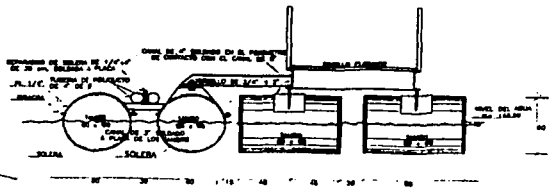
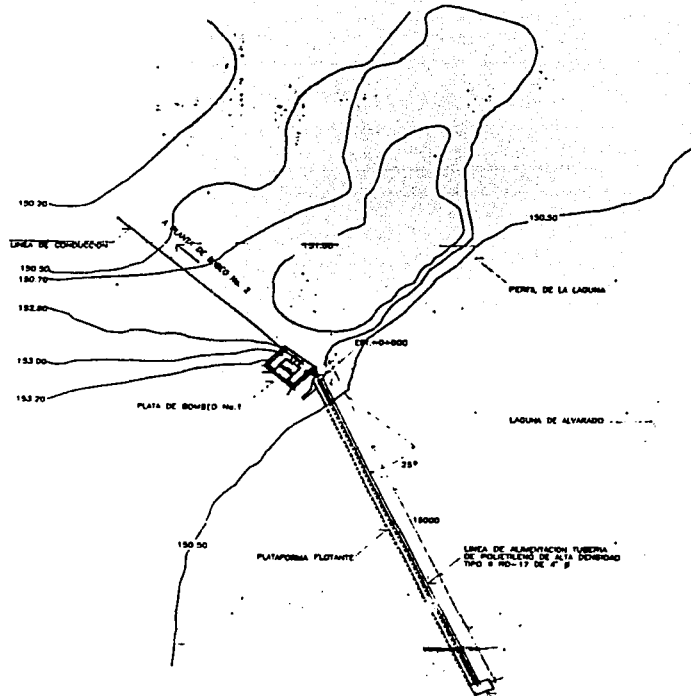
Con el fin de no contaminar la fuente de abastecimiento, y de no alterar el fondo de la laguna, se construyó una balsa en la que se montaron dos equipos de bombeo horizontales (uno de operación y uno de reserva), para la extracción del abastecimiento necesario para la población de proyecto, la bomba deposita el agua a una segunda planta de bombeo (planta de bombeo número uno, PB-1), para de ahí enviarla a la línea principal o acueducto.

La balsa está a una distancia de 150 m de la orilla, se llega a ella por medio de un puente flotante de 1.20 m de ancho, con barandal metálico y piso de madera. La flotación se logra con tambos de 200 litros, distribuidos de manera que el nivel de flotación no pase del 50% de desplazamiento de cada tambor. La línea de conducción esta formada por dos tubos de 4 pulgadas de diámetro, de polietileno de alta densidad soportadas, a todo lo largo de la misma, por baterías de dos tambos de manera que pueda conservarse en la superficie (plano no. 20).

El equipo está compuesto de dos motobombas horizontales de 16 l/s acopladas directamente a motores eléctricos de 15 HP. La energía esta dada por un motor diesel de 30 KW (440 V) con arranque eléctrico manual.

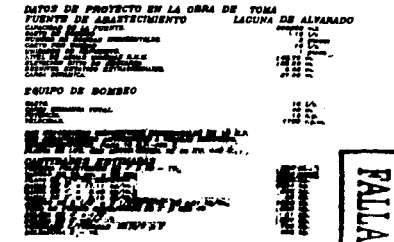
4.6.4 Línea de conducción.

El análisis hidráulico determinó la tubería más económica de acuerdo a las necesidades quedando de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro. La topografía fue determinante en el diseño de la misma por las presiones que demandaba. Así, se recomendó dicho diámetro hasta X'pujil por la posibilidad que existe de alimentar, por la misma red, otros poblados próximos al proyecto aprovechando, para ello, la Laguna de Chicán-Batá. A lo largo de la línea, de más de 85 Km, se encuentran cuatro plantas de bombeo encargadas de vencer los desniveles topográficos y tres tanques de cambio de régimen para el mejor manejo del agua en su distribución a los poblados (planos números 17 y 18).

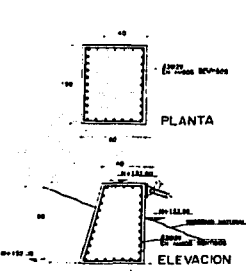


DETALLE DE LOS TAMBOS FLOTADORES PARA LA TUBERÍA POLIETILENO

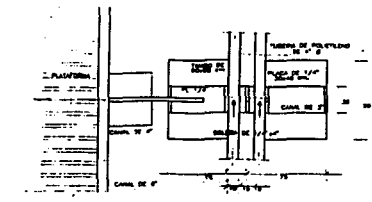
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



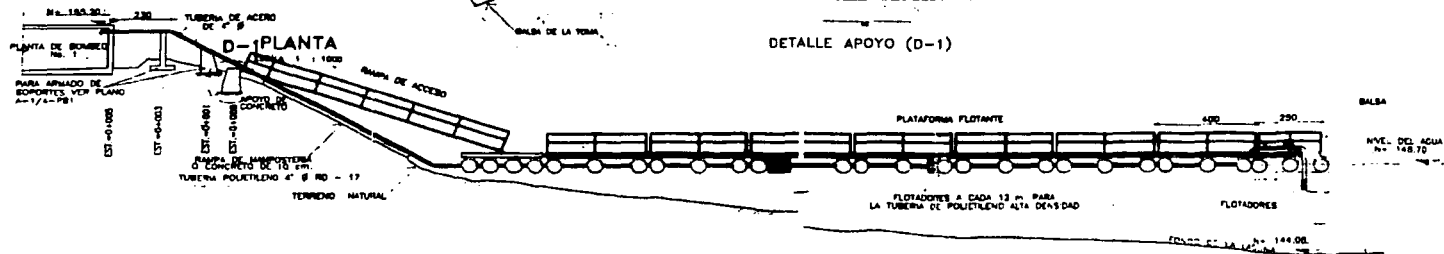
DATOS DE PROYECTO EN LA OBRA DE TOMA
 FUENTE DE ABASTECIMIENTO LAGUNA DE ALIVANADO
 EQUIPO DE BOMBEO
 Balsa de la Toma
 TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 100 S RD-17 DE 4" Ø



DETALLE APOYO (D-1)



PLANTA DEL DETALLE DE LOS TAMBOS FLOTADORES DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN



PERFIL LONGITUDINAL

CON
 FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|--|---|------------------------|------------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingeniería | | |
| PLANO GENERAL OBRA DE TOMA | | | |
| LAGUNA DE ALIVANADO | | | |
| PROYECTO | FECHA | ESCALA | HOJA |
| PROYECTO DE BOMBEO Y TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 100 S RD-17 DE 4" Ø | 15/03/2003 | 1:100 | 1 |
| PROYECTISTA | REVISOR | ELABORADOR | APROBADO |
| ING. C. MORALES VARGAS | ING. C. MORALES VARGAS | ING. C. MORALES VARGAS | ING. C. MORALES VARGAS |
| FECHA DE 2003 | PLANO No. 19 | | |

En la línea de conducción se colocaron las válvulas de aire combinadas en los sitios donde fue necesario, así como los atraques convenientes en los puntos de cambio de dirección. En donde el conducto tuvo que atravesar caminos, cursos de agua y desniveles muy pronunciados se proyectaron cruceros de acuerdo a las necesidades del lugar (proyectos tipo proporcionados por la CNA).

Realizándose el estudio de fenómeno transitorio se determino la necesidad de construir un tanque de oscilación en los tramos en donde no hay energía eléctrica.

4.6.5 Planta de bombeo número uno (PB-1).

Ubicada en el cadenamamiento 0 + 028 del eje principal, del lado de la margen derecha, a una separación de este de unos 15 metros de longitud, dentro del ejido 16 de Septiembre y frente a la Laguna de Alvarado (plano no. 21).

Esta planta está compuesta de un cárcamo de 200 m³ de capacidad con dimensiones de 12.00 x 10.00 x 2.00 m, se construyó con el fin de servir a la vez de tanque de distribución, o, en su caso, de llenar en forma directa el cárcamo de la planta de bombeo número dos (PB-2), de las mismas características. Este cárcamo fue proyectado de losa de cimentación, muros y tapa de concreto y, con el fin principal de evitar posibles filtraciones, la única junta de construcción en muros esta considerada a un metro de altura donde el empuje estático del agua es menos crítico y a la vez termina el refuerzo adicional del muro. La losa de cimentación se calculó para tanque vacío y tanque lleno; la losa superior para soportar cargas por equipo y cargas vivas.

Estos elementos se encuentran ligados por cuatro marcos interiores. Los recubrimientos en los muros en contacto con el agua son de concreto reforzado de 7 cm de espesor ($f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, y acero de refuerzo de $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$). Se cuenta con una caseta para la operación del equipo y vigilancia.

El equipo esta compuesto de tres bombas verticales, dos de ellas para operación normal y la tercera de reserva, con un gasto de 10 l/s cada uno, una carga dinámica total de 110 m, una potencia de 21 HP, impulsadas por motores de combustión interna a base de combustible diesel. Todas ellas unidas a un cabezal de fierro con salida a la línea de

conducción (una tubería de 8 pulgadas - 200 mm -, de diámetro), esta se une a la tubería de PVC del mismo diámetro.

Se proyectó un tanque de combustible diesel con capacidad de 500 litros para cubrir las necesidades de los motores por un periodo conveniente.

Los tanques cuentan con vertedores de demasías, un estanque o arenero a la entrada del abastecimiento o alimentación, desagüe, escalera de acceso y una protección de malla ciclónica en su perímetro.

4.6.6 Plantas de bombeo números dos y tres (PB-2 y PB-3).

La planta de bombeo número dos (PB-2), ubicada en el cadenamamiento 5 + 924, a un metro de separación del eje principal sobre la margen izquierda y cerca del ejido Plan de Ayala (plano no. 22);

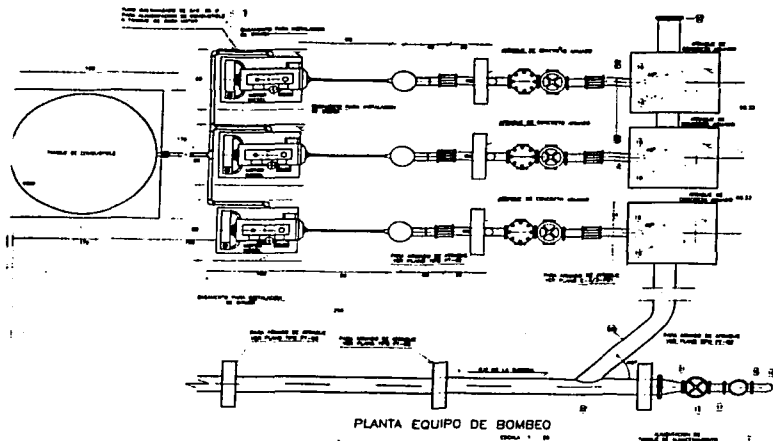
La planta de bombeo número tres (PB-3), ubicada a la altura del cadenamamiento 43 + 659, a unos 120 metros de separación del eje principal sobre la margen derecha, frente al aljibe viejo de la localidad de Cristóbal Colón (plano no. 23).

La planta de bombeo PB-2 es similar en su proyecto a las plantas PB-1 y PB-3, con la misma capacidad de 200 m³ de almacenamiento. De las plantas de bombeo PB-1 y PB-3 difiere el equipo, pues, se diseñaron bombas eléctricas ya que hasta ahí se cuenta con electricidad. El equipo consta de tres bombas (dos de operación normal y una de reserva), cada una de 6 HP y una carga dinámica de 45 m.

4.6.7 Planta de bombeo número cuatro (PB-4).

Ubicada en el cadenamamiento 76 + 263.

En la planta de bombeo número cuatro (PB-4), las necesidades de agua es pequeña por ello cuenta con una capacidad de almacenamiento en su cárcamo de 50 m³; dos bombas eléctricas de 1.6 HP y una carga dinámica de 29 m. Las características arquitectónicas y estructurales son similares a las anteriores (plano no. 24).



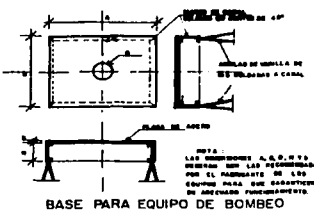
PLANTA EQUIPO DE BOMBEO

EQUIPO DE BOMBEO

- 1.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 2.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 3.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 4.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 5.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 6.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 7.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 8.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 9.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 10.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 11.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 12.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 13.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 14.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 15.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 16.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 17.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 18.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 19.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 20.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 21.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 22.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 23.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 24.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 25.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 26.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 27.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 28.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 29.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 30.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 31.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 32.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 33.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 34.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 35.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 36.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 37.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 38.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 39.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 40.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 41.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 42.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 43.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 44.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 45.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 46.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 47.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 48.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 49.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 50.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)

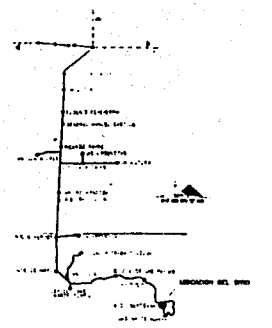
UNIDAD

- 1.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 2.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 3.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 4.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 5.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 6.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 7.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 8.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 9.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 10.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 11.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 12.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 13.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 14.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 15.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 16.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 17.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 18.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 19.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 20.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 21.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 22.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 23.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 24.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 25.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 26.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 27.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 28.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 29.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 30.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 31.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 32.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 33.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 34.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 35.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 36.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 37.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 38.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 39.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 40.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 41.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 42.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 43.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 44.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 45.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 46.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 47.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 48.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 49.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)
- 50.- TUBO DE ASIENTO DE 10 CM. DE DIAMETRO (1" 00)



BASE PARA EQUIPO DE BOMBEO

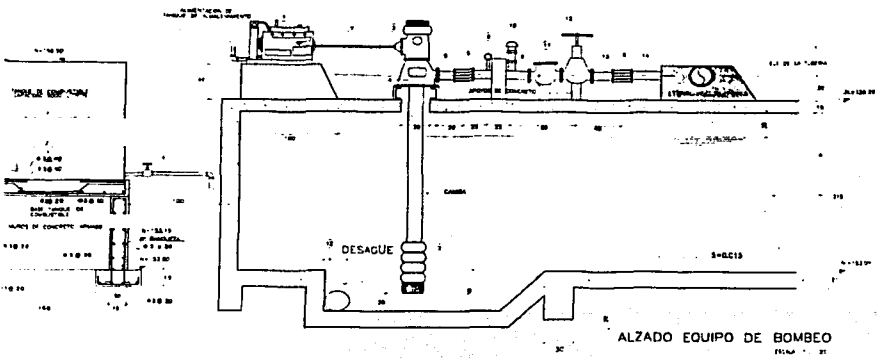
UNIDAD



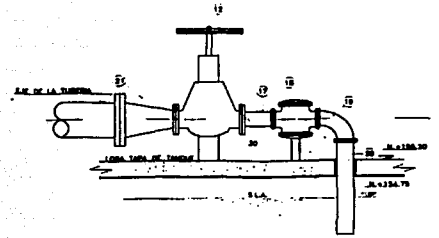
CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS:

- 1.- ADAPTACIONES EN CENTIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS
- 2.- EL ESPESOR DE LAS PUEBLS FORMADAS CON TUBERIAS DE ACERO DEBE SER DE TODOS LOS DIAMETROS 25MM DE 2.50 MM (1" 00)
- 3.- LAS PUEBLS DEBE SER DE ACERO
- 4.- LAS PUEBLS DEBE SER DE ACERO



ALZADO EQUIPO DE BOMBEO

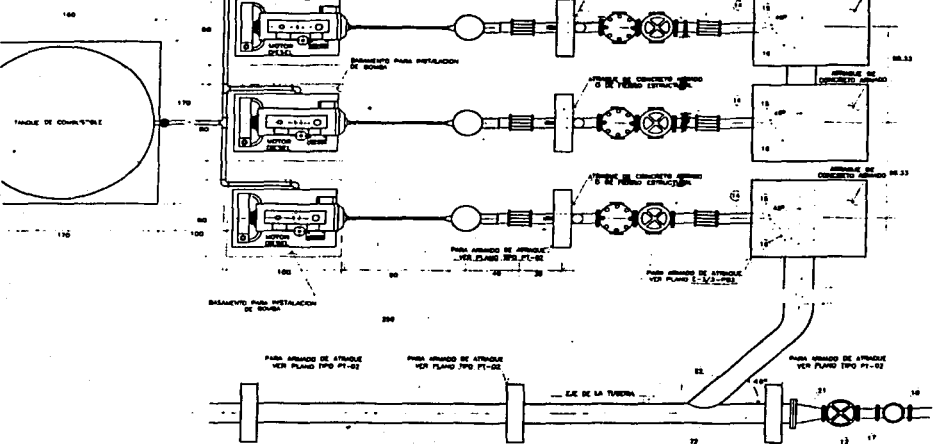


DESCARGA DE LA VALVULA DE ALIVIO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|---|-----------------------|---|---------------------|
| UNAM | | Universidad Nacional Autónoma de México | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| EQUIPO DE BOMBEO Y MULTIPLE DE DESCARGA EN PLANTA DE BOMBEO No 1 (PB-1) | | | |
| KM 0-028 | | | |
| LIGNERA DE ALIARMA | | | |
| FECHA DE ENTREGA | FECHA DE CALIFICACION | FECHA DE DEFENSA | FECHA DE GRADUACION |
| ENERO DE 2015 | (1 ANO) No 21 | | |

PLANO DE BOMBAS DE 1/2" PULG.
PARA MANEJO DE COMESTIBLES
A TANQUE DE LAGUNAS



PLANTA EQUIPO DE BOMBEO

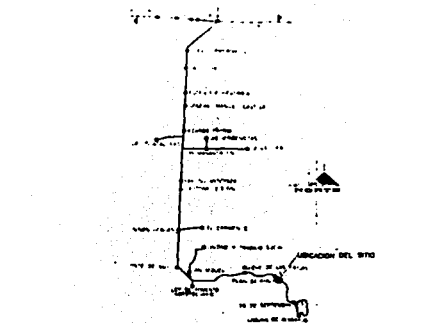
EQUIPO DE BOMBEO

1. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
2. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
3. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
4. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
5. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
6. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
7. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
8. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
9. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
10. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
11. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
12. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
13. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
14. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
15. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
16. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
17. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
18. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
19. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
20. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
21. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
22. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
23. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
24. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
25. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
26. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
27. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
28. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
29. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
30. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
31. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
32. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
33. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
34. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
35. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
36. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
37. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
38. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
39. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
40. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.

UNIDAD

1. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
2. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
3. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
4. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
5. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
6. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
7. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
8. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
9. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
10. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
11. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
12. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
13. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
14. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
15. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
16. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
17. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
18. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
19. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
20. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
21. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
22. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
23. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
24. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
25. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
26. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
27. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
28. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
29. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
30. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
31. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
32. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
33. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
34. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
35. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
36. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
37. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
38. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
39. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.
40. MOTOR DE 1/2 HP. PARA BOMBEO DE AGUA.

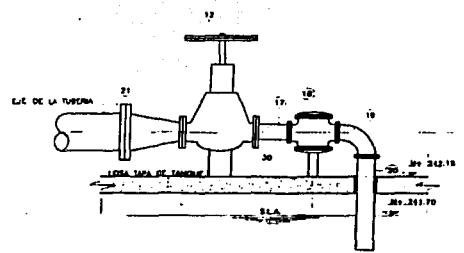
UNIDAD



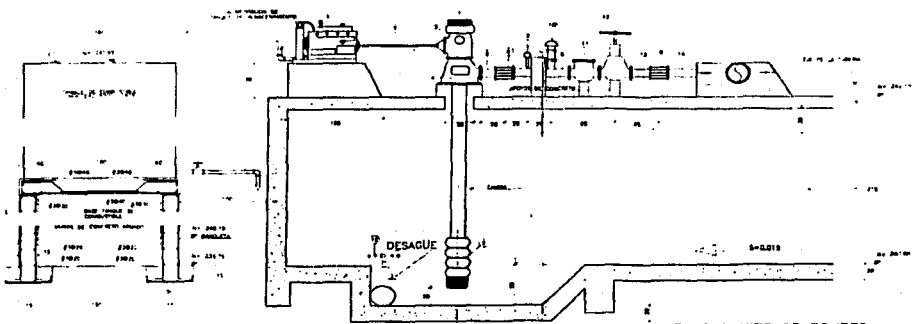
CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS:

- 1. COTACIONES EN CENTIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
- 2. EL REPESOR DE LAS PNEUMAS FORMARÁN CON TUBERIAS DE ACERO 1.5714 4-83 2" DE TODOS LOS DIAMETROS SERA DE 0.35 MM (1/64").
- 3. LAS BOMBAS SERAN ESTANBARD BOMBABLES (BEEP-ON) EN UNA PISTON DE TRABAJO DE 100% STUCCOS DE 150 LB/PULG. 2.
- 4. LAS BOMBAS SERAN BOMBABLES (BEEP-ON) EN UNA PISTON DE TRABAJO DE 100% STUCCOS DE 150 LB/PULG. 2.



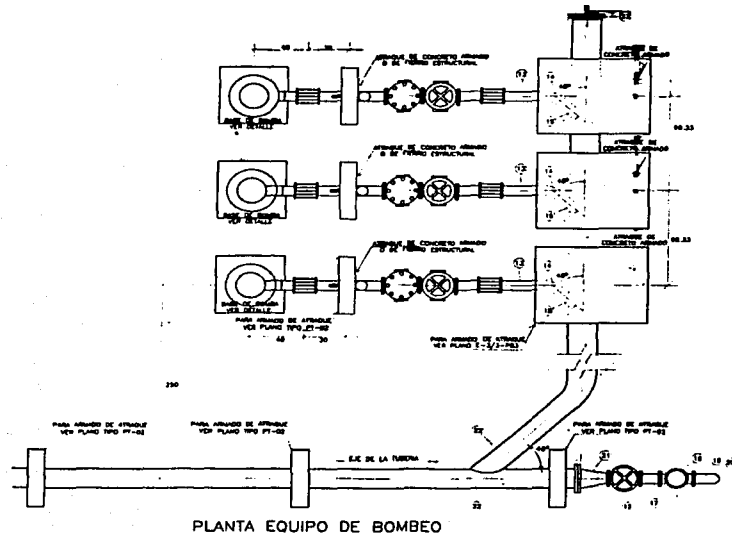
DESCARGA DE LA VALVULA DE ALIVIO
ESCALA 1 : 15



ALZADO EQUIPO DE BOMBEO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|---|---|--------|------|
| UNAM | Universidad Nacional Autonoma de Mexico | | |
| | Facultad de Ingenieria | | |
| EQUIPO DE BOMBEO Y MULTIPLE DE DESCARGA EN PLANTA DE BOMBEO No 2 (PB-2) | | | |
| AÑO 1974 | | | |
| CARPETA DE B.N. 20001 | | | |
| PROF. | ESTUD. | TITULO | OTRO |
| PROF. FERNANDEZ VILLAS | ESTUD. | TITULO | OTRO |
| INTRO DE 2003 | PLANO No 22 | | |



PLANTA EQUIPO DE BOMBEO

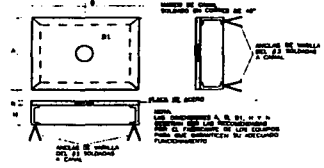
EQUIPO DE BOMBEO

UNIDAD

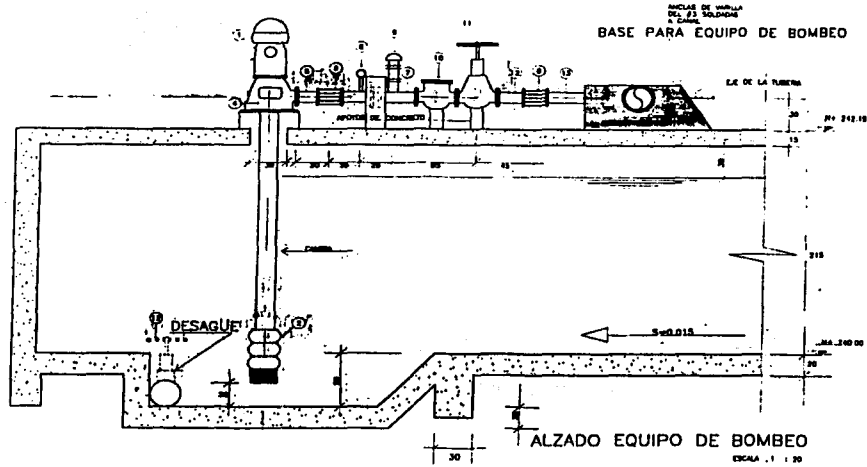
- 1.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 2.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 3.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 4.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 5.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 6.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 7.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 8.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 9.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 10.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 11.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 12.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 13.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 14.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 15.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 16.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 17.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 18.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 19.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 20.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM

UNIDAD

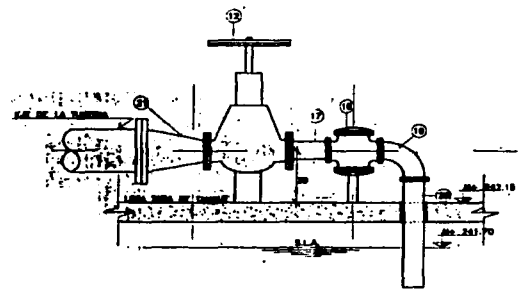
- 1.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 2.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 3.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 4.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 5.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 6.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 7.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 8.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 9.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 10.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 11.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 12.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 13.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 14.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 15.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 16.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 17.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 18.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 19.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM
- 20.- MOTOR DE MOTOR DE 10 CV DE 1700 RPM



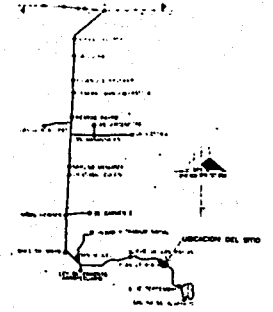
BASE PARA EQUIPO DE BOMBEO



ALZADO EQUIPO DE BOMBEO
ESCALA 1 : 30



DESCARGA DE LA VALVULA DE ALIVIO
ESCALA 1 : 15



CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS:

ACOTACIONES EN CENTIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.

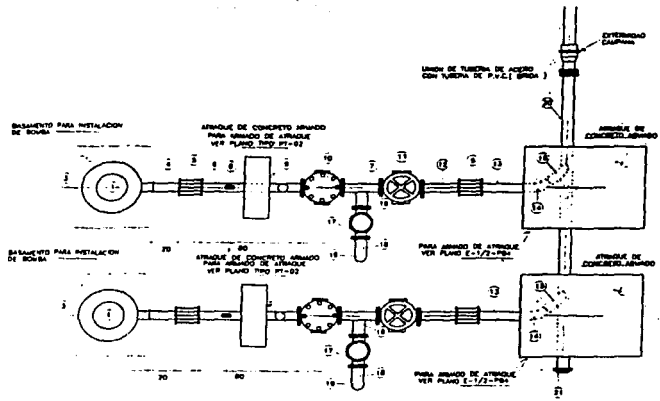
EL ESPESOR DE LAS PUEBLAS FORMADAS CON TUBERIAS DE ACERO ASTM A-53 - B DE TODOS LOS DIAMETROS SERA DE 6.35 MM (1/4").

LAS BOMBAS SERAN ESTANDAR SOLABLES (SLEEP-ON) PARA UNA PRESION DE TRABAJO DE 10.5 KG/CM² (150 LB/PULG.²).

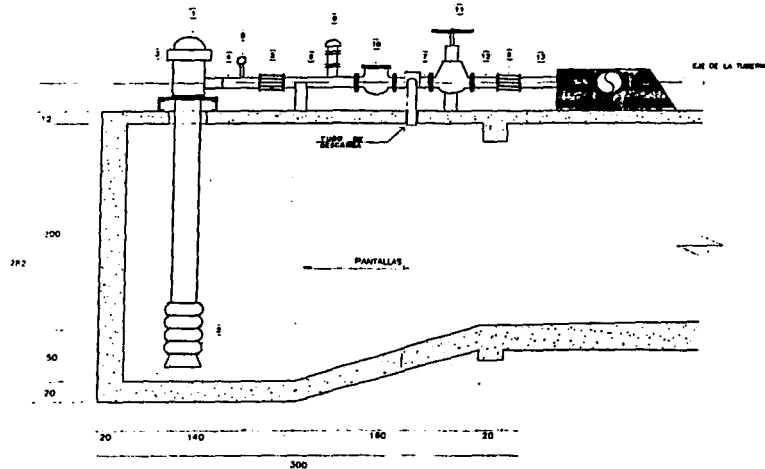
LAS VALVULAS SE INDIQUEN, ASI COMO OTROS ACCESORIOS, SERAN PARA TRABAJAR A UNA PRESION DE 10.5 KG/CM² (150 LB/PULG.²).

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | | | |
|---|---|--------|------------------|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | | |
| | Facultad de Ingeniería | | |
| EQUIPO DE BOMBEO Y MULTIPLE DE DESCARGA EN PLANTA DE BOMBEO No 3 (PB-3) | | | |
| K.M. 21 - 670 | | | |
| LÍNEA DE ALVARADO | | | |
| PROFESOR RESPONSABLE DEL CURSO | ALUMNO | GRUPO | FECHA |
| ENERGIA 2003 | PLANO No 21 | TITULO | FECHA DE ENTREGA |



PLANTA EQUIPO DE BOMBEO



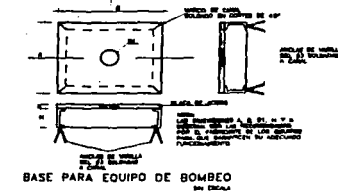
ALZADO EQUIPO DE BOMBEO
Escala 1:20

EQUIPO DE BOMBEO

- 1.- MOTOR ELECTRICO
- 2.- BOMBA VERTICAL MARCA HERRNANDEZ-ALVARADO DE 2 CABALLOS VENTILADA PARA 1.5" DE CAUDA DE 110 CM. DIAMETRO DE 18 CM. CON TUBERIA DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD LIGERAMENTE CON INCLINACION.
- 3.- CARRERA DE BOMBEO EN LA BOMBA SEGUN LA INSTRUCCION (ESTANDAR O CUBO GENERAL) DE 8000 CM. (100") PREPARADO PARA ACOPLAR EL CILINDRO DE TUBERIA.
- 4.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD PARA POLARIZAR EN UN EXTREMO CON LA DESCARGA DE LA BOMBA.
- 5.- ALTA PRESION ESTILO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8")
- 6.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD.
- 7.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD CON BANDA ESTANFADA EN UN EXTREMO.
- 8.- MANTENIMIENTO TIPO BOURDON CON ESCALA PARA PRESIONES DE 0-21 KG/CM2.
- 9.- VALVULA DE ADMISION Y REGULACION DE AIRE DE 2.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") MARCA ROBE & STEIN.
- 10.- VALVULA CHECK DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") MARCA WALKER O BOSTON.
- 11.- VALVULA DE CIERRE DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") MARCA WALKER O BOSTON.
- 12.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD CON BANDA ESTANFADA EN UN EXTREMO.
- 13.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD.

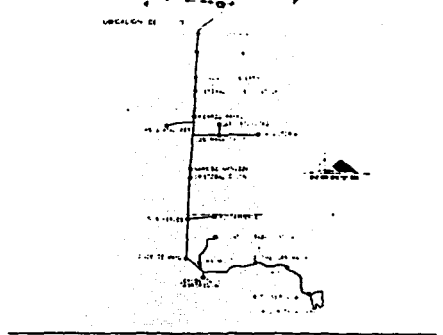
UNIDAD

- 14.- CODO A 45° DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") PARA POLARIZAR EN SUS EXTREMOS
- 15.- TRAMO DE TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD PREPARADO EN UN EXTREMO PARA POLARIZAR A TUBO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") CON INCIDENCIA A 45°.
- 16.- TRAMO DE TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD PREPARADO EN UNO DE SUS EXTREMOS PARA POLARIZAR A TUBERIA DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") CON INCIDENCIA A 90°.
- 17.- VALVULA ALIVIO DE PRESION DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") MARCA ROBE & STEIN.
- 18.- TUBO A 90° DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") CON LA DESCARGA DE LA BOMBA.
- 19.- TUBO DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD BRIDADO EN UN EXTREMO.
- 20.- TUBERIA DE ACERO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8") Y 200 CM. DE LONGITUD.
- 21.- TUBA CUBA DE ACERO PARA EL EXTREMO DEL TUBO DE 1.5" DE DIAMETRO (E" DE 8").



BASE PARA EQUIPO DE BOMBEO

UNIDAD



CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS:

- ACOTACIONES EN CENTIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
- EL ESPESOR DE LAS PIEZAS FORMADAS CON TUBERIA DE ACERO ASTM A-53-B DE TODOS LOS DIAMETROS SERA DE 3.05 MM. (1/8")
- LAS BRIDAS SERAN ESTANFAS DOBLABLES (SLEEP-ON) PARA UNA PRESION DE TRABAJO DE 10.8 KG/CM2 (150 LB/PULG2)
- LAS VALVULAS QUE SE INDICAN ASI COMO OTROS ACCESORIOS SERAN PARA TRABAJAR A UNA PRESION DE 10.5 KG/CM2 (150 LB/PULG2)

TESIS CON
FALLA DE COMPLETACION

| | | | |
|---|--|---|--|
| UNAM | | Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente | |
| | | Facultad de Ingeniería | |
| EQUIPO DE BOMBEO Y MULTIPLE DE DESCARGA EN PLANTA DE BOMBEO No 4 (PB-4) | | | |
| AÑO 1961 | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA | | | |
| FECHA DE ENTREGA | | FECHA DE CALIFICACION | |
| ENERO DE 1961 | | 15 DE FEBRERO DE 1961 | |

148

4.6.8 Tanques de cambio de régimen.

Tanque de Cambio de Régimen Uno (TCR-1), ubicado a unos 30 metros de separación del eje principal, sobre la cima del cerro que se encuentra del lado de la margen izquierda, a la altura del cadenamamiento 32 + 425, cercano al ejido Niños Héroes (planos 17 y 18);

El Tanque de Cambio de Régimen Dos (TCR-2), ubicado a 200 metros aproximados de separación del eje principal, sobre la cima del cerro que se encuentra del lado de la margen derecha, a la altura del cadenamamiento 46 + 031, frente al poblado Cristóbal Colón (plano 17 y 18);

El Tanque de Cambio de Régimen Tres (TCR-3) ubicado en el cadenamamiento 72 + 652 (planos 17 y 18).

Como ya se indico para los requerimientos de la línea de conducción en su distribución y diseño hidráulico, fue necesario proyectar tres tanques de cambio de régimen, que a la vez sirven para las derivaciones de los poblados cercanos. Los dos primeros tienen 200 m³ y el de X'pujil 100 m³ de capacidad, respectivamente, y los tres están contruidos de concreto armado con estructura similar a la de las plantas de bombeo y, además, cuentan con la fontanería adecuada para su manejo.

4.7 Problemática actual del proyecto.

La variación de voltaje en el suministro de energía eléctrica, provoca frecuentes paros en los equipos electromecánicos, principalmente durante la noche, evitando así un bombeo continuo. Asimismo, la quema de árboles y maleza durante el estiaje frecuentemente sale de control de los que la practican, dañando las líneas de energía e interrumpiendo el servicio.

El año pasado, las autoridades municipales perforaron y equiparon un pozo a fin de extraer 40 l/s con un nivel dinámico de 120 m, sin embargo, el agua presentó niveles de 1600 ppm de bicarbonato de calcio.

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de X'pujil.
Municipios de Hopolchén y Champotón, Estado de Campeche, Méx."

Conclusiones y recomendaciones.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

De acuerdo al resultado de las tres alternativas estudiadas, se concluye que la mas conveniente por razones económicas y técnicas es la número tres (Laguna de Alvarado), ya que su fuente de abastecimiento se debe aprovechar, dadas las características de la zona en cuanto a disponibilidad de agua y además se localiza prácticamente dentro de la región a la que se requiere dotar de agua potable.

Cabe destacar que de las fuentes de abastecimiento para las alternativas números uno y dos, no se tiene la certeza en cuanto a su potencialidad, ya que esto se tendrá con precisión hasta la perforación y aforo de dichos pozos.

También se debe de considerar que durante el trayecto inicial de las dos primeras alternativas, se pasa por varias localidades que no se esta contemplando su alimentación, lo cual puede significar un problema importante.

En lo que se refiere a la captación en Nicolás Bravo, se tiene el inconveniente que la zona de perforación se encuentra ubicada en el Estado de Quintana Roo.

Recomendaciones.

- Se recomienda que en la elaboración del proyecto ejecutivo para la alternativa seleccionada, se incluya un estudio detallado de todas las localidades, con el objeto de establecer la posibilidad de contar con un abastecimiento mixto, o sea, un abastecimiento integral a la región (alternativas estudiadas) y además de un abastecimiento local en algunas comunidades (aljibes), ya que durante la temporada de lluvias se puede concentrar el abastecimiento del sistema integral exclusivamente a aquellas localidades que por sus características y magnitud no sea factible el aprovechar las aguas meteóricas, tomando en cuenta que el costo de operación de cualquiera de las alternativas aquí estudiadas es mayor que el que representa el abastecerse de agua de lluvia, lo que permitirá tener un ahorro

significativo para el organismo operador y consecuentemente, para los usuarios. Esta solución mixta, únicamente se puede dar en temporada de lluvias, mas no así en temporada de estiaje (periodo de mayor demanda), por lo que la construcción del sistema integral es prioritario.

- Una mayor atención de las autoridades locales para la operación y mantenimiento del acueducto.

- La coordinación de autoridades locales con otras dependencias (CFE y CAPAE).

- Revisión especializada de los equipos de bombeo, válvulas y piezas especiales dañadas, ya que requieren desde limpieza hasta sustitución.

- Incrementar la continuidad del servicio, principalmente en la temporada de estiaje; de ser posible, que sea un bombeo continuo hasta llenar los depósitos (aljibes) de las 23 localidades, cuidando siempre el nivel mínimo de operación de la laguna (elevación 147.00 msnm).

Comentario final.

Ciertamente, el agua y la vida distinguen, en buena parte, al planeta en que vivimos.

En el agua se encuentra el origen de la vida y en su aprovechamiento y buen manejo el sustento de las grandes civilizaciones.

El agua es ciertamente una riqueza y como tal debe ser manejada. Se deben aplicar conocimientos generados por el hombre a lo largo de la historia para la satisfacción de sus necesidades. Esto es: ingeniería, Ingeniería Hidráulica.

México es un país de tradición hidráulica, las grandes culturas mesoamericanas desarrollaron tecnologías originales, lo mismo en el Valle de México que en la selva maya. Cerca de 400 obras hidráulicas se han identificado en el altiplano, y una amplia red de canales de irrigación ha sido detectada por satélites.

Para fortuna de México esta tradición tecnológica no sufrió fractura en el tiempo y en el esfuerzo. La ingeniería mexicana continuó, a pesar de las carencias y convulsiones, participando en la conformación de este país.

Los logros son importantes pero las necesidades actuales y las que se proyectan hacia el año 2010 demandan un esfuerzo ejemplar.

La primera gran fase constructiva hidráulica ha sido cumplida. La ingeniería mexicana demostró su capacidad para edificar obras de primera magnitud a nivel mundial.

La crisis actual y sobre todo la racionalidad obligan a la reflexión para determinar el camino a seguir.

México seguirá construyendo presas para disponer del agua cuando y como la necesite y acueductos para llevarla donde hace falta. Pero debemos tener en cuenta que los proyectos más accesibles, los más viables ya se realizaron. Los nuevos resultan cada vez más complejos y costosos. Sin embargo, el sólo construir no es la respuesta única ante el volumen de necesidades. La ingeniería además de construcción es operación eficiente, investigación, mantenimiento, innovación. El momento exige análisis y decisiones.

¿Estamos utilizando plenamente la infraestructura hidráulica construida? ¿La mantenemos como es debido? ¿Existen desperdicios? ¿La maduración y construcción de nuestros proyectos se dan en tiempos adecuados? ¿Estamos innovando?

Estas y otras preguntas condicionan el perfil y campo de ejercicio del ingeniero hidráulico. La demanda prioritaria es proporcionar servicios de agua potable y alcantarillado, en el abastecimiento de agua debemos incorporar propuestas no convencionales.

Una manera de atender las necesidades es abatir el consumo innecesario y el desperdicio. El problema se localiza aún en los niveles domésticos. En esta y en todas las áreas, es indispensable la concurrencia de la población, técnicos y fabricantes para diseñar y utilizar tecnologías apropiadas.

La concentración anárquica de la población y la localización de centros industriales sin considerar las disponibilidades de agua, han creado desequilibrios en los sistemas hidrológicos, sobreexplotado acuíferos, deteriorando la calidad del agua y extendiendo la contaminación. Varias de nuestras principales cuencas han sido seriamente afectadas, es inaplazable generalizar sistemas de recirculación y reutilización del líquido.

El campo de acción del Ingeniero Hidráulico no se reduce a la solución de problemas estrictamente técnicos, el momento que se vive y la trascendencia de su disciplina le coloca en un plano de ineludible participación en acciones trascendentales para el país.

A su formación académica debe adicionar una gran sensibilidad para saber detectar, escuchar, e interpretar el sentir, de la comunidad a la que pertenece y a la vez saber transmitirle el valor real del agua.

La Ingeniería no se aplica en abstracto, ni en ambientes inocuos, se da en el núcleo de los problemas, en la dinámica social. Muchas cosas tendrán que ser corregidas, otras creadas y muchas más ratificadas y fortalecidas.

Finalmente, pienso que la mejor opción para el desarrollo tecnológico es la vinculación entre los centros de trabajo, los de enseñanza y los de investigación. La universidad puede interactuar con las entidades de servicio público, y ello está comprobado por décadas de fructífera relación mutua.

El presente brinda la oportunidad de estrechar y actualizar esos vínculos en el caso de la tecnología para el desarrollo hidráulico.

"Abastecimiento de Agua Potable en la Región de N'pujil.
Municipios de Hopelchén y Champotón. Estado de Campeche, Méx."

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- Comisión Nacional del Agua. " *Proyecto Ejecutivo del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Para Comunidades de la Región de X'pujil, Estado de Campeche, México* ",
CNA; México (1998).
- Sotelo Ávila, Gilberto. " *Hidráulica General, Vol. I Fundamentos* ";
Limusa; México (1987).
- Juárez Badillo, Eulalio y Rico Rodríguez, Alfonso. " *Mecánica de Suelos Vol. I y II* "
Limusa; México (1986).
- Quintana, Bernardo. " *ICA Hacemos Realidad Grandes Ideas* ";
Espejo de Obsidiana; México (1997).
- Aparicio Mijares, Francisco. " *Hidrología de Superficie* ";
Facultad de Ingeniería, UNAM; México (1987).
- Mendoza Sánchez, Ernesto. " *Introducción al Proceso Constructivo* ";
Facultad de Ingeniería, UNAM; México (1986).
- Garduño Velasco, Héctor. *Ingeniería Hidráulica en México*;
Revista Ingeniería; Facultad de Ingeniería, UNAM; México (1987).
Núm. 2, 28 – 36.
- Favela Lozoya, Fernando. *La Ingeniería en México: Construcción de Obras
Relacionadas con pequeñas Corrientes de Agua*;
Revista Ingeniería; Facultad de Ingeniería, UNAM; México (1987).
Núm. 4, 5 – 14.

Mundo Molina, Martín; Martínez Austria, Polioptro y Figueroa Gallegos, Alonso.
Tecnologías Alternativas: Colección de Agua de Niebla Para la Dotación
a Pequeñas Comunidades Rurales;
Revista Ingeniería Civil; Colegio de Ingenieros Civiles de México,
CICM; México (1996).
Núm. 329, 13 - 18

Arvuzu L., Gustavo y Dávila S., Moisés. Exploraciones Geológicas Para Proyectos
Hidroeléctricos;
Publicación de la Comisión Federal de Electricidad, CFE;
Superintendencia de Estudios Zona Sureste; México (1987).