

TUES
1501
R173a
1999
E. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA DE
CUZCACHAPA

PRESENTADO POR:

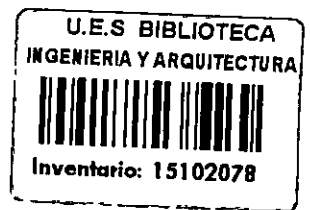
LUIS EDGARDO RAMÍREZ LIMA
HUGO LUIS SANTAMARÍA LÓPEZ
CARLOS HUMBERTO VIANA GUDIEL 15102878
15102078

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL



CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 1999.-

Recibido el 23 abril / 99



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

:
Dr. José Benjamín López Guillén

SECRETARIO GENERAL :

Lic. Ennio Arturo Luna

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO

:
Ing. Joaquín Alberto Vanegas Aguilar

SECRETARIO

:
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR

:
Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y
CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA DE CUZCACHAPA**

Presentado por :

LUIS EDGARDO RAMÍREZ LIMA

HUGO LUIS SANTAMARÍA LÓPEZ

CARLOS HUMBERTO VIANA GUDIÉL

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :

Ing. Juan Guillermo Umaña Granados.

Asesores :

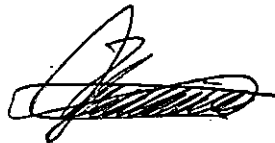
Ing. Edwin Santiago Escobar Rivas

Ing. Joaquin Mariano Serrano Choto

San Salvador, Abril de 1999.-

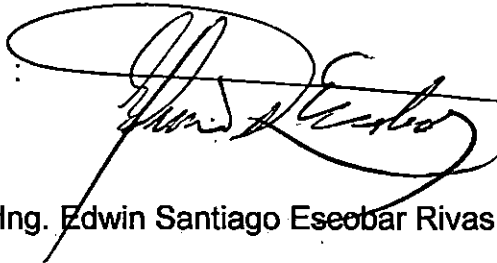
Trabajo de Graduación aprobado por :

Coordinador y asesor :



Ing. Juan Guillermo Umaña Granados

Asesor :

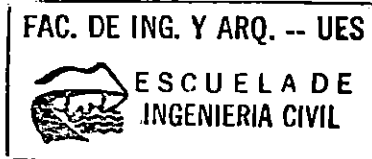


Ing. Edwin Santiago Eseobar Rivas.

Asesor :



Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto.



AGRADECIMIENTOS

Deseamos manifestar nuestros más sinceros agradecimientos a aquellas personas e instituciones que nos ayudaron en el desarrollo de este trabajo, que de manera espontánea y desinteresada, aportaron sugerencias, conocimientos y experiencias:

Ing. Pedro Saballos, y Sr. José Paredes del laboratorio de FUSADES

Ing. Celina Mena de Alonso, e Ing. Rosa María Araujo del MAG

Lic. Carlos Humberto Salazar del Ministerio del Medio Ambiente

Lic. David Rosales Facultad Multidisciplinaria de Occidente

Roberto Gálvez

Ing. Rogelio Godines

Sras. Marina y Yaneth de la Biblioteca de la facultad de Ingeniería y Arquitectura

Sres. pescadores

José Alex Cruz

Sr. Luís Perez

Sra. Marina y Ronal

Alcaldía Municipal de Chalchuapa

Región Occidental del MAG, Sección Chalchuapa

Región Occidental de ANDA, Sección Santa Ana

A todos ellos gracias.

Y especialmente a nuestros asesores y a la Organización Panamericana para la Salud (OPS) por creer en nosotros, y en la investigación en busca de la conservación de los recursos naturales.

DEDICATORIA

Hoy termino una de mis metas que me trace desde pequeño, a pesar de las adversidades, tengo la oportunidad de realizarla; por lo que agradezco y dedico este logro a:

MI PADRE DIOS TODO PODEROSO: Por darme todo lo que tengo, y estar conmigo siempre en cada momento.

A MI MAMÁ: Paula de María, por su amor y sacrificio en mi formación, por estar siempre pendiente de lo que está a su disposición en ayudarme; le quiero mucho, ahora su "cabeza de sabio" le dedica este logro que también es suyo, ya tiene un ingeniero en la familia.

A MI PAPÁ: Catalino, aún con el silencio y discreción que guardamos, se que me comprende a su manera; por que lo a demostrado en su ayuda para alcanzar ésta meta, le quiero mucho y lo tendré siempre presente.

A MI HERMANA: Elba Gloria, gracias por la ayuda y comprensión que me has dado en el momento preciso, por darme la oportunidad de ser tu hermano y aceptarme como soy.

A MI CUÑADO: David por tu apoyo moral y amistad que siempre me ha brindado, espero que triunfes también.

A MIS SOBRINAS: Natalia Marcela y Alejandra Sofia, con todo amor y cariño, esperando que éste triunfo las motive para alcanzar las metas que se propongan.

A :mi tía María Ascención y su familia, por darme un lugar entre ellos.

A ti: Virgen María, que con tu ayuda en Flor, aliviaste mi cansancio y desánimo, dándome alegría y deseos de seguir luchando, gracias María.

A mis amigos de siempre :

Evelio Sánchez y Sarvelio Siliezar

A mis compañeros de historia: Carlos Viana y Hugo Luis, gracias por su comprensión, tolerancia y esfuerzo en el trabajo.

A todos mis amigos y personas que ayudaron en mi formación.

Luis Edgardo.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios Padre el haberme permitido terminar con éxito tan extensa investigación.

Se lo dedico a mi papá José Mario, mi mamá María Elena, quienes siempre me apoyaron con su amor y dedicación, aún en los momentos más difíciles.

A mi tía Rosa Gladys, quien siempre estuvo pendiente de mi formación, a la Malí, a Don Casi, a toda la familia Santamaria, les aseguro que el triunfo es de ustedes.

Se lo dedico también a Michaelle Ramírez mi novia, quien siempre me esperó, comprendió y me dio animo para terminar de lo mejor posible esta tesis.

Dé igual manera a todos mis amigos y amigas que siempre estuvieron conmigo,

A todos gracias.

Hugo Luis

DEDICATORIA.

A TI SEÑOR: por acompañarme en mis momentos de debilidad y ser la paz y tranquilidad a mi alrededor.

A MI PADRE: Carlos Viana, que con su apoyo, enseñanzas y comprensión hoy llego a culminar mis metas, gracias papá.

A MI MADRE: María Isabel, gracias por todo tu amor y consejos que nunca me dejaron desfallecer, te quiero mucho mama.

A MIS HERMANAS: Patty, Miriam y Delmi, por brindarme su cariño y apoyo en todo momento.

A MIS SOBRINOS: Alex, Laura, Manfredito y Tony, que espero logren sus metas, y triunfen en la vida.

A MIS TÍOS (AS): Salva, Jesús, Arturo, Pedro, Isabel y Rosa gracias por su apoyo y confianza.

A LA FAMILIA FLORES ZURITA: Que con sus consejos y cariño me ayudaron a salir adelante.

A MIS AMIGOS DE SIEMPRE: Francisco, Ramses, Wilson, Alex, Oscar, Leonel, Bladimir, Douglas, Lito y a todos aquellos con quien compartimos tantos momentos gratos, gracias.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Por no descansar hasta lograr la meta, especialmente a Luis.

A todas las personas que de una u otra forma me han ayudado a cumplir mi meta .

GRACIAS.

CARLOS VIANA.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos de manera inadecuada, la obtención de otros bienes de consumo diario, y los patrones culturales de la población, influyen en el deterioro de los recursos naturales, para muchos éste problema es secundario, sin darse cuenta que al final afectara a todos. Por ésta razón el trabajo realizado, trata sobre la aplicación de los conocimientos de ingeniería civil para la protección y conservación de la laguna Cuscachapa, un patrimonio salvadoreño que merece, que las futuras generaciones, puedan disfrutar.

El documento está constituido por seis capítulos, el primer capítulo, corresponde a generalidades de la laguna, donde se plantea el problema de contaminación y se justifica la necesidad de resolverlo.

En el segundo capítulo se realiza una evaluación de saneamiento básico, para determinar la situación actual de la laguna, identificando y analizando las variables que intervienen en la contaminación, las cuales son: La población del área de influencia, personas que llegan a lavar, desechos sólidos, sistemas de drenaje y de agua potable, junto con un análisis de aguas vertidas a través del cabezal de descarga y un análisis de calidad del agua de la laguna.

En el tercer capítulo se analiza la escorrentía superficial que llega a la laguna, debido a que es otro factor que la afecta, para ello se desarrolla un estudio hidrológico en la zona, con el que se determina el caudal teórico de escurrimiento generado en la cuenca. Además se realiza un estudio hidrogeológico, con el objeto de verificar si el cuerpo de agua es alimentado por agua subterránea.

En el capítulo cuatro se realiza un estudio de la pérdida potencial de suelo, para estimar el grado de erosión que se da en la cuenca de la laguna, y el cálculo aproximado de sedimento, que se deposita durante el año en el cuerpo de agua, estableciendo una relación entre ambas variables.

En el quinto capítulo se propone un sistema de drenaje de aguas lluvias, como alternativa de solución que elimine la contaminación de la laguna. El último capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones propuesta por el grupo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

CONTENIDO	PAG.
1.0 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3 JUSTIFICACIONES	8
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.5 ALCANCES	12
1.6 LIMITACIONES	13

CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

2.0 INTRODUCCIÓN	15
2.1 GENERALIDADES	16
2.2 USOS DEL RECURSO	21
2.3 EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN LA LAGUNA	22
2.3.1 EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA	25

2.3.1.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y EVALUACIÓN DE SU INCIDENCIA EN LA LAGUNA	25
2.3.1.2	POBLACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA	31
2.3.1.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA POBLACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA	34
2.3.2	PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR	37
2.3.2.1	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR	38
2.3.3	SISTEMAS DE DRENAJE	40
2.3.3.1	SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS	40
2.3.3.2	SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS	43
2.3.4	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	46
2.3.4.1	EVALUACIÓN DEL SISTEMA AGUA POTABLE	51
2.3.5	DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	54
2.3.6	INCIDENCIA DEL ÁREA DE INFLUENCIA EN LA SALUD PUBLICA DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA	59
2.4	EVALUACIÓN DE SANEAMIENTO EN LA LAGUNA	62
2.4.1	CALIDAD DE AGUAS QUE DESCARGAN EN LA LAGUNA POR LA TUBERÍA DE AGUAS LLUVIAS	62
2.4.2	CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA EN LOS AÑOS 1980, 1988 Y 1998.	67
2.4.2.1	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA, AÑO 1980,	67
2.4.2.2	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA, AÑO 1988,	71

4.2	DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA POTENCIAL DEL SUELO	165
4.3	ECUACIÓN UNIVERSAL MODIFICADA DE PÉRDIDA DEL SUELO	171
4.3.1	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE FORMAN PARTE DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL MODIFICADA DE PÉRDIDA DE SUELO. (EUPS)	173
4.3.1.1	FACTOR DE ESCORRENTÍA $[11.8(V Q_p)^{0.56}]$	174
4.3.1.1.1	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (V)	174
4.3.1.1.2	CAUDAL PICO MÁXIMO (Q_p)	179
4.3.1.2	FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)	181
4.3.1.3	FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L) Y FACTOR DE GRADIENTE DEPENDIENTE (S)	181
4.3.1.4	FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C)	188
4.3.1.5	FACTOR DEL MÉTODO DE CONTROL DE EROSIÓN (P)	190
4.4	CÁLCULO DE LA PÉRDIDA POTENCIAL DEL SUELO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	191
4.5	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO DEPOSITADO EN LA LAGUNA CUSCACHAPA.	197
4.5.1	DEPOSICIÓN DEL SEDIMENTO EN LA LAGUNA CUSCACHAPA	203

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN, DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

5.0	INTRODUCCIÓN	210
5.1	GENERALIDADES	211
5.2	PROPUESTAS DE ALTERNATIVA DE DISEÑO	213

2.4.2.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA, AÑO 1998,	76
2.4.3 COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO, TEMPERATURA Y POTENCIAL DE HIDRÓGENO RESPECTO A LA VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD, AÑO 1998	80
2.4.4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS MICROCONTAMINANTES ENCONTRADOS EN EL FONDO, AÑO 1998	85
2.4.5 CLASIFICACIÓN DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SUS USUS	88

CAPÍTULO III: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

3.0 INTRODUCCIÓN	94
3.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	95
3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	98
3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA	98
3.2.2 MORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	107
3.2.3 GEOLOGÍA	108
3.2.4 SUELOS	110
3.2.5 CLIMA	110
3.2.6 VEGETACIÓN	111
3.3 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN	113
3.3.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOGRÁFICAS	114
3.4 ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	115
3.4.1 MÉTODO PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE ESCORRENTÍA MÁXIMO	117

3.4.2	MÉTODO RACIONAL	118
3.4.3	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)	119
3.4.4	CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA	121
3.4.5	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	127
3.5	CÁLCULO DEL CAUDAL DE ESCORRENTÍA	129
3.6	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	130
3.6.1	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	130
3.6.1.1	GENERALIDADES	131
3.6.2	GEOLOGÍA DEL ÁREA DE CHALCHUAPA	135
3.6.2.1	FORMACIÓN SAN SALVADOR	135
3.6.2.2	FORMACIÓN EL BÁLSAMO	138
3.6.3	DESCRIPCIÓN DEL ACUÍFERO DE CHALCHUAPA	138
3.6.4	INFLUENCIA DEL MANTO ACUÍFERO EN LA LAGUNA	139
3.6.4.1	RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFERO	139
3.6.4.2	DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	140
→ 3.6.4.3	PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ÉPOCA DE ESTIAJE	143 ←
3.6.5	BALANCE HÍDRICO ADECUADO A LA SUBCUENCA DE LA LAGUNA, EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE	144
3.6.5.1	DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE DEFINEN EL BALANCE HÍDRICO	148
2.6.5.2	BALANCE HÍDRICO	159

CAPÍTULO IV: CALCULO DE ARRASTRE DE SEDIMENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

4.0	INTRODUCCIÓN	163
4.1	GENERALIDADES	164

5.2.1	ALTERNATIVA Nº 1:SISTEMA DE BÓVEDA UBICADO EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE	213
5.2.2	ALTERNATIVA Nº 2:SISTEMA DE BÓVEDA UBICADA EN LA 5ª CALLE ORIENTE Y TUBERÍA EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE	234
5.3	ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA	244
5.4	DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACIÓN	245

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.0	CONCLUSIONES	252
6.1	RECOMENDACIONES	258
	BIBLIOGRAFÍA	265
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº	CONTENIDO	PAG.
2.1	ÁRBOLES EN LA RIVERA	18
2.2	ÁRBOLES EN ESTADO ARBUSTIVO	18
2.3	ESPECIES VEGETALES ACUÁTICAS	19
2.4	PECES DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	20
2.5	COBERTURAS DE SERVICIOS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.	24
2.6	SECTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA	26
2.7	INDICADORES DE SANEAMIENTO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA	33
2.8	COBERTURA DE SERVICIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	34
2.9	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR	38
2.10	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.	49
2.11	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.	50
2.12	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE LA LAGUNA CUSCACHAPA Y POZO EN COLONIA LAS MARGARITAS 1991.	50
2.13	SERVICIO DE TREN DE ASEO	56
2.14	DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD EN LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.	60

	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS QUE DESCARGAN EN LA LAGUNA POR LA TUBERÍA DE AGUAS LLUVIAS, AÑO 1998.	
2.15	ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	66
2.16	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	66
	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, AÑO 1980.	
2.17	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO	69
2.18	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	70
	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA CUZCACHAPA, AÑO 1988.	
2.19	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	73
2.20	ANÁLISIS BIOLÓGICO, ORGANISMOS ENCONTRADOS CON MAYOR FRECUENCIA	74
2.21	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO, ORGANISMOS ENCONTRADOS, CON MAYOR FRECUENCIA	75
	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, AÑO 1998.	
2.22	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.	77
2.23	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	79
2.24	ANÁLISIS BIOLÓGICO	79
2.25	ANÁLISIS DE ELEMENTOS TÓXICOS (MICROCONTAMINANTES) ENCONTRADOS EN EL FONDO, AÑO 1998.	85
2.26	CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN FUNCIÓN DE SUS USOS Y CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PAG.
2.1	TIPOS DE PLANTAS ACUÁTICAS	19
2.2	AFORO DE AGUAS SERVIDAS A LA SALIDA DEL CABEZAL DE DESCARGA	63
2.3	PERFIL VERTICAL DE TEMPERATURA, MOSTRANDO ESTRATIFICACIÓN DIRECTA Y LAS REGIONES DEFINIDAS POR ELLA	82
2.4	PERFIL BATIMÉTRICO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	84
2.5	PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE OXÍGENO DISUELTO	84
2.6	PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE TEMPERATURA	84
2.7	PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	84
3.1	CURVA HIPSOMÉTRICA	103
3.2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	119
3.3	GRAFICO DE PROBILIDA DE OCURRENCIA Y FRECUENCIA	125
3.4	CURBAS DE INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA	126
3.5	DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTRATOS ACUÍFEROS DEL SUBSUELO	132
3.6	PERFIL PIEZOMÉTRICO DEL ACUÍFERO DE CHALCHUAPA	145
4.1	FACTOR DE ERODABILIDAD	183
4.2	FACTOR TOPOGRÁFICO	187
5.1	GRÁFICA DE PRECIPITACIÓN EN mm/hora CONTRA PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA	220

5.2	GRÁFICA DE CURVAS DE INTENSIDAD DURACION Y FRECUENCIA	222
5.3	PERFIL DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA, EN EL TRAMO DE LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE	233

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA	CONTENIDO	PÁG.
2.1	PLANO DE UBICACIÓN DE TALLERES Y COMERCIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	17
2.2	SECTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	27
2.3	UBICACIÓN DE FOCOS DE CONTAMINACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	30
2.4	SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA	42
2.5	SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA	45
2.6	SISTEMA DE PROYECTADO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA	48
2.7	ZONAS DE RECOLECCIÓN REALES DEL TREN DE ASEO DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA	57
3.1	CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	97
3.2	MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	109
3.3	MAPA VEGETATIVO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	112
3.4	MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE CHALCHUAPA	137
3.5	CURVAS ISOFREÁTICAS EN LA ZONA DE CHALCHUAPA	141
3.6	MAPA DE ISOFREÁTICAS DEL VALLE SINGUÍL	142
4.1	LÍNEAS BATIMÉTRICAS EN LA LAGUNA CUSCACHAPA	205

4.2	CURVAS DE NIVEL EN EL FONDO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA	206
5.1	ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA EN LA TESIS: "DISEÑO COMPLEMENTARIO DE SISTEMAS DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.	212
5.2	ALTERNATIVA N° 1. SISTEMA DE BÓVEDA	232
5.3	ALTERNATIVA N° 2 SISTEMA DE BÓVEDA Y TUBERÍA	243
5.4	OBRAS DE CAPTACIÓN EN LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	
6.1	ÁREAS PROTEGIDAS DE LA CUENCA	264

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.0 INTRODUCCIÓN

En nuestro país el crecimiento urbano y el desarrollo no sostenible, trae como consecuencia el deterioro y extinción de los recursos naturales, a medida que pasa el tiempo son menos los lugares donde se puede convivir con la naturaleza. Entre estos lugares tenemos la laguna Cuscachapa que presenta una serie de problemas de contaminación, azolvamiento y eutroficación, debido principalmente a que la comunidad de Chalchuapa realizó la conexión de un sistema de aguas lluvias que desemboca en la orilla de la laguna, sin tomar en consideración que el agua vertida sería portadora de basura y material sedimentable, agravándose más el problema, al utilizar el sistema colector de aguas lluvias como medio para evacuar aguas residuales de la población próxima al reservorio natural. Por lo anterior, se hace indispensable realizar una serie de estudios que implican: La evaluación de las condiciones actuales del saneamiento básico en las proximidades de la laguna, análisis de calidad de agua, estudios hidrológicos e hidrogeológicos, y de arrastre de sedimentos en la cuenca, dichos estudios al ser relacionados entre si, permitirán proponer alternativas de solución para la protección y conservación de la laguna Cuscachapa.

1.1 ANTECEDENTES

La laguna Cuscachapa está ubicada al Sur-Este de la ciudad de Chalchuapa entre los 13°58'50" Latitud Norte y 89°40'45" Longitud Oeste a 325 mts. al Norte de las ruinas del Tazumal (ver mapa 1.1).

Tiene un área de 7.7 manzanas y una altura de 700 m.s.n.m. su forma es peroidal, amurallada alrededor con taludes rocosos a 90°, con una altura promedio de 15 mts., colinda con las siguientes comunidades: Colonia Veracruz al Norte, lotificación Veracruz al Este, comunidad Calle a la Joya al Sur y el Instituto Nacional de Chalchuapa al Oeste. Cuenta con dos accesos principales, uno ubicado en el sector Norte que comunica con la calle al Jute en colonia Veracruz, el otro en el sector Sur-Oeste que se une con la 11ª Avenida Sur.

Siendo de gran importancia histórica, por su ubicación geográfica, que fue importante para el asentamiento indígena de los Pocomames en ésta área. Excavaciones realizadas en el costado Norte de la laguna por la Universidad de Pennsylvania (E.U.) en 1949, revelan la probable existencia de un culto del "Cenote", lugar donde se realizaban sacrificios humanos en honor al dios de la lluvia "Tlaloc", que consistía en ponerle una piedra en el cuello de la víctima y luego lanzarla al fondo de la laguna. En la actualidad es un lugar de esparcimiento, en donde las personas llegan a pescar y lavar.

La laguna es de origen volcánico y su formación pudo ser de tres maneras diferentes¹:

1. Una erupción volcánica en donde los materiales salieron verticalmente dejando un hueco.
2. Dada la erupción, su forma la tomó de la lava que se enfrió y que pudo producir diferentes tipos de distorsiones, originando cavidades y depresiones.
3. Por el hundimiento del techo de una cámara de lava vacía, estas formaciones reciben el nombre de lagos tipo "Caldera".

La laguna Cuscachapa ha tenido una serie de cambios; en los años cuarenta la construcción de un camino en su perímetro, para facilitar la extracción de material de una cantera propiedad de la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (DUA), luego a finales de los años sesenta una proliferación de Jacinto de Agua (Ninfa) cubrió casi en su totalidad el espejo de agua, la que años después fue removida. En la década de los setenta el nivel de agua bajó considerablemente, por lo que un Comité Pro-Rescate de la laguna decidió colocar en 1978, un colector de aguas lluvias en la 11ª Avenida Sur, compuesto por una caja tragante de rejilla metálica hecha de hierro angular, que comunica

¹ Manual del Curso de Limnología, Dr. Gualberto Limón Masías y otros, Primera Ed., Guadalajara, 1982.

por una tubería de 30 pulgadas de diámetro a un cabezal de descarga que tiene una canaleta con dissipador de energía (ver anexo N° 1.1, foto 1), dicha canaleta termina en la orilla Sur-Oeste de la laguna.

Durante los primeros años el sistema funcionó sin ningún problema, veinte años después se observa la formación de un banco de arena, películas de aceites, desechos sólidos y aguas jabonosas en las proximidades de la zona de descarga.

En 1988 se dio una mortandad de peces, que fue objeto de estudio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), este estudio reveló que los peces murieron por falta de oxígeno, reproducción excesiva de algas y contaminación.

En el Trabajo de Graduación: "Diseño Complementario de Sistemas de Drenaje de Aguas Lluvias de la Ciudad de Chalchuapa", presentado por Saúl Aguirre, Jaime Recinos y Nelson Vanegas de la Universidad de El Salvador, en marzo de 1996, consideran en su alternativa de diseño seleccionada, colocar una bóveda de 10 pies de diámetro en la 11ª Avenida Sur, con un cabezal de descarga de aguas lluvias en la laguna Cuscachapa, donde actualmente se encuentra el colector. Si esta alternativa se implementa, el arrastre de partículas se mantiene afectando a la laguna.

Otros aspectos que se observan es la afluencia de personas que llegan a lavar, pesca no controlada y promontorios de basura dejados por los visitantes. En nuestro país hay lagunas que presentan problemas de extinción similares, por ejemplo, la de El Jocotal, en el Departamento de San Miguel (ver anexo N° 1.2), que está designada como una reserva forestal con problemas de depredación y deforestación. Otra laguna es la de Nahualapa, en el Departamento de La Paz (ver anexo N° 1.3), que presenta disminución en su nivel de agua y está cubierta casi en su totalidad de Ninfa. Sin embargo no existe en el momento un plan de protección y conservación de estos cuerpo de agua.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la parte Sur-Este de la ciudad de Chalchuapa, donde se encuentra ubicada la laguna Cuscachapa, ha tenido un considerable crecimiento poblacional y urbano, disminuyendo las áreas de infiltración, originando una mayor escorrentía superficial.

La zona Sur-Este es la más alta de la ciudad, en ella el incremento de escorrentía de aguas lluvias produce inundaciones, erosión de las calles y caminos vecinales de tierra, que carecen de obras drenaje y de protección.

Como solución a las inundaciones producidas por la precipitación, se consideró en 1978 que una parte del ramal del alcantarillado de aguas lluvias, ubicado en la 11ª Avenida Sur fuera drenado en la laguna, ayudando al mismo tiempo, al problema de disminución del nivel de agua que presentaba en esa década. Este sistema vierte las aguas lluvias a la laguna sin ningún control, arrastrando un alto porcentaje de material que se deposita en el fondo, formando capas de sedimentación, observándose en las proximidades del área de descarga un banco de arena (ver anexo N° 1.1, foto 2), producido por el arrastre de sedimento provenientes de la parte alta de la ciudad.

El sistema de captación de aguas lluvias también es utilizado para el drenaje de aguas residuales, estas llegan a la laguna transportando detergentes y aceites lubricantes provenientes de talleres y viviendas de la zona, durante todo el año, provocando la contaminación del agua y la muerte de peces. Estos aspectos han causado un gran deterioro en el ecosistema de la laguna, de tal forma que existe eutroficación y principios de formación de un pantano.

En la parte Sur de la ciudad hay comunidades que cuentan con servicio de agua potable, pero es deficiente, otros carecen de éste servicio; por lo que muchos habitantes optan por lavar en la laguna, evitando el acarreo de agua y ahorrándose el costo del servicio de agua potable.

En la laguna se da una depredación de peces por la pesca no controlada, ya que diariamente una gran cantidad de personas pescan por deporte, y otras por sustento o fuente de ingreso.

Se observan además promontorios de basura alrededor de la laguna, dejados por los visitantes y personas aledañas al lugar.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La laguna Cuscachapa se considera de gran importancia histórica por formar parte de un complejo arqueológico encabezado por las ruinas del Tazumal, alrededor de la laguna se encuentran evidencias del desarrollo de la cultura de los Pocomames; ya que por su ubicación geográfica fue un factor determinante para que los antiguos pobladores decidieran instalarse en este lugar y conformaran un asentamiento prehispánico.

Para la ciudad de Chalchuapa es un lugar de esparcimiento, con un gran potencial turístico, debido a la belleza natural de su paisaje rico en flora y fauna; por lo que se considera un lugar con una gran posibilidad de generar fuentes de ingreso económico, que beneficiarían a la población y a la propia laguna.

En la actualidad una gran cantidad de personas que la visitan se dedican a la pesca con fines deportivos, y para una parte de la población es una fuente de alimento y soporte económico. Existe un número aproximado de 15 pescadores, teniendo cada uno un ingreso de ¢ 35.00 a ¢ 50.00 diarios, la especie más explotada es la Tilapia, cada pescador extrae diariamente unas 70 Tilapias, el precio por libra es de ¢ 5.00 lo que significa que para obtener ¢ 50.00 debe vender 10 libras.

El ingreso promedio diario del grupo es de ¢ 650.00, esto demuestra la factibilidad para desarrollar la Piscicultura por medio de una cooperativa, beneficiando a un número mayor de personas.

La laguna forma parte de una recarga acuífera importante, estudios realizados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) determinan que el acuífero tiene capacidad de abastecer a colonias de la zona Oriente de la ciudad, con un caudal de 800 galones por minuto.

Considerando la laguna como un recurso hídrico importante, se hace necesario la búsqueda de alternativas de protección y conservación tales como: Medidas de saneamiento y mitigación de arrastre de suelos, para evitar la contaminación, azolvamiento y eutroficación de la laguna. Al permitir la degradación del cuerpo de agua, se corre el peligro que se convierta en un

lugar pantanoso de malos olores, foco de contaminación criadero de vectores, que pueden generar y transmitir enfermedades.

Por lo que entidades como la Alcaldía Municipal de Chalchuapa, la fundación ambientalista AMATE, el MAG, a través del Departamento de Recursos Hídricos consideran importante la solución de este problema, tanto así que han solicitado a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, les presente alternativas de solución para este problema en particular.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Proponer medidas de saneamiento y mitigación de arrastre de suelo, que permitan controlar la contaminación y sedimentación en la laguna, que ayuden a su protección y conservación.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los factores de contaminación en el área de influencia de la laguna y su incidencia en la degradación del cuerpo de agua,

auxiliándose de los análisis de calidad de agua y evaluación del saneamiento básico de la zona.

- Evaluar las características hidrológicas en la cuenca de la laguna Cuzcachapa, y obtener un caudal teórico de escurrimiento, considerando además el efecto que la escorrentia superficial genera en la laguna.
- Analizar las características hidrogeológicas del área de estudio, para evaluar el comportamiento de las aguas subterráneas, determinando su interacción con la laguna.
- Determinar en que medida afecta la sedimentación a la laguna, calculando el volumen aproximado de sedimento depositado y analizando la pérdida potencial del suelo de la cuenca, que afecta al cuerpo de agua.
- Proponer obras hidráulicas y medidas de saneamiento para proteger y conservar la laguna Cuscachapa, eliminando la contaminación por vertidos líquidos y sólidos, así como disminuir la sedimentación.

1.5 ALCANCES:

En el presente trabajo de graduación se pretende dar alternativas de solución a los problemas de contaminación y sedimentación a que está sometida la laguna Cuscachapa, considerando contribuir con los siguientes aspectos:

- Que el estudio pueda ser utilizado por la Alcaldía y organizaciones, interesadas en la protección del recurso hídrico.
- Que la metodología planteada en el estudio sirva para resolver problemas de contaminación y sedimentación, en recursos hídricos superficiales con características similares.
- En los estudios hidrológico, hidrogeológico y de arrastre de sedimento, se tomara como área de análisis la cuenca donde se encuentra la laguna.
- En la evaluación de la contaminación urbana hacia la laguna se tomarán aquellos factores que constituyen el saneamiento básico, tales como: Hábitos de la población con respecto al uso de la laguna, sistema de alcantarillado de aguas lluvias, sistema de alcantarillado de

aguas negras, sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de desechos sólidos.

- El cálculo de arrastre de suelos se hará por métodos analíticos indirectos, por medio de la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo EUMPS, y la estimación de volumen de sedimento se hará por métodos batimétricos.
- Debido a la amplitud del trabajo, en el desarrollo de las obras hidráulicas únicamente se considera el diseño y detallado hidráulico, sin considerar su presupuesto, llegando a estimar únicamente costos globales.

1.6 LIMITACIONES:

El estudio a realizar estará sujeto a limitaciones que puedan presentarse en el transcurso de su elaboración, a continuación se detallan las siguientes:

- En el análisis de contaminación, las pruebas de calidad de agua, por su alto costo se realizarán en un número limitado de muestreo.

- La precisión de los estudios hidrológico e hidrogeológico dependerán de la representatividad y consistencia de la información climatológica y de planos existentes para éste análisis.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

2.0 INTRODUCCIÓN

La contaminación de recursos hídricos, como ríos y lagos, es un aspecto común en el país, debido a diferentes actividades de la población: La laguna Cuscachapa no es la excepción, pues la población influye en su contaminación de diferentes formas, entre las cuales podemos mencionar: Lavado de ropa y vehículos, acumulación de promontorios de basura, contaminación por vertidos líquidos etc.

El presente capítulo estudia las formas de contaminación, evaluando las condiciones en el área de influencia, a través de encuestas dirigidas a la población. Además se analizará los sistemas existentes de agua potable, aguas negras, y aguas lluvias para verificar la relación con la contaminación de la laguna y la salud de la población que la rodea.

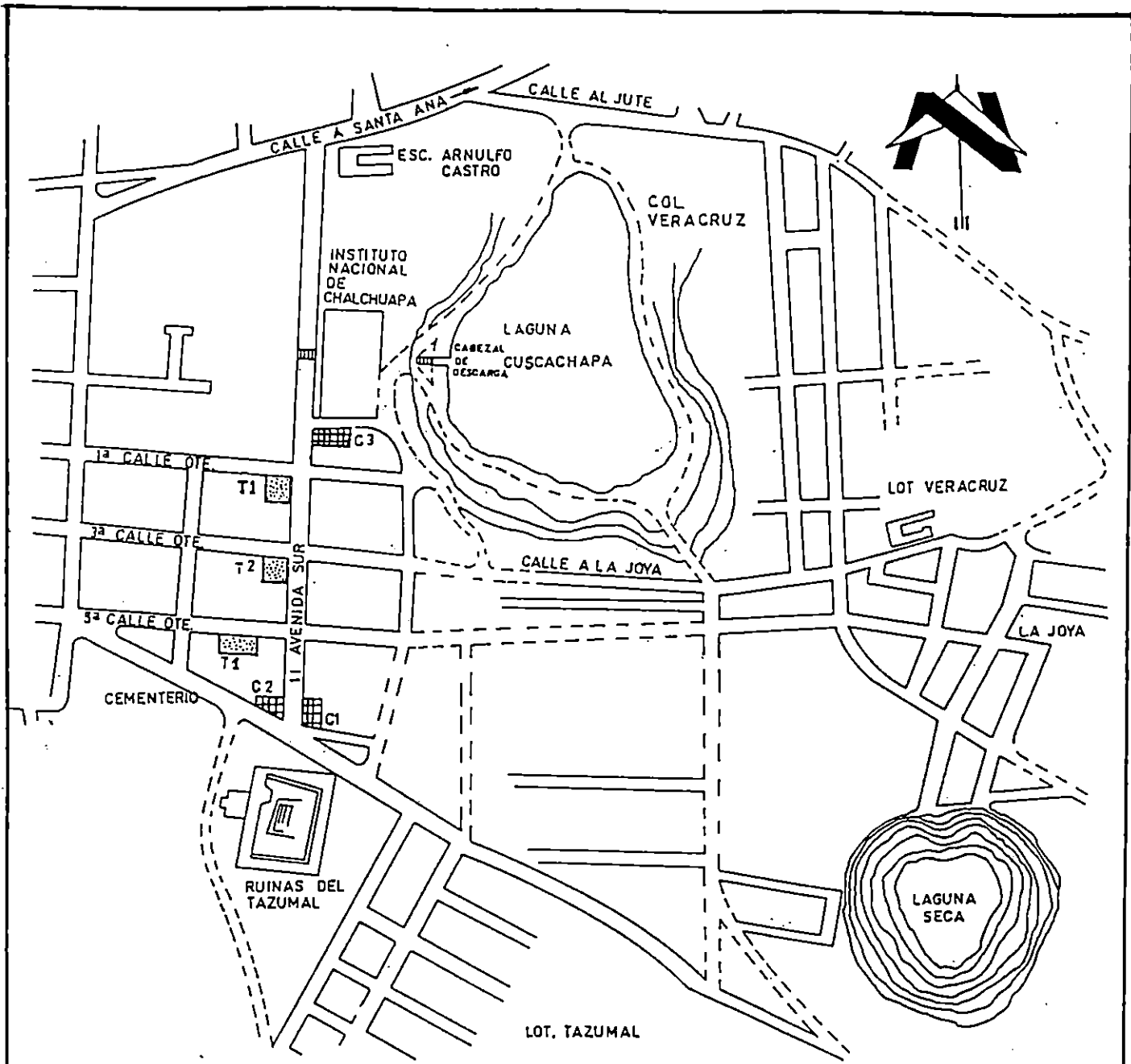
Habiendo estudiado la contaminación que aporta la población del área de influencia, se desarrollarán exámenes de calidad de agua superficial y a diferentes profundidades, para identificar su condición actual , así como el tipo de contaminantes que tiene en el fondo.

2.1 GENERALIDADES

La laguna Cuscachapa está ubicada en la Ciudad de Chalchuapa a 13 kms. al Sur de la Ciudad de Santa Ana. Su origen volcánico y la formación de taludes rocosos a su alrededor, han permitido que se conserve casi en su estado natural. En la actualidad ha sufrido una serie de cambios, principalmente por la contaminación que llega a través del sistema colector de aguas lluvias, que transporta gran cantidad de sedimento en la época lluviosa, y durante todo el año aguas servidas provenientes de casas, talleres y comercios de la zona (ver mapa 2.1).

El clima en la laguna es fresco y agradable debido a las corrientes predominantes de aire que llegan de Norte a Sur, y por la vegetación en sus proximidades que en gran parte son cafetales; factor que influye en la precipitación media anual del lugar.

La laguna es abastecida de agua en la época lluviosa a través del sistema colector de aguas lluvias; existiendo además corrientes de aguas subterráneas que llegan a la laguna; prueba de ello son las variaciones de temperatura en el cuerpo de agua en ciertos lugares, principalmente en los sectores Sur y Sur-Este, encontrándose en este último un nacimiento de agua que produce un caudal de 0.56 l/seg en época de estiaje. La población en las



UBICACIÓN DE TALLERES Y COMERCIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUZCACHAPA

SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
	TALLER	T1=TALLER AUTOMOTOR T2=TALLER DE OBRA Y BANCO
	COMERCIO	C1= VENTAS DE ARTESANIAS C2=CAFETINES C3=TOSTADORA DE CAFÉ

MAPA 2.1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIÉL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: SEPT./98	
CONTENIDO: UBICACIÓN DE TALLERES Y COMERCIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA		

proximidades de la laguna, en su mayoría es rural y carece de servicios básicos como sistema de alcantarillado y agua potable.

La flora es muy variada, de la cual se detallan a continuación las especies más predominantes:

CUADRO 2.1

ÁRBOLES EN LA RIVERA

Nº	NOMBRE COMÚN	Nº	NOMBRE COMÚN
1	San Andrés	6	Guachimol
2	Capulamate	7	Maquilishuat
3	Caulote	8	Teca
4	Ceiba	9	Guayabo
5	Madre Cacao	10	Tempisque

OTRAS ESPECIES: Cahoba, Almendro de Río, Amate.
Clasificación hecha en base al número de árboles existentes de una misma especie en el área de la laguna.

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

CUADRO 2.2

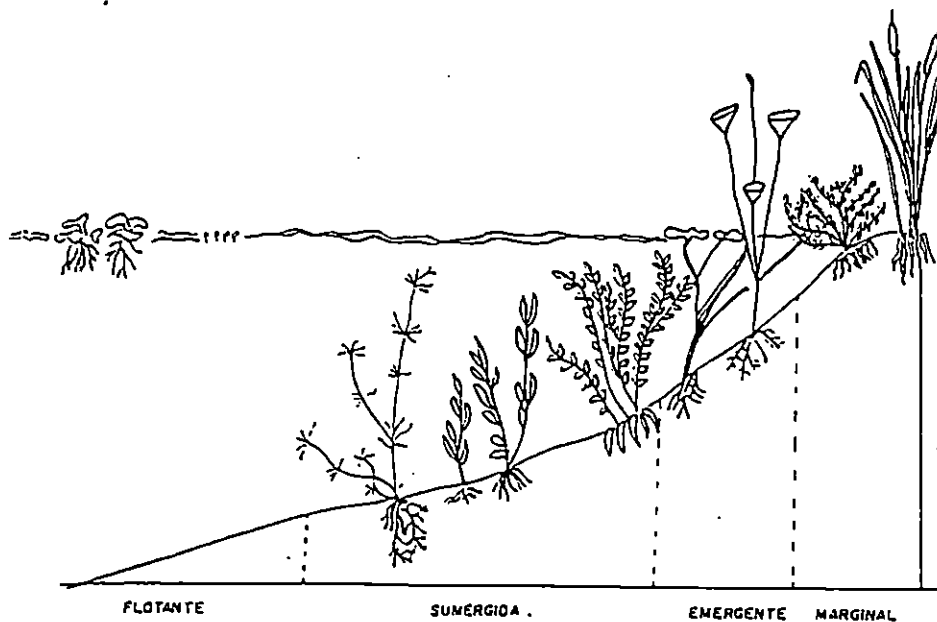
ÁRBOLES EN ESTADO ARBUSTIVO

Nº	NOMBRE COMÚN	Nº	NOMBRE COMÚN
1	Almendro de Río	6	Chichicaste
2	Siete Pellejos	7	San Andrés
3	Lomo de Garrobo	8	Sauce Llorón
4	Cojon	9	Guarumo
5	Mango	10	Chilamate

OTRAS ESPECIES: Aceituno, Teca, Aguacate, Maquilishuat.
Clasificación hecha en base a diámetro menor de 15 cm y altura menor de 2 metros.

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

Las flora acuática de la rivera se clasifica según la zona del litoral en donde se desarrolla (ver figura 2.1).



TIPOS DE PLANTAS ACUÁTICAS
figura 2.1

Encontrándose en la laguna, vegetación de los tipos flotante y sumergida; siendo las últimas aquellas que se desarrollan en la región baja, desde la orilla a 0.5 mts hasta 1.5 mts fuera del agua, y las flotantes son las que se encuentran en suspensión en el cuerpo de agua. Detallándose en el siguiente cuadro las especies encontradas en la laguna:

CUADRO 2.3

ESPECIES VEGETALES ACUÁTICAS

Nº	NOMBRE COMÚN	DESCRIPCIÓN
1	Jacinto de Agua	Flotante
2	Zacate Para	Marginal
3	Hídrila Vertisilata	Sumergida
4	Silvinia s.p.	Flotante

Fuente: MAG, Reporte sobre los factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la Laguna Cuscachapa, Lic. David Rosales y Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

Estas plantas se encuentran más desarrolladas en los sectores Norte y Sur de la laguna, causando problemas al cuerpo de agua, ya que a medida que

se proliferan van acumulando sólidos en sus raíces y van formando suelo, ganándole espacio al cuerpo de agua, además de incrementar la demanda de oxígeno.

La fauna acuática es limitada contándose con las siguientes especies:

CUADRO 2.4

PECES DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

	NOMBRE COMÚN		NOMBRE COMÚN
1	Tilapia	4	Guapote tigre
2	Mojarra	5	Burras
3	Anguila	6	Chimbolos

Fuente: MAG. Reporte sobre los factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la Laguna Cuscachapa, Lic. David Rosales.

De los peces el más consumido por las personas es la Tilapia, y debido a la contaminación, algunos peces en su mayoría chimbolos se ven afectados por parásitos(ver cuadro 2.24). Tanto la flora como la fauna están siendo depredados por la tala de árboles, pesca no controlada y la falta de una adecuada política de conservación. No obstante, la Alcaldía a realizado campañas de limpieza y la siembra de 43,000.0 peces en el mes de Julio del presente año, tratando de preservar una de las riquezas naturales e históricas de nuestro país.

2.2 USOS DEL RECURSO

Desde su formación la laguna ha sido utilizada para diferentes finalidades, en la actualidad la población la frecuenta como un lugar de esparcimiento y recreación. Los Centros Educativos de la localidad la utilizan para el atletismo y gran parte de la población practica la gimnasia en su perímetro. En la laguna se da la pesca por diversión y como un medio de sustento, otra actividad es el lavado de ropa que realizan las personas cercanas al lugar. El turismo es una actividad no desarrollada al presentar limitantes tales como: Falta de señalización, difícil acceso y carencia de infraestructura adecuada.

Para la conservación de los recursos naturales, existen leyes que contemplan la protección de lugares como la laguna Cuscachapa, entre ellas el Artículo N° 63 de la Constitución Política que establece, como una obligación del Estado salvaguardar lugares de interés arqueológico e histórico, que formen parte del Tesoro Cultural Nacional, creando la Ley Especial para la Conservación y Protección del Patrimonio Cultural, velando por su ejecución el Ministerio de Educación, quien únicamente tiene inventariada dicha laguna. En el Artículo N° 117 de la Constitución Política se declara de interés social la protección de los recursos naturales y considera necesario la creación de leyes especiales para su conservación, además se tiene el Decreto N° 50, en donde

se establece las normativas para controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos. De las leyes anteriores, ninguna se aplica en la realidad, encontrándose desprotegida.

2.3 EVALUACIÓN DE SANEAMIENTO BÁSICO EN LA LAGUNA.

La identificación y estudio de variables que influyen en un problema de contaminación de un recurso hídrico, es importante para determinar la magnitud del problema que se presenta, y poder elegir el tipo de tratamiento más factible, así como el control en el proceso de saneamiento para proteger y conservar el recurso.

Las variables a evaluar son las que se considera que en una forma directa o indirecta pueden afectar la laguna. Describiéndose a continuación:

1. Delimitación del área de influencia y estudio de la población: identificando los grupos poblacionales aledaños a la laguna, y su incidencia en la contaminación, por medio de entrevistas, encuestas y visitas de campo.

2. Evaluación de las personas que llegan a lavar a la laguna: Conocer las diferentes causas del por que llegan a lavar, y determinar de que manera repercuten sus actividades en la laguna.
3. Sistemas de drenaje: Evaluar los servicios de aguas lluvias y aguas negras, para encontrar una relación entre los diferentes servicios y la contaminación que llega a la laguna.
4. Sistema de agua potable: Verificar la eficiencia del servicio y la calidad del agua distribuida y su incidencia en el cuerpo de agua.
5. Desechos sólidos: Evaluar el sistema de recolección y disposición de los desechos sólidos, y su relación con la contaminación en la laguna.
6. Análisis de aguas vertidas en la laguna: A través del cabezal de descarga, determinando el tipo de contaminación que llega, y el grado de contaminación con que afecta al cuerpo de agua.
7. Análisis de calidad del agua de la laguna: Determinar el grado de contaminación y que parámetros son los que más influyen.

Con las diferentes variables, se hará una relación para determinar las alternativas de solución óptimas que nos permitan mitigar el efecto de la contaminación y preservar el recurso.

Para desarrollar la evaluación del saneamiento en la laguna, es necesario conocer las coberturas de los diferentes servicios de la ciudad, relacionadas a las variables que influyen en su contaminación y poder compararlas con las que se obtendrán posteriormente en el área de influencia. Estas coberturas son las siguientes:

CUADRO 2.5

COBERTURA DE SERVICIOS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.

TIPO DE SERVICIO	Área urbana	Área rural
Agua potable.	95.6%	16.5%
Alcantarillado de aguas negras.	72%	0%
Recolección de Desechos sólidos.	71.2%	0%
Alcantarillado de aguas lluvias.	47.6%	0%
Letrinización	27.9%	43.6%

Fuente: 5° CENSO DE POBLACIÓN, MINISTERIO DE ECONOMÍA 1992. E INVESTIGACIÓN EN MAPAS.

El cálculo de la población para 1998 del Municipio de Chalchuapa para la zona urbana y rural, se estimó con una proyección geométrica de la forma

$$Pf = Pa(1+i/100)^n$$

Donde :

P_a =Población actual.

i = tasa de crecimiento poblacional.

n = número de años a evaluar.

Al determinar la población se tiene:

Área urbana	Área rural
Población 1992=25545	Población 1992=39283
$i=1.98\%$	$i=1.98\%$
$n=6$ años	$n=6$ años
Población urbana 1998=28,734	Población rural 1998=44,187
Población total 1998 =72,921 habitantes.	

2.3.1 EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA

2.3.1.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y EVALUACIÓN DE SU INCIDENCIA EN LA LAGUNA

El saneamiento de la laguna Cuscachapa depende en gran medida de las condiciones de vida y de las actividades que desarrollan las personas aledañas, con relación a los servicios básicos como el agua potable, el tren de aseo y los sistemas de drenaje. Por lo que es necesario evaluar primero el saneamiento básico en el área de influencia, definiéndose ésta como la zona

urbana o rural, donde las personas que la habitan generan un impacto ambiental negativo al recurso natural en estudio, afectando la salud de las personas.

Para la delimitación del área se realizaron visitas de campo, en donde se identificaron viviendas, negocios, talleres, promontorios de basura a cielo abierto, aguas estancadas; que afectan la calidad de agua de la laguna y su ecosistema.

Para la evaluación de las condiciones del saneamiento básico en el área de influencia, se dividió en tres sectores (ver mapa 2.2), distribuidos de la siguiente manera:




CUADRO 2. 6

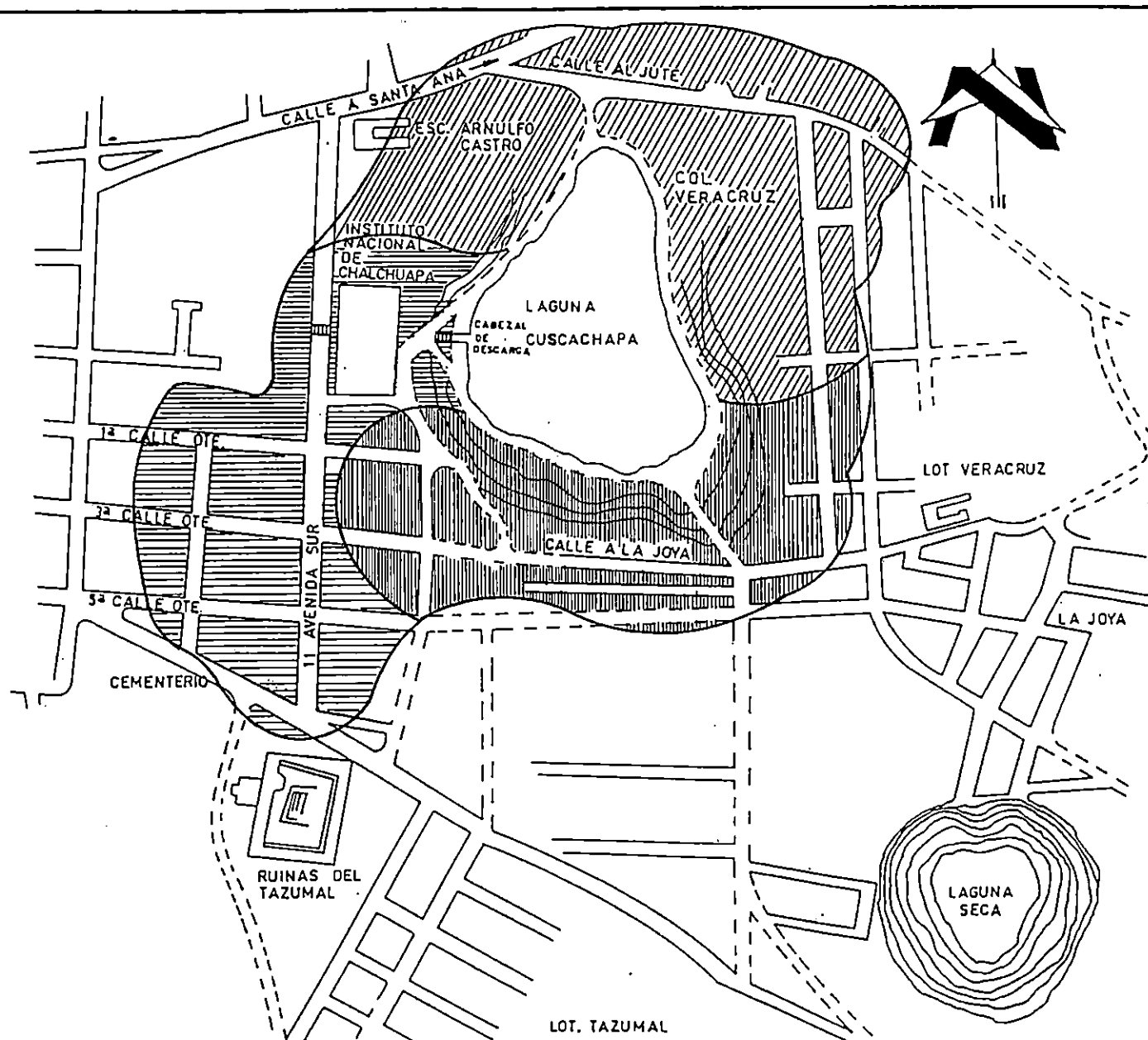
SECTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA		
SECTOR	Nº DE VIVIENDAS	UBICACIÓN
1	14	Colonia Veracruz.
2	38	Colonia Brisas de la laguna y Comunidad Calle a la Joya
3	155	11ª Av. Sur, 1ª Calle Oriente, 3ª Calle Oriente, 5ª Calle Oriente, y 13ª Av. Sur.

La división obedeció a que cada sector tiene características propias que se detallan a continuación:

MAPA 2.2

SIMBOLOGÍA

-  SECTOR-1
-  SECTOR-2
-  SECTOR-3



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: SEPT./98	
CONTENIDO: SECTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA		

Sector 1: Ubicado en la colonia Veracruz, comprende 14 viviendas de dos tipos: mixto y bahareque, que se encuentran sobre la calle al Jute, que es de tierra con un ancho aproximado de 5 mts, permaneciendo con aguas servidas en sus orillas durante todo el año. El sector no cuenta con agua potable y se abastecen mediante pipas y pozos artesanales, careciendo además de sistemas de drenaje para aguas lluvias y aguas negras.

La población del sector genera desechos sólidos de origen orgánico e inorgánico, creando un promontorio de basura en el acceso Norte de la laguna (ver mapa 2.3).

Sector 2: Comprende la Colonia Brisas de la laguna y comunidad Calle a la Joya, con 38 viviendas de tipo mixto distribuidas sobre la calle, que tiene un ancho aproximado de 3 mts, drenando sus aguas servidas hacia la 11ª Avenida Sur (ver mapa 2.2). El arrastre de suelo en esta calle no es considerable dada su corta longitud y su pendiente moderada.

La mayor parte de viviendas del sector cuentan con el servicio de agua potable, pero el resto tiene que comprarla a pipas o traerla de pozos cercanos.

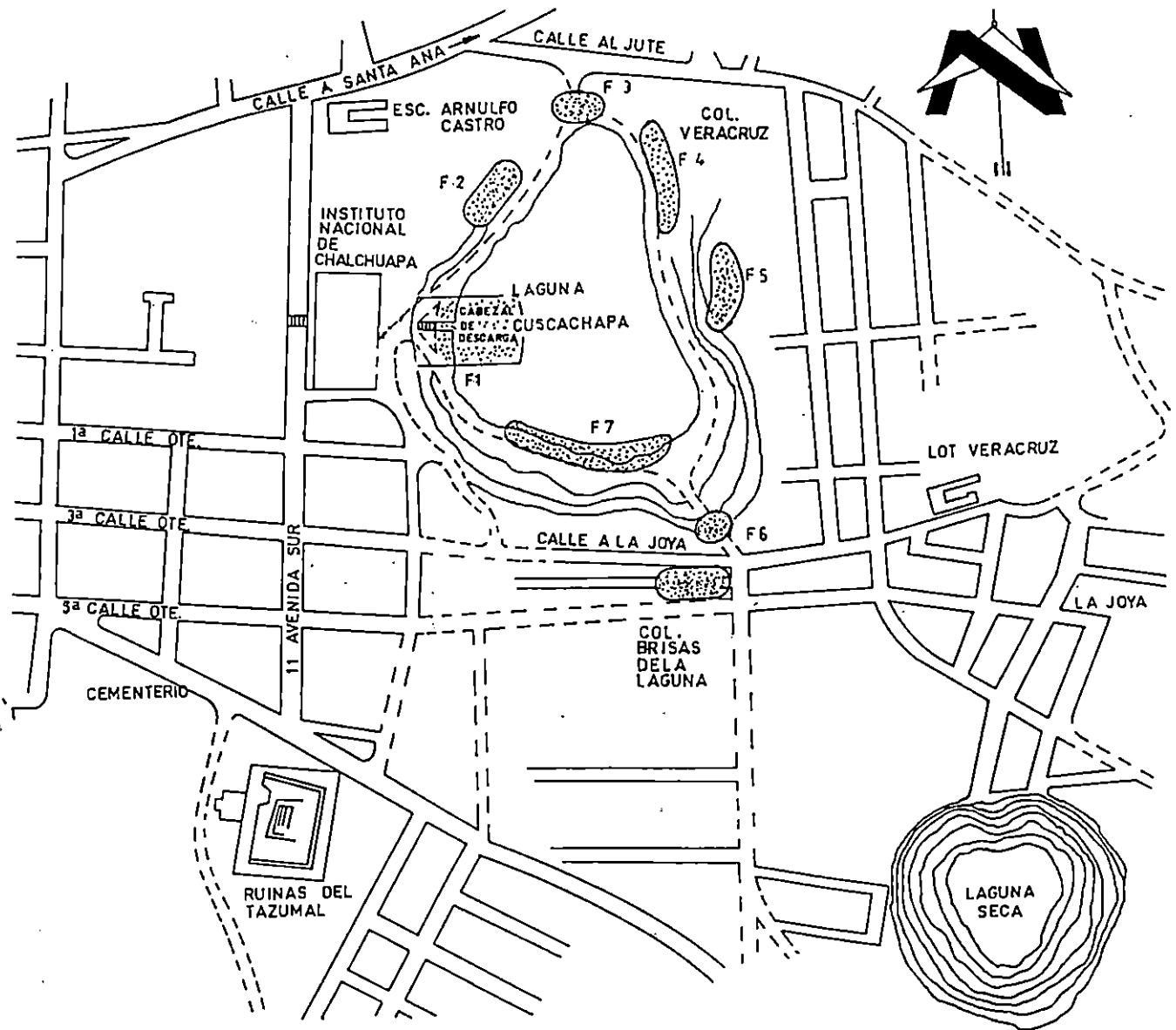
Pocas viviendas cuentan con alcantarillado sanitario, disponiendo de sus aguas negras con letrinas de foso y fosas sépticas.

El sector genera desechos orgánicos e inorgánicos, creando promontorios de basura considerables, uno de ellos ubicado en el acceso Sur de la laguna (ver mapa 2.3).

Sector 3: Representa el sector urbano del área de influencia, comprende 155 viviendas de adobe y ladrillo, distribuidas en calles y avenidas que se describen a continuación:

La 11ª Avenida Sur con un ancho de 7 mts, que se encuentra pavimentada, pero en mal estado, debido a la escorrentía superficial y al tránsito de vehículos pesados y livianos que han dañado su capa asfáltica, dicha avenida tiene un sistema de alcantarillado de aguas lluvias, que drena no sólo aguas lluvias si no también aguas servidas hacia la laguna.

La 13ª Avenida Sur es de tierra con un ancho de 6 mts, encontrándose en mal estado. Tiene una pendiente pronunciada que encausa las aguas servidas y lluvias a la 11ª Avenida Sur.



FOCOS DE CONTAMINACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

SIMBOLOGÍA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
F1	Parte Oeste	Desechos sólidos y aguas residuales.	Cabezal de descarga y 11ª Av. Sur.
F2	Parte Nor-Oeste	Basura distribuida en un área de 40 m ² .	Parcelación Polanco.
F3	Acceso Norte	Promontorios de basura.	Colonia Veracruz.
F4	Parte Nor-Este	Promontorios de basura.	Visitantes.
F5	Parte Este	Botadero a cielo abierto con un área de 60 m ² .	Lotificación Veracruz.
F6	Parte Sur-Este	Basureros distribuidos en Col. Brisas de La Laguna.	Viviendas de Calle a La Joya y Col. Brisas de La Laguna.
F7	Parte Sur	Trapos, bolsas de lejía, envoltorios de jabón.	Personas que llegan a lavar, un promedio de 23

MAPA 2.3

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ESCALA:
SIN ESCALA

FECHA: NOV./98

TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y
SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE
LA LAGUNA CUSCACHAPA"

PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO
SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS
VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO

CONTENIDO: UBICACIÓN DE FOCOS DE CONTAMINACIÓN
EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

La 1ª Calle Oriente esta pavimentada y tiene una pendiente suave, con un ancho de 7 mts y se encuentra en mal estado.

La 3ª y 5ª Calle Oriente son de tierra en mal estado, teniendo una pendiente moderada, lo que genera arrastre de suelo y aguas servidas a la 11ª Avenida Sur. Todo el sector cuenta con agua potable, menos algunas casas ubicadas sobre la 13ª Avenida Sur.

La recolección de información acerca de las causas de contaminación en el área de influencia, se obtuvo a través de dos encuestas, una dirigida a la población del área de influencia (ver anexo 2.1); y la otra dirigida a la población que llega a lavar (ver anexo 2.2). En ambas encuestas se estableció la incidencia de los grupos poblacionales en la contaminación, identificando los tipos de contaminación más relevantes. Además se conocerá la disponibilidad de la población para proteger y conservar la laguna, evaluando el grado de conciencia sobre la contaminación.

2.3.1.2 POBLACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

Los tres sectores en estudio cuentan con características propias y conformando la población total del área de influencia.

De cada sector se tomará una parte de su población, para encontrar los índices de las variables que tienen relación con la contaminación de la laguna.

El método para encontrar dichos índices fue la observación de las actividades desarrolladas en el área, así como las entrevistas a las personas dentro de la misma, conociendo el sentir de la población hacia la problemática.

Otro instrumento empleado fueron las encuestas, que establecen aspectos de la existencia y calidad de los servicios básicos, así como las sugerencias para sanear la laguna; y sus resultados se muestran a continuación:

CUADRO 2.7

INDICADORES DE SANEAMIENTO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

PREGUNTA N°	ASPECTOS EVALUADOS	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	ÁREA DE INFLUENCIA
1	Población por sector.	59	180	744	933 ⁹⁹³
2	Número de viviendas por sector.	14	38	155	207
3	Viviendas con servicio de agua potable.	0%	80%	93.3%	73.3%
4	Viviendas con servicio de aguas negras.	0%	20%	60%	36.7%
5	Viviendas que no cuentan con servicio de agua negras y forma de disposición.	Servicio de Fosa 80% Fosa Séptica 20%	Servicio de Fosa 50% Fosa Séptica 30%	Servicio de Fosa 20% Fosa Séptica 20%	Servicio de Fosa 40% Fosa Séptica 26.3%
6	Cantidad mensual promedio por vivienda de productos utilizados en las actividades de lavado de ropa, platos y baño.	Detergente: 140 sobres Lejía: 88 bolsas Jabón: 42 bolas	Detergente: 304 sobres Lejía: 180 bolsas Jabón: 152 bolas	Detergente: 1085 sobres Lejía: 830 bolsas Jabón: 1555 bolas	Detergente: 1528 sobres Lejía: 1218 bolsas Jabón: 1748 bolas
7	Disposición de aguas servidas.	Alcantarillado de Aguas negras 0% Alcantarillado de Aguas Lluvias 0% El 100% explicó que la drenan cerca de la laguna o por absorción en el suelo.	Alcantarillado de Aguas Negras 0% Alcantarillado de Aguas Lluvias 0% El 100% la dreña en pozos de absorción o la riegan en el suelo.	Alc. A.N. 46.7% Alc. A.L.L. 8.7% El 53.4% la drenan al suelo.	Alcantarillado de A. N. 20.3% Alcantarillado de A. L.L. 3.3%
8	Viviendas con servicio de tren de aseo.	40.0%	50.0%	48.7%	40.7%
9	Viviendas sin servicio de tren de aseo.	El 60.0% la entierran y la queman.	El 50.0% la botan en basurero a cielo abierto.	El 53.3% explicó que la queman.	50.3%
10	Población que conoce las fuentes de contaminación de la laguna.	0% Hay desconocimiento completo.	El 70.0% opina que las lavanderas, los aceites y los promontorios de basura.	El 80.0% opina que las lavanderas, los basureros y el agua estancada.	36.7%
11	Población con sugerencias para la conservación de la laguna en los tres sectores.	Limpieza permanente de basura, animales, algas etc. Reforestar la laguna Suspender el lavado Controlar la pesca Colocar cerco perimetral y vigilancia permanente No dieron sugerencias.			56.7% 10.3% 10.0% 10.0% 8.7% 3.3%

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis, através de observaciones, encuestas y entrevistas.

De la visita de campo al área de influencia y utilizando el mapa de la Ciudad de Chalchuapa, se obtuvieron las siguientes coberturas:

CUADRO 2.8

COBERTURA DE SERVICIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

TIPO DE SERVICIO	COBERTURA (%)
Agua potable	Total de Viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 193 Cobertura por Vivienda= 93.2%
Alcantarillado de aguas negras	Total de Viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 163 Cobertura por Vivienda= 78.7%
Servicio de letrinas de hoyo seco	Total de Viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 44 Cobertura por Vivienda= 21.3%
Fosa séptica	Total de Viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 40 Cobertura por Vivienda= 19.3%
Alcantarillado de aguas lluvias.	Total de viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 155 Cobertura por Vivienda = 74.88%
Recolección de Desechos sólidos	Total de viviendas = 207 Viviendas beneficiadas = 202 Cobertura por Vivienda = 97.6%

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

2.3.1.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA POBLACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

El estudio de saneamiento básico se desarrolló para tres sectores poblacionales con diferentes condiciones socioeconómicas, analizando los efectos adversos en el ecosistema de la laguna. En cada sector se entrevistó a diferentes personas, obteniéndose los resultados siguientes:

La pregunta N° 1 refleja el lugar de residencia del entrevistado dentro del área de influencia, el cual forma parte de la muestra representativa que se tomó de acuerdo a la población total del sector.

En la pregunta N° 2 se encontró que en el área de influencia el sector 3 es el más poblado, y que en los sectores 1 y 2 la población disminuye considerablemente.

La pregunta N° 3 muestra un desbalance en el servicio de agua potable, entre el sector 2 y 3 con el sector 1, esto genera que el sector 1 utilice más el agua de la laguna para ciertas actividades, además de generar pozos artesanales.

La pregunta N° 4 y N° 5 reflejan que la cobertura del servicio de alcantarillado de aguas negras es de 36.7% por vivienda en el área de influencia, lo que indica que el resto 66.3% utiliza servicios de fosa y fosas sépticas que tienen posibilidad de contaminar el manto acuífero que alimenta la laguna. Se determinó que el sector 1 es el más crítico en cuanto al desalojo de las aguas negras, debido a no poseer un alcantarillado sanitario.

En la pregunta N° 6 se determinó que la población tiene un gasto considerable de detergente, jabón y lejía, lo que da una idea de los altos

contenidos de éstas sustancias en las aguas servidas de los tres sectores; lo que puede ser perjudicial si son drenadas a la laguna mediante el sistema de alcantarillado de aguas lluvias.

La pregunta N° 7 esta relacionada a la anterior y define el destino de las aguas servidas en los tres sectores. En los sectores 1 y 2, estas van directamente al suelo aledaño a la vivienda o se vierten cerca de la laguna. El sector 3 cuenta con mejor desalojo, ya que sólo el 6.7% de la población drenan sus aguas servidas al sistema de alcantarillado de aguas lluvias. El 53.3 % la vierten al suelo, pero se estima que gran parte de éste porcentaje va a dar al alcantarillado de aguas lluvias.

En la pregunta N° 8 el servicio de recolección de desechos sólidos en el área de influencia es bajo con un 40.7%, lo que propicia focos de contaminación a cielo abierto (ver mapa 2.3).

La pregunta N° 9 muestra un 36.7% de personas en el área de influencia que conocen las fuentes de contaminación de la laguna, esto refleja un bajo interés local. Siendo los sectores 2 y 3 los que mejor conocen dichas fuentes mostrando un mayor interés por la laguna.

La pregunta N° 10 recopiló las sugerencias para la conservación de la laguna, siendo las principales: La limpieza permanente de basura, reforestación, suspensión del lavado y el control de la pesca.

Estas coberturas difieren de las obtenidas en el área de influencia, reflejando la utilización real de los diferentes servicios por parte de la población.

2.3.2 PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR.

Las personas que llegan a lavar, forman un sólo grupo poblacional, que constantemente se observan en la laguna, que llegan a lavar ropa ó vehículos. Los índices que se obtuvieron se muestran a continuación:

CUADRO 2.9

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR.

PREGUNTA N°	PREGUNTA	RESPUESTA
1	Lugar de procedencia de las lavanderas:	La Colonia San José aporta el 25%. La Colonia Veracruz aporta el 16.67%. La Colonia Las Flores aporta el 16.67%. Otras aportan el 41.7%.
2	Motivo principal por el que vienen a lavar:	El 100% no tiene agua potable.
3	La frecuencia de lavado se manifiesta así:	El 50% lava una vez por semana. El 38% lava dos veces por semana. El 12% lava a diario.
4	El promedio de personas que vienen a lavar a diario es:	23 personas
5	Cada persona que viene a lavar utiliza en promedio:	Tres sobres de detergente por semana. Dos bolsas de lejía por semana. Dos bolas de jabón de lavar por semana. Mensualmente todas las personas que llegan a lavar consumen: 69 sobres de detergente. 35 bolsas de lejía. 46 bolas de jabón de lavar.
6	Personas que llegan a lavar que consideran necesaria la construcción de lavaderos públicos:	El 100% dijo que se construyeran.
	El lugar que más propuso la gente para construir lavaderos públicos fue:	El 42% en la Colonia San José. El 18% en la Colonia Tazumal. El 40% en otras partes.
7	Las sugerencias que más motivaron a las lavanderas para proteger y conservar la laguna fueron:	El 30% propone campañas de limpieza. El 40% propone reforestar. El 30% propone incrementar vigilancia.

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

2.3.2.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PERSONAS QUE LLEGAN A LAVAR.

El resultado de la pregunta N° 1 mostró que la mayor cantidad de personas que llegan a lavar, provienen de la parte Sur-Este de la ciudad, principalmente de la Colonia San José (ver mapa 2.2).

En la pregunta N° 2 se conoció el motivo principal por el que llegan a lavar, que es la falta de agua potable en estos sectores.

La pregunta N° 3 refleja la frecuencia del lavado de esta forma: El 50% llega a lavar una vez por semana, el 38% llega a lavar dos veces por semana y el 12% llega a lavar diariamente.

En la pregunta N° 4 se observó un promedio de 23 personas que llegan a lavar.

La pregunta N°5 muestra la cantidad mensual de detergente que consume cada persona que llega a lavar, encontrándose que es bastante alto, lo mismo sucede con la lejía y el jabón.

La pregunta N° 6 muestra que el 100% de las personas que llegan a lavar desean lavaderos públicos, siempre y cuando sean suficientes para todos, y el lugar que más propuso la gente para su construcción fue en la Colonia San José (ver mapa 2.2). Al final la pregunta N° 7 muestra las sugerencias que más motivaron a las personas que llegan a lavar para proteger y conservar la laguna. Estas fueron: La reforestación, campañas de limpieza y el incremento de la vigilancia.

2.3.3 SISTEMAS DE DRENAJE

2.3.3.1 SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS.

Es el conjunto de obras e instalaciones hidráulicas destinadas a desaguar las aguas generadas por las precipitaciones pluviométricas, que fluyen superficial en un área determinada.

El sistema de la Ciudad de Chalchuapa tiene una cobertura del 47.6 % (ver cuadro 2.5), y esta compuesto por los siguientes ramales²:

- a. Ramal de la 5ª Calle Oriente: Es considerado el principal de la parte Sur de la ciudad, iniciándose en una parrilla ubicada en la Calle Tazumal, que sale con tubería de diámetro de 48 pulgadas que llega a la 7ª Avenida Sur, donde se une a una caja de 2 mts de ancho por 2 mts de alto. La caja continua por la 5ª Calle Poniente hasta la 8ª Avenida Sur, por la cual baja a la 1ª Calle Poniente en donde cruza por terreno privado y descargan en la quebrada Chinquíz. La caja esta construida de concreto armado en la losa superior y el piso es de mampostería de piedra, lo mismo que las paredes laterales y aletones, diseñadas para

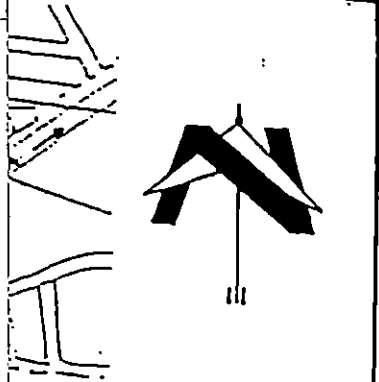
² Fuente: tesis " Diseño complementario de sistemas de drenaje de aguas lluvias de la Ciudad de Chalchuapa", Saúl Argueta y otros, UES, 1996.

proteger los taludes y encausar las aguas, ampliando sus dimensiones a 2.65 mts de ancho por 2.4 mts de alto en su sección de descarga (ver mapa 2.4).

- b. Ramal de la 10ª Avenida Sur: Sobre la 10ª Avenida Sur se encuentra un colector que comienza con una tubería de 48 pulgadas de diámetro en la intersección de 7ª Calle Poniente, iniciando con una parrilla para luego cambiar a una tubería de 60 pulgadas de diámetro en la intersección con la 13ª Calle Oriente, descargando sobre la quebrada Chinquíz (ver mapa 2.4).

- c. Ramal de la Avenida 2 de Abril: Este ramal se inicia con una tubería de 30 pulgadas a partir de la 13ª Calle Oriente hasta la 9ª Calle Oriente, donde cambia a una tubería de 48 pulgadas de diámetro hasta la 7ª Calle Oriente, punto al cual llega también una tubería de 36 pulgadas que se inicia con una parrilla, continuando con una tubería de 60 pulgadas hasta interceptar con la 2ª Avenida Sur, para conectarse con la caja existente (ver mapa 2.4)

- d. Ramal de la 11ª Avenida Sur: Este ramal se encuentra dentro del área de influencia y se inicia en la calle que conduce a Cantón Las Flores, con parrillas que se conectan a una tubería de 18 pulgadas de diámetro



COL. VERÁCRUZ



SIMBOLOGIA	
Tubería existente	—
Pozo existente	●
Caja existente	■
Parrilla existente	▤
Tragante	▬

ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y
PROTECCION Y CONSERVACIÓN DE

INGENIERO
EDUARDO
PEZ, HUGO LUIS
CARLOS HUMBERTO

hasta interceptar con la 11ª Avenida Sur, donde se mantiene con un diámetro de 24 pulgadas hasta descargar en un colector con parrillas metálicas, continua hasta la laguna con tubería de 30 pulgadas de diámetro descargando en un cabezal de concreto (ver mapa 2.4). El ramal genera la cobertura del servicio de alcantarillado de aguas lluvias en el área de influencia, alcanzando un valor de 74.88 % por vivienda (ver cuadro 2.8).

En el área de influencia existen 6 pozos debidamente sellados, y 6 tragantes de cuneta distribuidos en toda la avenida. Los tragantes y las parrillas metálicas permanecen durante el verano con residuos de aguas servidas y basuras, pero en invierno captan lodos por el arrastre de suelo, provenientes de la calle a Cantón las Flores, que tiende a obstruirlos, creando inundaciones.

2.3.3.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS.

Es el conjunto de obras e instalaciones hidráulicas destinadas a propiciar la recolección, evacuación, acondicionamiento (depuración cuando sea necesario) y disposición final desde el punto de vista sanitario de las aguas residuales de una comunidad. El sistema de alcantarillado de la ciudad de Chalchuapa posee una cobertura por vivienda del 72.0 % (ver cuadro 2.5), y esta compuesto por una red de tubería de concreto de 8 pulgadas de diámetro.

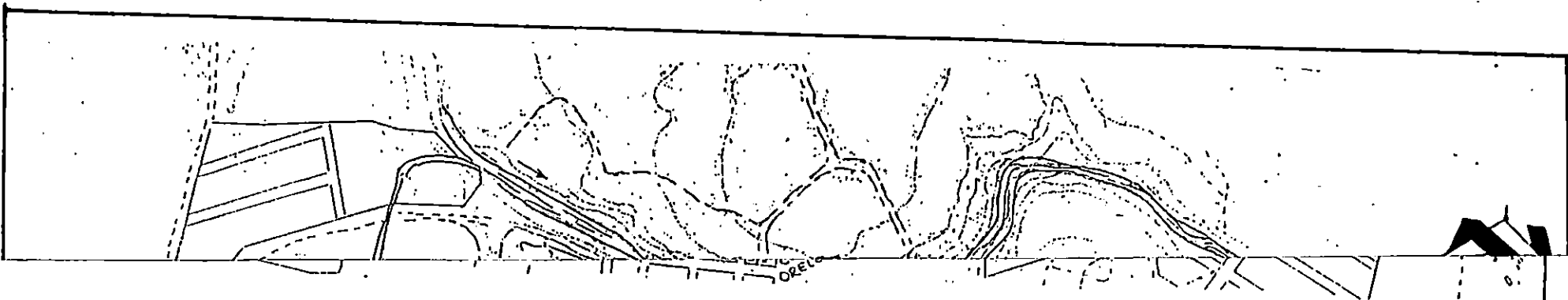
El sistema drena las aguas negras al río "Pampe", ubicado aproximadamente a 1.5 kms al Norte de la ciudad, estas llegan por medio de una quebrada ubicada entre el rastro y la Lotificación Cuscachapa, en donde existen tres puntos de recogimiento que se describen a continuación:

El primero ubicado a 50 mts al Poniente del rastro y que recoge el caudal de aguas negras de la zona céntrica y periférica de la ciudad (ver mapa 2.5).

El segundo ubicado al Norte de la Residencial Cuscachapa, donde se recoge el caudal de aguas negras de la Lotificación Barrientos, Lotificación Cáceres, Colonia El Pedregal y Colonia Los Olivos (ver mapa 2.5).

El último ubicado a 100 mts al Norte del anterior y que recoge el caudal de aguas negras proveniente de viviendas ubicadas sobre la calle al río Pampe, Residencial Cuscachapa, Colonia Pampe, y el Hospital de Chalchuapa (ver mapa 2.5).

En el área de influencia de la laguna, el alcantarillado de aguas negras posee una cobertura por vivienda del 78.7 % (ver cuadro 2.8), y está constituido por un tramo de tubería de concreto de 8 pulgadas de diámetro, que va desde un pozo ubicado frente a las Ruinas del Tazumal hasta un pozo ubicado en la intersección de la 1ª Calle Oriente con la 11ª Avenida Sur. El tramo del área de



MAPA 2.5

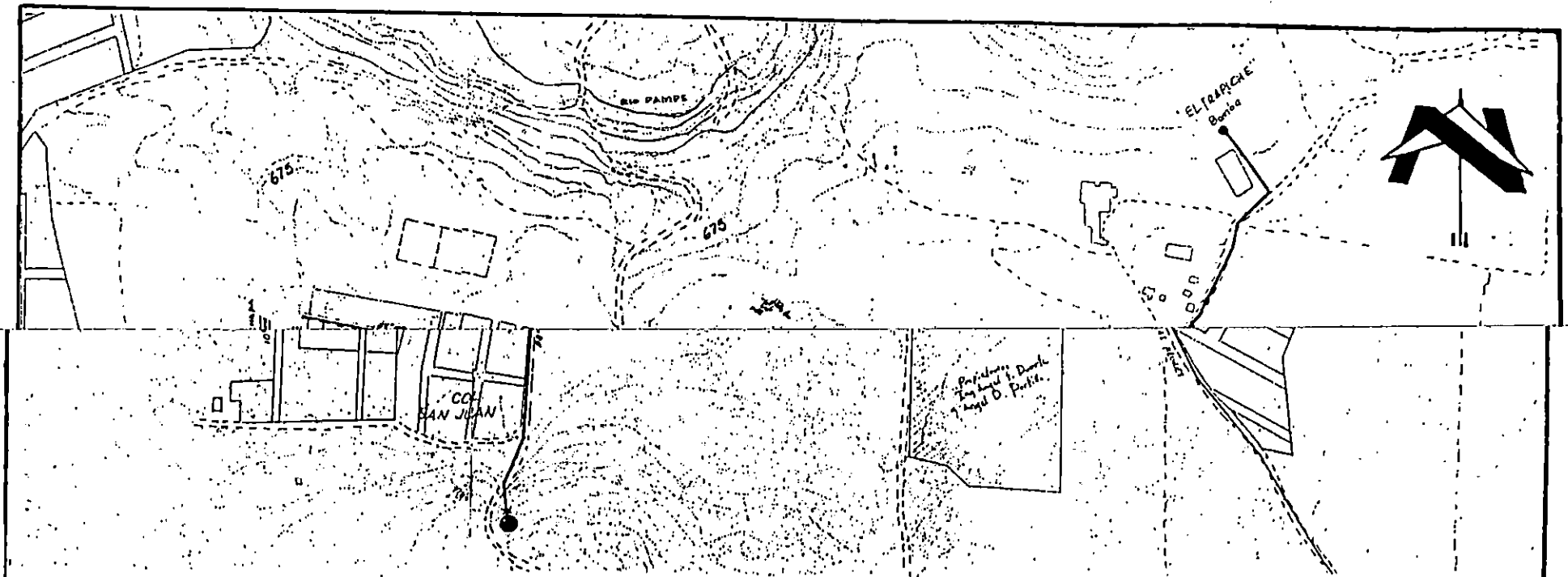
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: SEPT./98	
CONTENIDO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.		

influencia tiene 5 pozos debidamente sellados, ubicados de la siguiente manera: El primero ubicado en la intersección de la Calle Tazumal y la 11ª Avenida Sur, el segundo en la intersección de la 13ª Avenida Sur con la 1ª Calle Oriente, y el resto ubicados en las intersecciones de la 11ª Avenida Sur con la 1ª, 3ª, y 5ª Calle Oriente.

2.3.4 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

En las proximidades de la Ciudad de Chalchuapa se encuentran gran número de recursos hídricos. Las fuentes de abastecimiento de agua potable son subterráneas, y se encuentran en las zonas que van del Nor-Este al Nor-Oeste de la ciudad. El sistema de abastecimiento se encuentra deteriorado, actualmente está siendo renovado en un 75 %. La red de distribución es abastecida por dos fuentes, una ubicada al Nor-Este conocida como El Trapiche que abastece la zona Norte y Este de la ciudad. La otra fuente es un pozo ubicado en Lomas del Calvario que provee al sector Sur y para el del sector Oeste se combinan las agua provenientes del Trapiche y de Lomas del Calvario. Actualmente se están construyendo tres tanques de distribución, dos en la Colonia Brisa de la Laguna, próxima a la laguna Cuscachapa y otro en Lomas del Calvario; además de estar cambiando la tubería existente (ver mapa 2.6) del sistema proyectado de agua potable de la Ciudad de Chalchuapa. El servicio de cobertura en la ciudad es del 95.6 % y en el área de influencia es

del 93.2 % (ver cuadro 2.5), mucha de la población en el área de influencia cuenta con el sistema de tubería, pero no con el servicio de agua potable, abasteciéndose por medio de pipas y pozos artesanales próximos a la zona. La calidad del agua potable está bajo control periódico de ANDA, que realiza cada mes el análisis físico - químico (ver anexo N°2.3) y cada dos meses el análisis bacteriológico (ver anexo N°2.4), de los cuales se tomaron datos de diferentes años a partir de 1994 presentando en el cuadro 10 el resumen de dichas pruebas:



MAPA 2.6

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: SEPT./98	
CONTENIDO: SISTEMA PROYECTADO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA		

CUADRO 2.10

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SECCIÓN CONTROL SANITARIO-REGIÓN OCCIDENTAL

RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD FÍSICO - QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE OPERACIONES

Lugar y dirección de la toma de muestra HOSPITAL NACIONAL DE CHALCHUAPA

Clasificación de la muestra

RED

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RANGO	FECHA DE ANÁLISIS				
			1994	1995	1996	1997	1998
Olor	FACTOR DILUSIÓN	VA=ND VA=3 a 25°C	NORMAL	L-CLORO	CLORO	NORMAL	CLORO
Color real	UCV	1	---	---	---	---	---
Color aparente	UCV	VA=15	<5	<5	<5	<5	8
Temperatura	°C	VR=18°-30°	27	26	26	24	24
Turbiedad	NTU	VA=15	0.40	0.10	0.23	0.23	0.00
Sólidos totales	mg/l	VR=1000 VA=1500	---	---	---	---	---
Sólidos totales disueltos	mg/l	VR=1000 VA=1500	---	---	---	---	249.0
Calcio (Ca)	mg/l	VR=25 VA=200	21.6	20.8	23.0	21.3	21.4
Sodio (Na)	mg/l	VR=25 VA=150	---	---	---	---	---
Hierro total (Fe)	mg/l	VR=0.05 VA=0.3	TRAZAS	TRAZAS	0.0	0.0	0.11
Hierro disuelto	mg/l	VA=0.1	---	---	---	---	---
Cloro residual (Cl)	mg/l	VR=0.5 VA=1.0	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	VR=25 VA=250	32.39	12.23	24.85	17.97	16.38
Ph	---	6.5-8.5	6.66	6.62	6.70	6.74	6.94
Conductividad	µmhos/cm a 25°C	VR=400 VA=1500	---	320	370	355	368
Magnesio (Mg)	mg/l	VR=30 VA=50	18.48	15.57	18.83	17.55	16.01
Alcalinidad al bicarbonato de Na y K	mg/l	---	0.0	0.0	0.0	0.32	0.00
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	VR=250	101.99	115.99	124.36	125.74	115.39
Dureza carbonatica	mg/l	---	101.99	115.99	124.36	125.42	115.39
Dureza no carbonatica	mg/l	---	28.01	0.01	10.64	0.0	4.01
Dureza total	mg/l CaCO ₃	VR=100 VA=250	130.0	116.00	135.00	125.42	119.40
Bióxido de carbono	mg/l	---	19.77	56.42	48.06	48.62	25.18
Índice de langelier	mg/l	Índice (-) corrosión	-0.47	-1.48	-1.32	-1.34	-1.18
Manganeso disuelto	mg/l	---	---	---	---	---	---
Manganeso total(Mn)	mg/l	VR=0.02 VA=0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05
Carbonatos(HCO ₃)	mg/l	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hidróxidos	mg/l	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloruros (Cl)	mg/l	VR=25 VA=250	14.19	6.95	0.00	8.50	8.56
Sílice	mg/l	VR=60 VA=120	73.27	67.23	82.24	62.90	63.77
Potasio (K)	mg/l	VA=10	---	---	---	---	---
Arsénico	mg/l	Ausente<0.01	---	---	---	---	---
Boro	mg/l	VR=1.0	---	---	---	---	---
Bicarbonatos	mg/l	---	101.99	115.99	124.36	125.74	115.39
Nitratos (NO ₃ ⁻¹)	mg/l	VR=25 VA=50	---	---	---	---	---
Fluor	mg/l	---	0.31	0.55	0.5	0.41	0.45

OBSERVACIONES: Todos los parámetros analizados cumplen, con las normas de calidad establecidas. Agua dura con tendencias corrosivas.

Fuente: ANDA, Región Occidental, Santa Ana.

ND= No detectable.

NTU= Unidad de Turbidez Nefelométrica.

UCV= Unidades de Color Verdadero.

VA = Valor admisible

VR = Valor recomendado

CUADRO 2.11

**ANDA
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SECCIÓN CONTROL SANITARIO-REGIÓN OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS**

LUGAR DE MUESTREO	DETERMINACIÓN	UNIDAD	RANGO	FECHA			
				13/5/94	28/3/96	24/9/97	30/7/98
HOSPITAL DE CHALCHUAPA	COLORO RESIDUAL	mg/l	VR=0.5 VA=1.0	0.0	0.7	0.6	0.6
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	ND en el 98% de muestras en el año, no mayor de 3 en muestras no consecutivas.	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	ND	—	—	—	—

OBSERVACIÓN: Apta para consumo humano.

Fuente: Departamento de Saneamiento Ambiental del Hospital de Chalchuapa
 ND = No detectable.
 NMP= Número más probable.

El Hospital de Chalchuapa realiza análisis bacteriológicos periódicos, a cargo del Departamento de Bromatología, efectuando únicamente en 1991 pruebas en la laguna y en un pozo próximo, obteniéndose los resultados siguientes:

CUADRO 2.12

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA Y POZO DE COLONIA LAS MARGARITAS, 1991

LUGAR	UNIDAD	RANGO	ÍNDICE DE COLIFORMES
Laguna Cuscachapa	NMP/100 ml	ND en el 98% de muestras en el año, no mayor de 3 en muestras no consecutivas.	>16
Pozo en Colonia Las Margaritas	NMP/100 ml	ND en el 98% de muestras en el año, no mayor de 3 en muestras no consecutivas.	>16

OBSERVACIÓN: No apta para consumo humano.

Fuente: Departamento de Saneamiento Ambiental del Hospital de Chalchuapa
 ND= No detectable.
 NMP= Número más probable.

Lo que evidencia la contaminación del cuerpo de agua y la posible contaminación del agua subterránea del lugar.

2.3.4.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema de abastecimiento en la ciudad de Chalchuapa es deficiente, muchas comunidades a pesar de contar con el sistema de tubería no reciben el servicio del vital líquido o en el mejor de los casos en días alternos, un día si un día no, reciben agua potable, esto debido al alto crecimiento poblacional y al deterioro de la red, que ya ha sobrepasado su vida útil.

Con el cambio de la red de distribución se espera que mejore el servicio así como la cobertura en la ciudad, principalmente en el área de influencia.

Al evaluar la calidad del agua suministrada por ANDA, Región Occidental se determinaron los siguientes aspectos:

- El control que lleva ANDA en la red es muy estricto y cumple con el número de muestreos periódicos en base al número de población, como se especifica en el anexo N° 2.5, realizando cada mes los análisis organoléptico y fisico-químicos, y cada dos meses los análisis bacteriológicos.

Los análisis de calidad de agua que se realizan cumplen con una doble finalidad:

- Evaluar las características organolépticas, los análisis físico- químicos y bacteriológicos del agua suministrada y comprobar que estén dentro de los rangos establecidos por el Ministerio de Salud.
- Darle un mantenimiento preventivo a la red y controlar los efectos de corrosión o incrustación en las tuberías, siendo el mejor indicador de estos efectos, el índice de Langelier, que es un parámetro de la formación de una capa protectora de carbonato cálcico en la superficie de la tubería. El índice de Langelier consiste en la diferencia entre el pH efectivo de la muestra y su pH de saturación, que es aquel, para el que un agua de idéntica alcalinidad y dureza (calcio) estará en equilibrio con el carbonato cálcico sólido. Reflejando un índice de Langelier positivo una saturación de carbonato de calcio en el agua, que genera un recubrimiento protector en la tubería; y un índice de Langelier negativo considera que el agua tiene tendencias corrosivas.

De los análisis exigidos por el Ministerio de Salud, ANDA Región Occidental no realiza cinco, de los cuales se detallan: Aluminio, Bario, Zinc, Cobre y Níquel.

Para su mejor comprensión, los análisis se dividieron en tres grupos en base a su finalidad, detallándose a continuación cada uno de ellos:

1. Formado por aquellos que determinan características organolépticas del agua, que son análisis primarios y no específicos que dan la pauta para determinar que análisis se harán posteriormente, siendo estos: Color, olor, temperatura y turbiedad. Además los físico-químicos, donde se evalúan elementos o componentes presentes en el agua que al exceder ciertos valores de concentración, causan problemas de sabor y olor desagradables, o que no tienen un efecto considerable sobre la salud humana, entre ellos: Sólidos totales, sólidos disueltos, calcio, sodio, hierro disuelto, hierro total, manganeso disuelto, manganeso total, cloro residual y sulfatos.
2. Son aquellos que se realizan para tener un control sobre los diferentes elementos que están presentes en el agua, y que combinados generan problemas de corrosión o incrustación en la red, incrementando así el costo de mantenimiento de ésta, entre ellos: Magnesio, manganeso total, alcalinidad al bicarbonato de Na y K, alcalinidad total, dureza carbonatada, dureza no carbonatada, dureza total, bióxido de carbono, conductividad, Índice de Langelier, carbonatos, cloruros, sílice e hidróxidos.

3. Compuestos por aquellos elementos altamente tóxicos y que a corto, mediano o largo plazo afectan considerablemente la salud humana, dependiendo de su concentración, entre estos tenemos: Potasio, arsénico, boro, nitratos y flúor.

Al comparar los diferentes valores de los análisis de la red obtenidos durante los últimos cinco años con las normas establecidas por el Ministerio de Salud, se observa que los resultados cumplen con dichas normas y por lo tanto el agua es apta para consumo humano. Referente al mantenimiento de la red, el agua tiene tendencias corrosivas, esto en base al Índice de Langelier que es negativo en todos los resultados. Los análisis bacteriológicos cumplen con las Normas del Ministerio de Salud.

2.3.5 DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

Es obligación de cada municipalidad prestar ciertos tipos de servicios de índole jurídico, administrativo, económico, educativo, social y cultural. Clasificándose estos en base a las características de la relación Municipalidad-Usuario. Dividiéndose³ estos servicios en tres grupos:

³ Fuente: Diagnostico Operacional de Sistema y Catastro Tributario Municipal, Proyecto de Desarrollo y Participación Ciudadana Municipio de Chalchuapa, Noviembre de 1997

- Servicios Municipales al Crédito.
- Servicios Municipales al Contado.
- Servicios Municipales Gratuitos.

Servicios Municipales al Crédito: Son aquellos servicios que se prestan directamente y de forma colectiva, que una vez recibidos deberán ser cancelados a la Alcaldía, caracterizándose éste servicio por no ser interrumpido si un usuario no paga, por ser prestados en forma colectiva, por ejemplo: El tren de aseo, alumbrado público y mantenimiento de vías.

Servicios Municipales al Contado: Son los servicios que se prestan inmediatamente después de ser cancelados, por ejemplo los servicios administrativos de mercado, cementerio etc.

Servicios Municipales Gratuitos: Son los servicios que presta la municipalidad sin recibir ninguna retribución, por ejemplo el cuidado de parques, zonas verdes, guarderías, etc.

El servicio de aseo es propiedad de la municipalidad y se desarrollan las actividades de recolección, transporte y disposición final; es administrado por el encargado de servicio que distribuye los diferentes horarios y rutas (ver mapa 2.7), así como del mantenimiento de las unidades y de la atención de quejas del usuario. La Municipalidad cuenta con cuatro camiones recolectores de basura que trabajan seis días a la semana, de Lunes a Sábado con un horario de 6 a.m. a 4 p.m. las rutas y capacidades de las unidades se detallan en el siguiente cuadro:

CUADRO 2.13
SERVICIO DE TREN DE ASEO

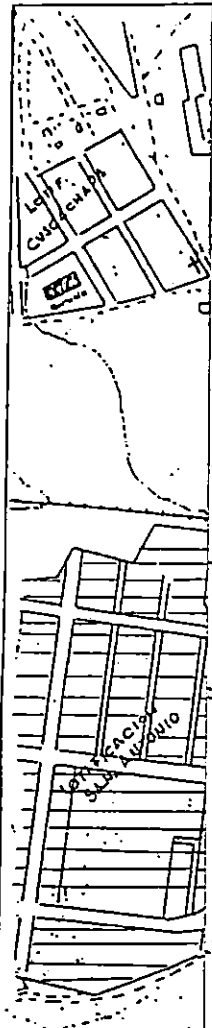
CAMIONES DE RECOLECCIÓN						
EquipoNº Marca	Personal	Volumen m ³	Ruta	Num. Días de viajes	Vol. Diario m ³	Volumen Semanal m ³
1 Nissan	1 Motorista 3 Auxiliares	15.15	Calle Ramón Flores y sector Sur de la ciudad (Barrios Apaneca y San Sebastián)	2	30.30	181.80
2 Mercedes Benz	1 Motorista 3 Auxiliares	5.05	Primera Calle y sector Norte de la ciudad (Barrios las Animas y Santa Cruz)	2	10.10	70.70
3 Inter	1 Motorista 3 Auxiliares	13.29	Colonias Veracruz y San José Mercado, Doble Vía y Calle al Arado	2	26.58	159.48
4 Dina	1 Motorista 3 Auxiliares	11.07	Sectores periféricos que no son cubiertos por las demás unidades, prestando servicio 3 días a la semana	2	11.07	66.42
					78.05	478.4






- Día lunes realiza cuatro viajes

La recolección de basura cuenta con el barrido de calles, totalizando dieciseis barrenderos distribuidos de la siguiente manera: Dos en cada uno de los cuatro barrios, un trabajador barre las calles y otro las avenidas, cinco en el Mercado, dos en la Colonia Tazumal y uno en los alrededores del Barrio



MAPA 2.7



 ZONA N° 1 ATENDIDA POR EQUIPO N° 1	
servicio los días:	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado.
lugares recorridos:	Calle Ramon Flores y sector Sur de la ciudad (Barrios Apanoca, San Sebastián y Col. Orellana).
 ZONA N° 2 ATENDIDA POR EQUIPO N° 2	
servicio los días:	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado.
lugares recorridos:	Primera Calle y sector Norte de la ciudad, (Barrios Las Animas y Santa Cruz y Col. Los Olivos).
 ZONA N° 3 ATENDIDA POR EQUIPO N° 3	
servicio los días:	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado.
lugares recorridos:	Calle al Arado, Salida Abiquizaya, final 5° C.O., Mercado, Doble Vía y Colonias Veracruz y San José.
 ZONA N° 4 ATENDIDA POR EQUIPO N° 4	
servicio los días:	Lunes, Miércoles y Viernes.
lugares recorridos:	Colonias San Juan, San Antonio, El Zapote, Las Margaritas, Brisas de la Laguna, Las Ninfas y Lot. Quintanilla.
 ZONA N° 5 NO TIENEN SERVICIO DE TREN DE ASEO	

CIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y LA PROTECCION Y CONSERVACIÓN DE LA PA"

Z LIMA, LUIS EDGARDO
 MARIA LÓPEZ, HUGO LUIS
 GUDIEL, CARLOS HUMBERTO

Apaneca. Todos equipados con un carretón de 0.3 m^3 , pala y escoba; realizan un promedio de dos viajes diarios, recolectan en conjunto 9.6 m^3 diarios, dejando la basura en lugares estratégicos donde posteriormente es recogida por los camiones. El aseo en las calles se dificulta por la carencia de depósitos para la basura.

Se realizó una evaluación para determinar el peso volumétrico de la basura obteniéndose un valor de $\gamma_{\text{promedio}} = 251.18 \text{ kg/m}^3$ y una producción per cápita por habitante diaria de 0.34 kg/hab/día , generando una producción diaria de 9.78 Ton/día . En total en la ciudad se tiene una producción de 120 Toneladas de basura a la semana, teniendo el área de influencia la capacidad de generar 0.32 Ton/día . Contándose con una cobertura de recolección de basura del 73.22% en la ciudad y en el área de influencia de la laguna del 97.6% .

La disposición final de los desechos sólidos, es un botadero a cielo abierto que no cuenta con ningún tipo de tratamiento, ubicado en la cercanía del área urbana del Municipio de Chalchuapa, a 1.5 Km carretera que conduce al Municipio de Atiquizaya.

En el área de influencia el servicio de tren de aseo posee regular cobertura, pero a pesar de esto se encontraron promontorios de basura⁴ (ver mapa 2.3). En el perímetro de la laguna se encontró gran cantidad de trapos, sobres de lejía envoltorios de jabón, bolsas de basura y depósitos plásticos, dejados por las personas que llegan a lavar, visitantes y de las comunidades próximas a la laguna. Ante tal problema la Alcaldía realizó campañas de limpieza en conjunto con el MAG y Centros Educativos en el mes de Marzo, extrayéndose en total 21.5 toneladas de basura. Lo que refleja que existiendo un buen servicio de tren de aseo, las personas no poseen un grado de conciencia de la importancia en la conservación del cuerpo de agua.

2.3.6 INCIDENCIA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LAGUNA EN LA SALUD PUBLICA DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA

El aspecto salud en la Ciudad de Chalchuapa está a cargo del Hospital de dicha ciudad, que lleva un registro de las diferentes enfermedades que más predominan en la zona, presentándose a continuación las primeras diez causas de morbilidad⁵:

⁴ Fecha de evaluación: 2-8 de Marzo de 1998

⁵ Fuente: Departamento de Estadística y Documentos Médico, Hospital Nacional de Chalchuapa, la información incluye datos de otros centros de atención medica.

CUADRO 2.14

DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD, PERIODO: ENERO A JUNIO DE 1998

Nº	CAUSAS	Nº DE EGRESOS	% DEL TOTAL DE EGRESOS
1	INFECCIONES RESPIRATORIAS DE SITIOS MULTIPLES DE VÍAS RESPIRATORIAS SUPERIORES. 1-/	19308	32.5 %
2	PARASITISMO INTESTINAL 2-/	3244	5.5 %
3	INFECCIÓN DE VÍAS URINARIAS	3018	5.1 %
4	DIARREAS/GASTRO -ENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	2987	5.0 %
5	GASTRITIS, NO ESPECIFICADA	2138	3.6 %
6	ARTRITIS, NO ESPECIFICADA	1033	1.7 %
7	ANEMIA, NO ESPECIFICADA	822	1.4 %
8	CONJUNTIVITIS CLASICA	676	1.2 %
9	IMPETIGO(CUALQUIER SITIO ANATOMICO Y ORGANISMO)	551	1.0 %
10	CEFALIA DEBIDO A TENSIÓN	533	1.0 %
	SUB TOTAL	34,310	58.0 %
	DEMÁS CAUSAS	25,104	42.0 %
	TOTAL GENERAL	59,414	100 %

1-/ Incluye: Rinofarínjitis aguda, Rinitis, Faringitis aguda e Influenza, Bronquitis Aguda y bronconeumonía.

2-/ Incluye: Giardiasis, Amebiasis y enfermedad parasitaria no especificada.

Al evaluar las primeras diez causas de morbilidad observamos que en primer lugar están las Infecciones Respiratorias Agudas con 32.5 %, y la suma del parasitismo intestinal de 5.5 % con las diarreas gastro intestinales de 5 %, ocupan el segundo lugar con un 10.5 %.

El Hospital cuenta con el Departamento de Saneamiento Ambiental, que es el responsable de investigar posibles brotes de enfermedades contagiosas o

infecciosas, así como de identificar aquellos lugares que por sus condiciones de insalubridad pueden afectar la salud de la población, siendo los encargados de realizar dicha labor los Inspectores de Saneamiento Ambiental.

La laguna Cuscachapa está considerada por este departamento como un lugar propicio para la reproducción de vectores, principalmente de zancudos, pero no existen registros de casos de paludismo o dengue en la zona.

Al tratar de establecer una relación entre las condiciones actuales de la laguna y su incidencia en la salud de la población, no se encontró una relación directa, debido a la siguiente razón:

- Dentro de los datos evaluados por el Hospital se lleva un control de datos generales de las personas por su edad, sexo, procedencia y enfermedad; pero no existe un estudio estadístico de las diferentes enfermedades con la procedencia de las personas, lo que dificulta relacionar cualquier tipo de enfermedad con un lugar o comunidad.

2.4 EVALUACIÓN DE SANEAMIENTO EN LA LAGUNA

2.4.1 CALIDAD DE AGUAS QUE DESCARGAN EN LA LAGUNA POR LA TUBERÍA DE AGUAS LLUVIAS

En la red de aguas lluvias que descargan en la laguna, también se vierten aguas que provienen del área de influencia, su caudal es variable en el transcurso de la semana, unos días es moderado, otros días es mínimo o nulo, observándose un mayor caudal los fines de semana. Para demostrar la variación de dicho caudal se presenta la figura 2.2, que contiene los valores de aforo realizados el día domingo 6 de diciembre del presente año, considerándose representativo según las observaciones de las visitas de campo.

Debido a que el agua presenta una coloración gris, olor a detergente y a materia orgánica en descomposición, se hace necesario realizar los análisis físico-químico y bacteriológico, compuestos por los parámetros: Potencial de hidrógeno (pH), sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), grasas y aceites, fosfatos, coliformes totales y fecales. Con el fin de determinar el tipo de agua que se trata (ver anexo N° 2.6).

AFORO DE AGUAS SERVIDAS A LA SALIDA DEL CABEZAL DE DESCARGA.

Fecha: Domingo 6 de Diciembre de 1998.

Volumen de agua (Lt)	Tiempo (seg)	Caudal Lt/seg	Hora del día	Fracción de hora gráfizada
0,7	18	0,03889	6:30 A.M.	6,5
0,7	28	0,02500	7:00 A.M.	7
0,7	27	0,02593	7:20 A.M.	7,33
0,7	30	0,02333	8:05 A.M.	8,08
0,7	32	0,02188	8:30 A.M.	8,5
0,7	31	0,02258	8:50 A.M.	8,83
0,7	49	0,01429	10:10 A.M.	10,16
0,7	54	0,01296	10:54 A.M.	10,9
0,7	56	0,01250	11:20 A.M.	11,33
0	0	0,00000	1:00 P.M.	13
0,7	10	0,07000	1:30 P.M.	13,5
0,7	8	0,08750	1:42 P.M.	13,7
0,7	8	0,08750	1:57 P.M.	13,95
0	0	0,00000	2:26 P.M.	14,43
0,7	165	0,00424	3:15 P.M.	15,25
0,7	135	0,00519	3:31 P.M.	15,52
0,7	28	0,02500	4:30 P.M.	16,5
0,7	34	0,02059	5:41 P.M.	17,68

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis.

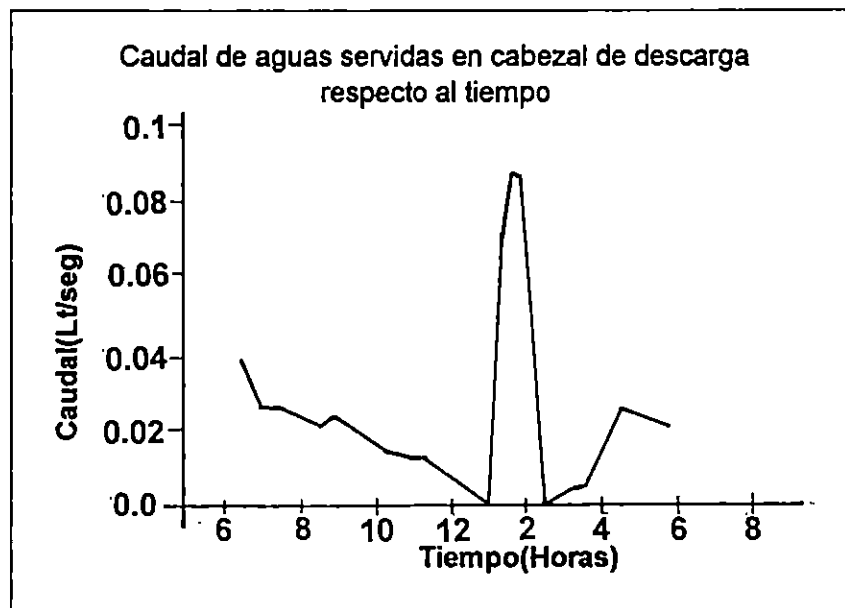


FIGURA 2.2

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO (ver cuadro 2.15): Uno de los parámetros indicadores de contaminación en éste análisis es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), con un valor de 52.87 mg/l, mayor que el valor guía de aguas residuales domésticas de 30 mg/l, indicando un consumo excesivo de oxígeno en la oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua.

Los fosfatos con un valor de 38.03 mg/l, indica que se encuentran en grandes cantidades que sobrepasan el valor guía admisible de 3 mg/l para aguas residuales, son utilizados por las algas y otras plantas como nutrientes, las cuales a su vez son aprovechadas por los animales para formar proteínas. Las cantidades encontradas son capaces de generar eutroficación, que se manifiesta en el exceso de algas, reducción en la concentración de oxígeno disuelto y cambios en la población de peces.

El valor de 24.4 mg/l de grasas y aceites se considera contaminante debido a que el valor guía admisible es de 10 mg/l, por que la formación de película da problemas de aireación, y en grandes cantidades son tóxicos que pueden dañar o matar a organismos acuáticos

El potencial de hidrógeno (pH), los sólidos totales y los nitratos se encuentran en el rango admisible de aguas residuales tratadas, descargadas a un cuerpo receptor.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (ver cuadro 2.16): Este análisis es muy sensible para detectar contaminación, el grupo de los coliformes totales es un indicador fundamental, por que no todos provienen de las heces de animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y del suelo, pero los coliformes fecales son una prueba definitiva de contaminación fecal. Los resultados obtenidos de 1,100,000 NMP/100 ml de coliformes totales y 210,000 NMP/100 ml, de coliformes fecales indican una alta contaminación.

Con el índice de contaminación que reflejan los parámetros analizados, se puede asegurar que las aguas que llegan a la laguna provenientes del alcantarillado de aguas lluvias, son aguas residuales domésticas producidas por la población próxima y vertidas a la red de aguas lluvias en el área de influencia, tomando en cuenta el arrastre de materia orgánica y excretas depositadas en las calles y aceras, también se considera la existencia de conexiones ilícitas de aguas negras al sistema de aguas lluvias. Los talleres ubicados en la 11ª Avenida donde se reparan y lavan automóviles contribuyen mucho con las grasas y aceites, en cuanto a los fosfatos pueden provenir de fertilizantes y pesticidas utilizados en los cultivos de la parte alta de la cuenca.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS QUE DESCARGAN EN LA LAGUNA POR LA TUBERÍA DE AGUAS LLUVIAS AÑO 1998

CUADRO 2.15 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		FECHA 7/7/1998	DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
pH	--	6.70	5 -- 9	5 -- 9	Se encuentra en el rango admisible.
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	777.0	1060 (SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES)	--	Se encuentra en los valores admisibles, aunque muy próximo al rango de aguas residuales domésticas, con el que se puede comparar, debido a que el rango de aguas residuales industriales y agrícolas solo consideran sólidos suspendidos.
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/l	52.87	30	200	Esta arriba de los valores admisibles de aguas residuales domésticas, demuestra contaminación por el consumo en exceso de oxígeno en la estabilización de materia orgánica.
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mg/l	1.0	10	10	Se encuentra en el rango admisible.
FOSFATOS (PO ₄)	mg/l	38.03	3.0	3.0	Es mayor que los niveles admisibles.
GRASAS Y ACEITES	mg/l	24.4	10	10	Sobrepasa los valores guías admisibles, considerándose contaminada el agua vertida a la laguna a través de la canalata.
OLOR	FACTOR DILUSIÓN	--	--	--	No se midieron; pero se detecta un olor a detergente y a materia orgánica en descomposición, que junto con la coloración gris oscura indican que es agua contaminada.
COLOR	UCV mg/l (Pt)	--	50	--	
TEMPERATURA	°C	26.0	30±5	30±5	Se encuentra en el rango admisible.

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis, resultados de laboratorio de FUSADES.
VA=Valor admisible VR=Valor recomendado NR=No rechazable UCV=Unidades de color verdadero

CUADRO 2.16 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		FECHA 7/7/1998	DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	>1,100,000.0	1000 promedio mensual, no excederá a 2400 en ningún día	--	Sobrepasan los rangos, indicando una alta contaminación de aguas residuales.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	210,000.00	1000 promedio mensual, no excederá a 2400 en ningún día	--	

Fuente: Estudio de campo realizado por grupo de tesis, resultados del laboratorio de FUSADES ND= No detectable NMP=Número más probable

2.4.2 CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA EN LOS AÑOS 1980, 1988 Y 1998

Para evaluar la calidad del agua, se analizaron tres muestreos, dos realizados por el MAG, uno en el año 1980, el otro en 1988 y el último realizado por el grupo de tesis en el presente año (ver anexo N° 2.7), esto permite observar los cambios que ha tenido el cuerpo de agua, durante los veinte años desde que se colocó la canaleta.

2.4.2.1 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA, AÑO 1980

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO (ver cuadro 2.17): Todos los parámetros se encuentran en los rangos admisibles.

El potencial de hidrógeno (pH), con un valor promedio de 6.95, se encuentra en el rango normal para el desarrollo de las actividades biológicas.

Los valores promedios de temperatura igual a 27.4 °C y oxígeno disuelto (OD) de 5.15 mg/l, indican que el agua está en buenas condiciones para la vida acuática, lo que permite la crianza de peces.

Los demás parámetros analizados tienen valores tolerables, y no se detectó la presencia de grasas y aceites que puedan dar indicios de contaminación.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (ver cuadro 2.18): El valor de 850,000 NMP/100 ml de coliformes totales, es un indicador de contaminación, considerando su origen, los excrementos de personas y animales que se dejan en el área de la laguna, también existe la posibilidad de que las aguas lluvias y aguas residuales de las casas, que entran a través de la canaleta contribuyan con dicha contaminación.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, AÑO 1980 (a 20 – 30 cm de la superficie)

CUADRO 2.17
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS		VALORES GUÍAS DE AGUA POTABLE	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		FECHA 14/10/1980	FECHA 28/11/1980		DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
pH	—	7.55	8.35	6.5 — 8.5	5 — 9	5 — 9	Se encuentran en los rangos admisibles.
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	132	148	VR=1000 VA=1500	—	—	Se encuentran en el rango admisible para agua potable.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	12	8	AUSENTES	60	60	Se encuentran dentro de los valores admisibles de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l	—	0	AUSENTES	1,000	—	Los resultados se encuentran en los valores admisibles comparándolos con el valor de aguas residuales domésticas.
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	144	156	—	1060 (SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES)	—	Se encuentran en los rangos admisibles comparándolos con el valor de aguas residuales domésticas.
OXÍGENO DISUELTO (OD)	mg/l	5.9	4.4	—	—	—	Los resultados se encuentran próximos al valor mínimo aceptable que es de 5 mg/l (ver referencia).
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µmhos/cm	174	192	VR=400 VA=1500	—	—	Se encuentran en los rangos admisibles.
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/l	3.8	8.9	<8	30	200	Se encuentran en los rangos admisibles.
CLORUROS (Cl)	mg/l	0.8	0.8	VR=25 VA=250	50	50	Se encuentran en los rangos admisibles.
SULFATOS (SO ₄)	mg/l	0.57	0.1	VR=25 VA=250	250	250	Se encuentran en los rangos admisibles.
CARBONATOS (CO ₃)	mg/l	0	0	—	—	—	—
BICARBONATOS (HCO ₃)	mg/l	1.79	1.12	—	—	—	—
CALCIO (Ca)	mg/l	0.68	0.72	VR=25 VA=200	—	—	Se encuentran en los rangos admisibles para agua potable.
MAGNECIO (Mg)	mg/l	0.56	0.52	VR=30 VA=50	—	—	Se encuentran en los rangos admisibles para agua potable.
SODIO (Na)	mg/l	7.39	0.65	VR=25 VA=150	—	—	Se encuentran en los rangos admisibles para agua potable.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Central, San Salvador.

(*) No se encuentran rangos definidos, según el documento "Guías para la Calidad del Agua Potable"⁶ es difícil recomendar un valor guía, debido a que otros componentes influyen en un nivel aceptable. Los documentos "Fundamentos de Control de la Calidad del Agua" y "Apuntes Sobre la Calidad de las Aguas de Uso Potable"⁷ definen los siguientes valores; se considera 5 mg/l, como nivel aceptable para un agua de buenas características, y hasta un nivel de 2 mg/l sólo pueden vivir especies resistentes a medios con poco oxígeno, por ejemplo los peces ordinarios como la Tilapia; bajo este nivel las condiciones de vida son difíciles para formas de vida superiores.

⁶ Volumen dos, Segunda Edición (OPS/OMS), 1988

⁷ T.H.Y Tebbutt, Editorial Limusa, Segunda edición en español, México, 1990

⁸ Cooperación Italiana, Proyecto de Salud, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, El Salvador, C.A.

CONTINUACIÓN CUADRO 2.17

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS		VALORES GUÍAS DE AGUA POTABLE	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		FECHA 14/10/1980	FECHA 26/11/1980		DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
POTASIO (K)	mg/l	0.59	0.24	VA=10	—	—	Se encuentran en el rango admisible para agua potable.
ALCALINIDAD (CaCO ₃)	mg/l	1.79	1.12	VR=250	—	—	Es inferior a los valores guías admisibles considerándose muy bajo.
DUREZA (CaCO ₃)	mg/l	1.04	1.24	VR=100 VA=250	—	—	Se encuentran en el rango admisible para agua potable.
CARACTERÍSTICA ORGANOLÉPTICA: TEMPERATURA	°C	28.5	28.3	VR=18 — 30	30±5	30±5	Se encuentran en el rango admisible.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Central, San Salvador.

VA=Valor admisible
VR=Valor recomendado

CUADRO 2.18
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS		OBSERVACIONES
		FECHA 14/10/1980	FECHA 26/11/1980	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	850,00	—	El valor reportado es un Índice de contaminación, su presencia puede ser por la llegada de aguas negras.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Central, San Salvador.

ND= No detectable
NMP= Número más probable.

2.4.2.2 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA, AÑO 1988

Se realizó para identificar las causas que dieron origen a la mortalidad de la fauna acuática en la fecha del 20 de septiembre de 1988.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO (ver cuadro 2.19): El oxígeno disuelto se encuentra con 0.4 mg/l, a la profundidad de 2.23 mts, indicando problemas de oxigenación, ya que ésta cantidad no es suficiente para la respiración de los peces y les puede provocar la muerte si se exponen por largo tiempo.

La turbidez de 78 UTN, se encuentra próxima al valor guía de aguas residuales domésticas de 100 UTN, esto demuestra la presencia masiva de materia en suspensión que dificulta la penetración de la luz solar y disminuye el proceso de fotosíntesis, generando una escasez de oxígeno. Los demás parámetros se encuentran en los rangos admisibles.

ANÁLISIS BIOLÓGICO (ver cuadro 2.20): Presencia de algas microscópicas en cantidades excesivas, que durante la noche consumen mucho oxígeno en lugar de producirlo, entre ellas las algas doradas, verdes, y especialmente verde-azules de la clase cianofitas, son las más predominantes, también se encuentran algas tóxicas del género *Gimnodinium* y *Microcystis*, que pueden afectar a otros organismos acuáticos y animales que beben el agua.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO (ver cuadro 2.21): La presencia de protozoarios y nemátodos, son índices de contaminación, que posiblemente se deba a las aguas vertidas a través de la canaleta, infiltración de servicios de fosa en el área de influencia, excretas y animales muertos tirados a la orilla de la laguna o dentro de ella.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, AÑO 1988
 HORA: 11.00 AM FECHA: 23/9/1988 CAUSA: MUERTE DE PECES

CUADRO 2.19
 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES		VALORES GUÍAS DE AGUA POTABLE	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		20 - 30 cm DE LA SUPERFICIE	2.23 m DE LA SUPERFICIE		DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
pH	--	7.10	7.05	6.5 - 8.5	5 - 9	5 - 9	Se encuentra en el rango admisible, indicando un incremento de la alcalinidad en el agua superficial.
OXÍGENO DISUELTO	mg/l	9.4	0.4	--	--	--	(*) ver referencia en el análisis físico químico año 1980, cuadro 2.17. En la superficie el valor es mayor que 8 mg/l, considerándose favorable; pero a 2.23 mts es menor que el mínimo (5 mg/l) necesario para que sobrevivan especies de mayor tamaño, lo que puede dar problemas de respiración o incluso causar a muerte.
CLORUROS (Cl)	mg/l	7.81	7.81	VR=25 VA=250	50	50	Se encuentran en el rango admisible.
SULFATOS (SO ₄)	mg/l	9.12	9.12	VR=25 VA=250	250	250	Se encuentran en el rango admisible.
CALCIO (Ca)	mg/l	8.42	8.42	VR=25 VA=200	--	--	Se encuentran en el rango admisible.
MAGNECIO (Mg)	mg/l	5.98	6.20	VR=30 VA=50	--	--	Se encuentran en el rango admisible.
SODIO (Na)	mg/l	11.04	14.03	VR=25 VA=150	--	--	Se encuentran en el rango admisible.
POTASIO (K)	mg/l	48.53	3.52	VA=10	--	--	Es mayor que el valor guía admisible para agua potable, puede dar problemas al consumir el agua.
HIERRO (Fe)	mg/l	1.67	--	VR=0.05 VA=0.3	--	--	Se encuentran en el rango admisible.
ZINC (Zn)	mg/l	0.65	--	VR=0.1 VA=1.0	--	--	Sobrepasa el valor guía admisible.
MANGANESO (Mn)	mg/l	0.27	--	VR=0.02 VA=0.1	--	--	--
ALCALINIDAD (CaCO ₃)	mg/l	68.50	61.00	VR=250	--	--	Se encuentran en el rango admisible.

Fuente : Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Occidental, Sección Chalchuapa, Reporte sobre factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la laguna Cuscachapa, Lic. David Rosales.

VA=Valor admisible
 VR=Valor recomendado

CONTINUACIÓN DE CUADRO 2.19

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES		VALORES GUÍAS DE AGUA POTABLE	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
		20 - 30 cm DE LA SUPERFICIE	2.23 m DE LA SUPERFICIE		DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
OLOR	FACTOR DILUSIÓN	---	---	VR=NR VA=3 a 25°C	---	---	No se midió; pero el olor indica descomposición de materia orgánica, posible contaminación.
COLOR	UCV mg/l (Pt)	---	---	VA=15	50	---	No se midió, el color verde oscuro indica presencia masiva de microflora.
TEMPERATURA	°C	30	---	VR=18 -- 30	30±5	30±5	Se encuentra en el máximo admisible.
TURBIDEZ	UTN	38	78	VA=15	100	---	Aumenta con la profundidad y es mayor que el valor admisible de agua potable, indica la presencia en exceso de materia sólida en suspensión y disuelta, que dificulta la penetración de luz solar.

Fuente : Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Occidental, Sección Chalchuapa, Reporte sobre factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la laguna Cuscachapa, Lic David Rosales.

UCV=Unidades de color verdadero
UTN= Unidad de turbidez nefelométrica
VA=Valor admisible
VR=Valor recomendado

CUADRO 2.20

ANÁLISIS BIOLÓGICO, ORGANISMOS ENCONTRADOS CON MAYOR FRECUENCIA

MICROORGANISMOS	DESCRIPCIÓN
CRISOFITAS	Grupo de algas doradas.
EUGLENA VIRIDIS	Pertenece al grupo Euglenoides, alga fitoflagelada que se encuentra en aguas ricas en materia orgánica.
GYMNODINIUM	Alga unicelular flagelada, pertenece al grupo de los Dinoflagelados.
ANACYSTIS SP. ANABAENÓPSIS SP. MICROCYSTYS FLOSAGUAE MICROCYSTIS AERUGINOSA	Son algas verde-azules de la clase Cianofitas, a excepción de la Anacystis sp., las demás pertenecen al grupo Mixoficeae filamentosas y se consideran tóxicas.
ANKISTRODESMUS CLOSTERIOPSIS SP. VOLVOX	Son algas verdes, que pertenecen al grupo de las Cyanofitas.

Fuente : Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Occidental, Sección Chalchuapa, Reporte sobre factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la laguna Cuscachapa, Lic. David Rosales.

CUADRO 2.21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO
ORGANISMOS ENCONTRADOS CON MAYOR FRECUENCIA**

PROTOZOARIOS	Forman parte del zooplancton la mayoría son eterótrofos aerobios.
NEMATÓDOS	Orden de gusanos nematelmintos de cuerpo alargado y cilíndrico, no segmentado ni deprimido, en su mayoría son parásitos de otros animales.
LEVADURAS	Hongos unicelulares, que pueden fermentar la materia con que se mezclan.
OOMYCETES	Mohos acuáticos, especies de hongos que viven sobre sustancias orgánicas.
HUEVOS DE ASCARIS	Familia de gusanos nemátodos, de cuerpo alargado y cilíndrico que viven parásitos en los intestinos del hombre (lombríz intestinal).

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Occidental, Sección Chalchuapa, Reporte sobre factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la laguna Cuscachapa, Lic. David Rosales.

2.4.2.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA, AÑO 1998

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO (ver cuadro 2.22): El oxígeno disuelto es de 2 mg/l, a disminuido considerablemente respecto a los análisis de los años 1980 y 1988, encontrándose en el mínimo, con el que pueden vivir especies de peces ordinarios.

Las grasas y aceites con un valor de 227.2 mg/l, se encuentran en grandes cantidades mayores que el valor guía de 10 mg/l y que pueden ser tóxicas y dañar a organismos acuáticos, y al formar películas cubren la superficie del agua, que interfieren en la oxigenación. Se estima que su origen es el lavado de ropa, que se realiza constantemente en las orillas de la laguna, de aceites domésticos, combustibles que son lavados por las aguas lluvias o residuales que se vierten a la laguna.

El potencial de hidrógeno (pH) con 9.29, se encuentra próximo a los límites permisibles de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas que es 9 por lo que el agua en la superficie tiende a aumentar su alcalinidad. Este incremento puede dañar a los peces e incluso ocasionar su muerte.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, AÑO 1998.
(tomado a 20-30 cm de la superficie)

CUADRO 2.22

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS	VALORES GUIAS DE AGUA POTABLE	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
				DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
pH	---	9.29	6.5 -- 8.5	5 -- 9	5 -- 9	Es mayor que los valores guías admisibles, indicando un agua con alta alcalinidad y puede considerarse la presencia de sales en cantidades mayores como Calcio y Sodio.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	1.0	AUSENTES	60	60	El resultado es mayor que el valor de agua potable, pero se encuentra en condiciones normales con los demás rangos.
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	182.50	---	1060 (SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES)	---	El valor es normal comparándolo con el rango de agua residuales domésticas, debido a que el rango de agua potable sólo considera sólidos disueltos y el de aguas residuales industriales y agrícolas los sólidos suspendidos.
OXÍGENO DISUELTO (OD)	mg/l	2.0	---	---	---	No se encuentran rangos definidos, El valor obtenido de OD es mínimo limitando la flora y la fauna acuática. * (ver referencia en análisis físico-químico de 1980, cuadro 2.17).
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Omhos/cm	250.0	VR=400 VA=1500	---	---	Se encuentra en el rango admisible.
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/l	5.41	<8	30	200	Se encuentra en los rangos admisibles.
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	mg/l	0.06	VA=0.1 COMBINADO CON NITRATO VA=3.0	10	10	Se encuentra en los rangos admisibles.
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mg/l	ND	VR=25 VA=50	10	10	Se encuentra en los rangos admisibles.
CLORUROS (Cl)	mg/l	8.93	VR=25 VA=250	50	50	Se encuentra en los rangos admisibles.
FOSFATOS (PO ₄)	mg/l	1.71	0.1	3.0	3.0	Para el valor guía de agua potable se considera contaminante por que lo sobrepasa, y se mantiene estable para los demás rangos, junto con los Nitratos son nutrientes de la microflora y pueden causar eutroficación.
SULFATOS (SO ₄)	mg/l	7.52	VR=25 VA=250	250	250	Se encuentran en el rango admisible, la azufración se produce arriba de los 100 mg/l por lo que el agua no se considera azufrada.
GRASAS Y ACEITES	mg/l	227.20	0.01	10	10	Su valor es mayor que los valores admisibles indicando una alta contaminación que puede dar problemas de reoxigenación y en altas concentraciones puede ser tóxico.
OLOR	FACTOR DILUSIÓN	DESAGRADABLE	VR=NR VA=3 A 25 °C	---	---	No se cuantificó, pero el olor es desagradable indicando descomposición de materia orgánica.
COLOR	UCV mg/l (Pt)	---	VA=15	50	---	No se cuantificó, el color verde oscuro observado es aparente y se debe a la presencia masiva de fitoplancton.
TEMPERATURA	°C	22.0	VR=18-30	30±5	30±5	Se encuentra estable.
TURBIDEZ	UTN	36.2	VA=15	100	---	Es mayor que el valor guía de agua potable, pero aceptable para el valor de aguas residuales domésticas, puede estar relacionada con la contaminación.

Fuente : Estudio de campo realizado por grupo de tesis, resultados del laboratorio de FUSADES.

NR=No rechazable

VA=Valor admisible

VR= Valor recomendable UCV=Unidades de color verdadero

UTM=Unidad de Turbidez Nefelométrica.

ND=No detectable

Los demás parámetros de encuentran dentro de los rangos admisibles, sin presentar condiciones que alteren el sistema acuático.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (ver cuadro 2.23): Los resultados de 231 NMP/100 ml de coliformes totales y 91.9 NMP/100 ml de coliformes fecales son indicadores de contaminación. Y su presencia se considera primeramente por la llegada de aguas residuales a la laguna a través de la canaleta, y la contaminación local debido a excretas y materia orgánica en descomposición.

ANÁLISIS BIOLÓGICO (ver cuadro 2.24): Los resultados son similares a los del año de 1988, con una abundancia de algas que le dan el color verde oscuro al agua. Las algas verde-azules son las que se encuentran con mayor frecuencia incluyendo algas tóxicas como la *Anabaena* s.p. y *Microcystis* s.p.

Esta sobrepoblación de algas consume mucho oxígeno cuando no hay luz solar, esto se comprueba con el valor mínimo de 2 mg/l, encontrado en el análisis físico-químico. La presencia de protozoarios es un indicador de contaminación.

CUADRO 2.23

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS	OBSERVACIONES
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	231.0	Los resultados indican contaminación, por lo que se puede considerar que el agua de la laguna está en contacto con materia fecal.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	91.90	

Fuente : Estudio de campo realizado por grupo de tesis, resultados del laboratorio de FUSADES
NMP=Número más probable

ND= No detectable

CUADRO 2.24

ANÁLISIS BIOLÓGICO

MICROORGANISMOS	DESCRIPCIÓN
ANABAENA Y MYCROCYSTIS	Pertencen al grupo de algas verde azules, forman parte de los géneros de cianofitas tóxicas, considerándose peligrosas si se proliferan en grandes cantidades y pueden afectar e incluso causar la muerte por las toxinas, a organismos acuáticos y a los animales que beben el agua donde se encuentran. Debido a la pigmentación dan la coloración verde azul a las aguas donde viven, al envejecer y morir desarrollan gas y flotan en la superficie, produciendo mal olor y consumo de oxígeno por su descomposición. Para su reproducción dependen de la composición química del agua y del clima cálido, son autótrofas y realizan la fotosíntesis.
EUGLENA	Alga fitoflagelada que pertenece al grupo euglenoides, realiza la fotosíntesis y es heterótrofa facultativa (se nutre de materia orgánica disuelta) en condiciones favorables se reproduce en grandes cantidades, abunda en aguas eutroficadas ricas en materia orgánica.
DIATOMEAS	Es un grupo muy diverso y el más importante de algas del fitoplancton de agua dulce, casi siempre están presentes en grandes cantidades, comúnmente son dominantes y perennes, son autótrofas y realizan la fotosíntesis.
PROTOZOARIOS	Forman parte del zooplancton, frecuentemente se encuentran en aguas eutróficas debido a su tipo de nutrición fagotrófica y saprofitica, alimentándose de materia orgánica en descomposición, casi todos son aerobios; pero pueden desarrollarse en condiciones anaerobias. Su presencia en la laguna en grandes cantidades es un indicador de contaminación.
HIRUDINEA	Parasito invertebrado del grupo Filum Platelminto, clase Tremátoda, y orden Digéneos se encontró en abundancia en los peces pequeños; cuando nace tiene estado larvario flotando en el agua, de adulto se convierte en un parásito de los vertebrados, en los peces se introduce en medio de las escamas, adheriéndose con una ventosa a la piel del pez, para luego succionar la sangre, que es su alimento, ocupando un anticoagulante. Este organismo se reproduce en aguas contaminadas. Puede ospedarse en el cerdo y en el hombre, daña talvéz si se come crudo, cocido no causa daño.

Fuente: Trabajo de campo realizado por grupo de tesis, resultados del laboratorio de FUSADES

2.4.3 COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO, TEMPERATURA Y POTENCIAL DE HIDRÓGENO RESPECTO A LA VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD, AÑO 1998

Estos parámetros se analizaron por tener una gran influencia en las reacciones químicas y biológicas. Los valores presentados se consideran representativos para toda la laguna, debido a que la profundidad varia de 5 a 6 mts, y el fondo es prácticamente plano según el estudio de batimetría realizado para el Capítulo IV (ver figura 2.4), además el muestreo se realizó cerca del mediodía, que es el momento en que se da una mayor actividad en el sistema acuático (ver anexo N° 2.7).

OXÍGENO DISUELTO (OD): Se encuentra en valores críticos que pueden afectar la vida de las especies acuáticas (ver figura 2.5), el valor de 2 mg/l encontrado en la superficie es el mínimo con el que los peces ordinarios pueden vivir (ver referencia en el análisis físico químico de 1980, cuadro 2.17), el OD próximo a la superficie puede aumentar por oxigenación provocada por la lluvia, movimientos del agua por cambios de temperatura y por los vientos; pero, la laguna tiene la desventaja de estar amurallada por rocas en todo su perímetro y los vientos que soplan son suaves, permaneciendo las aguas estancadas la mayor parte del año, dificultando la aereación.

Swingle⁹ determina que el intervalo de 0.3 a 1.0 mg/l de OD, los peces mueren por falta de oxígeno si están expuestos por largos períodos, estos valores se encuentran aproximadamente de 1 a 2.4 mts de profundidad, este rango de OD puede aumentar; pero se considera que el espacio acuático en el que pueden habitar los peces como la Tilapia y las demás especies son desde la superficie hasta 2.5 ó 3 mts de profundidad, bajando de 2.5 mts al fondo sólo por alimentos en períodos cortos de tiempo, de 3 a 5 mts pueden vivir pequeños organismos aerobios y de 5 a 6.4 mts donde el OD no se detecta, sólo pueden vivir organismos anaerobios.

TEMPERATURA: los valores de temperatura para condiciones recomendables de vida son de 18 a 38 °C y las temperaturas registradas a cada metro de profundidad se encuentran dentro de este rango (ver figura 2.6); por lo que no dan problemas a la flora y fauna de la laguna.

ESTRATIFICACIÓN TÉRMICA: En los cuerpos de agua como lagos y lagunas se presenta con frecuencia la variación de temperatura, respecto a la profundidad debido a la acción mezcladora del viento en las aguas superiores determinándose tres estratos térmicos (ver figura 2.3), según la profundidad y variación de temperatura, la delimitación de cada estrato se define por el

⁹Swingle, HS 1969 Methods of analysis for water, organic matter, and pond bottom soils use in fisheries research, Auburn Univ., Auburn, ala. 119pp.

cambio de inflexión en la temperatura, dependiendo de las condiciones climáticas locales y características físicas del cuerpo de agua en la que predomina la profundidad, describiéndose a continuación:

EPILIMNION: capa superficial, normalmente más caliente, está mezclada por el viento a una temperatura más o menos uniforme.

METALIMNION: zona de transición donde existen grandes cambios de temperatura.

HIPOLIMNION: zona fría poco afectada por el viento y por tanto sin movimiento.

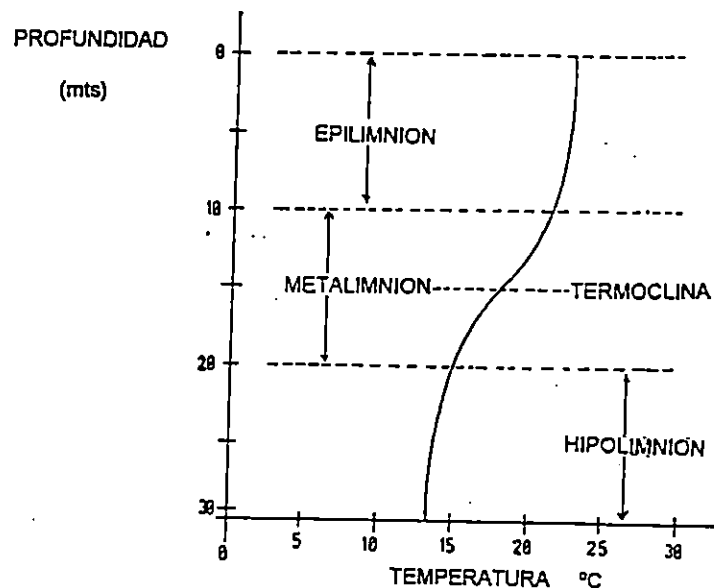


figura 2.3 Perfil vertical de temperatura mostrando estratificación directa y las regiones definidas por ella. (de Cole, 1975).

Se estima que en la laguna (ver figura 2.5), el Epilimnion se encuentra desde la superficie hasta aproximadamente 1.5 mts de profundidad, en esta

zona la energía luminosa se absorbe un 90%, y el fitoplancton puede realizar la fotosíntesis sin mucha dificultad, prueba de ello es la gran cantidad de algas encontradas.

La zona de transición o Metalimnion, se considera desde 1.5 a 4 mts de profundidad, en esta zona se dificulta la fotosíntesis porque la luminosidad es poca y en consecuencia el OD escasea.

El Hipolimnion se encuentra aproximadamente de 4 a 6.4 mts de profundidad, en esta zona las aguas son oscuras y no se realiza la fotosíntesis, el oxígeno no es detectable por lo que puede considerarse una zona anaerobia.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH): los valores del pH se encuentran en el rango permisible (ver figura 2.7), debido a que la actividad biológica en condiciones normales se restringe a un pH de 6 a 8, aguas muy ácidas o muy alcalinas dificultan el desarrollo de la flora y fauna en forma adecuada, y sólo especies resistentes pueden adaptarse. En la laguna, cerca de la superficie se encuentra un pH alto de 9.29, considerándose un agua alcalina, debido a altos contenidos de sales, carbonatos y bicarbonatos. De 2 a 4 mts de profundidad se mantiene equilibrado cerca del pH neutro que es 7 y de 4 a 6.4 mts el agua tiende a ser ácida con un Ph mínimo de 6.71.

PERFIL BATIMÉTRICO DE LA LAGUNA CUZCACHAPA

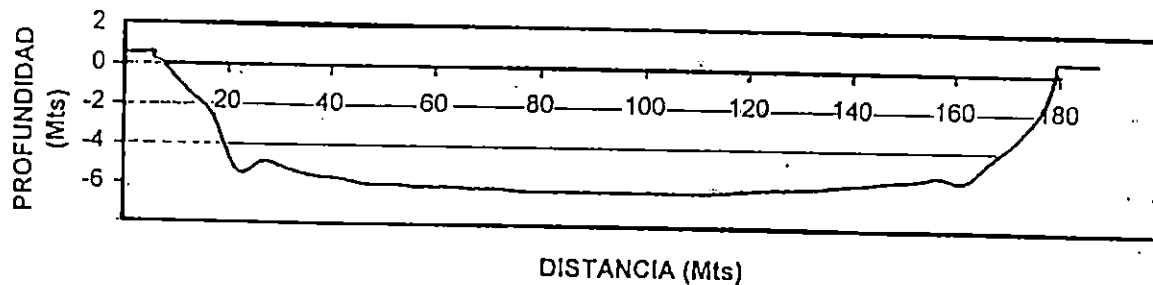
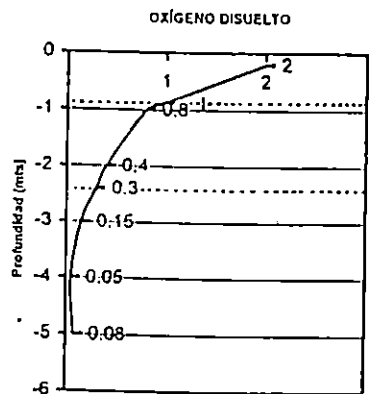
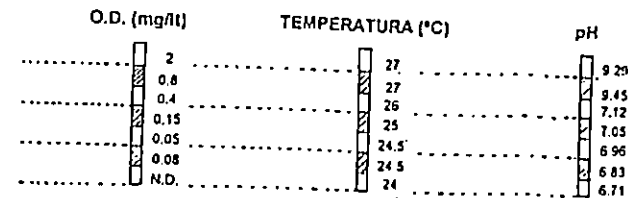
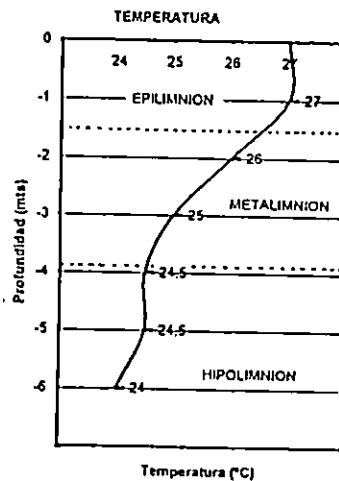


fig. 2.4



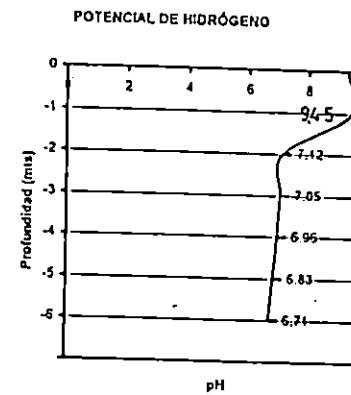
Profundidad (mts)	OD (mg/lit)
-0.2	2
-0.87	1
-0.1	0.8
-2.0	0.4
-2.4	0.3
-3	0.15
-4	0.05
-5	0.08
-5	No detectable

fig 2.5



Profundidad (mts)	Temperatura (°C)
0	27
-1	27
-2	26
-3	25
-4	24.5
-5	24.5
-6	24

fig. 2.6



Profundidad (mts)	pH
0	9.29
-1	9.45
-2	7.12
-3	7.05
-4	6.96
-5	6.83
-6	6.71

fig. 2.7

2.4.4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS (MICROCONTAMINANTES)

ENCONTRADOS EN EL FONDO, AÑO 1998

**CUADRO 2.25
ELEMENTOS TÓXICOS**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS DE ANÁLISIS	VALORES GUÍAS DE AGUA POTABLE	VALORES GUÍAS DE AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR		OBSERVACIONES
				DOMÉSTICAS	INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS	
ARSÉNICO (As)	mg/l	32.46	VA=0.01	1	1	Los resultados sobrepasan los valores admisibles, encontrándose en concentraciones peligrosamente tóxicas; por lo que el sedimento se encuentra altamente contaminado.
CADMIO (Cd)	mg/l	0.0573	VA=0.005	0.01	0.01	
PLOMO (Pb)	mg/l	35.61	VA=0.01	0.1	0.1	
NÍQUEL (Ni)	mg/l	27.90	VA=0.02	0.2	0.21	

Fuente: Estudio realizado por grupo de tesis, resultados de laboratorio de FUSADES.
Ver anexo N° 8.

EFFECTOS EN LA SALUD DE LOS ELEMENTOS ENCONTRADOS:

ARSÉNICO: En dosis de 3 a 6 mg/día en períodos prolongados puede producir envenenamiento. El envenenamiento crónico se manifiesta por debilidad muscular, pérdida del apetito y náuseas, inflamación de ojos, nariz, laringe y lesiones cutáneas. El envenenamiento agudo daña el sistema nervioso central, el corazón y vasos sanguíneos, causa diarreas, provoca atrofia al nervio óptico y cáncer. Dosis de 70 a 80 mg provocan la muerte, la vida biológica del arsénico es de aproximadamente de 10 horas ó de algunos días, no existen pruebas de que se acumule con la edad, sus compuestos se excretan en la orina. La cantidad de 32.46 mg/l de arsénico encontrada (ver

cuadro 2.25) es tóxica, y a largo plazo puede causar daños a la salud como los descritos anteriormente.

CADMIO: Al ser absorbido se deposita en los riñones y el hígado, tiene un tiempo promedio biológico prolongado en el organismo de 13 a 18 años y se acumula con la edad. Se excreta lentamente, sobre todo por la orina. El valor de 0.0573 mg/l (ver cuadro 2.25) es mayor que el valores guía admisible de 1 mg/l y en un tiempo prolongado puede producir desordenes graves gastrointestinales y afectar el sistema nervioso central, no se establece la dosis letal para el hombre, y no hay pruebas concretas de que sea carcinógeno.

PLOMO: Es absorbido por la sangre y distribuido en los tejidos blandos, y en los huesos donde se acumula con más facilidad al pasar el tiempo, aumentando con la edad. La cantidad de 35.61 mg/l (ver cuadro 2.25) es altamente tóxica y en dosis altas es un veneno metabólico general y acumulativo, algunos síntomas de envenenamiento agudo son: cansancio, languidez, ligeros trastornos abdominales, irritabilidad y anemia. Afecta el sistema nervioso central, puede causar bloqueos enzimáticos, degeneración en la grasa del hígado y es potencialmente cancerígeno.

NÍQUEL: es relativamente tóxico, en estudios preliminares realizados con dosis elevadas (1,600 mg/l en dieta) producía efectos tóxico mínimo, pero

en estudios posteriores no se presentaron efectos dañinos. No se acumula en los tejidos y se excreta con rapidez. Se ha comprobado que ciertos compuestos son carcinógenos en experimentos con animales, la concentración de 27.90 mg/l (ver cuadro 2.25) tiene la posibilidad de ser tóxica a largo plazo e incidir en cáncer.

La presencia de tóxicos en altas concentraciones en el fondo, se considera por la depositación acelerada que se ha ido dando durante los veinte años, su origen puede ser por las aguas de desecho producidas por las casas y los talleres en el área de influencia, ó por compuestos químicos utilizados en los cultivos en la zona alta de la cuenca, también es posible que elementos como el arsénico sean de origen volcánico debido a la formación de la laguna.

El muestreo se considera representativo, porque la laguna es uniforme en el fondo, con poca variación de 5 a 6 mts. de profundidad (según análisis batimétrico que se realizó para el estudio de sedimentación en el Capítulo IV), y debido a que el oxígeno disuelto no es suficiente para la respiración a partir de 3 mts en adelante, es poca la posibilidad de que las especies entren en contacto con estas sustancias.

Para confirmar la contaminación tóxica de peces, que al servir como alimento pueden afectar la salud humana, se hizo necesario realizar un análisis

de alimentos en las especies de Tilapa y Guapote, tomando el plomo como elemento indicador de toxicidad, por ser acumulativo en los tejidos de los animales (ver anexo N° 2.9), no se analizaron otros elementos por el elevado costo económico de los análisis. Los resultados fueron negativos, no se encontraron trazas de plomo en ninguna de las muestras de carne de pescado, esto demuestra la poca probabilidad de contaminación.

2.4.5 CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE LA LAGUNA EN FUNCIÓN DE SUS USOS

El agua de la laguna es utilizada para fines recreativos, lavado de ropa y pesca; por lo que según el cuadro 2.26, donde se clasifica las aguas superficiales en función de sus usos, sería un agua de clase AS3; para comprobar si cumple la clasificación, se compara los resultados obtenidos de los análisis físico – químico y bacteriológico del año 1998, con los valores máximos permisibles de dicho cuadro.

Al evaluar los parámetros, se determina que el cuerpo de agua tiende a la clasificación AS5, que es un agua de uso industrial (excepto para procesos de alimentos), con una calidad que depende del Ph, OD, temperatura y sustancias tóxicas, que son parámetros utilizados para el control y mantenimientos de equipos, no tomando en cuenta parámetros que aseguren

condiciones adecuadas para la vida acuática. La tendencia es debido a que las grasas y aceites (227.2 mg/l), y el pH (9.29), están dentro de los rangos admisibles para esta clase de agua, el valor de OD (2.0 mg/l), es menor que el valor mínimo admisible (3.2 mg/l), esto demuestra la mala calidad del agua, que afecta el buen desarrollo de las especies acuáticas; lo que hace necesario tomar medida que mitiguen el deterioro acelerado y que ayuden al mejoramiento del sistema.

Los parámetros de temperatura (22 ° C), turbiedad (36.2 UTN), coliformes (totales=231 NMP/100 ml, fecales = 91.90 NMP/100 ml), y nutrientes (nitrógenos =no detectables, fosfatos = 1.71 mg/l), se encuentran en los rangos admisibles para un agua de clase AS3.

CUADRO 2.26
CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN FUNCIÓN DE SUS USOS Y CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

Parámetro	Resultado de análisis	CLASES DE AGUAS SUPERFICIALES Y USOS ACEPTADOS					OBSERVACIONES
		AS1: Abastecimiento de sistemas de agua potable e industria alimentaria con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos AS2, AS3 y AS4.	AS2: Abastecimiento de sistemas de agua potable e industria alimentaria con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos AS2, AS3 y AS4.	AS3: Agua adecuada para uso recreativo, concentración de flora, fauna y usos industriales (enfriamiento, riego de jardines, limpieza de pisos).	AS4: Agua para uso agrícola e industrial.	AS5: Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos)	
pH	9.29	6.5 a 8.5	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	5.0 a 9.5	Se encuentra en el rango de aguas clase AS5.
Temperatura °C	22.0	CN más 3.0 (a)	CN más 3.0 (a)	CN más 3.0 (a)	CN más 3.0 (a)	CN más 3.0 (a)	Se encuentra en el rango admisible.
OD (mg/l) Límite mínimo	2.0	4.0	4.0	4.0	3.2	3.2	Es menor que el valor mínimo admisible
Bacteria coliformes NMP Límite mínimo	Totales: 231.0 Fecales: 91.90	200 fecales (b)	1,000 fecales (e)	10,000 coliformes totales con promedio mensual, ningún valor mayor de 20,000 (h)	1,000 fecales (i)		Se encuentran en los rangos admisibles.
Grasas y aceites (mg/l) Límite mínimo	227.20	0.75	1.0	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible		Sobrepasan los valores máximos permisibles.
Sólidos disueltos (mg/l) Límite mínimo	---	No mayor de 1,000	No mayor de 1,000	No mayor de 2,000	(j)		No se cuantificaron.
Turbiedad (UTN) Límite mínimo	36.2	20	CN	CN	CN		Se considera en condiciones naturales.
Color verdadero (escala platino cobalto) Límite mínimo	---	20	(f)	CN	CN más 10 (k)		No se cuantificó.
Olor y sabor Límite mínimo	---	Ausente	(g)	CN			No se analizaron.
Nutrientes, nitrógeno y fosfato Límite mínimo	Nitrógeno = ND Fosfatos = 1.71	(c)	(c)	(c)	(c)		Se encuentra en los rangos admisibles.
Materia flotante	---	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente		No se determinó su existencia
Sustancias tóxicas	---	(d)	(d)	(d)	(d)		No se cuantificaron.

pH = Potencial de hidrógeno N.M.P = Número más probable mg/L = Miligramo por litro °C = Grados celcius
O.D. = Oxígeno disuelto U.T.N. = Unidad de turbiedad nefelométrica C.N = Condiciones naturales

Fuente: Normas de control de calidad y control de vertidos, Dra. Gloria Ruth Calderón, OPS/OMS, El Salvador, Febrero de 1994.

ANEXO AL CUADRO 2.26

- a) Máximo 30° C, excepto cuando sea causado por condiciones naturales, medida en la superficie fuera de la zona de mezclado, la cual se determinará de acuerdo a las características de descarga.
- b) Este límite, no es más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.
- c) No debe existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización (eutroficación).
- d) El criterio respecto a sustancias tóxicas es el siguiente: Ninguna sustancia tóxica, sola o en combinación con otras, estará presente en concentraciones tales que convierta el agua en un cuerpo receptor en inadecuado para el uso específico a que se destine.
- e) Este límite sólo podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo).
- f) No se permitirá color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.

- g) Removible por tratamiento convencional.
- h) 2,000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor superior a 4,000.
- i) Para riego de legumbres que se consuman sin hervir o frutales, tratamiento con el suelo.
- j) Conductividad no mayor de 2,000 μ mohs/cm. Si el valor de RAS es mayor a 6, el MAG fijara el valor definitivo.
- k) De acuerdo a la necesidad del uso particular que se vaya a dar.

CAPÍTULO III

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

3.0 INTRODUCCIÓN

Hasta esta parte del estudio se conoce la incidencia que tiene el área de influencia en la laguna, así como el grado de contaminación, que se determinó a través de los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Otro factor que afecta la laguna es la escorrentía superficial que genera arrastre de sedimento, proveniente de la parte alta ubicada al Sur de la Ciudad de Chalchuapa.

Para evaluar la escorrentía superficial se desarrollará un estudio hidrológico, en donde a través de características físicas de la zona, y de datos de intensidad de lluvias pasadas, se calculará un caudal teórico de escurrimiento que entra a la zona urbana de la ciudad en la intersección de la 11ª Avenida Sur con la Calle Tazumal. El caudal servirá en los capítulos siguientes, para diseñar obras hidráulicas que ayuden a la protección y conservación de la laguna.

En este capítulo se estudiará además el aspecto hidrogeológico que tiene por objeto la evaluación del balance hídrico en la laguna, con el que se verificará si la laguna mantiene su volumen base, alimentada por las aguas subterráneas, o necesita de la escorrentía superficial que llega en la época lluviosa.

3.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA.

La cuenca hidrográfica se define como, la zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable), las gotas de lluvia que caen sobre ella, tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas hidrográficas:

- 1) Cuenca Endorreica: En donde las corrientes o cauces drenan hacia un punto dentro de la cuenca.
- 2) Cuenca Exorreica: En donde las corrientes drenan hacia un punto ubicado en los límites de la cuenca.

La cuenca de la laguna Cuscachapa es de tipo endorreica, ya que su punto de recogimiento es la propia laguna.

UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

La cuenca se ubica en la zona occidental del país, en el departamento de Santa Ana, al Sur del Municipio de Chalchuapa, sus coordenadas cartográficas son las siguientes:

89° 39' y 89° 42' Longitud Oeste

13° 56' y 14° 00' Latitud Norte.

La cuenca drena desde las montañas ubicadas al Sur del Municipio de Chalchuapa, hacia la zona urbana, llegando el flujo superficial a la intercepción de la 11ª Avenida Sur con la calle al Tazumal, donde se divide el caudal, drenando una parte a la 11ª Avenida Sur, y la otra parte va a la ciudad (ver mapa 3.1).

POBLACIONES: Entre las poblaciones más importantes que encierra la cuenca de la laguna Cuscachapa están: La Colonia Veracruz, Colonia San José, Comunidad Brisas de La Laguna, Lotificación Tazumal y Cantón las Flores (ver mapa 3.1), todos pertenecientes al municipio de Chalchuapa.

CIUDAD DE CHALCHUAPA

CARRETERA CA-1 QUE CONDUCE A SANTA ANA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: 1:14000	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCION Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: FEB./89	
CONTENIDO: CUENCA DE LA LAGUNA CUZCACHAPA		

VÍAS DE COMUNICACIÓN: Las vías de comunicación más importantes que se encuentran dentro de la cuenca son: La calle a San Sebastián (conocida también como calle a Cantón las Flores) y la 11ª Avenida Sur. Una vía importante ubicada al Norte de la cuenca, es la carretera CA-1, que de Ahuachapán conduce a Santa Ana (ver mapa 3.1).

3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

PARTEAGUAS DE LA CUENCA: Es la línea imaginaria que divide a una cuenca de las cuencas vecinas, conduciéndose por las mayores elevaciones topográficas. El trazo del parteaguas de la cuenca de la laguna, no solamente se condujo por las mayores elevaciones topográficas, si no también por acequias de invierno que desvían la dirección del flujo superficial (ver mapa 3.1).

ÁREA DE LA CUENCA: Es la superficie en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas. Para su determinación se utilizaron cuadrantes cartográficos en escala 1:5,000 y un planímetro electrónico con el que se

tomaron varias lecturas de área, obteniendo al final un valor promedio, como se detalla a continuación:

CUADRO 3.1

DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE LA CUENCA

Nº DE SUB-AREA	Lecturas (Km ²)			Promedio
1	0.05075	0.04950	0.04925	0.04983
2	0.3375	0.3335	0.3343	0.33508
3	0.56925	0.56525	0.56325	0.56592
4	0.74521	0.73721	0.73821	0.74021
5	0.6105	0.6030	0.6035	0.60567
6	0.32275	0.31825	0.31675	0.31925
7	0.36300	0.36250	0.36150	0.36233
Área Total				2.97829 Km²

De la misma forma se calculó el área entre curvas que se utilizará para encontrar la elevación media de la cuenca.

LONGITUD DEL CAUCE MAS LARGO: En el estudio, el cauce más largo es el principal, iniciándose desde una acequia de invierno ubicada al Sur de la cuenca, siguiendo hacia el Norte por toda la calle al Cantón Las Flores, hasta llegar a la Lotificación Tazumal; terminando frente a las Ruinas del Tazumal, en la intersección con la 11^a Avenida Sur (ver mapa 3.1), siendo en esta intersección donde drena el caudal proveniente de la cuenca, y se divide una

parte hacia la 11° Avenida Sur y el resto va hacia la ciudad, por lo que esta intersección será considerada como el punto de salida de la cuenca, y como el punto de análisis para los capítulos siguientes.

El valor obtenido de la longitud se promedió a través de tres lecturas tomadas con curvímetero lineal, obteniéndose una longitud del cauce principal de: $L_c = 2.88 \text{ Km}$

PERÍMETRO DE LA CUENCA: Utilizando el curvímetero y recorriendo los bordes del parteaguas, se obtiene un perímetro de $P_c = 8.78 \text{ Km}$.

ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA: Es un factor que afecta la temperatura y la precipitación, ya que la variación de la temperatura influye en las pérdidas de agua por evaporación. Para la determinación de la elevación media existen los siguientes métodos:

- 1) Curva Hipsométrica.
- 2) Pares de Contorno.
- 3) Líneas de Intersección.

Para el estudio se utilizará el primero, que consiste en tomar un intervalo entre curvas de nivel sucesivas, que será de 5 mts, luego se calcula el área entre dichas curvas, las cuales darán un porcentaje del área total. Estos porcentajes se van acumulando partiendo de las áreas parciales resultantes sobre las curvas de mayor elevación hacia las de menor elevación (ver cuadro 3.2). Seguidamente se grafican en papel milimetrado, teniendo en el eje de las abscisas los porcentajes de áreas acumuladas, y en el eje de las ordenadas, la elevación media entre curvas de nivel.

La elevación media por este método es la ordenada que corresponde al 50% de las áreas acumuladas, en el estudio se obtuvo que la $E_m = 749$ m.s.n.m. (ver fig. 3.1), además se encuentra una elevación máxima de 855 m.s.n.m. y una elevación mínima de 705 m.s.n.m..

CUADRO 3.2

CÁLCULO DE LA ELEVACIÓN MEDIA

ELEVACION m.s.n.m.	ÁREA ENTRE CURVAS	% DE ÁREA	% ÁREA ACUMULADA
705			
	0,08175	2,74680	2,74680
710			
	0,0221	0,74256	3,48936
715			
	0,099	3,32640	6,81576
720			
	0,2071	6,95856	13,77432
725			
	0,1445	4,85520	18,62952
730			
	0,1953	6,56208	25,19160
735			
	0,2465	8,28240	33,47401
740			
	0,29375	9,87000	43,34401
745			
	0,2385	8,01360	51,35761
750			
	0,24975	8,39160	59,74921
755			
	0,339	11,39040	71,13961
760			
	0,201	6,75360	77,89321
765			
	0,2308	7,75488	85,64809
770			
	0,10325	3,46920	89,11729
775			

780	0,06275	2,10840	91,22568
785	0,15625	5,25000	96,47570
790	0,02625	0,88200	97,35770
795	0,012	0,40320	97,76088
800	0,01275	0,42840	98,18900
805	0,0075	0,25200	98,44100
810	0,01025	0,34440	98,78600
815	0,00925	0,31080	99,09600
820	0,00375	0,12600	99,22200
825	0,00225	0,07560	99,29800
830	0,00275	0,09240	99,39050
835	0,0055	0,18480	99,57530
840	0,00475	0,15960	99,73490
845	0,00339	0,11390	99,84880
850	0,002	0,06720	99,91600
855	0,0025	0,08400	100,00000
AREA TOTAL	2,97619	100,00000	

CURVA HIPSOMETRICA

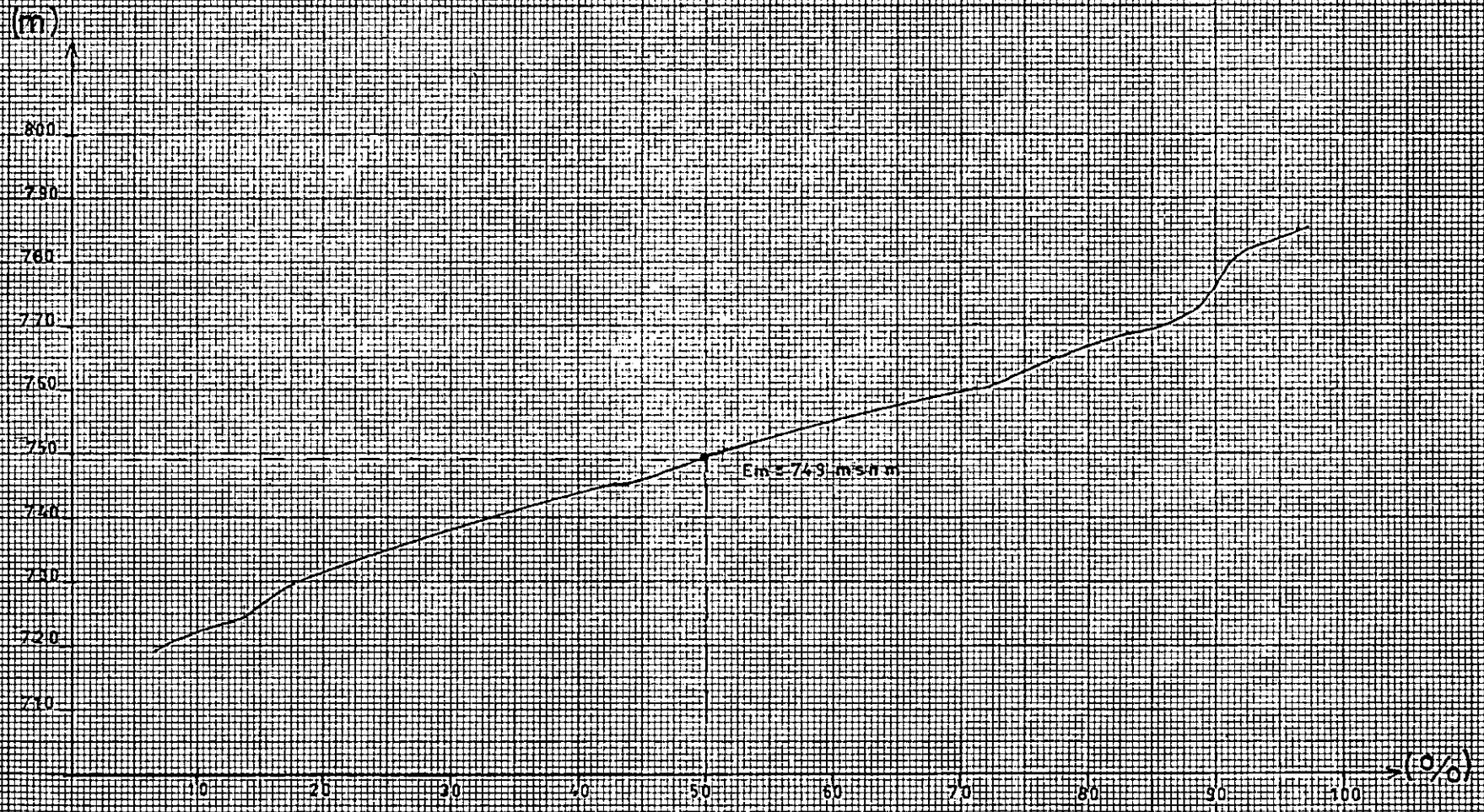


Fig. 3.1.

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA: Es una de las características físicas hidrológicas más importantes de la cuenca, ya que rige la capacidad de drenar de la misma. La pendiente media está relacionada con los procesos de infiltración, escorrentía, humedad del suelo, alimentación de cursos de agua, etc.

El valor de la pendiente controla el tiempo de concentración que es de suma importancia para conocer las magnitudes de las crecidas. La pendiente media de la cuenca se calcula por la siguiente expresión:

$$S_m = (\Sigma L) D / A_c \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

S_m = Pendiente media

ΣL = Sumatoria de todas las longitudes de las curvas de nivel (Kms).

D = Intervalo entre dos curvas de nivel consecutivas (Kms).

A_c = Área de la cuenca (Km²).

La longitud de curvas se calculó con el curvómetro y se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 3.3

LONGITUD DE CURVAS DE NIVEL.

Curva N°	Longitud de la Curva (Km)
C - 725	0.95
C - 750	2.30
C - 775	2.37
$\Sigma L =$	5.62 Km

Sustituyendo en la Ec. 3.1 se tiene:

$$S_m = \frac{5.62 \times 0.025 \times 100}{2.978}$$

$$S_m = 4.72 \%$$

La pendiente indica que el agua escurre lentamente, provocando un alto grado de infiltración.

FACTOR DE FORMA DE LA CUENCA: La forma de una cuenca hidrológica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo.

El factor de forma es adimensional y sus valores son mayores o iguales a 1, relacionándose únicamente con la forma de la cuenca. Entre más se acerque el valor de uno, la cuenca tendrá forma circular, y por lo tanto, habrá mayor aprovechamiento de la precipitación.

Entre los métodos para evaluar la forma de una cuenca están los siguientes:

- Factor de Forma de Gravelius.
- Coeficiente de compacidad (K_c).

En la laguna Cuscachapa utilizaremos el Coeficiente de Compacidad " K_c ", que se expresa de la forma:

$$K_c = (0.28 P_c) / A \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde: K_c = Coeficiente de Compacidad

P_c = Perímetro de la cuenca (Km)

A = Área de la cuenca (Km^2)

Si $K_c = 1$, La cuenca tiende a ser redonda.

Si $K_c > 1$, La cuenca tiende a ser alargada.

Luego sustituyendo en la ecuación 3.2:

$$K_c = (0.28 \times 8.78) / 2.97$$

$$K_c = 1.43 > 1$$

De lo anterior se deduce que la cuenca es alargada (ver mapa 3.1).

3.2.2 MORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La cuenca presenta una forma angosta en su parte baja, y se amplía hacia el Sur, logrando su máxima anchura en el Cantón Las Flores, donde hay varias fincas con una gran extensión de cafetales.

Los accidentes topográficos son numerosos y requieren especial atención los de la parte Sur-Oeste, en donde se encuentra el cerro Las Flores, que se ubica fuera de la cuenca y que posee una elevación de 866 m.s.n.m. (ver mapa 3.1). Otro se encuentra en la parte Oriente, y consiste en una vaguada que conduce a una quebrada de invierno, que pasa cerca de la laguna Seca, que es un cráter volcánico, donde se forma una pequeña laguna cubierta casi en su totalidad por abundante ninfa en la superficie (ver mapa 3.1).

Salvo estos accidentes topográficos, el resto de la cuenca presenta una forma regular, teniendo el cauce principal una pendiente de tipo suave.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las características principales de la cuenca:

CUADRO 3.4

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

CARACTERÍSTICA	RESULTADO
Área de la cuenca (Ac)	2.97 Km
Pendiente media de la cuenca (Sm)	4.72 %
Longitud del cauce más largo (Lc)	2.88 Km
Perímetro de la cuenca (Pc)	8.78 Km
Elevación media de la cuenca (Em)	749 m.s.n.m.
Elevación mínima de la cuenca (Emin)	705 m.s.n.m.
Elevación máxima de la cuenca (Emáx)	855 m.s.n.m.
Pendiente del cauce más largo	2.43 %
Forma de la cuenca	Alargada
Tipo de cuenca	Endorreica

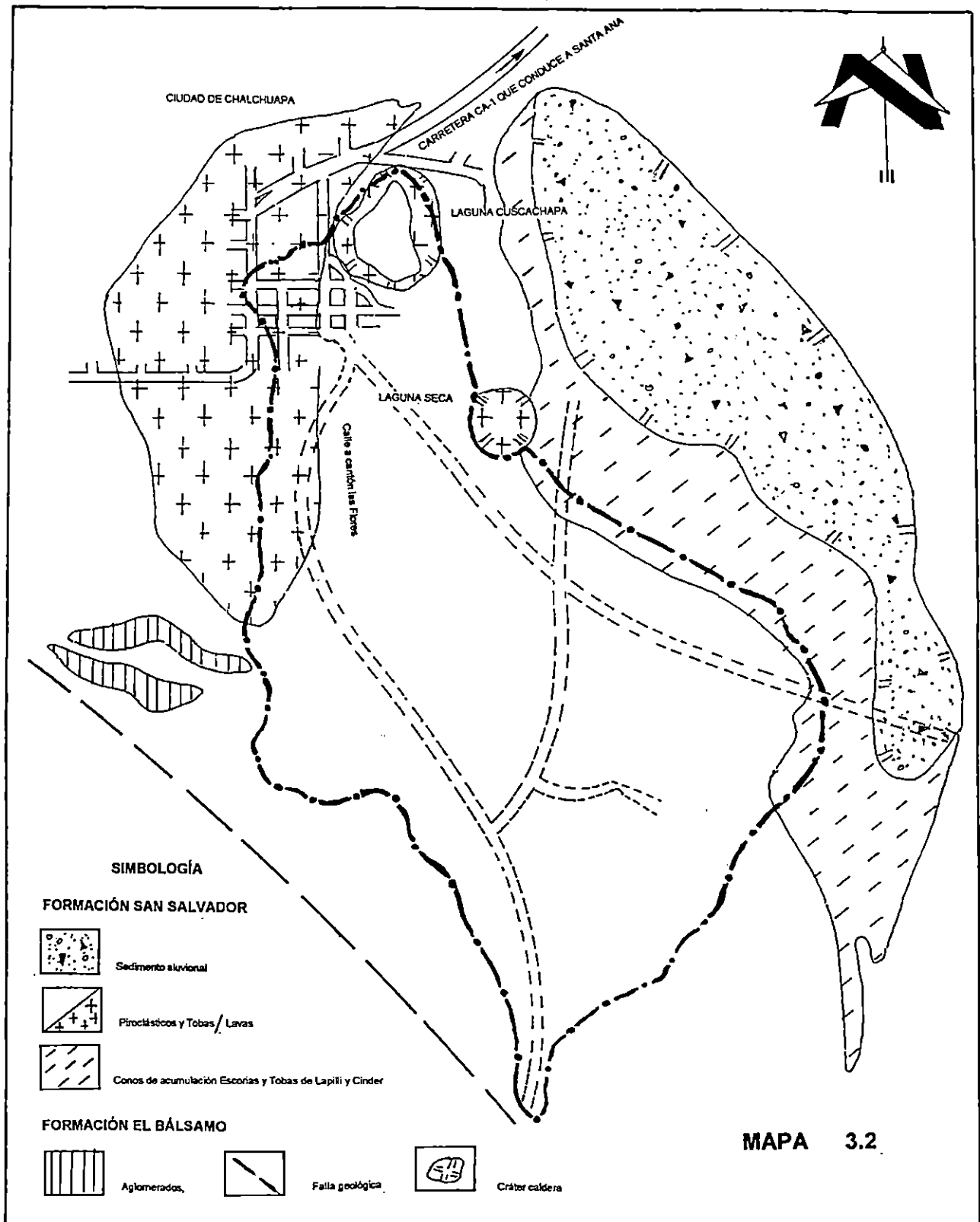
Fuente: Grupo de Tesis

3.2.3 GEOLOGÍA.

La información de las estructuras rocosas y la estratigrafía de los suelos, son aspectos de gran ayuda para conocer la permeabilidad de un estrato, la escorrentía superficial y subsuperficial de una zona en particular.

El área de la cuenca está formada por materiales geológicos jóvenes y con una permeabilidad media alta, constituidos por piroclastos, tobas y lavas de la formación San Salvador¹⁰, desarrollado en el período cuaternario (ver mapa 3.2).

¹⁰ Fuente: Estudio Hidrogeológico de la Ciudad de Chalchuapa, ANDA, 1991



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CONTENIDO: MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DE LA
 LAGUNA CUSCACHAPA.

ESCALA:
 1: 25,000
 FECHA: FEB./99

TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y
 SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE
 LA LAGUNA CUSCACHAPA"
 PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO
 SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS
 VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO

3.2.4 SUELOS

La identificación del suelo de la cuenca se efectuó a través de visitas de campo, en donde se encontró gran cantidad de material limo-arenoso, distribuido en la mayor parte de la cuenca, también se encontraron muestras esporádicas de material limo-arcilloso.

El material limo-arenoso presenta bajo contenido de materia orgánica, con una baja plasticidad. El subsuelo de la cuenca está formado por un manto rocoso¹¹ con un espesor promedio de 2.5 mts.

3.2.5 CLIMA

En El Salvador se distinguen tres zonas climáticas de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar donde se ubican, y éstas son: Tierras calientes, tierras templadas y tierras frías.

La zona donde se ubica la cuenca de la laguna Cuscachapa, corresponde al rango de 0-800 m.s.n.m, perteneciendo a tierras calientes, donde la temperatura media anual oscila entre los 22°C a 27°C y 22°C a 28°C, caracterizándose por ser un bosque semihúmedo.

¹¹ Fuente: Estudio Hidrogeológico de la Ciudad de Chalchuapa, ANDA 1991.

3.2.6 VEGETACIÓN

La vegetación predominante en la cuenca, son los cafetales, que crecen en suelos semipermeables. También hay presencia de estratos arbustivos y herbáceos, habiendo algunos árboles ubicados esporádicamente, como los frutales y las palmeras. (ver mapa 3.3), estableciendo la distribución de áreas en el cuadro 3.5.

CUADRO 3.5

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN LA CUENCA

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km ²)	%
CULTIVOS DE CAFÉ	2.339	78.75
HIERVA CORTA ó GRAMA	0.40088	13.50
ZONA URBANA	0.2273	7.75
ÁREA TOTAL =	2.97	

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS VEGETATIVAS EN LA CUENCA

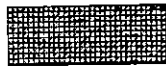
La vegetación en la cuenca ha ido en disminución en los últimos años, ya que la deforestación alcanza actualmente el 15 % del área vegetal, esto en base al cuadro 3.6, debiendo controlar su aumento para disminuir la escorrentía superficial.

MAPA 3.3

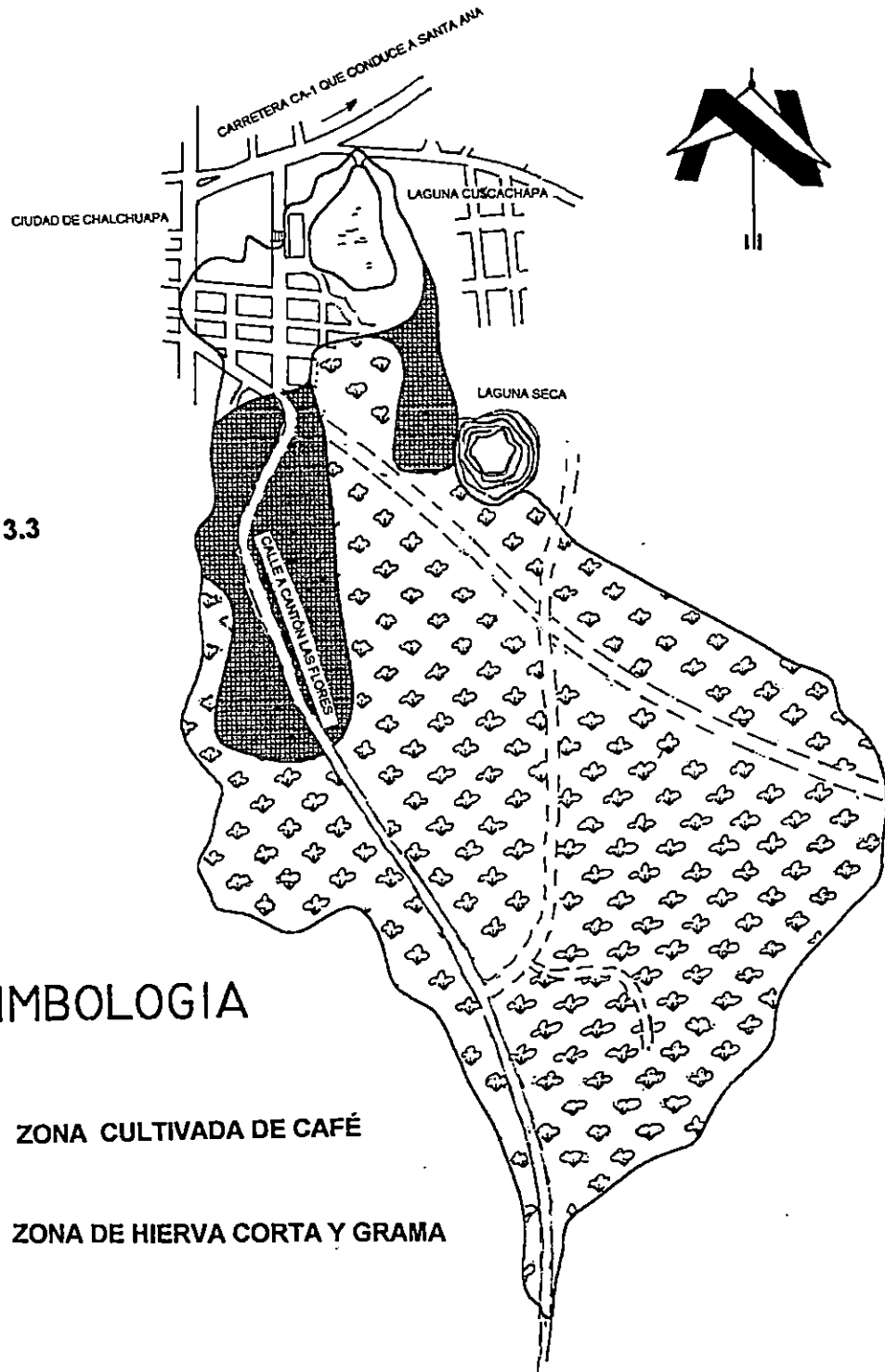
SIMBOLOGIA



ZONA CULTIVADA DE CAFÉ



ZONA DE HIERVA CORTA Y GRAMA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ESCALA:
1: 25,000

FECHA: FEB./99

CONTENIDO: MAPA VEGETATIVO DE LA CUENCA DE LA
LAGUNA CUSCACHAPA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y
SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE
LA LAGUNA CUSCACHAPA"

PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO
SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS
VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO

CUADRO 3.6

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS VEGETATIVAS DE LA CUENCA

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m ²)	%
CAFETALES	2.3339	85.37
HIERBA CORTA O GRAMA	0.4088	14.63
ÁREA TOTAL =	2.7427	

3.3 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

La precipitación es cualquier forma de humedad que emana de las nubes a la superficie terrestre, y se presenta en diferentes formas, tales como: Lluvia, llovizna, escarcha, aguanieve o cellisca, nieve, copo de nieve y granizo.

La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense, formando gotas en dicho proceso, superando así las fuerzas de oposición que presenta el aire, estando sujeta por consiguiente a los cambios de presión atmosférica, como a los cambios de temperatura.

3.3.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOGRÁFICAS.

Los instrumentos que han sido creados con la finalidad de cuantificar la lluvia que cae en los suelos de una zona en particular, y que permiten definir la altura que alcanza la misma al precipitarse y acumularse en una determinada superficie horizontal suponiendo que permanecerá sobre ella, son básicamente los Pluviómetros y los Pluviógrafos, midiendo los primeros únicamente la cantidad de agua precipitada, a diferencia de los segundos, que además miden la intensidad y la duración de la lluvia que cae; encontrándose estos aparatos, dispersos en la red de estaciones que cubren todo el territorio nacional.

Todos los estudios de las cuencas hidrográficas, requieren para su correcta ejecución, de la selección y ubicación del mayor número posible estaciones pluviográficas.

La cuenca de la laguna Cuscachapa es pequeña, con un área de 2.97 Km² y está influenciada por dos estaciones climatológicas; la primera de tipo B ubicada en El Beneficio Tazumal que solamente mide la precipitación, y la segunda estación de tipo A llamada El Palmar, ubicada en Santa Ana a 13 Km al Oriente de la cuenca; la estación es más completa y cuenta con lecturas de intensidades de precipitación media anual (absoluta).

Para el cálculo de los caudales de escurrimiento de la cuenca, se utilizarán los datos de intensidad de lluvia de la estación El Palmar.

3.4 ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.

Toda la cantidad de agua en exceso que fluye tanto por la superficie del suelo como por la red de drenaje de una cuenca, hasta alcanzar el punto de menor elevación de la misma, se denomina escurrimiento superficial o escorrentía directa.

El escurrimiento superficial se genera por la cantidad de lluvia que cae, después de haber sido saturada la capacidad de absorción de agua que posee el suelo, manifestándose casi inmediatamente después de haberse generado la tormenta, en una cuenca que presenta un área de recogimiento pequeña como la del estudio.

Los factores que influyen directamente en la cuantía del escurrimiento, están dados por la intensidad, duración y distribución de la precipitación, así como también, por la permeabilidad del terreno superficial, la clase de vegetación, la profundidad del nivel freático, el área, pendiente y forma de la cuenca, así se tiene que lluvias intensas y de poca duración suelen producir más escurrimiento superficial, que las lluvias poco intensas y de larga duración.

El flujo sobre el terreno, junto con el escurrimiento en corrientes, forma el escurrimiento superficial. Una parte del agua de precipitación que se infiltra escurre cerca de la superficie del suelo y paralelamente a él, a ésta parte del escurrimiento se le llama escurrimiento subsuperficial; y la otra parte que se infiltra hasta niveles inferiores al freático se denomina escurrimiento subterráneo.

El escurrimiento subsuperficial puede ser casi tan rápido como el superficial o casi tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad de los estratos superiores del suelo; por ello es difícil distinguirlo de los otros dos. Cuando es relativamente rápido se le trata junto con el escurrimiento superficial, y cuando es relativamente lento se le considera parte del subterráneo

La clasificación es relativa, puesto que el agua puede tener diferentes caminos, dependiendo del tipo de cuenca, por ejemplo una parte del flujo superficial, puede infiltrarse y terminar como flujo subterráneo, o a la inversa, el flujo subterráneo puede llegar a ser superficial.

Lo importante es la rapidez con que una cuenca responde a una tormenta, pues esto es lo que determina la magnitud de las correspondientes avenidas.

3.4.1 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE ESCORRENTÍA MÁXIMO.

Existe una gran cantidad de métodos para determinar crecidas, se diferencian en el procedimiento a seguir y en los datos que utilizan. Entre éstos tipos de métodos existen dos grupos que son:

- a) **Métodos directos:** Son los que permiten obtener valores de escorrentía máxima, partiendo de la información hidrológica controlada en las estaciones hidrométricas. Entre estos métodos están: Método del Hidrograma sintético y métodos estadísticos.

- b) **Métodos indirectos:** Son aquellos que en una u otra forma relacionan alguna variable meteorológica con una hidrológica, para la determinación del escurrimiento de la cuenca. Son aplicables cuando se dispone de datos de lluvia y de avenidas reales, entre estos métodos se pueden mencionar:
 - b.1) Método de las Isocronas.

 - b.2) Método del Hidrograma Unitario.

b.3) Método Racional.

3.4.2 MÉTODO RACIONAL

Es el modelo más antiguo de la relación lluvia-escorrentamiento, y el más utilizado en el estudio de cuencas pequeñas y diseño de drenajes urbanos. Además es adecuado en planicies no tan extensas como la del estudio, tomando en cuenta además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación. El método se explica de la siguiente forma:

Si en una cuenca impermeable cae uniformemente una lluvia de intensidad constante, durante un largo tiempo; al principio el caudal que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en que se alcance un punto de equilibrio (ver fig. 3.2). Es decir que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia, sea el mismo que el caudal de salida de la cuenca.

El método racional se expresa mediante la fórmula:

$$Q = 16.67 C I A \quad (\text{Ec } 3.3)$$

Donde: $Q =$ Caudal máximo (m^3/seg)

$C =$ Coeficiente de escorrentía, que es igual al porcentaje de lluvia, que aparece como escurrimiento directo.

$I =$ Intensidad de lluvia (mm/min)

$A =$ Área de drenaje (Km^2)

3.4.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)

Es el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del caudal de equilibrio, equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado, hasta la salida de la cuenca, como se observa en la fig. 3.2:

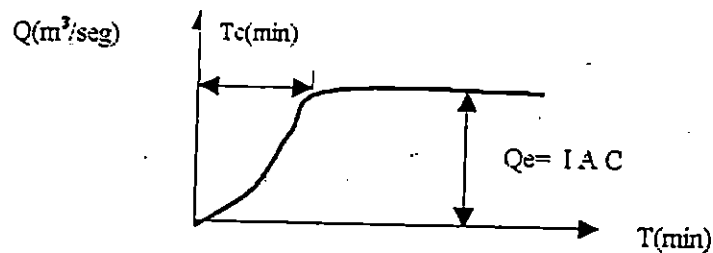


fig. 3.2

El tiempo de concentración depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua, hasta la salida de la cuenca, y de la velocidad que adquiere en promedio dentro de la misma. Esta velocidad está en función de las pendientes del terreno y los cauces, además de la rugosidad de la superficie de los mismos.

El tiempo de concentración se expresa de la siguiente forma, según Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A_c} + 1.5L_c}{0.85\sqrt{E_m}} \quad (\text{Ec } 3.4)$$

Donde: T_c = Tiempo de concentración (horas)
 A_c = Área de la cuenca (Km²)
 L_c = Longitud del cauce más largo (Km)
 E_m = Elevación media (m.s.n.m.)

Sustituyendo en la Ec. 3.4, para el estudio el valor del tiempo de concentración es el siguiente:

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{2.978} + 1.5 \times (2.88)}{0.85 \times \sqrt{749}}$$

$$T_c = 0.482 \text{ horas}$$

$$T_c = 28.94 \text{ min.}$$

Con el tiempo de concentración obtenido se define un rango de intensidad para un tiempo próximo menor y un tiempo próximo mayor al valor del tiempo de concentración obtenido, para el caso, $T_c = 28.94$ min, se seleccionó el rango de intensidades máximas absolutas entre 20 min. y 90 minutos., según se muestra en el cuadro 3.7.

3.4.4 CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de un drenaje urbano, es la determinación del evento o los eventos de lluvia más óptimos, que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/min.)

Para determinar la intensidad de diseño, se obtuvo la información de la precipitación en la estación "El Palmar", que cuenta con registros confiables desde el año de 1959 (ver cuadro 3.7).

Teniendo los registros de intensidad de lluvia para una duración determinada como un tiempo de concentración ($T_c = 28.94$ min) y varios periodos de retorno, se ordenan los datos de intensidad de lluvia de la estación, en orden de magnitud creciente (de menor a mayor) como se muestra en el cuadro 3.8.

CUADRO 3.7

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL (ABSOLUTA)

En mm/min para diferentes periodos

ESTACIÓN . SANTA ANA EL PALMAR

LATITUD : 13°58.661'

LONGITUD : 89°34.2

ÉLEVACIÓN : 725 m.s.n.m.

Año	5	10	15	20	30	45	60	80	120	180	240	360
1958	3,28	2,66	2,07	1,69	1,4	0,97	0,81	0,47	0,34	0,28	0,24	0,15
1960	2,4	2,25	2,13	1,88	1,56	1,2	1,01	0,77	0,62	0,5	0,42	0,2
1961	3,2	3,01	2,67	2,34	1,74	1,49	1,2	0,81	0,62	0,52	0,44	0,23
1962	3	2,37	2,13	1,98	1,48	1,14	0,93	0,64	0,58	0,36	0,28	0,2
1963	2,16	1,9	1,78	1,48	1,08	0,85	0,69	0,41	0,3	0,25	0,22	0,16
1964	3,52	2,83	2,54	2,4	2,18	1,65	1,24	0,74	0,48	0,34	0,36	0,2
1965	2,78	1,99	1,67	1,43	1,11	0,85	0,67	0,47	0,36	0,27	0,23	0,17
1966	2,49	2,1	1,79	1,62	1,25	0,96	0,74	0,54	0,33	0,28	0,24	0,18
1967	2,26	2,1	1,98	1,83	1,39	1,06	0,79	0,59	0,51	0,42	0,36	0,14
1968	2,2	2,04	1,82	1,72	1,39	1,15	1,03	0,76	0,61	0,59	0,58	0,24
1969	2,64	2,32	2,15	1,93	1,59	1,24	0,98	0,73	0,59	0,64	0,27	0,11
1970	2,64	2,07	1,95	1,88	1,7	1,41	1,08	0,87	0,67	0,55	0,47	0,16
1971	2,04	1,72	1,47	1,33	1,09	0,78	0,66	0,52	0,43	0,36	0,29	0,2
1972	2,3	2,04	1,9	1,67	1,25	0,88	0,68	0,52	0,47	0,32	0,28	0,14
1973	2,3	2,1	1,9	1,68	1,3	1,02	0,81	0,6	0,47	0,4	0,04	0,18
1974	2,56	1,84	1,43	1,34	1,31	1,14	0,96	0,73	0,6	0,5	0,42	0,13
1975	2,98	2,52	1,94	1,68	1,19	0,84	0,68	0,58	0,44	0,36	0,24	0,18
1976	2,96	2,19	2,12	2,08	1,67	1,15	0,87	0,58	0,52	0,49	0,42	0,22
1977	3,64	3,51	2,62	2,16	1,48	0,99	0,85	0,57	0,43	0,34	0,29	0,19
1978	3,18	2,67	2,16	1,94	1,47	1,04	0,78	0,56	0,5	0,4	0,35	0,23
1979	3,04	2,27	1,98	1,59	1,17	1,08	0,78	0,55	0,42	0,34	0,32	0,16
1980	3,3	2,05	1,97	2,02	1,65	1,23	0,97	0,67	0,53	0,42	0,36	0,2
1981	3,04	2,9	2,16	1,97	1,54	1,15	1	0,78	0,72	0,6	0,51	0,26
1982					EXTRAVIADOS							
1983	2,1	1,86	1,58	1,27	1,07	0,82	0,68	0,73	0,58	0,48	0,41	0,11

FUENTE: IMAG

CUADRO 3.8

CÁLCULO DE PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA (FRECUENCIAS)

Nº	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	$f=m/(n+1)$ (%)
1	2,4	2,18	1,65	1,24	0,87	4
2	2,34	1,74	1,49	1,2	0,81	8
3	2,16	1,7	1,41	1,08	0,79	12
4	2,08	1,67	1,24	1,03	0,77	16
5	2,02	1,65	1,23	1,01	0,76	20
6	1,98	1,59	1,2	1	0,74	24
7	1,97	1,56	1,15	0,98	0,73	28
8	1,94	1,54	1,15	0,97	0,73	32
9	1,93	1,48	1,15	0,96	0,73	36
10	1,88	1,47	1,14	0,87	0,64	40
11	1,88	1,48	1,14	0,93	0,67	44
12	1,83	1,4	1,08	0,85	0,6	48
13	1,72	1,39	1,06	0,81	0,59	52
14	1,69	1,39	1,04	0,81	0,58	56
15	1,68	1,3	0,99	0,78	0,57	60
16	1,68	1,31	1,02	0,79	0,58	64
17	1,67	1,25	0,97	0,78	0,56	68
18	1,62	1,25	0,96	0,74	0,55	72
19	1,59	1,19	0,88	0,69	0,54	76
20	1,48	1,17	0,85	0,68	0,52	80
21	1,43	1,11	0,85	0,68	0,52	84
22	1,34	1,09	0,84	0,68	0,47	88
23	1,33	1,08	0,82	0,67	0,47	92
24	1,27	1,07	0,78	0,66	0,41	96

FUENTE: MAG

Luego se calcula la probabilidad de ocurrencia (frecuencia) en porcentaje a partir de la siguiente ecuación:

$$F = m / (n+1) \times 100 \quad (\text{Ec } 3.5)$$

Donde: F = Probabilidad de ocurrencia.

m = Posición que ocupa una determinada intensidad.

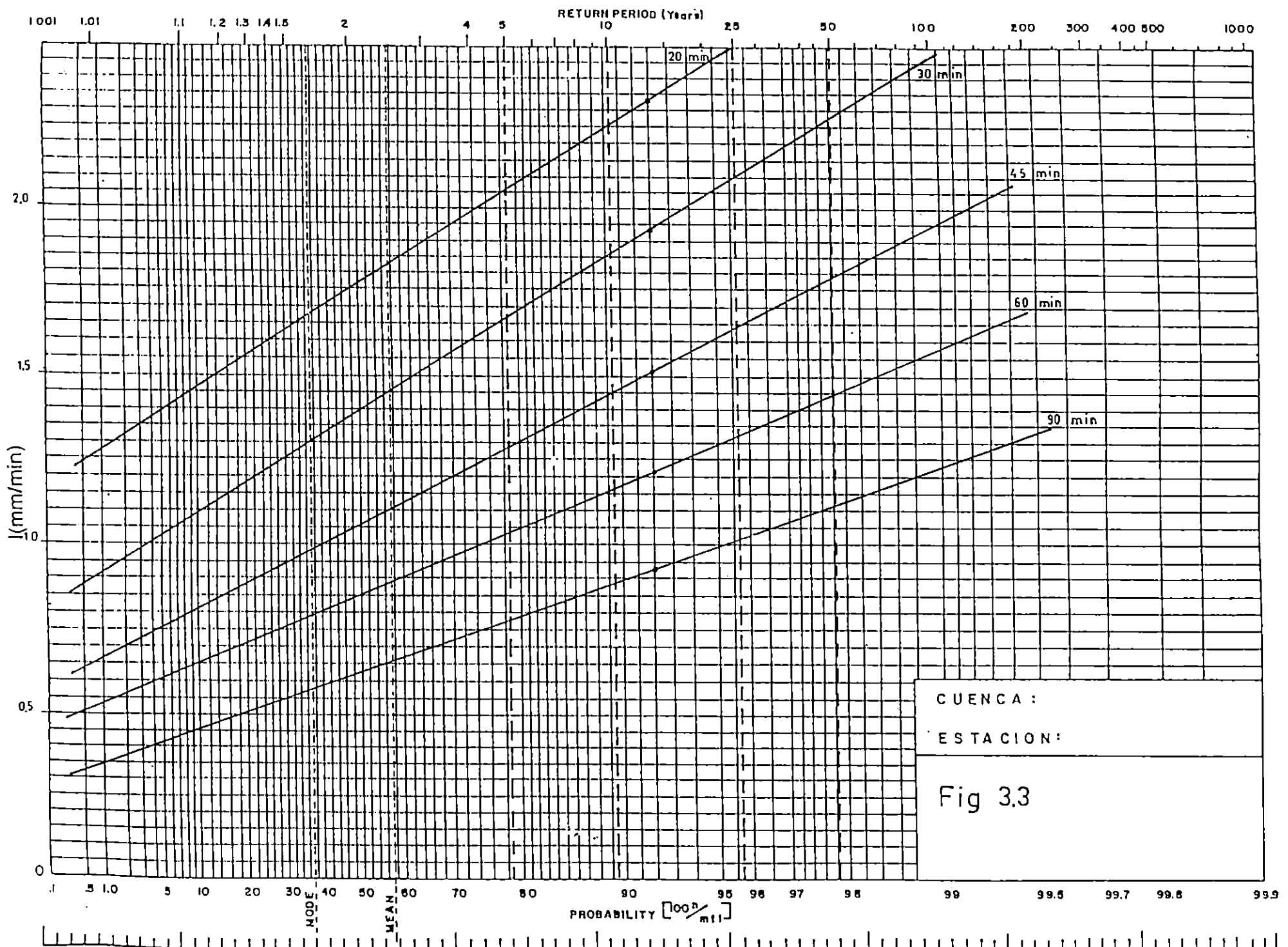
n = Número de datos.

En papel tipo Gumbel se grafican las probabilidades de ocurrencia contra las intensidades de lluvia (ver fig. 3.3), inmediatamente se cortan las gráficas en diferentes periodos de retorno, obteniendo valores para el trazo de las curvas I-D-F (ver fig. 3.4), dando como resultado el cuadro siguiente:

CUADRO 3.9

VALORES PARA EL TRAZO DE LAS CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA.

Período de retorno años / duración min.	5	10	25	50
20	2.04	2.24	2.5	2.8
30	1.67	1.85	2.10	2.26
45	1.27	1.44	1.64	2.78
60	1.04	1.16	1.33	1.45
90	0.78	1.88	1.02	1.13



T I E M P O
(Min)

CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

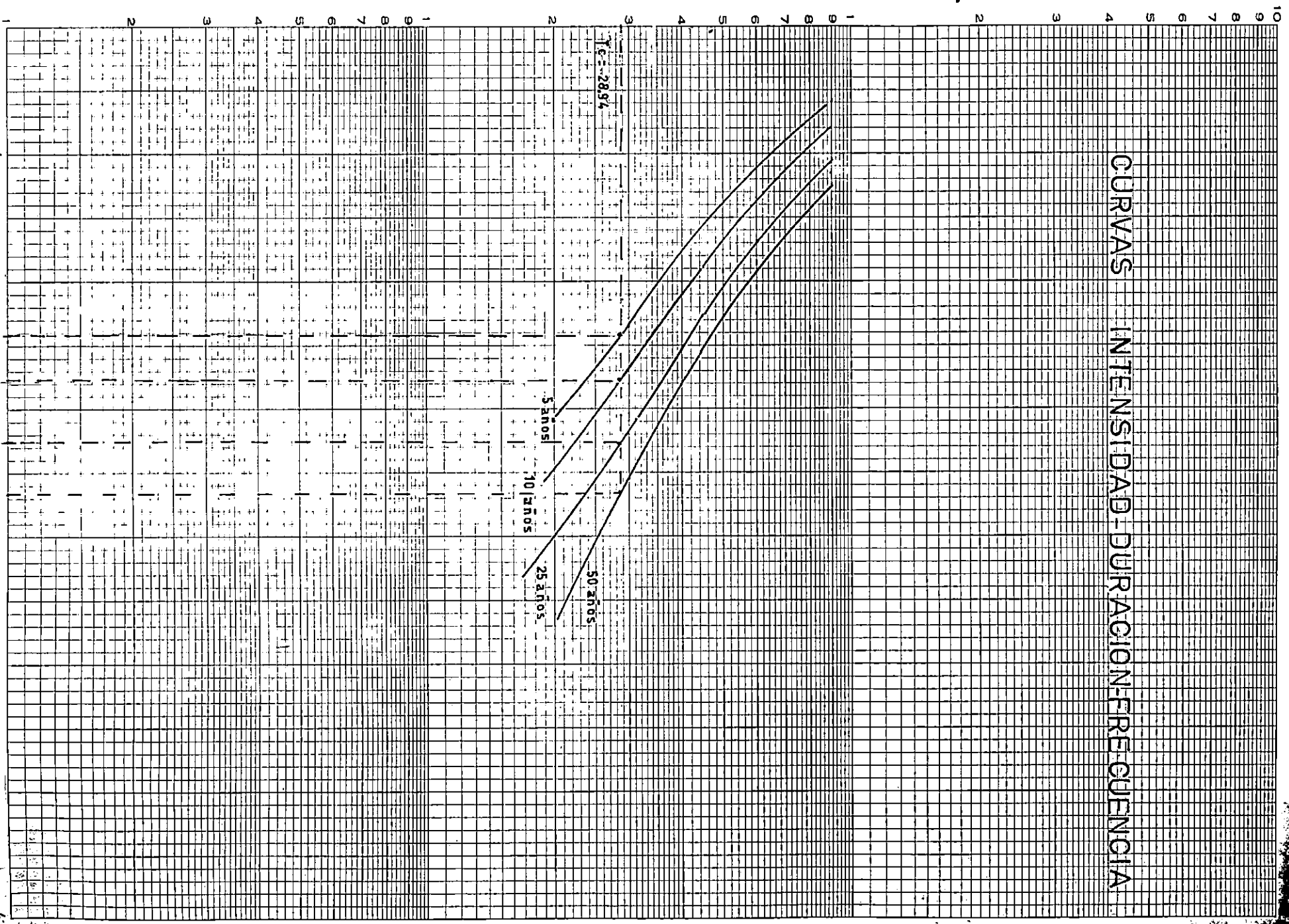


Fig 3.4

2

3

I (mm/min)

De las curvas I-D-F se obtuvieron las intensidades de diseño siguientes:

$$I_{d5} = 1.7 \text{ mm/min}$$

$$I_{d10} = 1.84 \text{ mm/min.}$$

$$I_{d25} = 2.13 \text{ mm/min}$$

$$I_{d50} = 2.35 \text{ mm/min}$$

En el estudio trabajaremos con la intensidad para un periodo de retorno de 25 años, que es el propuesto por el reglamento de Alcantarillados de aguas lluvias de la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (DUA), para las obras de drenaje que se diseñaran en el Capítulo V.

3.4.5 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la lluvia escurrida y la caída. Se determinó sobre la base del Nomograma de Ven-Te-Chow (ver anexo N° 3.1), donde el coeficiente de escorrentía está en función de tres variables: Tipo de Suelo, Cobertura vegetal y Pendiente del terreno.

Tipo de Suelo: Se debe identificar las condiciones del tipo de terreno, en base a la permeabilidad del mismo, en el estudio, esto se determinó en un mapa geológico de la región, donde se observa que la formación San

Salvador cubre más del 80% del área de la cuenca y se considera como una unidad hidrogeológica de permeabilidad media a alta (ver mapa 3.2).

Cobertura Vegetal: Se determinó mediante visitas de campo, y la utilización de un mapa de uso de suelo a nivel nacional, en escala 1:200,000, predominando en el área de la cuenca, los cultivos de café considerados como vegetación densa, y sectores de hierba y grama en menor proporción (ver mapa 3.3).

Pendiente del terreno: Se calculó por diferencia de elevaciones, entre la longitud del punto donde comienza el cauce principal y donde termina, exactamente frente a las ruinas del Tazumal.

El valor que se obtuvo para el estudio fue el siguiente:

$$P = \frac{(790 - 720) \times 100}{2,880}$$

$$P = 2.43 \%$$

La pendiente es de tipo suave, encontrándose entre el 1% Y 5%. Con la pendiente media se entra al Nomograma de Ven-Te-Chow, luego se traza una línea horizontal (de izquierda a derecha) intersectando la curva de la cobertura vegetal correspondiente, para terminar se traza una línea vertical hacia arriba, donde se leerá el valor de C (ver cuadro 3.10).

CUADRO 3.10**VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)**

Subcuenca	Tipo de Suelo	Geología	Área	C
1	Cultivos de Café (vegetación densa)	Estrato Permeable	2.3339	0.10
2	Hierba corta-grama	Estrato Permeable	0.4088	0.13
Área de subcuenca analizada			2.7427	

3.5 CÁLCULO DEL CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Con los datos obtenidos de la tabla anterior y las intensidades de diseño para un periodo de retorno de 25 años, obtenemos los siguientes caudales:

CUADRO 3.11**CAUDAL (Q) PARA PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS**

Subcuenca	Constante	Valor "C"	Id (mim/min)	Área (Km ²)	Q (m ³ /seg)
1	16.667	0.10	2.13	2.33394	8.29
2	16.667	0.13	2.13	0.40875	1.89
Área de subcuenca analizada				2.7426	10.18

Del cuadro se tiene que el caudal que llega proveniente de la cuenca a la intersección de la Calle Tazumal y la 11° Avenida Sur, que es el punto de análisis, es de 10.18 m³/seg, el cual es considerable para ser drenado por una obra hidráulica, como el sistema de alcantarillado de aguas lluvias existente.

3.6 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

El estudio tiene por objeto verificar si el manto acuifero de la zona suministra agua a la laguna, evaluando las variables de recarga y descarga de la subcuenca, a través de un balance adecuado para época de estiaje.

En base a lo propuesto, es necesario analizar las condiciones hidrogeológicas del lugar, haciendo una descripción de las formaciones geológicas; para luego determinar el tipo de acuífero existente.

Una vez hecha la descripción del acuífero se analizará su recarga y descarga, la dirección del flujo y la profundidad del agua subterránea en época de estiaje; para determinar la relación hidráulica con la laguna y poder realizar el balance.

3.6.1 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La hidrología subterránea estudia las leyes que rigen el movimiento del agua en un medio poroso.

3.6.1.1 GENERALIDADES

DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTRATOS ACUÍFEROS DEL SUBSUELO

Cuando el agua se infiltra a través de la superficie del terreno, una parte surge de nuevo a la superficie (flujo hipodérmico), mientras que el resto se percola a través del subsuelo (ver figura 3.5), originando las siguientes zonas:

Zona de aireación: En ella se encuentra la franja de aguas superficiales del suelo, la región intermedia de aguas peliculares y en el fondo la franja capilar. A través de esta región intermedia, se realizan los cambios con la zona de saturación, el agua infiltrada desciende, alimentando las reservas, mientras que el vapor de agua originado de las pérdidas por evaporación, la atraviesa para volver a la atmósfera. Todas las fisuras son rellenadas por aire al cien por ciento de humedad, donde por enfriamiento se produce una condensación sobre las paredes, que son recubiertas por una película de agua; por esto se le llama región pelicular, en la franja capilar, el agua asciende y se retiene en los intersticios por la atracción molecular de los mismos.

Zona de saturación: Su límite superior es la superficie de saturación, se caracteriza por contener depósitos capaces de almacenar cantidades apreciables de agua, sometida a presión hidrostática.

DISTRIBUCION DE LOS ESTRATOS ACUIFEROS DEL SUBSUELO

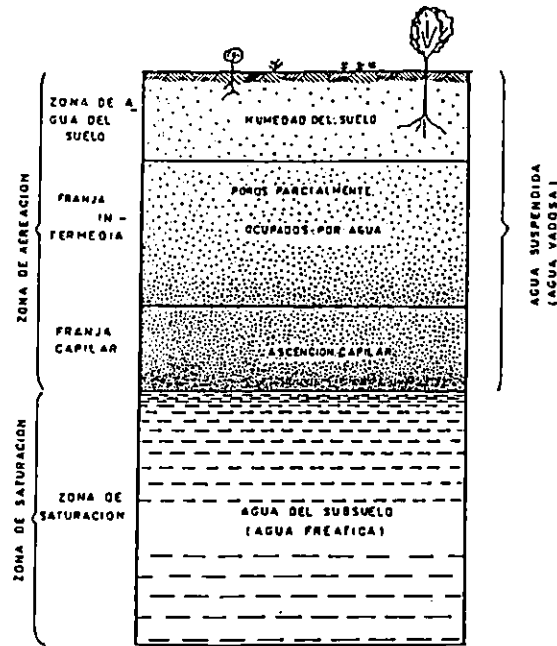


FIGURA 3.5

TIPOS DE ACUÍFEROS

Acuífero es una formación geológica saturada con capacidad de almacenar y rendir cantidades suficientes de agua, dividiéndose en dos tipos:

Acuíferos Confinados o Artesianos: En ellos el agua almacenada se encuentra a una presión hidrostática mayor que la atmosférica, por estar delimitada tanto en la parte superior e inferior por dos estratos impermeables.

Acuíferos no Confinados o Libres: En estos acuíferos la presión existente es igual a la atmosférica, coincidiendo el nivel estático con el nivel freático, debido a que el acuífero sólo está confinado por un estrato impermeable en su parte inferior.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS

Gradiente Hidráulico(I): Es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos dividida por la distancia que recorre el flujo entre ellos:

$$I = \frac{h_2 - h_1}{L} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde :

$h_2 - h_1$ = diferencia de cargas hidrostáticas (mts)

L = distancia entre los dos puntos recorrido por el flujo (mts)

Permeabilidad (K): Es la cantidad de agua que puede fluir a través de una sección transversal de área unitaria, dentro del acuífero, por unidad de tiempo y bajo un gradiente hidráulico de 1.00 (100 %) a una temperatura dada.

Ocupando la ecuación de flujo de agua subterránea de Darcy se obtiene:

$$K = \frac{Q}{IA} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

K = Coeficiente de permeabilidad (m/día)

Q = Caudal (m^3 /seg)

I = Gradiente hidráulico(adimensional)

A = Área de sección del medio poroso a través del cual se infiltra el agua (m^2)

Transmisibilidad (T): Es definida como la razón de flujo de agua, en unidad de volumen por unidad de tiempo, a través de una sección transversal vertical de acuífero con una altura igual al espesor del acuífero y un ancho unitario. El coeficiente de transmisibilidad indica cuanta agua se mueve de la formación y es igual a la permeabilidad del estrato por su espesor:

$$T = KH \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

T = Coeficiente de transmisibilidad (m^2 /día)

K = Coeficiente de permeabilidad (m/día)

H = Espesor del acuífero (m)

Coeficiente de almacenamiento (S): El coeficiente de almacenamiento de una capa saturada es el volumen de agua cedida o tomada del almacenamiento por unidad de área de superficie, cuando se produce un cambio unitario de carga normal a la superficie.

3.6.2 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE CHALCHUAPA

Geológicamente el área está conformada por las formaciones El Bálsamo y San Salvador(ver mapa 3.4).

La formación El Bálsamo, corresponde a la época Pliocénica del período Terciario, mientras que la formación San Salvador es de la época Pleistocénica al Holoceno del período Cuaternario.

3.6.2.1 FORMACIÓN SAN SALVADOR

La formación San Salvador se extiende sobre toda el área de Chalchuapa. Esta formación geológica está constituida por tobas color café poco compactas y piroclásticos.

En su orden cronológico de más reciente a más antiguo, los materiales de la formación San Salvador están costituídos así:

Depósitos sedimentarios: Consisten en rocas de textura clástica y estructura suelta de diferente granulometría. Estos depósitos se localizan al Este del área de estudio, específicamente al Este de la laguna Cuscachapa y

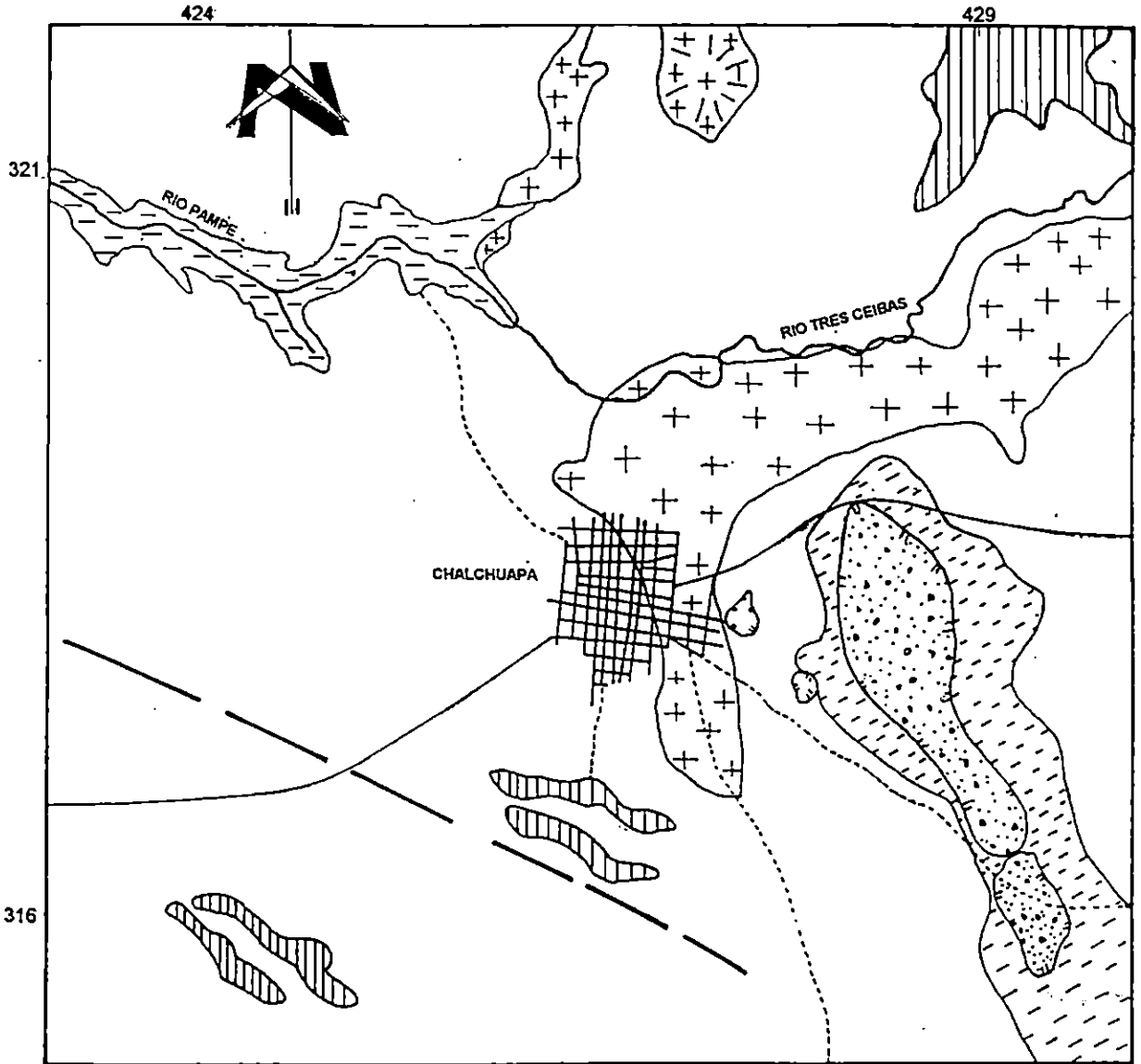
laguna Seca. Estos depósitos sedimentarios están limitados en todo su contorno por conos de acumulación en el sector del Cantón El Cuje.

Conos de acumulación: Estos consisten en escorias, tobas de lapilli y cinder. Los conos de acumulación se localizan al Este, en el sector del Cantón El Cuje.

Piroclásticos ácidos y tobas del Holoceno Inferior: Estos materiales fueron eyectados, posiblemente por los volcanes antiguos de la caldera de Coatepeque. Los piroclásticos de pómez y las tobas color café, se encuentran en los alrededores de Chalchuapa, al Norte y al Sur-Este yacen sobre lavas; al Nor-Este las rocas consisten en piroclásticos retrabajados por la acción de arrastre del río Tres Ceibas,

Lavas: Las lavas son de carácter básico intermedio, con intercalación de piroclásticos y tobas subordinados, también de carácter básico intermedio, se localizan sobre la mitad del área que ocupa la ciudad de Chalchuapa, extendiéndose hacia el Sur y Nor-Este de la misma.

Piroclásticos ácidos y tobas: Estas rocas se diferencian de las anteriores por su edad, ya que éstas son más antiguas, pues corresponden a la época del Pleistoceno Superior, que es la base del Período Cuaternario. Además, las




SIMBOLOGÍA

FORMACIÓN SAN SALVADOR

 SEDIMENTO ALUVIONAL

 PROCLÁSTICOS Y TOBAS
LAVAS


 TOBAS ÁCIDAS

 CONOS DE ACUMULACIÓN
ESCORIAS Y TOBAS DE LAPILLI Y CINDER

FORMACIÓN EL BÁLSAMO

 AGLOMERADOS

 FALLA

 CONO VOLCÁNICO

 CRÁTER CALDERA

MAPA 3.4

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: MARZO/99	
CONTENIDO: MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE CHALCHUAPA.		

tobas son de color claro de pómez, se localizan al Nor-Oeste de la Ciudad de Chalchuapa, a lo largo del Río Pampe.

3.6.2.2 FORMACIÓN EL BÁLSAMO

La formación del bálsamo está constituida por lavas descompuestas, tobas fundidas y aglomerados; que afloran al Nor-Este y al Sur del área de estudio, constituyendo el Cerro El Terrero y Loma el Calvario (ver mapa 3.4).

3.6.3 DESCRIPCIÓN DEL ACUÍFERO DE CHALCHUAPA

De acuerdo a las características litológicas, de compactación y antigüedad de las rocas, la formación El Bálsamo se considera como una unidad hidrogeológica de permeabilidad baja a nula. La formación San Salvador, cubre más del 95% del área de estudio, ésta se caracteriza por ser una unidad hidrogeológica de permeabilidad media alta.

Las lavas fracturadas, escorias y piedras de la formación San Salvador poseen una alta permeabilidad, mientras que las tobas poco compactas y piroclásticos del techo de la formación tienen una permeabilidad media. Los afloramientos de las lavas son de poca extensión, por lo que se supone que las

tobas y piroclásticos descansan sobre aquellas como material de relleno que han cubierto grandes depresiones. Tanto las lavas como las tobas y piroclásticos están conectados hidráulicamente entre si.

Las lavas andesíticas y basálticas se encuentran muy fracturadas, y a ello se debe que tenga una excelente permeabilidad, estas conforman, a partir del nivel de saturación, el acuífero principal del área.

Se considera que la formación El Bálsamo por su poca permeabilidad le da confinamiento a la parte inferior del acuífero que está constituido prácticamente por la formación San Salvador. Por las características que presenta se clasifica como un acuífero freático o libre, porque no está confinado por un estrato impermeable en su parte superior.

3.6.4 INFLUENCIA DEL MANTO ACUÍFERO EN LA LAGUNA

3.6.4.1 RECARGA Y DESCARGA

La recarga principal del sistema de aguas subterráneas tiene su origen en el volcán de Santa Ana, y volcanes Cerro de las Ranas, El Aguila y Ojo de Agua, ubicados al Sur de la Ciudad de Chalchuapa (ver mapa 3.6), también constituyen una fuente de recarga, para el acuífero de Chalchuapa, las

precipitaciones pluviales que caen y se infiltran directamente en el área de estudio.

La descarga del acuífero se produce a 1 kilómetro al Norte de la Ciudad de Chalchuapa, en donde aflora el manantial El Trapiche, el cual está parcialmente captado por ANDA, para el acueducto de Chalchuapa, también aflora otro manantial a unos 2 kilómetros al Nor-Oeste de la Ciudad, conocido como Galeano, captado parcialmente por PLANSABAR, para el abastecimiento del agua potable del Cantón El Jobo.

3.6.4.2 DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

En general la dirección del flujo de agua subterránea se considera de Sur a Norte proveniente de los cerros ubicados al Sur del área; para comprobarlo se elaboraron las curvas isofreáticas en la zona, ploteando los niveles estáticos de pozos inventariados, los datos de la mayoría de los pozos fueron proporcionados por ANDA, y la información de los restantes se obtuvo de investigación de campo (ver anexo 3.2). La diferencia de nivel entre cada curva es de 5 metros, obteniéndose curvas de nivel freático desde la 985 m.s.n.m. hasta la 710 m.s.n.m. (ver mapa 3.5).

Al conformar las curvas, se determina que la dirección de las líneas de flujo normales a las curvas van orientadas de Sur a Norte.

El área de Chalchuapa pertenece al Valle Singüil y debido a que el lugar no ha tenido un deterioro ecológico considerable, se puede comparar que las curvas isofreáticas del estudio se aproximan a las del Valle elaboradas por el MAG, en el año 1979 (ver mapa 3.6).

3.6.4.3 PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ÉPOCA DE ESTIAJE

Debido a que es un acuífero libre, el nivel freático se encuentra sometido a presión atmosférica, por lo que el nivel estático del agua dentro de los pozos perforados en el acuífero, es igual al nivel freático. Esto permite determinar la profundidad a que se encuentra el agua subterránea bajo la laguna y verificar si el manto acuífero le suministra agua en época seca.

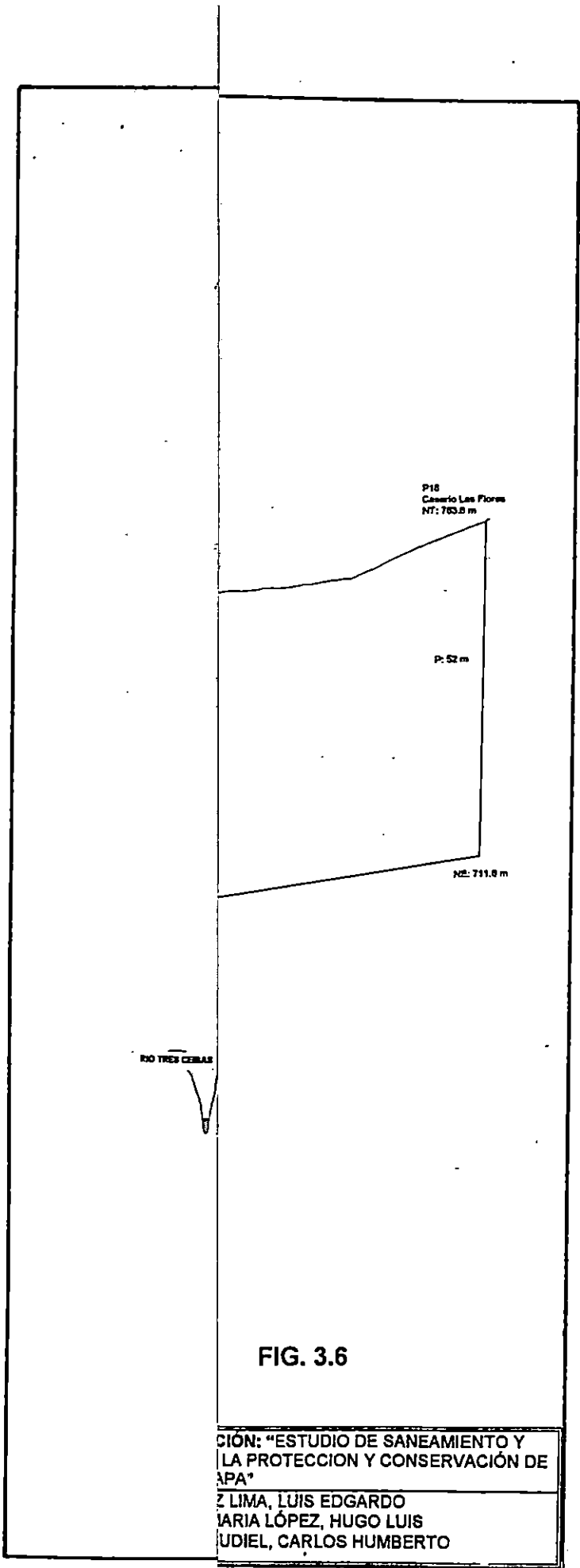
Con la información de los niveles estáticos de los pozos, se determino que la profundidad del agua subterránea en el sector Sur de Chalchuapa oscila entre 30 metros y 45 metros. Específicamente, en el sitio, donde se encuentra la planta de bombeo Loma El Calvario, en donde existen dos pozos de ANDA, la profundidad al agua es de 31.70 metros. Hacia el Sur la profundidad al agua

aumenta, pues también aumenta la elevación topográfica. Hacia el Norte la profundidad al agua disminuye, aflorando de manantiales a través de grietas en las lavas.

Con la información obtenida se trazó el perfil de una línea piezométrica en la dirección de Norte a Sur (ver figura 3.6), abarcando desde El Trapiche, la laguna Cuscachapa, hasta la Colonia Las Flores. La profundidad máxima de la laguna es de 6.4 metros, manteniéndose constante. De la línea piezométrica se obtiene que el nivel freático alcanza a la Laguna en la parte Sur con un espesor aproximado de 5.5 metros, y al Norte con un espesor de 3 metros; esto se confirma porque al Sur- Este se encuentra un manantial que aflora en verano y al Norte, la Alcaldía Municipal hizo una excavación para hacer un estanque de cultivo de peces, con una profundidad de 2 metros, donde se infiltra el agua que se desborda de la laguna.

3.6.5 BALANCE HÍDRICO ADECUADO A LA SUBCUENCA DE LA LAGUNA, EN ÉPOCA DE ESTIAJE

Como se demostró que el manto acuífero de Chalchuapa hace contacto con la laguna, se puede verificar si el volumen base de ella se mantiene,



considerando solamente el balance de las variables de recarga y descarga en la zona de la subcuenca, incluyendo el agua subterránea.

La subcuenca la conforma el cráter de la laguna y está delimitada por los taludes rocosos que bordean el espejo de agua, sus características son:

Área de la subcuenca	=73,548.9 m ²
Área de la superficie de agua	= 58,780.9 m ²
Perímetro de la subcuenca	= 1,050 m
Perímetro de la laguna	= 958.24 m

Para el estudio se tomaron registros de la fluctuación del nivel libre de la superficie del cuerpo de agua, durante 13 meses, desde noviembre de 1997 hasta noviembre de 1998, lo que permite evaluar el balance hídrico para el período de un año...

El análisis se limita a seis meses de verano (noviembre de 1997 a abril de 1998), con el propósito de evaluar solamente las variables que intervienen en el sistema natural de la subcuenca.

No se consideran los meses de invierno (mayo de 1998 a noviembre 1998); por que una parte de la escorrentía superficial proveniente de la cuenca, entra por la canaleta influyendo en la recarga del sistema.

El balance se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Recarga} - \text{Descarga} = \text{Cambio en el Almacenamiento} \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Recarga: constituida por la Precipitación (P) media mensual de lluvia en la zona de Chalchuapa, y caudal de agua subterránea (Q_{SE}) que entra a la laguna.

Descarga: como variables de salida se consideran, la Evaporación del espejo de agua (EVP), la Evapotranspiración (ETR) del resto del área de la subcuenca y el caudal de agua subterránea que sale de la laguna (Q_{SS}).

Cambio en el almacenamiento: se asumirá que está representado por la diferencia de niveles en la superficie libre de la laguna.

Quedando la ecuación del balance como:

$$P + Q_{SE} - EVP - ETR - Q_{SS} = \Delta A \quad (\text{Ec. 3.10})$$

3.6.5.1 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE DEFINEN EL BALANCE HÍDRICO

PRECIPITACIÓN (P)

En general, se refiere a la cantidad de agua meteórica que cae en la superficie terrestre en estado líquido, estando sujeta a los cambios de presión atmosféricos y de temperatura. La precipitación media se describe como el valor del agua lluvia media que cae sobre una cuenca específica en un período establecido.

Los datos de precipitación media mensual fueron proporcionados por el MAG de la estación Chalchuapa, Beneficio El Tazumal a 2 Km al Sur-Oeste de la laguna (ver anexo 3.3).

La precipitación media total desde el mes de Noviembre al mes de Abril es de 103 mm, que equivalen a 7,575.54 m³ en seis meses.

CAUDALES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE ENTRADA Y SALIDA DE LA SUBCUENCA

Para determinar los caudales de entrada y salida, se utiliza la ecuación de flujo de Henry Darcy (1856):

$$Q = K I A \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Donde:

Q = Caudal de agua subterránea (m³/seg)

K = Coeficiente de permeabilidad. (m/día)

I = Gradiente hidráulico (adimensional)

A = Área de la sección del medio poroso a través del cual se filtra el agua.(m²)

Coeficiente de permeabilidad:

Se obtiene despejando la ecuación 3.8

$$K = T / H \quad (\text{Ec. 3.12})$$

Donde:

K = Índice de impermeabilidad (m/día)

T = Coeficiente de transmisibilidad (m²/día)

H = Espesor del acuífero (m)

El coeficiente de transmisibilidad (T) fue proporcionado por ANDA¹² cuyo valor promedio es de 310 m²/día (25,000 gpd/pie).

El espesor del acuífero (H), fue considerado como la diferencia entre la superficie del acuífero situada en la laguna con una elevación de 698 m.s.n.m. y el fondo del río Tres ceibas, con una elevación de 655 m.s.n.m., dando un valor de 33 metros (ver figura 3.6), debido a que en el fondo del río se encuentran estratos de la formación San Salvador de baja permeabilidad, que hacen aflorar el agua del acuífero, por lo que se estima, que es la capa de confinamiento.

El valor de K resulta:

$$K = \frac{310 \text{ m}^2/\text{día}}{33 \text{ m}}$$

$$K = 9.40 \text{ m/día}$$

Gradiente hidráulico (I): también fue proporcionado por ANDA con un valor promedio 0.0136

Área de la sección transversal(A):

Se define por la ecuación $A = h L$ (Ec. 3.13)

¹² Fuente: Estudio hidrogeológico de la ciudad de Chalchuapa, Ing. José Mario Guevara, ANDA

Donde:

h = Es el espesor del acuífero que hace contacto con la laguna. Con la línea piezométrica trazada entre los pozos se deduce que el sector Sur donde entra el flujo de agua, h tiene un valor aproximado de 5.5 metros y al Norte donde sale el flujo un valor de 3 metros (ver figura 3.6).

L = es el ancho del acuífero limitado por el parte aguas de la subcuenca y las líneas de flujo próximas a ella (ver mapa 3.5) su valor aproximado es de 320 metros.

Para el sector Sur:

$$A = 5.5 \times 320$$

$$A = 1,760 \text{ m}^2$$

Para el sector Norte:

$$A = 3 \times 320$$

$$A = 960 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores de K , l A , en la ecuación de Darcy, se obtienen los caudales de entrada y salida; para un período de 6 meses.

Caudal de entrada:

$$Q_{SE} = 9.40 \times 0.0136 \times 1,760$$

$$Q_{SE} = 225 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{SE} = 40,500 \text{ m}^3 \text{ en seis meses.}$$

Caudal de salida:

$$Q_{SS} = 9.40 \times 0.0136 \times 960$$

$$Q_{SS} = 122.726 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{SS} = 22,091 \text{ m}^3 \text{ en seis meses.}$$

EVAPORACIÓN (EVP)

Es el proceso en que el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo en las capas cercanas a la superficie, a estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera. El valor de evaporación se obtuvo utilizando el nomograma de Wilson¹³ (ver anexo N° 3.4), para los seis meses de verano (Noviembre de 1997 a Abril de 1998). Los datos necesarios para dicho nomograma fueron proporcionados por el MAG (ver anexo N° 3.5), al evaluar los datos en el nomograma se obtuvo el siguiente cuadro:

¹³ Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio Mijares

CUADRO 3.12
EVAPORACIÓN EN ÉPOCA DE ESTIAJE, LAGUNA CUSCACHAPA (Latitud 14° Norte)

MES	NOVIEMBRE 1997	DICIEMBRE 1997	ENERO 1998	FEBRERO 1998	MARZO 1998	ABRIL 1998
Temperatura (°C)	23.2	21.4	22.4	23.0	24.2	24.8
Horas de sol reales(n)	8.9	9.6	9.6	9.8	9.4	8.9
Velocidad del viento (km/h)	8.6	9.2	9.4	9.6	9.4	8.8
Humedad relativa (%)	65.0	71.0	66.0	64.0	62.0	68.0
Horas posibles de sol (D)	11.52	11.34	11.4	11.66	12.0	12.41
Radiación solar g _s cal/cm ² día	432.2	429.6	493.0	538.2	561.5	551.20
n/D	0.77	0.85	0.84	0.84	0.78	0.72
E ₁	-4.20	-4.25	-4.2	-4.4	-4.4	-4.2
E ₂	2.8	3	3.4	3.75	3.8	3.5
E ₃	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
E ₄	3.5	2.2	2.5	3.0	3.0	2.5
Evaporación mm/día	4.64	3.35	4.1	4.38	4.9	4.3
Evaporación mm/mes	139.2	100.5	123.0	145.5	147.0	129

Fuente : Grupo de tesis

Donde se estima que para los seis meses la evaporación total es de 784.2 mm que equivalen a 46,095.54 m³ en seis meses.

EVAPOTRANSPIRACIÓN (ETR)

Es la combinación de vapor de agua que se desprende de la superficie del suelo y de su sistema de drenaje, junto con el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas.

Evapotranspiración potencial: Es la evapotranspiración que tendría lugar si hubiera siempre un suministro adecuado de humedad.

Evapotranspiración real: Es la cantidad de agua que consumen las plantas en un período determinado (mes, año, etc.), resulta de multiplicar la evapotranspiración potencial por un factor K_c llamado Coeficiente de Consumo, el cual toma en cuenta condiciones de fertilidad, capacidad de producción del área de cultivo, tipo de cultivo etc.

Para calcular la Evapotranspiración Real, se ocupó el método del Dr. Gelio Guzmán y el Lic. Carlos Salazar, que consiste en elaborar el cuadro 3.15, este método fue utilizado en el MAG, cuando ellos estuvieron a cargo del Servicio de Meteorología.

Para elaborar el cuadro es necesario: La Evapotranspiración Potencial, la capacidad de retención del suelo, el coeficiente de consumo K_c y la Precipitación Media mensual de la zona (ver anexo N° 3.3).

Para calcular la Evapotranspiración Potencial se utilizó el método de Blaney - Criddle, por tener los datos necesarios para su aplicación, expresándose de la siguiente forma:

$$ETP = P(0.46T + 8.16) \quad (\text{Ec. 3.14})$$

Donde:

- ETP = Evapotranspiración Potencial mensual en mm.
- P = Porcentaje mensual de horas de luz solar en el año.
- T = Temperatura media mensual en °C.

Los valores de Evapotranspiración Potencial para los meses de Noviembre de 1997 hasta Octubre de 1998, se presentan el cuadro 3.13.

CUADRO 3.13**EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE LA LAGUNA CUSCACHAPA**

MES	T (°C)	P (%)	ETP (mm)
NOV	23.2	8.9	167.0
DIC	21.4	9.8	176.0
ENE	22.0	10.0	182.0
FEB	23.0	9.6	179.0
MAR	24.2	9.4	181.0
ABR	24.8	8.7	170.0
MAY	25.1	8.3	163.0
JUN	23.5	6.6	125.0
JUL	24.9	8.0	168.0
AGO	24.5	8.3	162.0
SEP	23.5	6.8	129.0
OCT	23.4	7.4	140

Fuente : Grupo de tesis

Capacidad de Retención: Es la diferencia entre la Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez.

Capacidad de Campo: Es el contenido de humedad del suelo después de haber liberado agua por gravedad.

Punto de Marchitez: Es el contenido de humedad del suelo tal que las plantas no pueden absorber más agua de él.

El valor de la Capacidad de Retención se considera de 100 mm. debido a las pruebas de laboratorio realizadas por el MAG, para calcular la capacidad de Campo y Punto de Marchitez de suelos limo-arenosos próximos al área de estudio.

CUADRO 3.14

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL SUELO

LUGAR : AHUACHAPÁN						
PROFUNDIDAD (cm)	10	20	30	40	50	TOTAL
CAPACIDAD DE CAMPO (mm)	50.2	55.0	51.4	59.7	52.0	268.3
PUNTO DE MARCHITEZ (mm)	26.2	28.3	31.0	39.0	35.5	160.0
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL SUELO (mm)						108.3

Fuente : MAG, Departamento de Agroclimatología

El Coeficiente de Consumo K_c se asume igual a 1 de manera conservadora, debido a la variedad y la complejidad de cultivos.

CUADRO 3.15
CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

Capacidad de retención del suelo = 100 mm $K_c=1$

	Nov/97	Dic/97	En/98	Feb/98	Mar/98	Abr/98	May/98	Jun/98	Jul/98	Ago/98	Sep/98	Oct/98
ETP	167	176	182	179	181	170	163	125	168	162	129	140
P	34	13	2	4	4	46	204	380	330	330	383	206
VA	-100	0	0	0	0	0	41	59	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	41	100	100	100	100	100
ETR	134	13	2	4	4	46	163	125	168	162	129	140
D.A	33	163	180	175	177	124	0	0	0	0	0	0
E.A	0	0	0	0	0	0	0	196	162	168	254	66

Fuente : Grupo de tesis

En donde:

- ETP = Evapotranspiración potencial mensual. ETR = Evapotranspiración real
P = Precipitación media mensual. D.A = Deficiencia de agua
V.A = Variación de almacenaje de agua. E.A = Exceso de agua
A = Almacenaje de agua útil.

- 1) $V.A. \text{ MES ACTUAL} = A \text{ MES ANTERIOR} + P \text{ MES ACTUAL} - ETP \text{ MES ACTUAL}$
- 2) SI $A \text{ ACTUAL} > 100 \Rightarrow A = 100$ Y EXCEDENTE $A = \text{EXCESO DE AGUA}$ **ACTUAL**
- 3) SI $A \text{ MES ANTERIOR} + P \text{ MES ANTERIOR} < ETP \Rightarrow A \text{ MES ANTERIOR} = 0$
Y DEF. AGUA = $ETP \text{ MES ACTUAL} - (P \text{ ACTUAL} + A \text{ ANTERIOR})$
- 4) $V.A = A \text{ MES ACTUAL} - A \text{ MES ANTERIOR}$ (CON SU SIGNO)
- 5) SI $P > ETP \Rightarrow ETR = ETP$
SI $P < ETP \Rightarrow V.A + P \text{ ACTUAL} = ETR$

La Evapotranspiración Real desde el mes de Noviembre de 1997 hasta Abril de 1998 es de 203 mm que equivale a 2,998 m³.

CAMBIO EN EL ALMACENAMIENTO (ΔA)

Se considera que este cambio está representado por la variación de niveles en la superficie libre de la laguna, observándose que el cambio relativo durante los seis meses, ha sido una disminución de nivel de 20 cm para el área del espejo de agua de 58,780.9 m², que equivale a un volúmen de 11,756.1 m³.

3.6.5.2 BALANCE HÍDRICO EN LA SUBCUENCA

CUADRO 3.16

VARIABLES DE RECARGA Y DESCARGA

VARIABLE	DE RECARGA m ³ / 6 meses	DE DESCARGA m ³ / 6 meses
PRECIPITACIÓN (P)	7,575.54	
CAUDAL SUBTERRÁNEO QUE ENTRA (Q _{se})	40,500	
CAUDAL SUBTERRÁNEO QUE SALE (Q _{ss})		22,091
EVAPORACIÓN (EVP)		46095.54
EVAPOTRANSPIRACION REAL (ETR)		46,095.54
ACUMULADOS	48,075.54	71,184.54

Fuente : Grupo de tesis

Balance :

$$\text{Recarga} - \text{descarga} = 48,075.54 - 71,184.54$$

$$= - 23,108.72 \text{ m}^3$$

$$\text{Cambio en el almacenamiento} = - 11,756.1 \text{ m}^3$$

$$\text{Diferencia de balance} = - 11,756.1 \text{ m}^3 - (- 23,108.72 \text{ m}^3)$$

$$= 11,352.62 \text{ m}^3$$

ANÁLISIS DEL BALANCE HÍDRICO

Cada una de las variables consideradas, debido a que se basan en aproximaciones, tienen un porcentaje de error que depende de la naturaleza del fenómeno, esto dificulta el cierre numérico del balance.

Para tener una buena estimación de balance, se necesita conocer lo mejor posible, el efecto y la magnitud de cada variable que influye en el sistema, durante un período de tiempo considerable, lo que no fue posible debido al tiempo limitado del trabajo de investigación.

Analizando el resultado del balance indica, que el nivel libre del cuerpo de agua, debería bajar 40 centímetros, para un cambio de volúmen de $23,108.72 \text{ m}^3$; sin embargo sólo bajo 20 centímetros, lo que da la posibilidad

de que exista otra variable de recarga o que el caudal de agua subterránea sea mayor.

En base al resultado obtenido se confirma que el acuífero de Chalchuapa, suministra agua a la laguna en época de estiaje; por lo que la posibilidad de llegar a secarse es muy remota.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DEL ARRASTRE DE SEDIMENTO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

4.0 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo comprende el análisis y determinación de la cantidad del suelo teórica que pierde la cuenca de la laguna Cuscachapa, así como la cuantificación aproximada de sedimento que se ha depositado en la laguna, desde que se colocó la canaleta de aguas lluvias, cubriendo un periodo de estudio de 20 años.

Para determinar la cantidad de suelo que se pierde año con año, se utilizan expresiones matemáticas que relacionan las diferentes variables que intervienen en el proceso.

Al evaluar la cantidad de sedimento depositada en la laguna, se hará por medio de estudios batimétricos, uno realizado en la época de verano y el otro en la época de invierno, obteniéndose por diferencia de niveles la cantidad de sedimento depositada.

4.1 GENERALIDADES

Debido a las características físicas y topográficas de nuestro país, la erosión del suelo, es un tema de preocupación por su impacto en la productividad agrícola y los recursos hídricos; el deterioro del suelo está relacionado a las necesidades de producción de alimentos y los patrones culturales de la población rural, centralizándose la problemática en los siguientes aspectos:

- Erosión y pérdida de fertilidad: La mayoría de la producción agrícola se da en laderas, y gran porcentaje de tierras se componen de suelos que no se consideran apropiados para cultivos, causando la erosión, la pérdida de nutrientes y la disminución de la capacidad de mantener la humedad.
- Modificación de la naturaleza física: La deforestación, la expansión de zonas agrícolas y el desarrollo urbano desordenado genera la eliminación paulatina de la cobertura vegetal.
- Deterioro químico-biológico: Al perder el suelo su capacidad productiva, se trata de compensar con el uso de agroquímicos, incrementando el costo de la producción.

Desde el punto de vista ambiental, el deterioro de los suelos se manifiesta en la modificación del comportamiento hidrológico de las cuencas, que pierden poco a poco su capacidad de recargar los reservorios subterráneos, además de contaminar los ecosistemas acuáticos, tanto por la depositación de partículas sólidas (sedimento), como por el arrastre de sustancias tóxicas producto de las altas concentraciones utilizadas para mejorar los cultivos.

Por lo antes mencionado, se hace necesario intensificar estudios y políticas para la conservación de los suelos, a fin de proteger los recursos existentes.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA POTENCIAL DEL SUELO.

A través del tiempo se han realizado estudios enfocados a calcular las pérdidas de suelo, por medio de modelos de campo, con la finalidad de entender mejor el proceso de la erosión.

En base a la Tecnología de Erosión de los Suelos, se definen los términos erosión de suelo, la pérdida del mismo y la acumulación de sedimentos, de la siguiente forma:

- La erosión de suelos: Es la remoción de las partículas de suelo, retirada por la acción dispersante de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial.
- La pérdida de suelo: Es la cantidad de suelo desprendido de un campo o pendiente determinada.
- La acumulación de sedimento: Es la pérdida del suelo depositada en un punto de baja elevación.

Los primeros cálculos de la pérdida de suelo eran de naturaleza cualitativa; a medida que había más datos disponibles y con las investigaciones, se formularon ecuaciones de factores múltiples, que describían de mejor manera las variables contribuyentes a la erosión.

Dando como resultado de estos análisis la ecuación de mayor uso en la actualidad, que es "La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), conocida por sus iniciales en inglés como USLE. Las investigaciones más recientes se han dedicado a ampliar los parámetros, a fin de optimizar los resultados al emplear una base física y no como un resultado de observaciones empíricas.

La EUPS según Wishmeier¹⁴ (1976) puede utilizarse adecuadamente para las siguientes finalidades:

- 1- Predecir la pérdida de suelo de una pendiente en un campo con condiciones específicas para uso de la tierra.
- 2- Servir como guía en la selección de sistemas de cultivos, manejo y prácticas de conservación para suelos con pendiente específica.
- 3- Predecir el cambio en la pérdida de suelo.
- 4- Determinar como pueden aplicarse las prácticas de conservación, para obtener un cultivo más productivo.
- 5- Estimar las pérdidas de suelo en áreas con uso del suelo distinto al agrícola.

Siendo el principal objetivo de esta ecuación predecir la producción neta de sedimento, es decir, la cantidad de partículas que son transportadas hasta un punto de observación.

¹⁴ M.J. Kirkby, R.C.P. Morgan, Erosión de Suelos, Ed. Limusa, Primera Ed. en Esp. 1984.

En la actualidad se intenta combinar la pérdida de suelo con los modelos hidrológicos, de manera que pueda estimarse el movimiento de sedimento desde la cuenca acuífera.

Para una mejor comprensión de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y de las modificaciones que ha experimentado a través de los años, se presenta una breve cronología de su desarrollo:

En 1915: Se realizan los primeros estudios cuantitativos en América a través del Servicio Forestal de los Estados Unidos.

En 1940: Presentación de la primera ecuación empírica por Zingg, basada en el grado y longitud de pendiente.

En 1940: Publicación del estudio sobre precipitación pluvial natural por Laws.

En 1941: Evaluación de los efectos de las prácticas de conservación mecánicas, para combinaciones de rotación de cultivos y tratamientos del suelo.

En 1947: Musgrave estableció la relación de las características de precipitación pluvial con la cantidad de suelo erosionado, determinando una ecuación donde la pérdida era proporcional a la máxima precipitación

en 30 minutos. Ampliando los parámetros de cobertura vegetal, grado de pendiente, longitud de pendiente y la erodabilidad inherente de un suelo

En 1954: Se recolectó información en más de 8,000 parcelas en 36 localidades de 21 estados en los Estados Unidos, con el objeto de superar las limitaciones existentes en los parámetros utilizados al evaluar la Ecuación de Pérdida de Suelo. Estos datos fueron obtenidos de parcelas rectangulares, seleccionadas por su uniformidad en suelo y pendiente, generalmente de 40.47 a 888.95 m² de área.

En 1958: Wischmeir y Smith publicaron los resultados obtenidos de analizar todas las variables, sus interrelaciones y relaciones con la pérdida de suelo.

De todo este estudio se generó una nueva ecuación mucho más exacta, considerada de uso universal que superaba en gran medida las restricciones geográficas y climáticas de ecuaciones anteriores, pero su empleo dependía de la existencia de datos aplicables a cada localidad.

La EUPS desarrollada como el método de predicción de pérdida anual de suelos, más utilizada en los Estados Unidos, se expresa así:

$$A = R K L S C P \text{ (Ton/Ha/año)} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo.

R = Factor de erosividad por lluvia.

K = Factor de erodabilidad del suelo.

L = Factor de longitud de pendiente.

S = Factor de inclinación o gradiente de pendiente; los factores L y S se relacionan entre sí, afectando considerablemente el grado de erosión, y han sido investigados por separado; sin embargo se consideran como un único factor LS por estar relacionados con la topografía del terreno.

C = Factor de manejo de cultivos.

P = Factor de prácticas de control de erosión.

Estos factores se desarrollaron mediante una unidad de evaluación llamada parcela estándar con una longitud de 22.13 metros sobre una pendiente

uniforme del 9% en sentido longitudinal y sin vegetación alguna (Barbecho continuo).

Para la aplicación de EUPS hay que tener en cuenta, que cada región presenta condiciones diferentes de terreno que modifican el grado de erosión del suelo, tales como: el patrón local de lluvias, características del suelo, erosión anterior, historia del uso de la tierra y topografía.

En el presente trabajo, al evaluar la aplicación de la EUPS se hizo necesario retomar modificaciones realizadas por diferentes autores, seleccionando aquellas que más se apegan a las condiciones y características de la cuenca en estudio.

4.3 ECUACIÓN UNIVERSAL MODIFICADA DE PÉRDIDA DE SUELO.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), fue modificada Por Willians y Berndt en 1976, para predecir la producción de sedimentos en las cuencas acuíferas, ya que la EUPS se limitaba principalmente a medir la erosión laminar, y consideraba que el suelo en los lugares de prueba estaba sin vegetación alguna.

El uso de la EUPS se amplió de tal manera, que se pudo estimar la erosión de una cuenca, mediante la evaluación del sedimento que pierde anualmente, para lo cual se introdujeron modificaciones al factor de Índice de Erosión (R), que es una medida de la fuerza de la lluvia, su cálculo en la EUPS se realizaba como un promedio anual de la suma de los productos de la energía cinética de cada tormenta, multiplicada por la intensidad máxima de la misma, para una duración de la lluvia de 30 minutos; pero la aplicación de este factor requiere un período mínimo de 22 años de datos meteorológicos, así como realizar evaluaciones para cada tormenta, siendo este inconveniente la razón principal para sustituir el factor de escorrentía, dando lugar a una Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo EUMPS, conocida por sus siglas en inglés como MUSLE; resultando la ecuación¹⁵:

$$A = 11.8 (V Q_p)^{0.56} K C P LS \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde:

A = Cantidad de sedimento producido en una cuenca en toneladas/evento.

V = Volumen de escorrentía superficial de la cuenca en m³.

Q_p = Caudal pico máximo para la cuenca en m³/seg.

K, C, P, y LS: Igual definición que en la de EUPS.

¹⁵ Castro Rauda, M. A., Tesis Estudio sobre la sedimentación del embalse Cerron Grande, 1994

Siendo esta ecuación la que se utilizará para determinar la cantidad potencial de sedimento aportado por la cuenca de la laguna Cuscachapa, evaluando los puntos extremos, comenzando en la parte alta, continuando sobre la longitud del cauce principal hasta llegar al punto de análisis, ubicado en la intercepción de 11ª Avenida Sur y Calle a las Flores.

4.3.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUE FORMAN PARTE DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL MODIFICADA DE PÉRDIDA DE SUELO (EUMPS).

Como se mencionó anteriormente la EUMPS está conformada por factores que están interrelacionados y sujetos a variaciones o restricciones locales, haciendo necesario una descripción más amplia de los métodos de cálculo que se utilizarán en el trabajo de investigación, detallando cada uno de estos factores a continuación.

4.3.1.1 FACTOR DE ESCORRENTÍA $[11.8 (V Q_p)^{0.56}]$

Este factor es determinado por un evento lluvioso, sin embargo en el estudio se toman los datos de lámina de precipitación obtenidos de la estación ubicada en el Beneficio Tazumal que se consideran representativos, por su ubicación a 2 Km al Nor-Este de laguna Cuscachapa.

El factor de escorrentía está en función del volumen de escorrentía superficial y del caudal pico máximo, que se describen a continuación:

4.3.1.1.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (V).

El Volumen de Escorrentía o Lámina de Lluvia Efectiva (V), depende del Volumen de Precipitación (Pb) y del volumen de almacenamiento que esta disponible por retención. La retención actual (F) es la diferencia entre el volumen de precipitación y la escorrentía. Sin embargo cierto volumen de precipitación de la tormenta, llamado Abstracción Inicial (Ia), no aparece como parte de la escorrentía. El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), asume la siguiente relación lluvia-escorrentía:

$$\frac{F}{R_m} = \frac{V}{P_b - I_a} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

En donde R_m es igual a la Retención Máxima Potencial.

Cuando la abstracción inicial (I_a) es considerada, la retención actual se define como:

$$F = (P_b - I_a) - V \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Sustituyendo la ecuación (Ec. 4.4) en la (Ec. 4.3), se obtiene:

$$V = \frac{(P_b - I_a)^2}{(P_b - I_a) + R_m} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

La abstracción inicial (I_a) es una función del uso de la tierra, infiltración, tipo de almacenamiento, su conservación y condición.

Un análisis empírico se desarrolló para establecer la relación lluvia-escorrentía, la siguiente fórmula fue encontrada como la mejor estimación de la:

$$I_a = 0.2 R_m \quad (\text{Ec. 4.6})$$

Sustituyendo (Ec. 4.6) en (Ec. 4.5) obtenemos:

$$V = \frac{(Pb - 0.2 Rm)^2}{Pb + 0.8 Rm} \quad (\text{Ec.4. 7})$$

Simplificando así el proceso de evaluación al reducir el número de incógnitas, ya que el volumen de precipitación (Pb) se obtiene de los datos de precipitación proporcionados por el MAG, de la estación ubicada en el Beneficio El Tazumal, quedando como incógnita la retención máxima (Rm), que según estudios empíricos indica una relación de la siguiente manera:

$$Rm = (1000/CN - 10) \times 25.4 \quad (\text{Ec. 4.8})$$

En donde, CN es el número de curvas de escorrentía, el cual está en función del uso de la tierra, antecedentes sobre la humedad del suelo y otros factores que afectan la retención y la escorrentía.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), ha desarrollado un índice CN, que representa el efecto hidrológico del suelo, uso de la tierra, clase de tratamiento agrícola, condiciones hidrológicas y antecedentes de la humedad del suelo.

Este índice relaciona los diferentes tipos de suelos clasificándolos en cuatro grupos de acuerdo a sus características con las letras A, B, C, y D, detallándose a continuación:

Grupo A: arenas profundas y sedimentos aglomerados.

Grupo B: arena margosa.

Grupo C: arcilla margosa, arena superficial, suelos de bajo contenido orgánico y suelos con altos contenido de arcilla.

Grupo D: arcilla con alta plasticidad y ciertos suelos salinos.

Esta clasificación se complementa con tres factores más: uso de la tierra, prácticas agrícolas y condiciones hidrológicas. Hay aproximadamente 15 clases diferentes de usos de la tierra, los cuales se identifican en el cuadro 4.1.

El uso agrícola de la tierra está generalmente subdividido por prácticas y tratamientos, describiendo las formas en que se realiza el cultivo. Las condiciones hidrológicas reflejan el nivel del manejo de la tierra, que se divide en tres clases: pobre, regular y bueno.

Los valores de CN se obtienen tomando como base las áreas de los usos de la tierra del mapa vegetativo realizado en el estudio hidrológico, aplicando a cada área de la cuenca su respectivo CN.

CUADRO 4.1

NÚMERO DE CURVAS DE ESCORRENTÍA (CN), PARA SUELOS HIDROLÓGICOS.

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA, TRATAMIENTO, CONDICIÓN HIDROLÓGICA			GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO				
			A	B	C	D	
TAMAÑOS PROMEDIOS		% PROMEDIO DE IMPERMEABILIDAD					
1/8 ACRE o MENOS		65	77	85	90	92	
¼ ACRE		38	61	75	83	87	
1/3 ACRE		30	57	72	81	86	
½ ACRE		25	54	70	80	85	
1 ACRE		20	51	68	79	84	
PARQUEOS PAVIMENTADOS, TECHOS Y CAMINOS DE ACCESO			98	98	98	98	
CARRETERAS Y CAMINOS:			PAVIMENTADOS	98	98	98	98
			BALASTRADOS	76	85	89	91
			DE TIERRA	72	82	87	89
ÁREAS COMERCIALES (85% DE IMPERMEABILIDAD)			89	92	94	95	
DISTRITOS INDUSTRIALES(72% DE IMPERMEABILIDAD)			81	88	91	93	
ESPACIOS ABIERTOS, ENGRAMADOS, PARQUES, CEMENTERIOS, ETC.			88	88	88	88	
CONDICIÓN BUENA: HIERBA CUBRE 75% o MÁS DEL ÁREA			39	61	74	80	
CONDICIÓN REGULAR: HIERBA CUBRE 50% o MÁS DEL ÁREA			49	69	79	84	
USOS DE LA TIERRA	PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	CONDICIÓN HIDROLÓGICA					
BARBECHO	LINEAS NIVELADAS	—	77	86	91	94	
LINEAS DE CULTIVO	LINEAS NIVELADAS	POBRES	72	81	88	91	
		BUENAS	67	78	85	89	
	CONTORNOS	POBRES	70	79	84	88	
		BUENAS	65	75	82	86	
	CONTORNOS Y TERRAZAS.	POBRES	66	74	80	82	
		BUENAS	62	71	78	81	
GRANOS PEQUEÑOS	LINEAS NIVELADAS	POBRES	65	76	84	88	
		BUENAS	63	75	83	87	
	CONTORNOS	POBRES	63	74	82	85	
		BUENAS	61	73	81	84	
	CONTORNOS Y TERRAZAS	POBRES	61	72	79	82	
		BUENAS	59	70	78	81	
SEMBRADOS CERRADOS DE LEGUMBRES O ROTACIÓN DE SEMBRADOS.	LINEAS NIVELADAS	POBRES	66	77	85	89	
		BUENAS	58	72	81	85	
	CONTORNOS	POBRES	64	75	83	85	
		BUENAS	55	69	78	83	
PRADOS	CONTORNOS Y TERRAZAS	POBRES	63	73	80	83	
		BUENAS	51	67	76	80	
PASTOS EXTERNOS		POBRES	68	79	86	89	
		REGULAR	47	69	79	84	
		BUENAS	39	61	74	80	
	CONTORNOS	POBRES	47	67	81	88	
		REGULAR	25	59	75	83	
		BUENOS	6	35	70	79	
PRADOS		BUENOS	30	58	71	78	
BOSQUES O TIERRA FORESTAL		POBRES	45	66	77	83	
		REGULAR	36	60	73	79	
		BUENOS	25	55	70	77	
GRANJAS O HACIENDAS		-----	59	74	82	86	

Fuente: Servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (SCS).

4.3.1.1.2 CAUDAL PICO MAXIMO (Qp)

El Caudal Pico Máximo o Escorrentía Máxima (Qp) será calculado en base al método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS) por medio de la expresión:

$$Q_p = \frac{0.21 V A}{T_p} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

Donde:

Qp = Caudal Pico Máximo en m³/seg.

V = Volumen de escorrentía o lluvia efectiva en milímetros.

Tp = Tiempo pico en horas (tiempo desde el inicio de la tormenta hasta Q max).

Pero sabemos que $T_p = D + T_I$ (Ec. 4.10)

Donde:

Tp = Tiempo pico en horas.

D = Duración efectiva de la tormenta en horas.

T_I = Tiempo de retardo en horas.

Pero la duración efectiva de la tormenta no puede ser mayor que el tiempo concentración (T_c) determinando dos ecuaciones:

- Para $T_c \geq 4$ horas, se usará: $D = 2 T_c$ (Ec. 4.11)

- Para $T_c < 4$ horas, se usará $D = T_c$ (Ec. 4.12)

Además se determinó una relación entre T_I y T_c de la siguiente manera:

$$T_I = 0.6 T_c \quad (\text{Ec. 4.13})$$

Al evaluar la ecuación 4.13 para diferentes T_c se obtiene:

Para $T_c \geq 4$ horas

$$Q_p = \frac{0.13 V A}{T_c} \quad (\text{Ec. 4.14})$$

Para $T_c < 4$ horas

$$Q_p = \frac{1.19 V A}{T_c} \quad (\text{Ec. 4.15})$$

En donde:

Q_p = en $m^3/\text{seg.}$

V = en milímetros

A = en Km^2

T_c = en horas, que se retomará del cálculo realizado en el estudio hidrológico en el capítulo III.

4.3.1.2 FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)

La erodabilidad del suelo se relaciona esencialmente con la estabilidad de los agregados del suelo, así como las fuerzas cohesivas que mantiene unidos a los agregados. La erodabilidad del suelo es dinámica, en el sentido que puede alterarse por una tormenta, por efectos de la labranza, aplicación de abono, etc.

El factor (K) refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas, cuando los demás factores que afectan la erosión son los mismos. Para un suelo determinado, el factor de erodabilidad es la tasa de erosión, a partir de una parcela estándar de 22.13 metros de longitud y 9% de pendiente en barbecho continuo. La erodabilidad se ve afectada principalmente por los factores que se relacionan con la tasa de infiltración como la permeabilidad, dispersión, abrasión, capacidad hídrica total y fuerza de transporte.

La medición directa del factor (K) requiere considerable tiempo y equipo, además de un alto costo. Inicialmente se hicieron mediciones directas para determinar valores de (K) para 23 tipos de suelos en los Estados Unidos, posteriormente se aproximaron valores para otros tipos de suelos, considerando sus características y comparándolas con las de los suelos medidos.

Con el fin de simplificar su cálculo se realizó un estudio, describiendo el factor K por medio de 15 propiedades del suelo y sus interacciones, desarrollando una ecuación de regresión múltiple de 24 términos que se consideró válida para diferentes tipos de suelo de textura media, pero su aplicación era aún demasiado complicada, haciéndose un estudio complementario que generó el desarrollo de un nomograma de la erodabilidad del suelo. (Ver figura 4.1), que está diseñado de tal manera que sólo se necesita conocer cinco parámetros del suelo:

- Porcentaje de limos (0.002 - 0.05)mm más arena fina (0.05-0.10)mm.

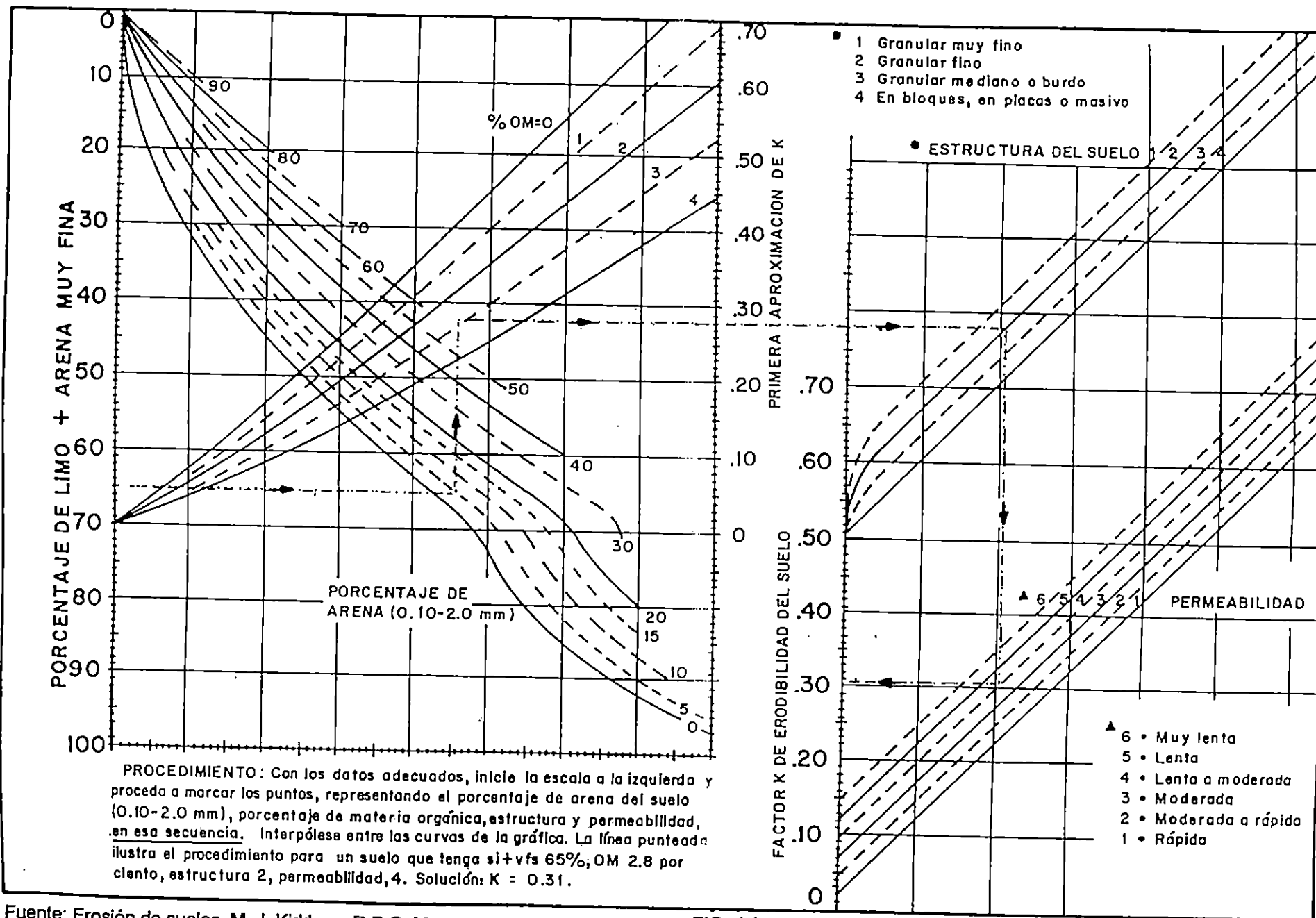
- Porcentaje de arena (0.10 - 2.0)mm.

- Contenido de materia orgánica.

- Estructura del suelo.

- Permeabilidad del suelo.

El primero está representado por una escala numérica y los cuatro últimos por familias de curvas.



Fuente: Erosión de suelos, M. J. Kirkby, y R.P.C. Morgan, editorial Limusa 1984. FIG. 4.1

El proceso de cálculo del factor (K) comienza introduciendo en el Nomograma el valor del porcentaje de limo más arena fina en la escala numérica en forma horizontal, luego se intercepta la familia de curvas del porcentaje de arena y se continúa en forma vertical interceptando las curvas del porcentaje de materia orgánica, luego en forma horizontal se corta la curva de la estructura de suelo y se sigue en forma vertical hasta interceptar la permeabilidad, una vez hecho esto, se sigue en forma horizontal hasta llegar a la escala del valor final del (K).

Para determinar (K) en este trabajo se hizo un estudio minucioso del tipo de suelo de la cuenca, realizando las pruebas de clasificación visual granulometría, Límites de Atemberg detallando los resultados en el anexo N° 4.1 para ser aplicados al nomograma de la figura 4.1.

4.3.1.3 FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L), Y FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S).

Ambos factores inciden considerablemente en el aumento o disminución de la erosión, a medida que la longitud de pendiente aumenta la erosión es más severa, mientras que el ángulo de pendiente determina la eficacia de la erosión.

FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S)

El ángulo de la pendiente es un factor importante que determina la eficacia de la erosión por fragmentación, a medida que el ángulo de la pendiente aumenta, la cantidad de suelo que se esparce cuesta abajo es mayor (Ellison 1944).

Wischmeir y Smith determinaron en 1957 que la pérdida de suelo, se relaciona con una descripción parabólica del efecto de la inclinación de la pendiente. Normalizando esta ecuación con una pendiente de parcela estándar del 9%, dando como resultado la ecuación:

$$S = \frac{0.43 + 0.35s + 0.43s^2}{6.613} \quad (\text{Ec. 4.16})$$

Donde:

S = Factor de Gradiente de pendiente.

s = Gradiente en porcentaje.

FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L)

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie, hasta el punto donde la pendiente disminuye

lo bastante y ocurra la deposición, o hasta que la escorrentía entra en un canal definido. El desarrollo de la EUPS se basó en la longitud de una parcela estándar de 22.13 metros Wischmeier y Smith (1965), definieron el factor de longitud de pendiente como:

$$L = (X / 22.13)^m \quad (\text{Ec. 4.17})$$

En donde:

L = Factor de longitud de pendiente expresado en porcentaje.

X = Longitud de la pendiente, en metros

m = Exponente.

Las recomendaciones actuales de Wischeier y Smith (1978); para el exponente son:

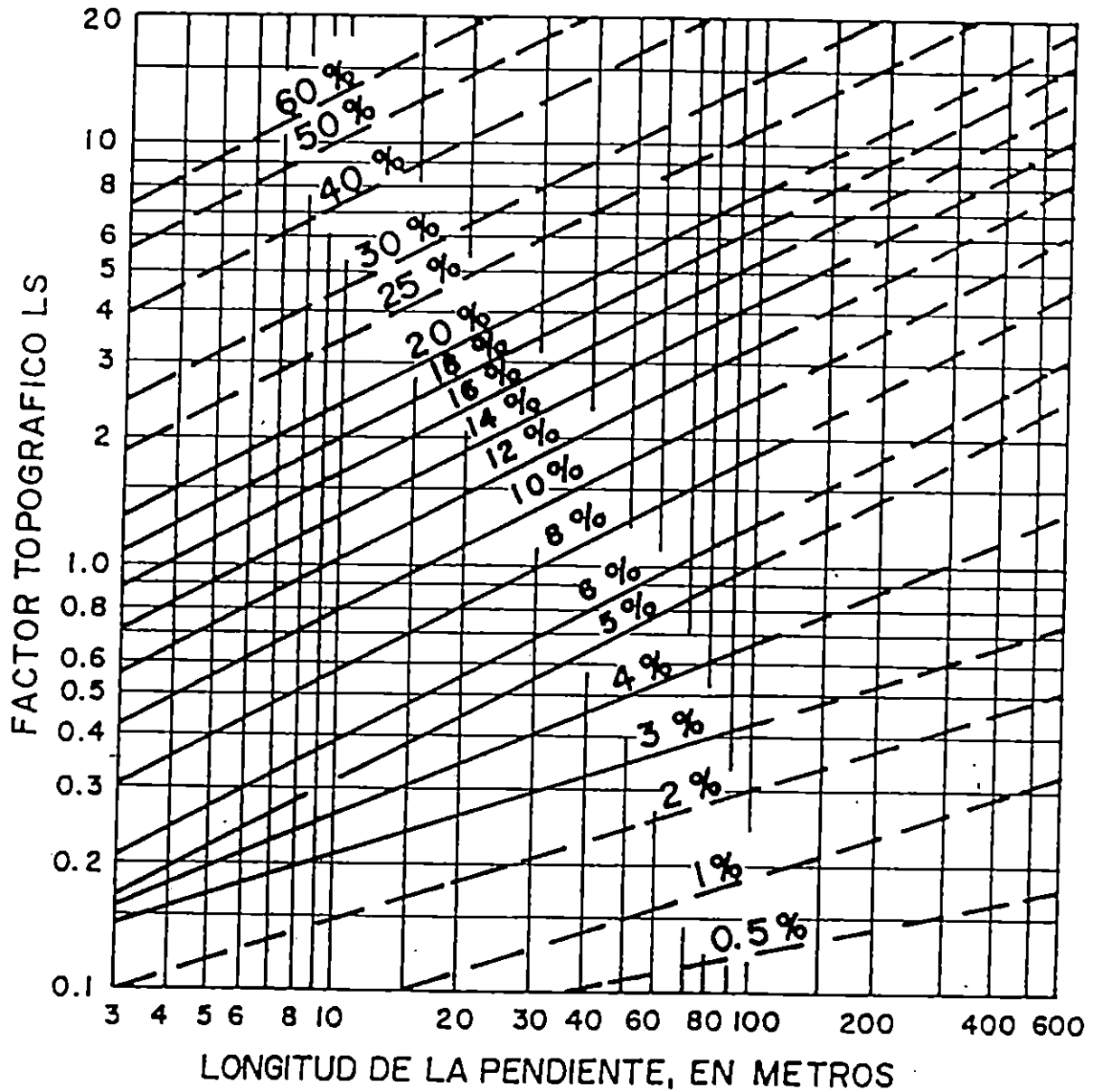
m = 0.5, si la pendiente $\geq 5 \%$

m = 0.4, si la pendiente $< 5 \%$ y $> 3 \%$

m = 0.3, si la pendiente $< 3\%$ y $\geq 1 \%$

m = 0.2, si la pendiente $< 1 \%$

Estas recomendaciones se reflejan en la construcción del nomograma (ver figura 4.2), que relaciona la longitud de pendiente, gradiente y el factor topográfico, con la limitante que su aplicación no puede hacerse a tramos mayores de 600 metros.



Factor de longitud y grado de pendiente, LS, para usarse con la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo

Fuente: Erosión de suelos, M. J. Kirkby, y R.P.C. Morgan, editorial Limusa 1984.

FIG. 4.2

Los efectos de la longitud y gradiente de pendiente se representan en la EUPS como L y S respectivamente, sin embargo, se pueden evaluar, como un factor topográfico único LS; encontrándose una relación entre ambos factores, dando como resultado:

$$LS = (X / 22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) \quad (\text{Ec. 4.18})$$

Donde todos los términos se han definido previamente y para efectos de este trabajo, se utilizará el nomograma, que simplifica en gran medida el estudio de este factor.

4.3.1.4 FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C)

El factor de manejo de cultivos representa la relación de pérdida de suelo, originada de una condición específica de labranza o barbecho continuo para el mismo suelo. Este factor incluye los efectos interrelacionados de la cubierta, secuencia de cultivos, duración de la estación de crecimiento, prácticas de cultivo y la distribución de precipitación. La evaluación del factor C es difícil debido a los múltiples cambios en los sistemas de cultivo, manejo y ciclo vegetativo.

Elwell y Stocking en 1976 presentaron un enfoque de clasificación de cubierta por cultivo, para condiciones probadas en Rhodesia. Los resultados de este enfoque incluyeron una relación de la pérdida de suelo en función de la cobertura vegetal estacional media.

Roose en 1977 propuso valores promedios anuales del factor C (ver cuadro 4.2) para la cubierta vegetal y técnicas de cultivo de la zona de Africa Occidental. Encontrándose gran similitud con las condiciones de cultivo y vegetación existente en nuestro país, por lo que se tomará como tabla de referencia al determinar el factor cultivo (C).

CUADRO 4.2

FACTOR DE COBERTURA VEGETAL Y TÉCNICAS DE CULTIVO(C)

PRÁCTICA	FACTOR C PROMEDIO ANUAL
SUELO DESNUDO	1
BOSQUE O MATORRAL DENSO, CULTIVOS CON CAPA GRUESA DE MATERIA ORGÁNICA.	0.001
SABANA, PRADERA EN BUENAS CONDICIONES.	0.01
SABANA O PRADERA SOBREPASTOREADA.	0.1
COBERTURA DE CULTIVO DE DESARROLLO LENTO O SIEMBRA TARDIA: PRIMER AÑO.	0.3 A 0.8
COBERTURA DE CULTIVO DE DESARROLLO RÁPIDO O SIEMBRA TEMPRANA: PRIMER AÑO.	0.01 A 0.1
COBERTURA DE CULTIVO DE DESARROLLO LENTO O SIEMBRA TARDIA: SEGUNDO AÑO.	0.01 A 0.1
MAÍZ, SORGO, MIJO(EN FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN)	0.4 A 0.9
ARROZ(FERTILIZACIÓN INTENSIVA)	0.1 A 0.2
ALGODÓN, TABACO(SEGUNDO CICLO)	0.5 A 0.7
CACAHUATE(EN FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN Y DE FECHA DE PLANTACIÓN)	0.4 A 0.8
PRIMER AÑO DE CASAVE Y ÑAME(EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE PLANTACIÓN)	0.01
PALMA, CAFÉ, CACAO CON COBERTURA DE CULTIVO	0.1 A 0.3
PIÑA EN CONTORNO(EN FUNCIÓN DE PENDIENTE): RESIDUO QUEMADO	0.2 A 0.5
RESIDUO ENTERRADO	0.1 A 0.3
RESIDUO SUPERFICIAL	0.2 A 0.8
PIÑA Y SIEMBRA DE RELLENO(PENDIENTE DEL 7 %).	0.1

FUENTE: "EROSIÓN DE SUELOS", M. J. KIRKBY Y R.P. C MORGAN, EDITORIAL LIMUSA, 1984.

4.3.1.5 FACTOR DE MÉTODO DE CONTROL DE EROSIÓN (P).

Este factor representa la acción que los distintos tipos de obras de protección ejercen sobre la erosión. Su cálculo se realizó en forma experimental y sólo para ciertos tipos de obras de protección. Los métodos de control que por lo general se incluyen en este factor son la delineación de los contornos, el cultivo en franjas de contorno, y el terraceo. La labranza de conservación, rotación de cultivos, tratamientos de fertilización y la retención de los residuos, todos son métodos importantes en el control de la erosión, sin embargo, estas prácticas se incluyen en los factores de manejo de cultivos descritos anteriormente.

Los factores de método de control de erosión para las tres principales prácticas mecánicas propuestas en 1978 por Wischmeier y Smith se presentan en el cuadro 4.3.

CUADRO 4.3

FACTOR DE MÉTODO DE CONTROL DE LA EROSIÓN (P)

PENDIENTE DEL TERRENO %	CULTIVO EN CONTORNO	CULTIVO EN PAJAS DE CONTORNO Y SURCOS IRRIGADOS.	TERRACEO
1-2	0.6	0.3	0.12
3-8	0.5	0.25	0.10
9-12	0.6	0.3	0.12
13-16	0.7	0.35	0.14
17-20	0.8	0.40	0.16
21-25	0.9	0.45	0.18

4.4 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA POTENCIAL DEL SUELO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA.

La determinación de la cantidad de suelo que pierde la cuenca de la laguna Cuscachapa, se hará a través de la EUMPS, de la que se describe el proceso de cálculo de cada uno de los factores a considerar en el presente estudio.

FACTOR DE ESCORRENTÍA [$11.8 (V Q_p)^{0.56}$]

Volumen de escorrentía (V):

$$V = \frac{(P_b - 0.2 R_m)^2}{P_b + 0.8 R_m} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Determinando el valor de retención máxima (R_m):

$$R_m = (1000/CN-10) \times 25.4 \quad (\text{Ec. 4.8})$$

El Factor del Número de Curvas (CN), se obtiene del cuadro 4.1 y datos del cuadro vegetativo (ver cuadro 3.6 en capítulo III), aplicando la siguiente fórmula:

$$CN = \sum A_i CN_i \quad (\text{Ec. 4.19})$$

Donde:

CN = Factor de número de curvas de escorrentía ponderado.

A_i = Área evaluada, expresada en porcentaje.

CN_i = Factor de número de curvas de escorrentía, de un área específica.

Al aplicar la ecuación 4.19 se tiene:

CUADRO 4.4

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVAS DE ESCORRENTÍA (CN)

Descripción	CN	% Area	CN
Cafetales	60	85.10	51.06
Pasto Hierba	94	11.35	10.67
Ciudad	98	3.55	3.48
			CN = 65.21

De (Ec.4.8) se tiene:

$$R_m = 135.51$$

$P_b = 1,936 \text{ mm}$ (Dato de precipitación promedio anual, proporcionado por
MAG ver anexo N° 3.3, Capítulo III)

Sustituyendo en la (Ec. 4.7) se obtiene:

$$V = 1,782.37 \text{ mm}$$

CAUDAL DE ESCORRENTÍA (Q_p)

Los valores de tiempo de concentración y área de la cuenca son:

$$A = 2.97 \text{ Km}^2 \quad T_c = 0.5 \text{ horas (De estudio hidrológico)}$$

$$\text{Si } T_c < 4 \text{ horas se utiliza } Q_p = \frac{1.19 V A}{T_c} \quad (\text{Ec. 15})$$

Sustituyendo en (Ec. 4.15) se tiene:

$Q_p = 12,598.86 \text{ m}^3/\text{s}$ (por año)

FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)

En la prueba de laboratorio se obtuvo los siguientes valores

% limo = 40.13 %

% arena fina = 21.94 %

% limo + arena fina = 62.07 %

% arena = 38 %

% de materia orgánica: 3.7 %

Estructura del suelo: Granular fino

Permeabilidad: Moderada a rápida (de estudio hidrológico)

De la figura 4.1 se obtiene:

$K = 0.32$

FACTOR DE LONGITUD DE PENDIENTE (L) Y FACTOR DE GRADIENTE DE PENDIENTE (S).

Para evaluar LS se consideró tramos no mayores de 600 metros, en dirección del cauce más largo evaluando para cada tramo su factor topográfico en base a la figura 4.2., y aplicando una ponderación :

**CUADRO 4.5
DATOS DEL FACTOR TOPOGRÁFICO (LS)**

Curvas	Area entre curvas M ²	Longitud de pendiente (MT)	Pendiente %	Factor Topográfico
790	0.02625	460	3.26	0.8
785	0.15625			
780	0.06275			
775	Σ 0.24525			
775	0.10325	500	2	0.5
770	0.2308			
765	Σ 0.33405			
765	0.201			
760	0.339	480	2.08	0.5
755	0.24975			
750	Σ 0.78975			
750	0.2395			
745	0.29375	560	27	1.0
740	0.2465			
735	Σ 0.77875			
735	0.1953			
730	0.1445	370	2.7	0.58
725	Σ 0.33.98			
725	0.2071			
720	0.2071			
720	0.099	380	1.31	0.32
715	0.099			
ÁREA TOTAL=	2.7937 m ²			

Ponderación:

$$LS = [0.8 (0.24525) + 0.5 (0.33405) + 0.5 (0.78975) + 1 (0.77875) + 0.58 (0.3398) + 0.35 (0.2071) + 0.32 (0.099)] / 2.7937$$

Luego el factor topográfico es:

$$LS = 0.66$$

FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C)

De cuadro 4.2 y datos del cuadro 4.5 del factor topográfico y realizando una ponderación tenemos:

CUADRO 4.6

FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS C

DESCRIPCIÓN	C	% Área	C
Cafetales	0.3	85.10	0.26
Pasto, hierba	0.1	11.35	0.01
Ciudad	0.9	3.55	0.03
			$\Sigma C = 0.3$

FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONTROL DE EROSIÓN (P)

De cuadro 4.3. y datos de cuadro 4.5 del factor topográfico y ponderando (P) se tiene:

CUADRO 4.7

PRÁCTICAS DE CONTROL DE EROSIÓN (P)

Curva	Pendiente %	P	% Área	P
790-775	3.26	0.5	8.78	0.04
775-765	2.0	0.6	11.96	0.07
765-750	2.08	0.6	28.88	0.17
750-735	2.7	0.5	27.88	0.14
735-725	2.7	0.5	12.16	0.06
725-720	1.43	0.6	7.41	0.02
720-715	1.31	0.6	3.54	0.02
				$\Sigma P = 0.52$

CÁLCULO DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL MODIFICADA DE PÉRDIDA DE SUELO (EUMPS)

$$A = 11.8 (V Q_p)^{0.56} K L S C P \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Conociendo los valores:

$$V = 1,782.37 \text{ mm}$$

$$Q_p = 12,598.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$K = 0.32$$

$$L S = 0.66$$

$$C = 0.30$$

$$P = 0.53$$

Sustituyendo valores en (Ec. 4.2):

$$A = 11.8 (1,782.37 \times 12,598.86) 0.56 \times 0.32 \times 0.66 \times 0.3 \times 0.53$$

$$A = 5,282.25 \text{ Toneladas/evento (el evento es de un año)}$$

$$A = 5,282.25 \text{ Ton/ anuales}$$

Si el evento es la cantidad de lámina de precipitación promedio en el año, podemos decir que en 20 años la pérdida de la cuenca sería:

$$20 \times A = 105,645 \text{ toneladas/20 años.}$$

4.5 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO DEPOSITADO EN LA LAGUNA CUSCACHAPA.

El proceso natural de todos los lagos o lagunas es a desaparecer, después de pasar por sus diferentes etapas limnológicas (oligotrófico, distrófico y mesotrófico) debido a la presencia de nutrientes; este proceso se ha visto

sedimento; y para una mejor comprensión del proceso, describimos en forma breve los principales factores que intervienen, así como la metodología para determinar la cantidad de sedimento que se ha depositado en un año, y hacer una estimación de la pérdida de la capacidad de almacenamiento del cuerpo de agua y de los efectos que causa la deposición del sedimento en el cuerpo de agua.

Al estudiar el proceso de sedimentación en reservorios o cuerpos de agua se deben de considerar aspectos básicos, tales como:

- El transporte de sedimento.
- La deposición del sedimento que llega al cuerpo de agua.

Esto con la finalidad de hacer un análisis de las condiciones actuales, y evaluar la cantidad de sedimento depositado.

El proceso de sedimentación inicia con el desprendimiento de las partículas, producido por la energía cinética al impacto de las gotas de lluvia o por las fuerzas generadas por el escurrimiento de agua. Una vez que la partícula ha sido desprendida, es arrastrada hacia los cursos de agua, para luego ser

transportada. El arrastre y transporte de las partículas dependen de su forma, tamaño y peso; así como de las fuerzas hidrodinámicas ejercidas sobre ellas. Cuando estas fuerzas hidrodinámicas disminuyen, la etapa de transporte termina y se da la deposición.

Otros factores que intervienen en el proceso de generar sedimento en una cuenca son:

a) Clima: Precipitación (intensidad, duración y frecuencia), temperatura, viento, humedad y la radiación solar.

b) El suelo:

Características físicas: Estructura, textura, porosidad y densidad.

Características Químicas: Salinidad y pH.

Características Hidráulicas: Velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento y conducción hidráulica

- c) La Vegetación: Densidad de follaje, altura, densidad y profundidad de raíces.
- d) La topografía: Inclinação de las pendientes y longitud de las pendientes.
- e) Escorrentía: Superficial y subterránea.
- f) Actividad del hombre : Deforestación, agricultura, urbanismo y construcción de vías de comunicación.

Un factor importante que influye considerablemente a evitar el proceso de erosión y sedimentación es la vegetación existente, que cumple con las siguientes funciones:

- Interceptar la precipitación, absorbiendo la energía cinética de las gotas de lluvia.
- Incrementa la infiltración del agua en el suelo.
- Disminuye la velocidad de la escorrentía superficial.

- Fijar el suelo.
- Aumenta la evapotranspiración disminuyendo la escorrentía.

El proceso intermedio entre la erosión y deposición es la etapa de transporte de sedimentos; que está relacionado a las propiedades del flujo de agua en los cauces naturales o artificiales, ya que a mayor velocidad del flujo, mayor capacidad de arrastre. El transporte de sedimento varía según la época del año y no hay un patrón que defina su comportamiento año con año; por ejemplo, el mayor porcentaje de transporte de sedimento se da al comienzo de la época lluviosa, debido a que las cuencas están prácticamente secas, con poca vegetación y susceptible a la erosión, mientras que al final de la época lluviosa el transporte de sedimento es menor, porque las condiciones de la cuenca han variado al aumentar la vegetación y el suelo es menos propenso a erosionarse.

Al desprenderse las partículas y ser transportadas por la escorrentía, éstas reciben diferentes nombres, en base a su tamaño y forma de desplazamiento tales como:

- Sedimento de arrastre: son las partículas de mayor tamaño que ruedan o se deslizan sobre el lecho.

- Sedimento suspendido: partículas finas que van en suspensión.
- Sedimento de lavado o solución: partículas muy finas, conducidas en estado coloidal y son difíciles de sedimentar.

Hasta la fecha no se ha determinado una proporción definida entre la cantidad de material transportada por el fondo y el transportado en suspensión; existen diferentes métodos de medición de sedimento; identificando únicamente el sedimento en suspensión (que incluye el de lavado), y el de transporte de sedimento en el fondo.

Para determinar el sedimento en suspensión en forma directa, se utilizan métodos tales como: muestreadores colorimétricos, fotómetros y técnicas de laboratorio. Así, para determinar el sedimento arrastrado se usan técnicas de: muestreadores de trampas, mediciones en zonas turbulentas y modelos reducidos, etc. Otras alternativas para el cálculo de sedimento transportado son la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (EUPS), fórmula de Meyer-Peter-Muller que son formas indirectas del cálculo del material transportado.

4.5.1 DEPOSICIÓN DE SEDIMENTO EN LA LAGUNA CUSCACHAPA.

La erosión causada por la precipitación en la cuenca de la laguna Cuscachapa, ha provocado que grandes cantidades de sedimento lleguen al cuerpo de agua, debido principalmente a la deforestación y prácticas no adecuadas de conservación de suelos. La cuantificación de estas cantidades de sedimento dirá en qué manera se ve afectada la laguna, así como el comportamiento de la depositación.

El método utilizado para determinar el sedimento depositado es el de levantamiento Batimétrico, en el cual se comparan dos levantamientos hechos del fondo; uno inicial, hecho en la época de verano, en la primera semana de noviembre de 1997, el otro, realizado después de terminada la época lluviosa, el 15 de noviembre de 1998; dando la diferencia de cotas el volumen de sedimento depositado en el período de un año de estudio.

Para realizar la batimetría, se utilizó el siguiente equipo:

- Cinta metálica graduada con contrapeso.

- Balsa.

- Cable con boyas a cada 5 metros

La metodología desarrollada fue la siguiente:

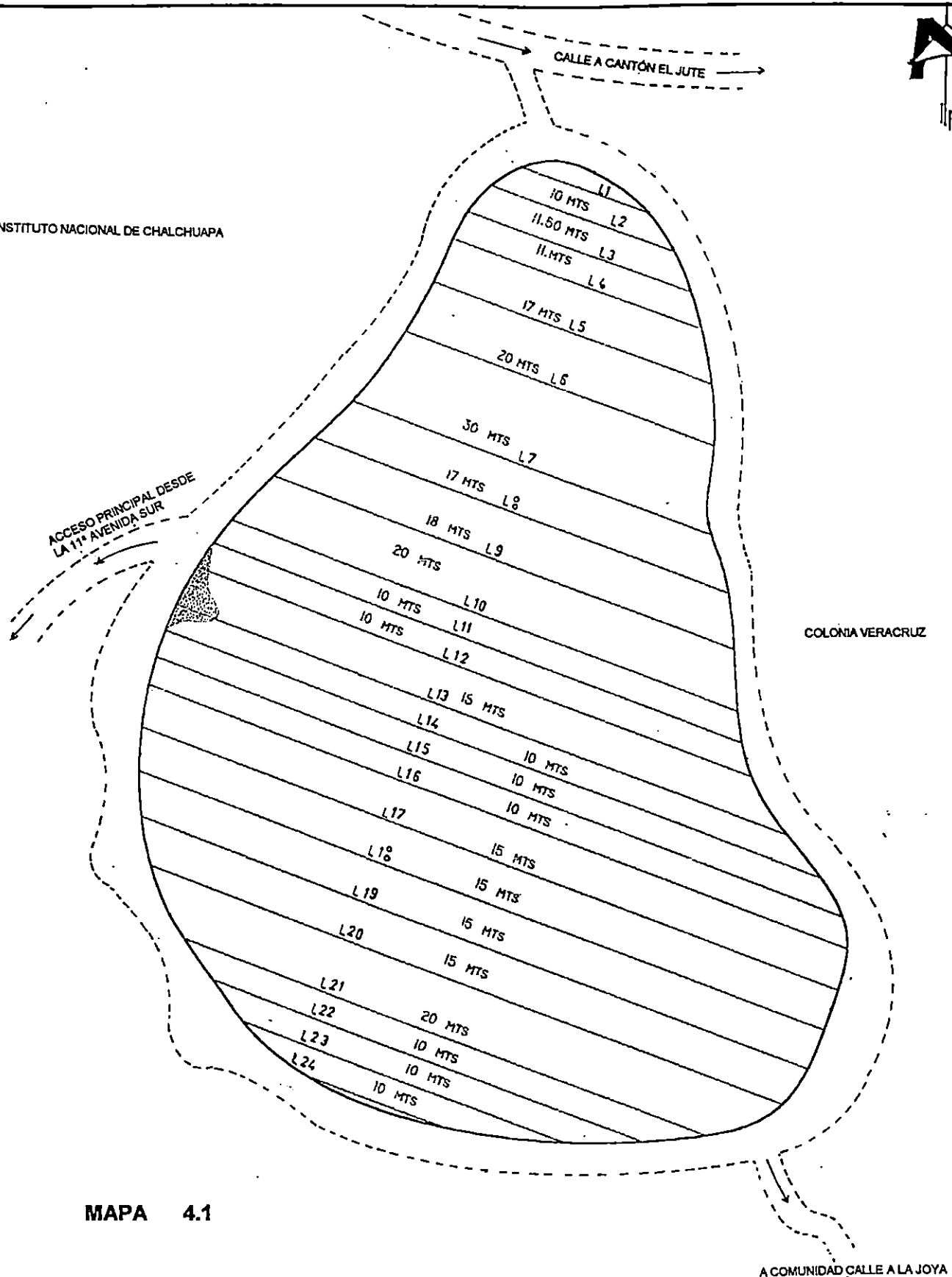
- Se colocaron líneas con el cable con boyas en el sentido transversal de la laguna, orientadas de Este-Oeste variando la distancia entre ellas de 10 a 15 metros, según lo permitía la rivera (ver mapa 4.1), en cada línea se tomaron lecturas de profundidad a cada 5 metros, hasta completar el perfil de cada sección, (ver anexo N° 2), para luego generar la forma del fondo (ver mapa 4.2) el volumen de sedimento se evalúa por diferencia de niveles entre las dos batimetrías realizadas y la cantidad de sedimento que llega durante el período de estudio.

De la Batimetría realizada se obtuvo la siguiente información:

- Forma de deposición de partículas: En base al mapa 4.2, se determinó que las partículas de mayor tamaño, debido a la pérdida de velocidad al salir de la canaleta, generan la formación de un montículo que se desplaza hasta mediación de la laguna; mientras que las partículas de menor tamaño se dispersan en la laguna formando una capa de lodo de aproximadamente 20-25 centímetros.

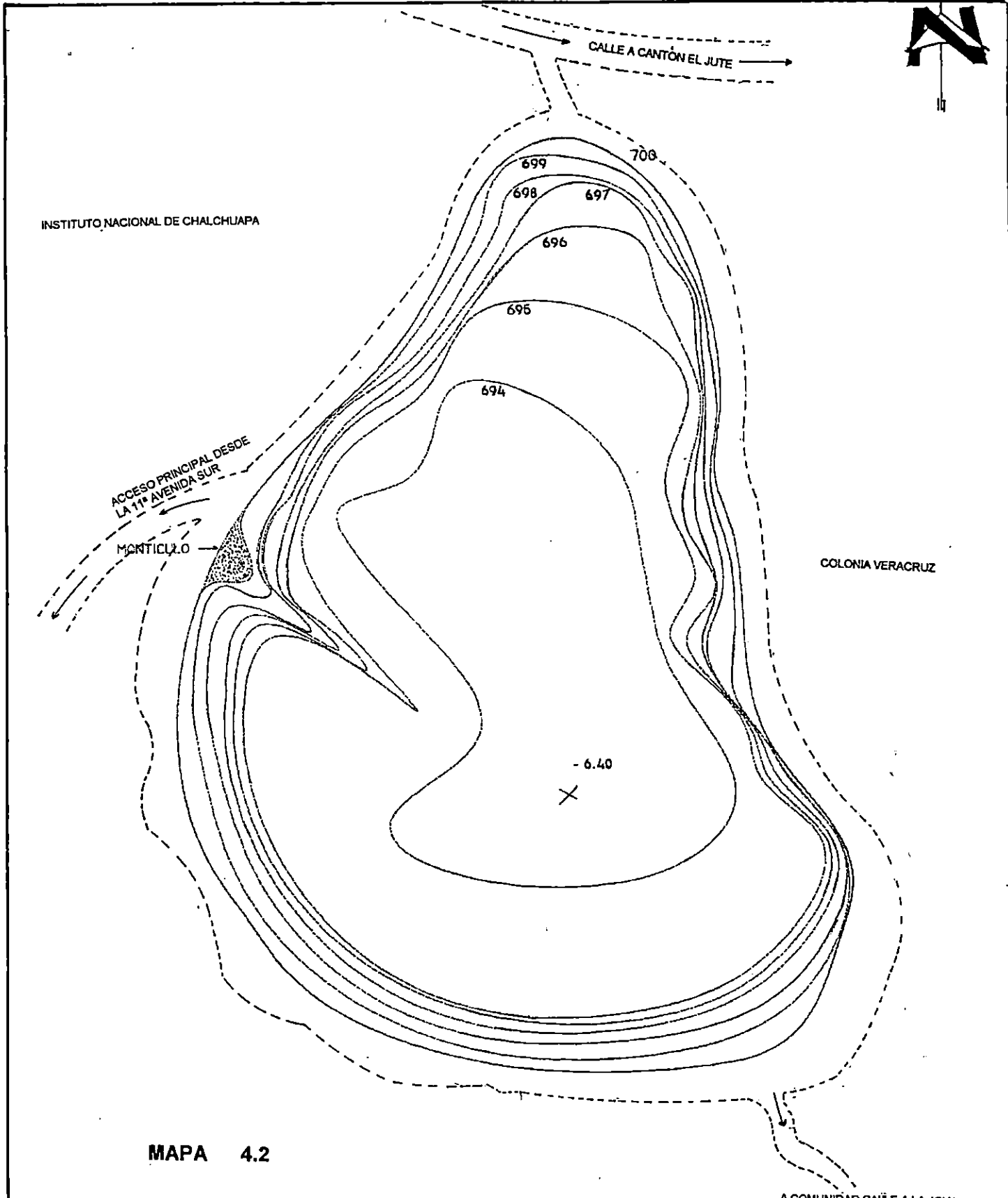


INSTITUTO NACIONAL DE CHALCHUAPA



MAPA 4.1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: 1:2 000	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: FEB./99	
CONTENIDO: LÍNEAS BATIMÉTRICAS EN LA LAGUNA CUSCACHAPA.		



MAPA 4.2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: 1:200	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO-LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: FEB. 99	
CONTENIDO: CURVAS DE NIVEL EN EL FONDO DE LA LAGUNA CUSCACHAPA.		

- Los resultados de la batimetría son los siguientes:

Volumen útil de agua de la laguna, año 1998 ----- 276,280.51 m³

Volumen de sedimento depositado desde Nov/97

A Nov/98 ----- 370 m³

Al establecer una relación entre la pérdida potencial de la cuenca y la cantidad de sedimento que llega a la laguna, fue necesario determinar la densidad del material que era depositado (ver anexo 4.3), obteniéndose el valor de $\gamma = 2.32 \text{ ton/m}^3$; determinando la cantidad de sedimento que llega a la laguna, se tiene:

Sedimento depositado en la laguna = 370m³

Si $\gamma \times V = m$ (Ec 4.20)

Donde:

γ = densidad.

m= masa del material.

V = volumen del material.

Despejando m se tiene:

$$m = 370 \text{ m}^3 \times \frac{2.32 \text{ ton}}{\text{m}^3} = 858.4 \text{ ton.}$$

Luego :

Sedimento depositado en 1998 en la laguna = 858.4 ton.

Pérdida de suelo de la cuenca en un año = 5,282.25 ton.

Al establecer la relación queda:

$$X = \frac{100 \times 858.4}{5,282.25}$$

$$5,282.25$$

$$X = 16.2 \%$$

De la pérdida total del suelo en la cuenca, solo el 16.2% llega a la laguna.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE SOLUCIÓN:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE

DRENAJE

DE AGUAS LLUVIAS”

5.0 INTRODUCCIÓN

Al evaluar los resultados de saneamiento y sedimentación, se considera que el cabezal de descarga es uno de los mayores contribuyentes en el deterioro de la laguna, por lo que una propuesta de solución a este problema es la eliminación de dicho cabezal, lo que hace necesario presentar una alternativa de diseño de drenaje de aguas lluvias que descargue las aguas en otro lugar, donde no cause un deterioro ecológico como el actual.

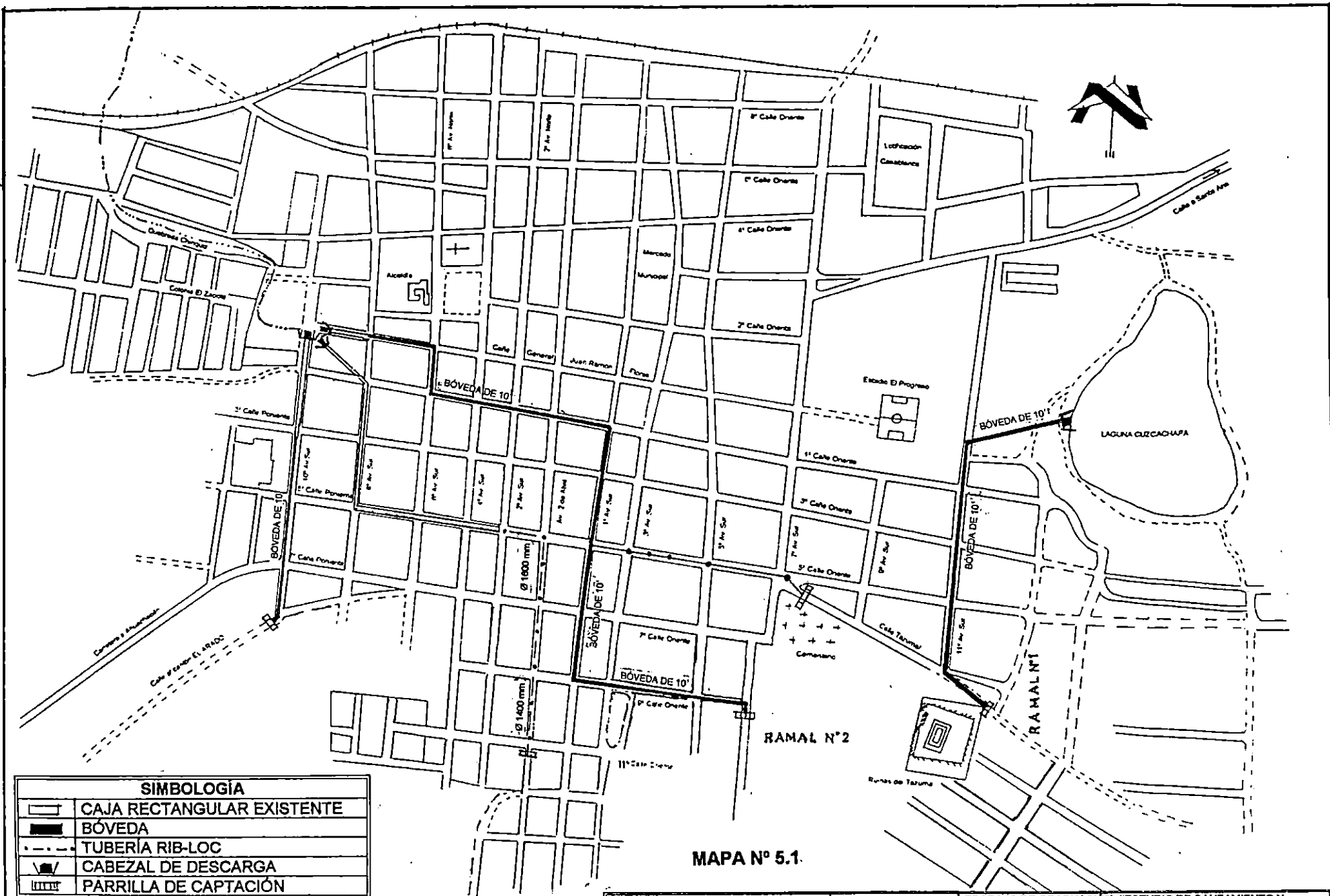
El análisis hidrogeológico permite optar por esta solución, pues en éste estudio se demostró que la laguna es abastecida por agua subterránea, y que para mantener su volumen base de agua, no necesita de la escorrentía superficial que llega a través de la canaleta.

5.1 GENERALIDADES

La descripción del ramal existente en la 11ª Avenida Sur que descarga en la laguna se realizó en forma detallada en el Capítulo II, donde se muestra en el mapa 2.4, los sistemas de aguas lluvias de la ciudad, constituidos por tuberías de 24, 30, y 60 pulgadas, además de una caja rectangular de 2 x 2.9 mts de sección que descarga en la quebrada Chinquíz.

En la tesis "Diseño complementario de sistemas de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chalchuapa", presentada por Saúl Aguirre y otros, en Marzo de 1996, considera en su propuesta de alternativa de diseño seleccionada la implementación de ramales independientes (ver mapa 5.1), la cual cumple con todos los requisitos hidráulicos, que permiten drenar todo el caudal generado por la cuenca que llega a la ciudad.

La alternativa se divide en cuatro ramales, diseñados para recolectar el agua lluvia de la zona urbana y los caudales generados por cuatro subcuencas ubicadas todas al Sur de la ciudad.. A continuación se describen los ramales N° 1 y N° 2 que se relacionan con la propuesta del estudio realizado.



SIMBOLOGÍA	
	CAJA RECTANGULAR EXISTENTE
	BOVEDA
	TUBERÍA RIB-LOC
	CABEZAL DE DESCARGA
	PÁRRILLA DE CAPTACIÓN

MAPA N° 5.1.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	SIN ESCALA	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA"
CONTENIDO: ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA EN LA TESIS "DISEÑO COMPLEMENTARIO DE SISTEMAS DE DRENAJE DE AGUAS LUVAS DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA"	FECHA: MARZO/99	PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARÍA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO

5.2 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

5.2.1 ALTERNATIVA N° 1: SISTEMA DE BÓVEDA UBICADO EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE

La alternativa tiene como objetivo principal, el cambiar la dirección del ramal N° 1 de la propuesta de Saúl Aguirre y otros, para que no continúe el arrastre de sedimento a la laguna, así como prestar un servicio eficiente para el desalojo de aguas lluvias de la ciudad.

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

La alternativa consiste en recolectar el caudal proveniente de la cuenca de la laguna, en una parrilla de captación ubicada a 40 metros al Oriente de las Ruinas del Tazumal, sobre la calle que conduce al Cantón Las Flores (ver mapa 5.2) desde este punto se inicia una bóveda de diámetro de 10 pies, pasando por la calle Tazumal hasta interceptarse con la 11ª Avenida Sur, prolongándose sobre la misma de Sur a Norte, hasta llegar a la intersección con la 1ª Calle Oriente, donde se desviará dirigiéndose de Oriente a Poniente hasta interceptar la bóveda de 10 pies proyectada en la 1ª Avenida Sur de la alternativa de diseño seleccionada en la tesis "Diseño complementario de sistemas de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chalchuapa".

DESCRIPCIÓN DEL RAMAL N°1

El ramal recolectará el caudal proveniente de la cuenca de la laguna Cuscachapa, iniciándose en una parrilla metálica ubicada a 40 mts al Oriente de las Ruinas del Tazumal, sobre la calle al cantón las Flores, la parrilla se conectará con un tramo de bóveda de 10 pies que intercepta la 11ª Avenida Sur, siguiendo sobre ella hasta terminar en un cabezal de descarga, ubicado en la orilla Poniente de la laguna.

DESCRIPCIÓN DEL RAMAL N° 2

El ramal recolectará el caudal proveniente de la subcuenca N° 2 que tiene como punto de salida el callejón Estévez, iniciándose en una parrilla metálica que se conecta a un tramo de bóveda de 10 pies, que interceptará la 9ª Calle Oriente, desviándose en la 1ª Avenida Sur, prolongándose sobre ésta de Oriente a Poniente, hasta llegar a la 1ª Calle Oriente, siguiendo por la 6ª Avenida Norte hasta llegar a la Calle General Ramón Flores, en donde cambia a una caja rectangular de sección 2 x 2.9 mts, finalizando el sistema en el punto de descarga de la Quebrada Chinquíz (ver mapa 5.1).

REDISEÑO DEL RAMAL N° 2

Debido al incremento de caudal por la intersección de dos bóvedas en la 1ª Calle Oriente y la 1ª Avenida Sur; es necesario rediseñar la bóveda de 10 pies proyectada por una de 14 pies, dirigiéndose de Oriente a Poniente doblando en la 6ª Avenida Norte hasta interceptarse con la calle General Ramón Flores, manteniéndose sobre ésta hasta descargar en la Quebrada Chinquíz.

JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

La principal justificación del diseño consiste en modificar el sistema de drenaje de aguas lluvias que descarga en la laguna, con el fin de evitar su deterioro.

La obra hidráulica propuesta resulto de evaluar las siguientes alternativas:

- Tubería de concreto de diferentes diámetros, que no cumplía por necesitar pendientes mayores a las máximas permisibles.
- Se evaluó una bóveda de 6 pies en el tramo considerado pero no tenía la capacidad hidráulica para drenar el caudal generado por la cuenca de la laguna y el escurrimiento superficial urbano.

La bóveda de 10 pies fue la obra hidráulica más adecuada, que con pendientes pequeñas trabaja aproximadamente al 70% de su capacidad, manteniendo velocidades de corriente en el rango permisible del reglamento de DUA.

CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO EN LA ZONA URBANA

Para el diseño de la bóveda se considera el caudal generado en la cuenca de la laguna y los caudales de escurrimiento urbano. En el cálculo de los caudales de escurrimiento en la ciudad se utiliza la fórmula racional, que se expresa de la siguiente manera:

$$Q_d = (C_p I A) / (3.6 \times 10^6) \quad (\text{Ec. 5.1})$$

En donde:

Q_d = Caudal de diseño, en el área de recogimiento en m^3/seg .

C_p = Coeficiente ponderado de escorrentía, que se determina en base a

$$\text{la ecuación } C_p = \Sigma C_i A_i / A_t \quad (\text{Ec. 5.2})$$

Donde:

C_i = Coeficiente de escurrimiento para un área específica.

A_i = Área de una cubierta determinada.

A_t = Área total.

I = Intensidad de lluvia de diseño, en mm/hora .

$A = \text{Área de influencia en m}^2.$

Para calcular los caudales se utilizó la siguiente metodología:

- a) Se determinó las áreas de influencia de recogimiento, trazando en cada intersección de ejes longitudinales de calles y avenidas de la zona, líneas a 45°, considerando que al formarse el triángulo o trapecio en dicha arteria conformen el área de recogimiento para cada calle o avenida.
- b) Se calculó el tiempo de concentración para cada área de recogimiento en base a la fórmula de Pickering:

$$t_c = 60(0.87 L^3 / H)^{0.385} \quad (\text{Ec. 5.3})$$

En donde:

t_c = Tiempo de concentración en minutos.

L = Distancia que recorre una gota desde el punto más alejado del área de recogimiento hasta el punto de encause en la tubería, sus unidades en kilómetros.

H = Diferencia de nivel entre el punto más alejado (h_1) y el punto de tubería (h_2).

c) Con el tiempo de concentración se determina la intensidad de diseño de la siguiente manera:

- Los valores de intensidad de precipitación máxima anual en mm/min, con periodos de duración de 5,10 y 15 minutos del cuadro 3.7 capítulo III (ver cuadro 5.1), y se convierten a valores de intensidades de precipitación máxima anual en mm/horas (ver cuadro 5.2)

CUADRO 5.1
Intensidades de precipitación máxima anual en mm/min para diferentes períodos Estación: El Palmar

AÑO \ Duración	5	10	15
1959	3,28	2,66	2,07
1960	2,4	2,25	2,13
1961	3,2	3,01	2,67
1962	3	2,37	2,13
1963	2,16	1,9	1,78
1964	3,52	2,83	2,54
1965	2,78	1,99	1,67
1966	2,48	2,1	1,79
1967	2,26	2,1	1,98
1968	2,2	2,04	1,82
1969	2,64	2,32	2,15
1970	2,64	2,07	1,95
1971	2,04	1,72	1,47
1972	2,3	2,04	1,9
1973	2,3	2,1	1,9
1974	2,56	1,84	1,43
1975	2,98	2,52	1,94
1976	2,96	2,19	2,12
1977	3,64	3,51	2,62
1978	3,18	2,67	2,16
1979	3,04	2,27	1,98
1980	3,3	2,05	1,97
1981	3,04	2,9	2,16
1983	2,1	1,86	1,58

CUADRO 5.2
Intensidades de precipitación máxima anual en mm/hora para diferentes períodos Estación: El Palmar

AÑO \ Duración	5	10	15
1959	196,8	159,6	124,2
1960	144	135	127,8
1961	192	180,6	160,2
1962	180	142,2	127,8
1963	129,6	114	106,8
1964	211,2	169,8	152,4
1965	166,8	119,4	100,2
1966	148,8	126	107,4
1967	135,6	126	118,8
1968	132	122,4	109,2
1969	158,4	139,2	129
1970	158,4	124,2	117
1971	122,4	103,2	88,2
1972	138	122,4	114
1973	138	126	114
1974	153,6	110,4	85,8
1975	178,8	151,2	116,4
1976	177,6	131,4	127,2
1977	218,4	210,6	157,2
1978	190,8	160,2	129,6
1979	182,4	136,2	118,8
1980	198	123	118,2
1981	182,4	174	129,6
1983	126	111,6	94,8

- Se ordenan los datos de intensidad de menor a mayor y se calcula la probabilidad de ocurrencia (ver cuadro 5.3).
- Los datos de precipitación en mm/hora y las probabilidades de no ocurrencia, se grafican en papel Gumbell (ver figura 5.1).

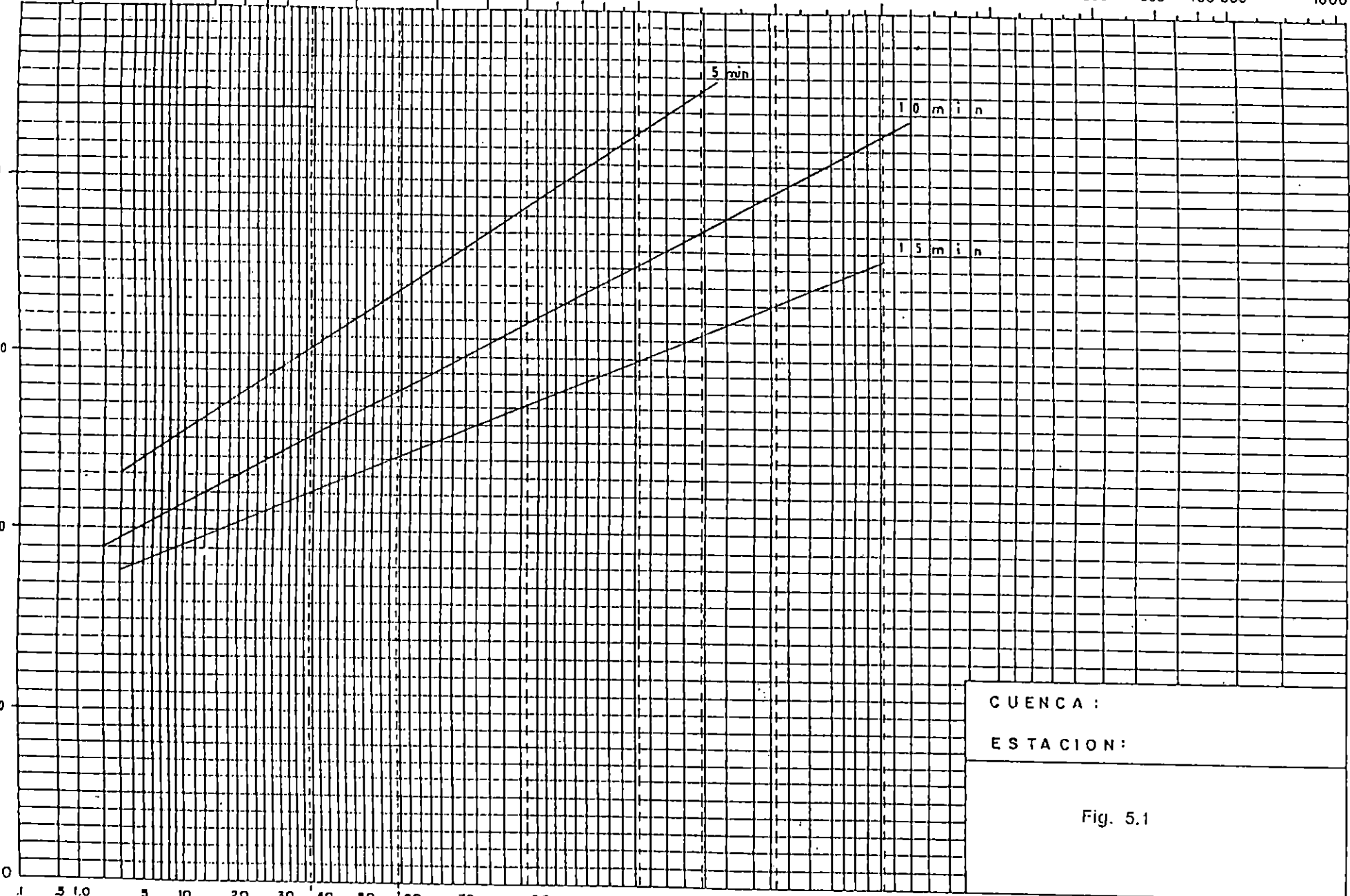
CUADRO 5.3

CÁLCULO DE PROBABILIDADES

DATO Nº	5	10	15	$F=m/(n+1)$
1	122.4	103.2	85.8	4
2	126	110.4	88.2	8
3	129.6	111.6	94.8	12
4	132	114	100.2	16
5	135.6	119.4	106.8	20
6	138	122.4	107.4	24
7	138	122.4	109.2	28
8	144	123	114	32
9	148.8	124.2	114	36
10	153.6	126	116.4	40
11	158.4	126	117	44
12	158.4	126	118.2	48
13	166.8	131.4	118.8	52
14	177.6	135	118.8	56
15	178.8	136.2	124.2	60
16	180	139.2	127.2	64
17	182.4	142.2	127.8	68
18	182.4	151.2	127.8	72
19	190.8	159.6	129	76
20	192	160.2	129.6	80
21	196.8	169.8	129.6	84
22	198	174	152.4	88
23	211.2	180.6	157.2	92
24	218.4	210.6	160.2	96

1001 1.01 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 2 4 5 10 25 50 100 200 300 400 500 1000

RETURN PERIOD (Years)



CUENCA :
ESTACION :

Fig. 5.1

MODE 40 50 60 70 80 90 95 98 97 98 99 99.5 99.7 99.8 99.9

PROBABILITY [100% / mil]

1.5 1.0 0.5 0 0.5 1.0 1.5 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6 6.5 7.0

- Se obtienen los valores de intensidad para diferentes períodos de retorno y de duración de precipitación (ver cuadro 5.4), seleccionando el periodo de diseño de 10 años en base al reglamento de DUA, para diseño de aguas lluvias, Art. III.62 obras de urbanización.

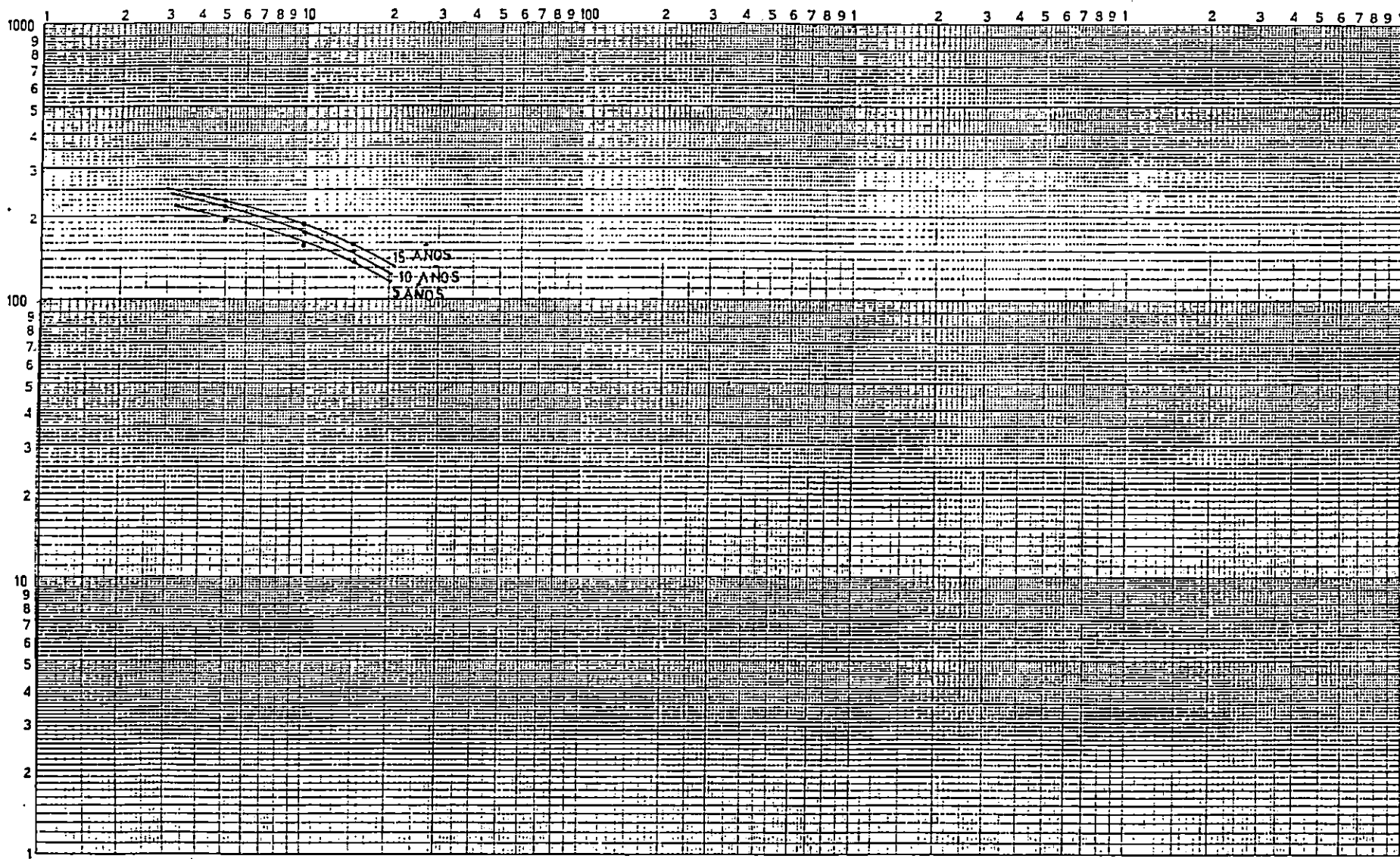
CUADRO 5.4

**VALORES PARA EL TRAZO DE LAS CURVAS
INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA**

Período retorno años Duración min	5	10	15
5	194.0	215.0	226.0
10	159.5	177.0	185.5
15	135.5	150	155.5

- Elaboración de curvas de Intensidad duración y frecuencia IDF (ver figura 5.2).
- Teniendo el tiempo de concentración (t_c) y las curvas IDF en mm/hora, se determina el valor de intensidad en cada área de recogimiento.
- Aplicando posteriormente la fórmula racional para obtener los caudales.

T I E M P O (min)



l (mm / hora)

fig. 5.2

Para una mejor comprensión del proceso se desarrolla un ejemplo de cálculo de caudales de diseño en la 11° Avenida Sur y la 1° Calle Oriente.

Tramo : Calle Tazumal – 11° Avenida Sur.

- a) Las áreas de recogimiento se calculan para cada tramo, para el ejemplo se tiene:

$$\text{Área de tramo} = 5425 \text{ m}^2$$

$$L = 100 \text{ mts} = 0.1 \text{ km}$$

$$h_1 = 720 \text{ m.s.n.m.}$$

$$h_2 = 719.025 \text{ m.s.n.m.}$$

Siendo H la diferencia de elevaciones se tiene:

$$H = 0.977 \text{ mts}$$

- b) Sustituyendo los valores en la Ec. 5.3 se tiene:

$$t_c = 4.02 \text{ min}$$

Para los datos de intensidad de precipitación la duración mínima proporcionada por el MAG, es de 5 minutos por lo que el valor a tomar para t_c es de 5 minutos.

Para un $t_c = 5 \text{ min}$ en la gráfica de curvas IDF para 10 años se tiene:

$$I = 215 \text{ mm/hora}$$

El valor de coeficiente de escorrentía (C_p), se toma de la tabla del anexo

Nº 5.1, en base a la ecuación 5.2 se tiene:

$$\text{Área total} = 5425 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de calle de tierra} = 2600 \text{ m}^2; \quad C_{\text{calle de tierra}} = 0.4$$

$$\text{Área de vivienda} = 2825 \text{ m}^2; \quad C_{\text{vivienda}} = 0.5$$

$$C_p = \frac{2600(0.4) + 2825(0.5)}{5425}$$

$$C_p = 0.45$$

Teniendo los valores:

$$A = 5425 \text{ m}^2$$

$$C = 0.45$$

$$I = 215 \text{ mm/horas}$$

$$\text{Al aplicar la ecuación } Q_d = (C_p I A) / (3.6 \times 10^6) \quad (\text{Ec. 5.1})$$

$$Q_d = 0.45 \times 215 \times 5425 / 36 \times 10^6$$

$$Q_d = 0.1458 \text{ m}^3/\text{seg}$$

DISEÑO DE ALTERNATIVA N° 1

CUADRO 5.5

CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO 11ª AVENIDA SUR 1ª CALLE ORIENTE

Tramo	Pozo (N° a N°)	C	I (mm/hora)	Área (m ²)	Caudal Adicional (m ³ /seg)	Caudal acumulado (m ³ /seg)
Calle Tazumal-11ªAv. Sur	(1-2)	0.45	215	5,425.0	0.1458	10.33
Calle Tazumal-5ªCalle Oriente	(2-3)	0.51	210	14,089.0	0.419	10.74
5ªCalle Oriente-3ªCalle Oriente	(3-4)	0.51	215	13,712.5	0.418	11.16
3ªCalle Oriente-1ªCalle Oriente	(4-5)	0.53	215	11,650.0	0.369	11.53
11ªAv. Sur-9ªAv. Sur	(5-6)	0.49	195	25,850.0	0.681	12.22
9ªAv. Sur-7ªAv. Sur	(6-7)	0.54	215	25,875.0	0.834	13.05
7ªAv. Sur-5ªAv. Sur	(7-8)	0.56	215	8,975.0	0.300	13.35
5ªAv. Sur-3ªAv. Sur	(8-9)	0.53	210	13,400.0	0.414	13.77
3ªAv. Sur-1ªAv. Sur	(9-10)	Ya se considero en el diseño de bóveda de 10 pies en el Ramal N° 2				

- * Caudal generado por la suma de los caudales siguientes:
- Caudal proveniente de la cuenca de la laguna(10.18 mt³/seg), más el generado en el tramo de la calle Tazumal, hasta su intersección con la 11ª Avenida Sur (0.1458 mt³/seg).

A continuación se describe un ejemplo de diseño de una bóveda en el tramo sobre la 11ª Avenida Sur, comprendido entre la calle Tazumal y la 5ª calle Oriente (ver cuadro 5.6, fila 2). Para el diseño de la bóveda del presente estudio, se iguala el factor hidráulico (H) con el factor geométrico (Z) en la fórmula de Manning, como se muestra a continuación:

$$Q = Ah \cdot Rh^{(2/3)} S^{(1/2)} 1/n \quad (\text{Ec. 5.4})$$

$$(Q n)/(S^{(1/2)}) = \text{Factor Hidráulico (H)}$$

$$Ah Rh^{(2/3)} = \text{Factor Geométrico (Z)}$$

$$(Q n)/(S^{(1/2)}) = Ah Rh^{(2/3)} \quad (\text{Ec. 5.5})$$

Donde:

Q= Caudal en la bóveda (m^3/seg)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

S= Pendiente del tramo.

Ah= Área hidráulica (m^2)

Rh= Radio hidráulico (mts.)

Para encontrar los caudales que pueden circular en una bóveda, se tienen que evaluar diferentes tirantes hidráulicos (y), considerando un ancho de base (b) de la bóveda que se analice (ver anexo N° 5.2).

Para una bóveda que trabaja como un canal rectangular tenemos:

$$Ah = b.y \quad (\text{Ec. 5.6})$$

$$Rh = (b.y)/(b+2.y) \quad (\text{Ec. 5.7})$$

Sustituyendo la Ec. 5.6 y la Ec. 5.7 en la Ec. 5.5, se obtiene la siguiente expresión:

$$(Q n)/(S^{(1/2)}) = (b.y)((b.y)/(b+2.y))^{(2/3)} \quad (\text{Ec. 5.8})$$

El tramo en estudio presenta un caudal de entrada de $Q_e = 10.33 \text{ Mt}^3/\text{seg}$, el cual debe ser aproximadamente el 70% de la capacidad máxima de la bóveda.

El coeficiente de rugosidad de Manning $n=0.023$ corresponde a mampostería de piedra, y el valor de la pendiente es $S=0.7\%$ ($S=0.007$).

Sustituyendo estos valores en la Ec. 5.5 resulta:

$$(14.71 \times 0.0023) / (0.007^{(1/2)}) = (b \cdot y) \left(\frac{b \cdot y}{b + 2 \cdot y} \right)^{(2/3)} \quad (\text{Ec. 5.9})$$

$$4.04 = (b \cdot y) \left(\frac{b \cdot y}{b + 2 \cdot y} \right)^{(2/3)}$$

En la ecuación se evalúan diferentes valores de "y", a partir de 1.0 mts. Y se elige un ancho "b" de una bóveda tipo como las que se muestran en el anexo N° 5.2.

La Ec. 5.9 se evalúa aplicando un $b = 3.0$ mts que corresponde a una bóveda de 10 pies de diámetro (ver anexo N° 5.2). Entonces sustituyendo $y = 1.0$ mt y $b = 3.0$ mts se obtiene:

$$4.04 \neq 2.13$$

Como la igualdad no se cumple se continua evaluando hasta $y = 1.60$ mts y $b = 3.0$ mts, obteniendo:

$$4.04 = 4.05$$

El valor tiende a ser igual; por lo que se considera que cumple, faltando solamente verificar la velocidad del flujo, que se determina de la siguiente forma:

$$V = Q/Ah$$

Para el caso se obtiene:

$$V = (14.71)/(3 \times 1.6)$$

$$V = 3.06 \text{ mts/seg}$$

La cual se encuentra en el rango que exige el reglamento para diseño de aguas lluvias de DUA (ver anexo N° 5.3). Considerando la descripción anterior se comienza el diseño de la bóveda:

CUADRO 5.6
CÁLCULO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE
DISEÑO DE BÓVEDA EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE
ORIENTE

Tramo	Diámetro Bóveda	h_1 (m)	H_2 (m)	S	Q_s (m ³ /seg)	V (m/seg)	$Q_{m\acute{a}x}$ (m ³ /seg)	$\frac{Q_e}{Q_{m\acute{a}x}}$
Calle Tazumal 11ª Av. Sur	10'	1.6	3.8	0.007	10.18	3.06	14.71	0.69
Calle Tazumal 5ª Calle Oriente	10'	1.6	3.9	0.007	10.33	3.06	14.71	0.70
5ª Calle Oriente 3ª Calle Oriente	10'	1.6	3.9	0.007	10.74	3.06	14.71	0.73
3ª Calle Oriente 1ª Calle Oriente	10'	1.7	4.0	0.007	11.16	3.12	15.93	0.70
11ª Av. Sur 9ª Av. Sur	10'	1.7	4.0	0.007	11.53	3.12	15.93	0.72
9ª Av. Sur 7ª Av. Sur	10'	1.8	4.10	0.007	12.22	3.12	17.17	0.71
7ª Av. Sur 5ª Av. Sur	10'	1.9	4.20	0.007	13.05	3.23	18.42	0.71
5ª Av. Sur 3ª Av. Sur	10'	1.90	4.20	0.007	13.35	3.23	18.42	0.72
3ª Av. Sur 1ª Av. Sur	10'	2.0	4.30	0.007	13.77	3.28	19.68	0.70

h_1 = Tirante hidráulico desde la rasante del piso de la bóveda.
 h_2 = Tirante hidráulico desde la base de la bóveda
 S = Pendiente del piso de la bóveda
 V = Velocidad de flujo en bóveda
 Q_e = Caudal de entrada en bóveda.
 Q_{max} = Caudal máximo de entrada en bóveda.

Los caudales máximos de la bóvedas pueden apreciarse en el anexo N° 5.2.

NOTAS DE DISEÑO:

- El valor n es el coeficiente de rugosidad de Manning, que tiene un valor de $n = 0.023$, que corresponde a mampostería de piedra, que es el material del que están hechas las bóvedas del estudio.
- El valor de la pendiente (S) en la bóveda de 10 pies tiene un valor de $S = 0.7\%$, que asegura una velocidad entre 1 y 5 m/s, como lo requiere el reglamento para diseño de aguas lluvias de DUA.
- La bóveda diseñada trabaja aproximadamente al 70% de su capacidad hidráulica.
- La bóveda llevará rampas con gradas disipadoras de energía de 0.5 a 1 metro, para garantizar el nivel de llegada en la descarga.

REDISEÑO DEL RAMAL N° 2.

CÁLCULO DE CAUDALES PARA DISEÑO

Valores tomados de la tesis de Saúl Argueta y otros, que se relacionan con la propuesta de diseño.

CUADRO 5.7
CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO DESDE LA INTERSECCIÓN DE LA 1ª CALLE ORIENTE Y 1ª AVENIDA SUR, HASTA LA DESCARGA EN LA QUEBRADA CHINQUÍZ

Tramo	Pozo (N° a N°)	C	I (mm/hora)	Área (m ²)	Caudal adicional m ³ /seg	Caudal acumulado m ³ /seg
1ª Av. Sur – Avenida 2 de Abril	(10-11)	0.57	3.15	13085	0.3915	26.24*
Avenida 2 de Abril-2ª Av. Sur	(11-12)	0.59	3.05	12450	0.3734	26.61
2ª Av. Sur-4ª Av. Sur	(12-13)	0.58	2.95	10075	0.2873	26.90
4ª Av. Sur-6ª Av. Sur	(13-14)	0.55	2.85	10200	0.2664	27.16
1ª Calle Poniente- Calle General Ramón Flores	(14-15)	0.48	2.75	12400	0.2728	27.44
6ª Av. Norte-8ª Av. Norte	(15-16)	0.47	2.65	4150	0.0862	27.52
8ª Av. Norte- Descarga		0.48	2.56	4500	0.0922	27.61

* Caudal generado por la suma de los caudales siguientes:

- Caudal acumulado proveniente de la parte Sur del ramal N°2, que llega a la intersección de la 1ª Calle Oriente con la 1ª Avenida Sur (12.081 m³/seg).
- Caudal proveniente de la cuenca de la laguna, 11ª Avenida Sur y 1ª Calle Oriente que intercepta a la 1ª Avenida Sur (13.63 m³/seg).

- Caudal generado en el tramo de la 1ª Avenida Sur y la Avenida 2 de Abril/ (0.3915 mt³/seg).

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL RAMAL N°2, DESDE LA INTERSECCIÓN DE LA 1º CALLE ORIENTE Y 1ª AVENIDA SUR, HASTA LA DESCARGA EN LA QUEBRADA CHINQUÍZ

CUADRO 5.8
DISEÑO DE BÓVEDA

Tramo	Diámetro Bóveda	h ₁ (m)	h ₂ (m)	S	Q _s (m ³ /seg)	V (m/seg)	Q _{máx} (m ³ /seg)	$\frac{Q_e}{Q_{máx}}$
1ª Av. Sur Av. 2 de Abril	14'	2.30	4.70	0.007	25.85	3.87	37.40	0.69
Av. 2 de Abril 2ª Av. Sur	14'	2.30	4.70	0.007	26.24	3.87	37.40	0.70
2ª Av. Sur 4ª Av. Sur	14'	2.30	4.70	0.007	26.61	3.87	37.40	0.71
4ª Av. Sur 6ª Av. Sur	14'	2.30	4.70	0.007	26.90	3.87	37.40	0.72
1ª Calle Poniente Calle Ramón Flores	14'	2.40	4.80	0.007	27.16	3.92	39.56	0.69
6ª Av. Norte 8ª Av. Norte	14'	2.40	4.8	0.007	27.44	3.92	39.56	0.69
8ª Av. Norte Descarga	14'	2.40	4.80	0.007	27.52	3.92	39.56	0.70

Fuente: Grupo de tesis

5.2.2 ALTERNATIVA N° 2: SISTEMA DE BÓVEDA UBICADA EN LA 5ª CALLE ORIENTE Y TUBERÍA EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE

La alternativa persigue el mismo objetivo que la N° 1, solamente que se dirige por otra trayectoria dentro de la ciudad, dividiéndose en dos ramales independientes.

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

El sistema captará el caudal proveniente de la cuenca de la laguna a través de una parrilla (ver mapa 5.3), ubicada a 40 metros de la Ruinas del Tazumal, sobre la calle que conduce al Cantón Las Flores, desde este punto se inicia la bóveda de 10 pies, pasando por la Calle Tazumal hasta interceptarse con la 5ª Calle Oriente, continuando sobre la misma de Oriente a Poniente, hasta interceptarse en la 1ª Avenida Sur, con la bóveda de 10 pies del ramal N° 2 de la alternativa de diseño seleccionada en la tesis de Saúl Aguirre y otros.

El sistema de tubería Rib-loc comienza con un diámetro de 0.9 metros en la intersección de la 5ª Calle Oriente y la 11ª Avenida Sur, continuando sobre ésta de Sur a Norte hasta intersectar la 1ª Calle Oriente, donde se desviará de Oriente a Poniente sobre la misma, con un diámetro de 1.6 metros, hasta

intersectar la 1ª Avenida Sur, con la bóveda de 10 pies proyectada en el ramal N° 2.

REDISEÑO DEL RAMAL N° 2

Debido al incremento del caudal generado por las intersecciones de la bóveda proyectada del ramal N° 2 con la bóveda de la 5ª Calle Oriente y la tubería Rib-loc de la 1ª Calle Oriente, se hace necesario cambiar la bóveda de 10 pies por una de 14 pies, desde la intersección de la 5ª Calle Oriente y la 1ª Avenida Sur, continuando sobre ésta de Sur a Norte hasta la 1ª Calle Oriente, dirigiéndose de Oriente a Poniente doblando en la 6ª Avenida Norte, hasta llegar a la Calle General Ramón Flores, manteniéndose sobre ella hasta descargar en la Quebrada Chinquíz.

JUSTIFICACIÓN

Con la alternativa también se pretende modificar el sistema de drenaje que descarga en la laguna, utilizando tubería Rib-loc. Esta tubería tiene un coeficiente de rugosidad bajo, lo que permite desalojar caudales considerables con diámetros menores a los necesarios en una tubería de concreto, presentando además la ventaja de necesitar pendientes pequeñas y menores volúmenes de excavación.

DISEÑO DE ALTERNATIVA N° 2

CUADRO 5.9

CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO EN LA 5ª CALLE ORIENTE

Tramo	Pozo (N° a N°)	C	i (mm/hora)	Área (m ²)	Caudal adicional m ³ /seg	Caudal acumulado m ³ /seg
Calle Tazumal-11ªAv. Sur	(1-2)	0.45	215	5425	0.1458	10.33*
11ªAv. Sur-9ªAv. Sur	(2-17)	0.59	215	4575	0.1612	10.49
9ªAv. Sur-7ªAv. Sur	17-18)	0.51	215	6050	0.1843	10.67
7ªAv. Sur-5ªAv. Sur	18-19)	0.57	210	8700	0.2893	10.96
5ªAv. Sur-3ªAv. Sur	19-20)	0.55	215	11000	0.3618	11.32
3ªAv. Sur-1ªAv. Sur	(20-21)	Ya se considero en la bóveda de 10' del ramal N°2				

- * Caudal generado por la suma de los caudales siguientes:
- Caudal proveniente de la cuenca de la laguna (10.18 mt³/seg).
- Caudal generado en el tramo de la calle Tazumal hasta su intersección con la 11ª Avenida Sur (0.1458 mt³/seg).

**CUADRO 5.10
DISEÑO DE BÓVEDA EN 5ª CALLE ORIENTE**

Tramo	Diámetro Bóveda	h_1 (m)	h_2 (m)	S	Q_e (m ³ /seg)	V (m/seg)	Q_{max} (m ³ /seg)	$\frac{Q_e}{Q_{max}}$
Calle Tazumal 11ª Av. Sur	10'	1.6	3.9	0.007	10.18	3.06	14.71	0.69
11ª Av. Sur 9ª Av. Sur	10'	1.6	3.9	0.007	10.33	3.06	14.71	0.70
9ª Av. Sur 7ª Av. Sur	10'	1.6	3.9	0.007	10.49	3.06	14.71	0.71
7ª Av. Sur 5ª Av. Sur	10'	1.6	3.9	0.007	10.67	3.06	14.71	0.73
5ª Av. Sur 3ª Av. Sur	10'	1.7	4.0	0.007	10.96	3.12	15.93	0.69
3ª Av. Sur 1ª Av. Sur	10'	1.7	4.0	0.007	11.32	3.12	15.93	0.71

Q_e = Caudal de entrada

Q_{max} = Caudal máximo de entrada

El método de diseño de la tubería Rib-Loc se explica a continuación:
Tomando como ejemplo un tramo sobre la 1ª calle Oriente, comprendido entre la 11ª Avenida Sur y la 9ª Avenida Sur (ver cuadro 5.13).

El caudal acumulado hasta la 11ª Avenida Sur es $Q=1.206 \text{ m}^3/\text{seg}$ y se considera que hará trabajar la tubería hasta aproximadamente el 70% de su capacidad hidráulica, lo que implica que el caudal a tubo lleno es: $Q_{LL}=1.206 / 0.70$

$$Q_{LL}=1.699 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Para el caso, la tubería se colocará con la pendiente mínima de $S=0.5\%$ (ver Reglamento de Diseño de Aguas Lluvias anexo N° 5.3).

Con el valor del caudal a tubo lleno y la pendiente se corta las escalas de diámetro y velocidad del nomograma que describe la hidráulica de la tubería Rib-Loc trabajando llena (ver anexo N° 5.4), En toda la tubería a diseñar en el presente estudio se utilizará un coeficiente de Manning igual a $n=1/m$, para el ejemplo $n=1/77$, $n=0.013$.

Se obtiene un diámetro de 1000 mm, pero para su utilización falta revisar la velocidad de diseño, que tiene que oscilar entre 1 y 5 mts/seg, para esto se utiliza la gráfica de tuberías con flujos trabajando parcialmente llenos (ver anexo N° 5.5), y el procedimiento es el siguiente: Con el porcentaje de caudal con que trabajará la tubería, se cortará la curva de caudal, y se traza una línea recta de izquierda a derecha, hasta cortar la curva de la velocidad, luego se baja la línea hasta intersectar el porcentaje de velocidad (V_D/V_{LL}), obteniendo la velocidad de diseño de la forma:

$$(V_D/V_{LL}) = 1.092$$

$$V_D = 1.092 \times 2.83$$

$$V_D = 3.09 \text{ mts/seg}$$

Por lo que la velocidad esta en el rango, el diámetro de 1000 mm es adecuado.

CUADRO 5.11

DISEÑO DE TUBERÍA RIB-LOC COLOCADA EN LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE

Tramo	Diámetro (mts)	Pendiente (s)	Q_e (m ³ /seg)	V_{LL} (m/seg)	Q_{LL} (m ³ /seg)	$\frac{Q_e}{Q_{LL}}$	$\frac{V_D}{V_{LL}}$	V_D
3ª Calle Oriente 1ª Calle Oriente	0.90	0.005	0.837	2.70	1.20	0.70	1.090	2.94
11ª Av. Sur 9ª Av. Sur	1.00	0.005	1.206	2.83	1.69	0.71	1.092	3.09
9ª Av. Sur 7ª Av. Sur	1.30	0.005	1.892	3.25	2.78	0.68	1.075	3.49
7ª Av. Sur 5ª Av. Sur	1.40	0.005	2.726	3.60	3.73	0.73	1.098	3.95
5ª Av. Sur 3ª Av. Sur	1.50	0.005	3.026	3.65	4.39	0.69	1.080	3.95
3ª Av. Sur 1ª Av. Sur	1.60	0.005	3.44	3.80	4.99	0.69	1.092	4.15

Q_e = Caudal de entrada

Q_{LL} = Caudal a tubería llena

V_{LL} = Velocidad a tubería llena

V_D = Velocidad de diseño

NOTAS DE DISEÑO

- El coeficiente de rugosidad de Manning para tubería Rib-Loc es $n=0.013$ y se obtiene de la siguiente forma:

$$n=1/m$$

$$n=1/77$$

$$n=0.013$$

- La pendiente para tubería Rib-Loc es de $S = 0.5\%$, que es la mínima que propone el reglamento de diseño de aguas lluvias de DUA.

- Se considera colocar tubería Rib-Loc con diámetro de 0.9 mt en el tramo entre la 3ª calle Oriente y 1ª calle Oriente, luego cambiar a un diámetro de 1.6 mt en el tramo de la 11ª Avenida Sur y 1ª Avenida Sur.

REDISEÑO DEL RAMAL N° 2 DESDE LA INTERSECCIÓN DE LA 5ª CALLE ORIENTE Y 1ª AVENIDA SUR, HASTA LA DESCARGA EN LA QUEBRADA CHINQUÍZ.

CÁLCULO DE CAUDALES PARA DISEÑO

Valores tomados de la tesis de Saúl Aguirre y otros, que se relacionan con la propuesta de diseño.

CUADRO 5.12
CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

Tramo	Pozo (N° a N°)	C	I (mm/hora)	Área (m ²)	Caudal adicional m ³ /seg	Caudal acumulado m ³ /seg
5ª Calle Oriente- 3ª Calle Oriente	(21-22)	0.56	3.45	16575	0.5337	22.73*
3ª Calle Oriente- 1ª Calle Oriente	(22-10)	0.51	3.30	24125	0.6767	23.41
1ª Av. Sur – Avenida 2 de Abril	(10-11)	0.57	3.15	13085	0.3915	27.24**
Avenida 2 de Abril-2ª Av. Sur	(11-12)	0.59	3.05	12450	0.3734	27.61
2ª Av. Sur-4ª Av. Sur	(12-13)	0.58	2.95	10075	0.2873	27.90
4ª Av. Sur-6ª Av. Sur	(13-14)	0.55	2.85	10200	0.2664	28.17
1ª Calle Poniente- Calle Gral. Ramón Flores	(14-15)	0.48	2.75	12400	0.2728	28.44
6ª Av. Norte-8ª Av. Norte	(15-16)	0.47	2.65	4150	0.0862	28.53
8ª Av. Norte- Descarga		0.48	2.56	4500	0.0921	28.62

* Caudal generado por la suma de los caudales siguientes:

- Caudal total que entra en la intersección de la 5ª Calle Oriente y la 1ª Avenida Sur (10.861 m³/seg)
- Caudal proveniente de la cuenca de la laguna y 5ª calle Oriente que llega a la 1ª Avenida Sur (11.32 m³/seg).
- Caudal adicional generado en el tramo entre la 5ª Calle Oriente y 3ª Calle Oriente (0.5337 m³/seg)

** Caudal producido por la suma de los caudales siguientes:

- Caudal acumulado, producto del rediseño del ramal N° 2, que entra en la intersección de la 1ª Calle Oriente y 1ª Avenida Sur: 23.41 m³/seg.
- Caudal proveniente de la 11ª Avenida Sur y 1ª Calle Oriente que llega a la 1ª Avenida Sur: 3.44 m³/seg.
- Caudal adicional generado en el tramo entre la 1ª Avenida Sur y Avenida 2 de Abril: 0.39 m³/seg.

CUADRO 5.13

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL RAMAL N° 2 DESDE LA INTERSECCIÓN DE LA 5ª CALLE ORIENTE Y 1ª AVENIDA SUR, HASTA LA DESCARGA DE LA QUEBRADA CHINQUÍZ

DISEÑO DE BÓVEDA

Tramo	Diámetro Bóveda	h_1 (m)	h_2 (m)	s	Q_e (m ³ /seg)	V (m/seg)	$Q_{máx}$ (m ³ /seg)	$\frac{Q_e}{Q_{máx}}$
5ª Calle Oriente 3ª Calle Oriente	14'	2.0	4.35	0.007	22.2	3.69	31.05	0.71
3ª Calle Oriente 1ª Calle Oriente	14'	2.10	4.45	0.007	22.73	3.76	33.15	0.69
1ª Av. Sur Av. 2 de Abril	14'	2.10	4.45	0.007	23.41	3.76	33.15	0.71
Av. 2 de Abril 2ª Av. Sur	14'	2.40	4.75	0.007	27.24	3.92	39.56	0.69
2ª Av. Sur 4ª Av. Sur	14'	2.40	4.75	0.007	27.61	3.92	39.56	0.70
4ª Av. Sur 6ª Av. Sur	14'	2.40	4.75	0.007	27.90	3.92	39.56	0.71
1ª Calle Poniente Calle Ramón Flores	14'	2.40	4.75	0.007	28.17	3.92	39.56	0.71
6ª Av. Norte 8ª Av. Norte	14'	2.40	4.75	0.007	28.44	3.92	39.56	0.72
8ª Av. Norte Descarga	14'	2.40	5.30	0.007	28.53	3.92	39.56	0.72

Q_e = Caudal de entrada

$Q_{máx}$ = Caudal máximo

5.3 ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA

Después de evaluar ambas alternativas se determinó que la más factible desde el punto de vista económico y de optimización de recursos es la alternativa N° 1, " Sistema de bóveda ubicada sobre calle Tazumal, 11ª Avenida Sur y 1ª Calle Oriente", que presenta ventajas como las siguientes:

- Menores volúmenes de excavación y demolición de sistemas de aguas lluvias existentes.
- Menor cantidad de materiales en su construcción.
- Reducción del tiempo de ejecución del proyecto.
- Más económica si se consideran sus costos índices, lo que se demuestra en el siguiente cuadro, donde se estiman los costos globales de cada alternativa:

CUADRO 5.14**COSTO DE ALTERNATIVA N° 1**

Obra a construir	Costo / ml	Longitud de la obra (ml)	Costo estimado
Bóveda 10'	2,500	731	¢1,827,500
Bóveda 14'	2700	480	¢1,296,000
Total		1211.0	¢3,123,500

CUADRO 5.15**COSTO DE ALTERNATIVA N° 2**

Obra a construir	Costo / ml	Longitud de la obra (ml)	Costo estimado
Bóveda 10'	2500	558.3	¢1,395,750
Bóveda 14'	2700	665	¢1,795,500
Tubería Rib-Loc	695	731	¢508,045
Total		1,954.3	¢3,699,295

5.4 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACIÓN**EJEMPLO DE DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACIÓN**

Según el Reglamento de DUA para el diseño de aguas lluvias. En vías vehiculares el diámetro mínimo permisible de tubería para una conexión de tragante a pozo de visita es de 15 pulgadas, y su respectiva pendiente máxima es de 6%, tomando estos valores y utilizando el nomograma de Hazen Williams (ver anexo N° 5.6) y el diagrama de tuberías circulares trabajando parcialmente

llenas (ver anexo N° 5.5), se calcula la velocidad máxima permisible, que sirve como parámetro de diseño.

Evaluando el diámetro de tubería de 15 pulgadas y la pendiente del 6% (ver anexo N° 5.6), en el nomograma de Hazen Williams, se obtiene la velocidad de tubería llena (V_{LL}) de 3.35 mt/seg.

En el diagrama de tuberías circulares trabajando parcialmente llenas se traza una línea perpendicular a las abscisas, que corta el valor máximo en la curva de velocidad. Se obtiene la relación en porcentaje de la velocidad de diseño (V_D) y la velocidad máxima de tubería llena (V_{LL}):

$$(V_D / V_{LL}) \times 100 = 116\%$$

Despejando V_D y sustituyendo V_{LL} por su valor, se obtiene la velocidad máxima permisible en el sistema:

$$V_D = (116 \times 3.35) / 100$$

$$V_{D\text{máxima}} = 3.9 \text{ mt/seg}$$

Utilizando los resultados se diseñara la tubería que conecta el tragante con un pozo de visita en la intersección de la calle Tazumal y la 11ª Avenida Sur:

El caudal de diseño es de 145.8 Lt/seg y es el que se genera en el tramo entre la calle Tazumal y la 11ª Avenida Sur (ver cuadro 5.5).

La pendiente mínima en tuberías de aguas lluvias es de 0.5%, para el caso se asume una pendiente de $S=2\%$, y un diámetro de tubería de 15 pulgadas, luego del nomograma de Hazen Williams se obtiene:

Caudal a tubería llena $Q_{LL} = 225$ Lt/seg

Velocidad a tubería llena $V_{LL} = 2.0$ Mt/seg

Relacionando el caudal de diseño (Q_D) con el caudal a tubería llena (Q_{LL}) se obtiene:

$$(Q_D / Q_{LL}) \times 100 = (145.8 \times 100) / 225$$

$$(Q_D / Q_{LL}) \times 100 = 64.8\%$$

De anexo N° 5.5, cortando la curva de velocidad se encuentra la relación en porcentaje de la velocidad de diseño (V_D) y la velocidad a tubería llena (V_{LL}):

$$(V_D / V_{LL}) \times 100 = 106\%$$

Despejando (V_D) y sustituyendo (V_{LL}) por su valor se obtiene:

$$V_D = (106 \times 2) / 100$$

$$V_D = 2.12 \text{ mt/seg}$$

La velocidad esta en el rango, lo que demuestra que el diámetro de 15 pulgadas y la pendiente de 2% son adecuados.

CUADRO 5.16

DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACIÓN EN EL TRAMO DE LA 11ª AVENIDA SUR Y 1ª CALLE ORIENTE, HASTA INTERSECTAR CON LA 1ª AVENIDA SUR.

INTERSECCIÓN	Ø (Pulg.)	S (Pendiente)	Q (Mt ³ /seg)	V (Mt/seg)	COMENTARIO
Entrada calle Tazumal	—	—	—	—	Parrilla de 0.5 mt de ancho, con cajas tragantes laterales descubiertas.
Calle Tazumal- 11ª Avenida Sur	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 3.7 mts de alto, con una caja tragante de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 717.7 mts
5ª Calle Oriente- 11ª Avenida Sur	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 3.9 mts de alto, con cuatro cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 715.8 mts
3ª Calle Oriente- 11ª Avenida Sur.	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 4.42 mts de alto, con cuatro cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 713.058 mts
1ª Calle Oriente- 11ª Avenida Sur.	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 4.0 mts de alto, con cuatro cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 712.238 mts
9ª Avenida Sur-1ª calle Oriente	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 5.0 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 711.653 mts
7ª Avenida Sur-1ª calle Oriente	15	0.03	0.28	2.45	Pozo de visita de H= 6.25 mts de alto, con cuatro cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 711.253 mts
5ª Avenida Sur-1ª calle Oriente	15	0.03	0.28	2.45	Pozo de visita de H= 7.0 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 710.413 mts
3ª Avenida Sur-1ª calle Oriente	15	0.02	0.225	2.0	Pozo de visita de H= 5.0 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 707.938 mts

NFC=Nivel de fondo de caja tragante

CUADRO 5.17

DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACIÓN DESDE LA INTERSECCIÓN DE LA 1ª AVENIDA SUR CON LA 1ª CALLE ORIENTE, HASTA LA DESCARGA EN LA QUEBRADA CHINQUÍZ.

INTERSECCIÓN	Ø (Pulg.)	S (Pendiente)	Q (M ³ /seg)	V (M/seg)	COMENTARIO
1ª Avenida Sur -1ª calle Oriente	15	0.01	0.15	1.66	Pozo de visita de H= 3.1 mts de alto, con tres cajas tragantes de H= 0.7 mts de profundidad, y NFC= 706.563 mts
Avenida 2 de Abril - 1ª calle Poniente	15	0.01	0.15	1.66	Pozo de visita de H= 2.10 mts de alto, con tres cajas tragantes de H= 0.4 mts de profundidad, y NFC= 705.16 mts
2ª Avenida Sur-1ª calle Poniente	15	0.01	0.15	1.66	Pozo de visita de H= 3.9 mts de alto, con tres cajas tragantes de H= 0.4 mts de profundidad, y NFC= 705.863 mts
4ª Avenida Sur-1ª calle Poniente	15	0.01	0.15	1.66	Pozo de visita de H= 1.50 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=0.40 mts de profundidad, y NFC= 70.579 mts
6ª Avenida Sur-1ª calle Poniente	15	0.005	0.12	0.95	Pozo de visita de H= 1.75 mts de alto, con cuatro cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 702.763 mts
Calle General Ramón Flores- 6ª Avenida Sur	15	0.005	0.12	0.95	Pozo de visita de H= 3.20 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=1.5 mts de profundidad, y NFC= 703.968 mts
Calle General Ramón Flores - 6ª Avenida Sur	15	0.005	0.12	0.95	Pozo de visita de H= 3.2 mts de alto, con tres cajas tragantes de H=0.7 mts de profundidad, y NFC= 701.005 mts

Fuente: "Diseño Complementario de Sistemas de Drenaje de Aguas Lluvias de la Ciudad de Chalchuapa", tesis, UES 1996

NFC=Nivel de fondo de caja tragante

NOTA DE DISEÑO:

Todas las cajas tragantes pueden drenar el caudal superficial, con tuberías trabajando llenas.

A continuación se muestra en el mapa 5.4, la ubicación de estos tragantes en planta y sus respectivos pozos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

6.0 CONCLUSIONES

- La generación de focos de contaminación tanto en el área de influencia como en la laguna, se debe a patrones culturales de la población, pues no hacen uso adecuado del servicio de tren de aseo, que posee una buena cobertura del 97.6%, con tres días de recolección a la semana en el área de influencia, siendo utilizado el servicio únicamente por el 40.7% de la población.

- Las personas que llegan a lavar diariamente a la laguna, son en promedio 23, y se determinó que el motivo principal por el que llegan, es la carencia de agua potable en sus comunidades, principalmente en aquellas ubicadas al Sur-Este de la ciudad, este problema se espera que disminuya, con la implementación de los proyectos de mejoras a la red de distribución y el aumento de fuentes de abastecimiento por parte de ANDA.

- En el sistema de alcantarillado de aguas lluvias de la 11ª Avenida Sur, se determinó la existencia de conexiones ilícitas de aguas negras, esto en base a los análisis físico-químicos y bacteriológicos, realizados en el cabezal de descarga, que demuestra la presencia de coliformes

fecales (210,000 NMP/100 ml), la cantidad excesiva de grasas y aceites (24.4 mg/l), fosfatos (38.08 mg/l) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (52.87 mg/l), valores que sobrepasan los máximos permisibles para aguas residuales domésticas descargadas a un cuerpo receptor.

- La contaminación del manto acuífero es evidente, en base a los resultados de los análisis bacteriológicos en un pozo próximo a la laguna, realizados por el Departamento de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, se encontró concentraciones de bacterias coliformes. Esto se debe a que el 63.3 % de la población en el área de influencia, no utiliza o no tiene acceso al sistema de alcantarillado de aguas negras, disponiéndolas por medio de fosas sépticas y fosas de hoyo seco, que al infiltrarse producen la contaminación del manto acuífero.
- La principal causa del deterioro de la laguna es la descarga excesiva de materia orgánica (nutrientes), que llega por la escorrentía superficial, así como las conexiones ilícitas de aguas residuales domésticas en el sistema de aguas lluvias que descargan en la laguna a través de la canaleta. Las algas se alimentan de los nutrientes, aumentando su población en forma desproporcionada rompiendo el equilibrio entre la producción y la demanda de oxígeno necesaria para

la respiración de los organismos acuáticos, llegando la laguna a estar en un proceso de eutroficación.

- El oxígeno disuelto OD es el parámetro mas afectado en el cuerpo de agua, porque ha venido disminuyendo durante los últimos veinte años. El oxígeno actual de 2 mg/l es mínimo y prácticamente limita a las especies de peces, a vivir cerca de la superficie del agua, en una zona aproximadamente de 2.5 metros de profundidad.
- Las formas de vida que predominan en el medio acuático son muy pequeñas o microscópicas, con una tendencia a desaparecer la flora y fauna de mayor tamaño y convertirse en inhabitable para organismos aerobios. Este efecto ya se dio en el año 1988, cuando se produjo una mortandad de peces, fenómeno que se atribuyo en gran parte a la falta de oxígeno en el agua, y no es muy remota la posibilidad de que vuelva a ocurrir.
- La presencia de coliformes fecales y nemátodos, es un índice de que el agua está contaminada con patógenos fecales, dañinos para la salud del hombre, por lo que no es apta para consumo humano.

- El fondo de la laguna tiene elementos tóxicos, tales como: Arsénico (32.46 mg/l), Cadmio(0.0573 mg/l), Plomo (35.61 mg/l) y Níquel (27.90 mg/l), que sobrepasan los valores máximos admisibles de aguas residuales tratadas, que se descargan a un cuerpo receptor, estas sustancias son nocivas debido a su alta concentración que de acumularse en los órganos o tejido humano pueden causar problemas funcionales o cancerígenos.

- En el estudio hidrológico se determinó que el caudal proveniente de la cuenca es de 10.18 m³/seg, el cual sobrepasa la capacidad del sistema de alcantarillado existente, generando inundaciones en varios puntos de la ciudad. Este caudal aumentará si continúa la deforestación y se necesitaran obras de mayores dimensiones, que no pueden ser factibles de construir dentro de la ciudad. Por lo que una solución a este problema es desviar el caudal generado por la cuenca hacia otro punto fuera de la ciudad, como podría ser la quebrada de invierno ubicada al oriente de la laguna.

- En base al estudio hidrogeológico realizado se concluye, que la laguna es abastecida por agua subterránea proveniente del acuífero de Chalchuapa, durante todo el año, debido a que en época de estiaje, el nivel freático se encuentra a una profundidad de 3 metros

aproximadamente, respecto al nivel de la superficie libre del cuerpo de agua, y el balance de las variables de recarga y descarga en la subcuenca, demuestra que el volumen base de la laguna se mantiene, por lo que no necesita de la esorrentía que llega de la cuenca, a través del cabezal de descarga, para mantener su volúmen.

- Uno de los factores que ha contribuido a la degradación del cuerpo de agua, es la deposición de sedimento, que llega con la esorrentía superficial a través de la canaleta, en el estudio de arrastre de sedimento se determino que la pérdida potencial del suelo en la cuenca es de 5,086 ton por año, que se considera baja debido a que el 78.58 % del área de la cuenca esta cubierta por cultivos de café y que la pendiente del terreno es suave. la principal fuente de erosión en la cuenca son las zonas de escasa vegetación, constituida por hierva corta, grama y calles de tierra. Sin embargo en la laguna entran 858.4 toneladas por año, que corresponden aproximadamente al 16 % de la perdida potencial total del suelo de la cuenca; siendo esta cantidad de sedimento la que más a contribuido a acelerar el proceso de asolvamiento de la laguna.

Realizando la proyección de recuperación de áreas deforestadas, y considerando una recuperación del 50 %, al evaluar los parámetros en la ecuación EUMPS, se obtiene un valor de 2,469.29 toneladas por año, que corresponde a una reducción de la potencial del suelo del 51.5 %. Esto demuestra que al implementarse un plan de reforestación disminuiría considerablemente el problema de arrastre de sedimento, que llega a la laguna, alargando la capacidad de almacenaje del cuerpo de agua.

6.1 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones son el resultado de la investigación y dependiendo del área de implementación se dividen en dos partes, la primera en donde se consideran las variables que se relacionan con la cuenca, y la segunda en donde se toman aquellos factores que inciden en la laguna.

Las recomendaciones se darán además en base a las necesidades de su implementación así como su factibilidad de ejecución en un período de tiempo determinado; clasificando como recomendaciones de corto a mediano plazo aquellas que se pueden ejecutar en un período no mayor de un año y de rápida implementación. Las recomendaciones de mediano a largo plazo serán aquellas que por su complejidad se requiere mayor tiempo para su implementación.

RECOMENDACIONES EN LA LAGUNA CUSCACHAPA, DE CORTO A MEDIANO PLAZO

- Promover la educación ambiental en las escuelas de la ciudad, formando grupos ecológicos de manera que se motive a los alumnos a participar en campañas de limpieza y reforestación, siendo los encargados de ésta educación ambiental los profesores, coordinando las actividades con el MAG.
- En el área de influencia se recomienda adoptar un sistema de disposición de excretas, adecuado para evitar la contaminación del manto acuífero, como por ejemplo las letrinas aboneras. Esto estaría a cargo de Ministerio del Salud y Asistencia Social.
- Establecer zonas de retiro y protección en la laguna, para evitar que siga disminuyendo su área a medida que se da el crecimiento poblacional y urbano, utilizando postes de concreto y malla ciclón, esta actividad sería desarrollada por la Alcaldía Municipal apoyada por CEPRHI.

- Promover el cultivo periódico de peces, con la asistencia técnica piscícola del MAG, para mantener las especies acuáticas características de la laguna, como tilapia, guapote, burras y mojaras, así como establecer períodos de veda, a fin de permitir el desarrollo y reproducción de las especies cultivadas.
- La extracción periódica de sedimento del montículo, por medios mecánicos o manuales, que puede ser utilizado por la Alcaldía para la reparación y mantenimiento de los caminos vecinales.
- Llevar en forma conjunta el MAG y la Facultad Multidisciplinaria de Occidente un control de análisis de calidad de agua, evaluando los parámetros físico-químicos y bacteriológicos,
- El control de focos de contaminación cercanos a laguna, deben estar regulados por el Departamento de Saneamiento Ambiental del Hospital Nacional de Chalchuapa.

A continuación se da una serie de recomendaciones, que se pueden desarrollar tomando en cuenta que no alterarían las condiciones naturales del recurso hídrico, y que su implementación contribuiría a mejorar la afluencia de personas que llegan al lugar. Estas recomendaciones pueden ser

implementadas por la Alcaldía Municipal, o en combinación de esta con otras instituciones interesadas en conservar la laguna. Entre estas recomendaciones tenemos:

- Mejoramiento del acceso Sur, así como de la calle perimetral en la laguna, con la construcción de pequeños muros de mampostería de piedra, en áreas de desbordamiento. Esta actividad se puede coordinar con el MOP.
- Colocación de recipientes colectores de basura, en puntos estratégicos del lugar, así como rótulos de "No botar basura".
- Colocación de rótulos promocionales de la laguna, que contengan información general.
- Designación de una persona (s), por parte de la Alcaldía Municipal, para el cuidado y protección de la laguna.
- Incremento de la vigilancia, para garantizar el orden dentro del área de esparcimiento, siendo esta responsabilidad de la Policía Nacional Civil.

- Realizar gestiones por parte de la Alcaldía, para que la laguna sea considerada dentro del patrimonio cultural de nuestro país.

RECOMENDACIONES EN LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA, DE CORTO A MEDIANO PLAZO

- Implementar obras de conservación, así como proteger las áreas que se recomiendan en el plano N° 6.1, en donde se hace necesario darle un mantenimiento a las calles, que conducen a los cantones Las Flores y El Cuje con recubrimiento de material selecto y colocar canaletas a sus costados, siendo el responsable de ejecutar dichas obras el MOP.

RECOMENDACIONES DE MEDIANO A LARGO PLAZO

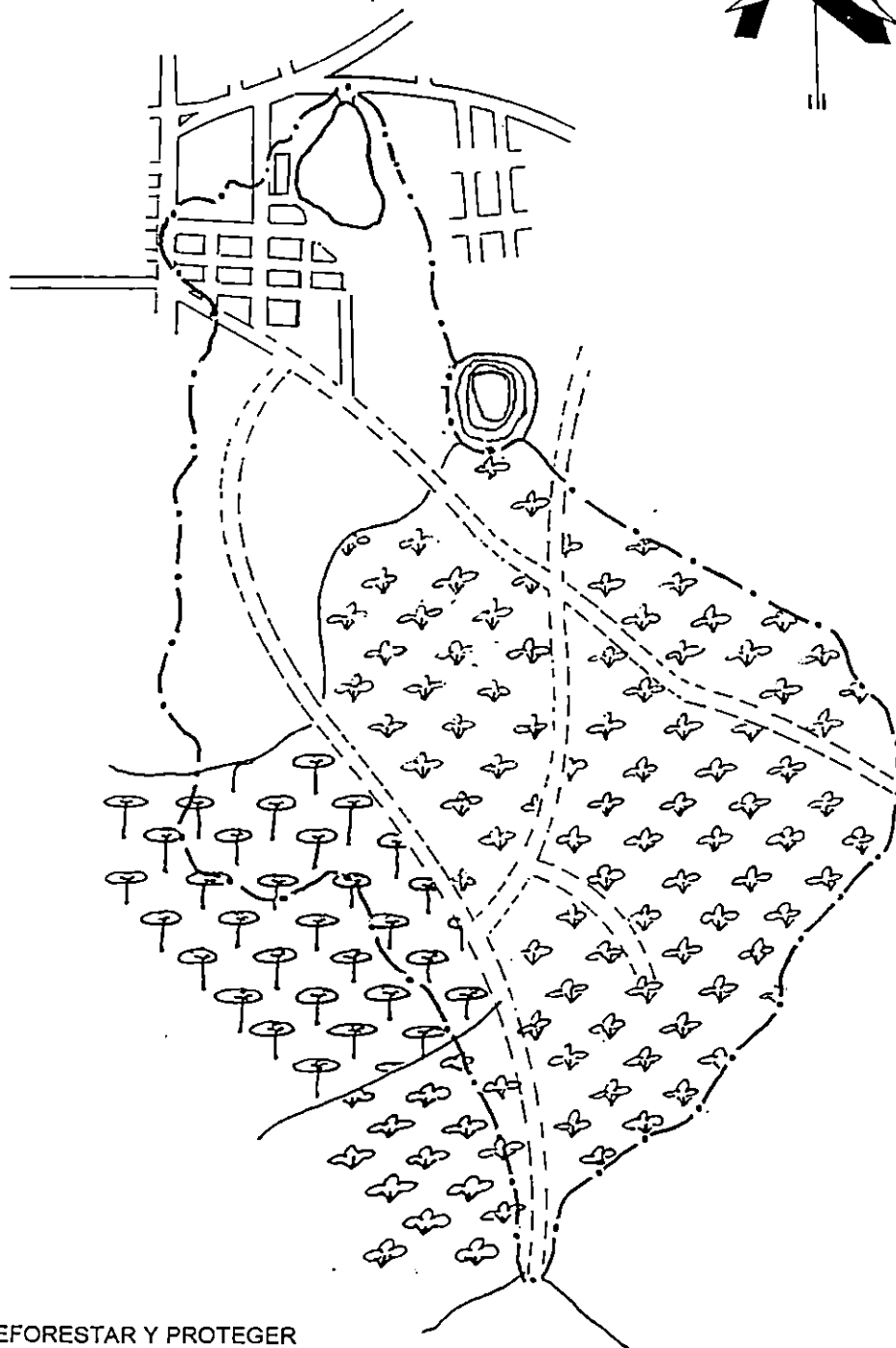
Se recomienda implementar el sistema de drenaje de aguas lluvias propuesto en el capítulo V, por que se considera factible e indispensable para la protección y conservación de la laguna, debido a que elimina el problema de vertidos de aguas residuales, mitigando en gran medida la sedimentación a que está sometida; contribuiría además a solucionar el problema de las

inundaciones que se dan en época de invierno, específicamente en la intersección de la calle Tazumal y 11ª Avenida Sur.

La implementación del sistema se considera de mediano a largo plazo, colocando primeramente el colector de aguas lluvias en la calle Tazumal, y construyendo la bóveda de 10 pies en los tramos que van sobre la calle Tazumal, 11ª Avenida Sur y 1ª calle Oriente, hasta intersectar con la 1ª Avenida Sur, y desde este punto hasta la descarga en la quebrada Chinquíz, la construcción de una bóveda de 14 pies, con el objeto de dejar este tramo del sistema, con capacidad para evacuar el caudal proveniente del ramal N° 2 (ver mapa 5.1); propuesto por el grupo de tesis de Saúl Aguirre, el que se considera implementar en un periodo a largo plazo, dejándolo a consideración de la Alcaldía o de DUA.



MAPA 6.1



SIMBOLOGÍA



ÁREA A REFORESTAR Y PROTEGER



ÁREA DONDE DEBE MANTENERSE EL CULTIVO DE CAFÉ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: 1: 25,000	TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ESTUDIO DE SANEAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA LAGUNA CUSCACHAPA" PRESENTAN: RAMÍREZ LIMA, LUIS EDGARDO SANTAMARIA LÓPEZ, HUGO LUIS VIANA GUDIEL, CARLOS HUMBERTO
	FECHA: FEB./99	
CONTENIDO: PROPUESTA DE ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA.		

BIBLIOGRAFÍA

1. Constitución Política de El Salvador

2. Fundamentos de control de calidad del agua
T.H.Y, Tebbutt
Segunda edición en español, Editorial LIMUSA, Mexico, 1990

3. Guía para la calidad del agua, Volúmen 1
Segunda edición, OMS (1995)

4. Ley especial para la protección y conservación del patrimonio cultural

5. Manual para evaluar los recursos hídricos subterráneos
Comisión nacional de agua
Mexico, DF

6. Manual de limnología
Dr. J. Gualberto Limón Macías
Guadalajara, Jalisco 1982
Primera edición

- 7 Plan maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en El Salvador
OPS/OMS

- 8 Estudio sobre la sedimentación del cerron grande
Marco Antonio Castro Rauda y otros
Tesis, UES, 1994

- 9 Estudio sobre la sedimentación del embalse del Cerron Grande
Febrero de 1994
Marco Antonio Castro Rauda
Universidad de El Salvador

- 10 Diseño complementario de sistemas de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chalchuapa
Marzo de 1996
Saúl Andrés Aguirre Argueta
Universidad de El Salvador

- 11 Guía básica para realizar estudios hidrológicos en El Salvador
Mayo de 1997
Sandra Elizabeth Hernández Díaz

12 Apuntes sobre la calidad de uso potable

Autor: Ing. Giuseppe Repetto e Ing. Ana Carolina E. Moran

Cooperación italiana, proyecto de salud, Ministerio de Salud Pública

13 Estudio sobre agua subterráneas

Elaborado en la consultoría en hidrogeología

Presentada a ANDA, por el Ing. Ricaardo Nuñez

Diciembre de 1985

14 Estrategia para la protección de aguas subterráneas

Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente
(CEPIS), junio d 1992

17 Determinación de riesgo de contaminación de aguas subterráneas

CEPIS, 1991

18 Ingeniería hidrogeológica

Estudio del comportamiento y aprovechamiento de las aguas
subterráneas, mayo de 1989

Ing. Federico Castellanos

19 Factores que influyeron en la mortalidad de los peces en la Laguna
Cuzcachapa.

Lic. David Rosales Arévalo

20 Investigación hidrológica de la cuenca de del lago de Coatepeque

Hernán Romero Chavarria, diciembre de 1970

Tesis Universidad de El Salvador

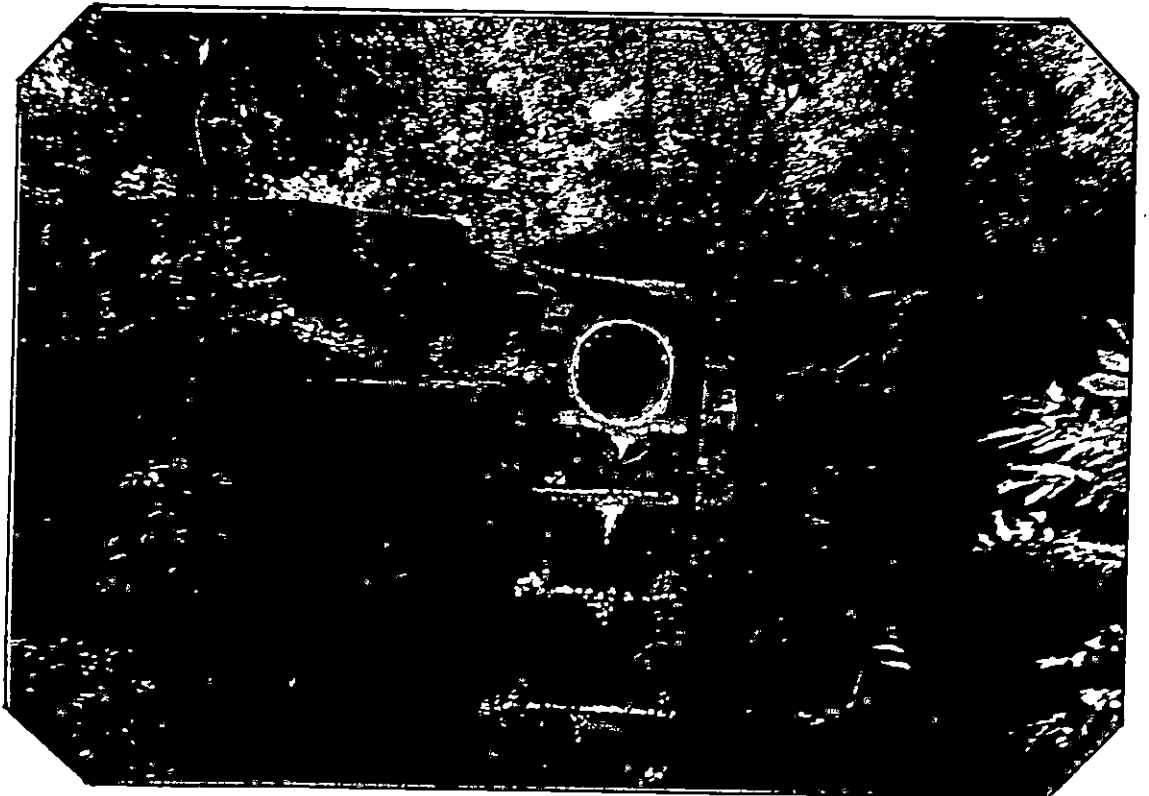
ANEXOS

CAPÍTULO I



PARTE PONIENTE DE LA LAGUNA

FOTO 1



CABEZAL DE DESCARGA PARTE PONIENTE

FOTO 2

Otra laguna que se extingue

Hace pocos años, las tortugas salían a la calle y eran aplastadas. Esto ya no ocurre, porque los quelonios se terminaron



Domingo Martínez

No hay recursos

La laguna tiene de desaparecer y no hay esperanzas de protección, según Domingo Martínez.

■ Además de la deforestación, las niñas que cubren la laguna provocan daños.

■ La falta de recursos de los cooperativistas les impide promover planes de protección y recuperación ambiental.

■ La cooperativa está dispuesta a facilitar el trabajo de las instituciones interesadas en proteger la laguna.

■ También desean encontrar apoyo para explotar de manera conjunta la crianza de peces.

LA PAZ

Jesús Corvera
El Diario de Hoy

Es un paraíso que agoniza. Los grandes árboles que se encuentran en los alrededores de la laguna de Nahualapa son talados y cada vez es menor la cantidad de agua, flora y fauna en el lugar.

Lamentablemente, parece que a nadie le importa y quienes conocieron el lugar hace 10 o más años simplemente se conforman al ver que cada vez es mayor el daño que se causa.

La historia

"Agua de los Nahuales" y "Río donde abundan los nahuatls", son dos acepciones del toponimio Nahualapa, según explicó Raúl Bonilla Alvarado, director de la Casa de la Cultura de Santiago Nonualco.

Explicó que no hay archivos sobre la historia de esta laguna, pero los pobladores la recuerdan como un sitio en el que existía un enorme bosque.

Aunque pertenece geográficamente a Santiago Nonualco, la laguna está más cerca de Rosario La Paz (a 4 kilómetros de la población).

Tortugas y peces

Residentes en la zona recuerdan que, hace unos cinco años, era común ver tortugas aplastadas en la cercana carretera. Actualmente, esta escena ya no se repite... porque casi no hay tortugas.

Por muchos años, la pesca fue una forma de vivir hasta que el abuso casi exterminó la fauna acuática.

Entre 1969 y 1975, el sitio era protegido por la Guardia Nacional y no se permitía que personas particulares pescaran en el lugar. Posteriormente, el propietario de un terreno cercano construyó una borda para formar una granja de peces. En el sitio se criaban en jaulas mojarras, guapotes y otras especies.

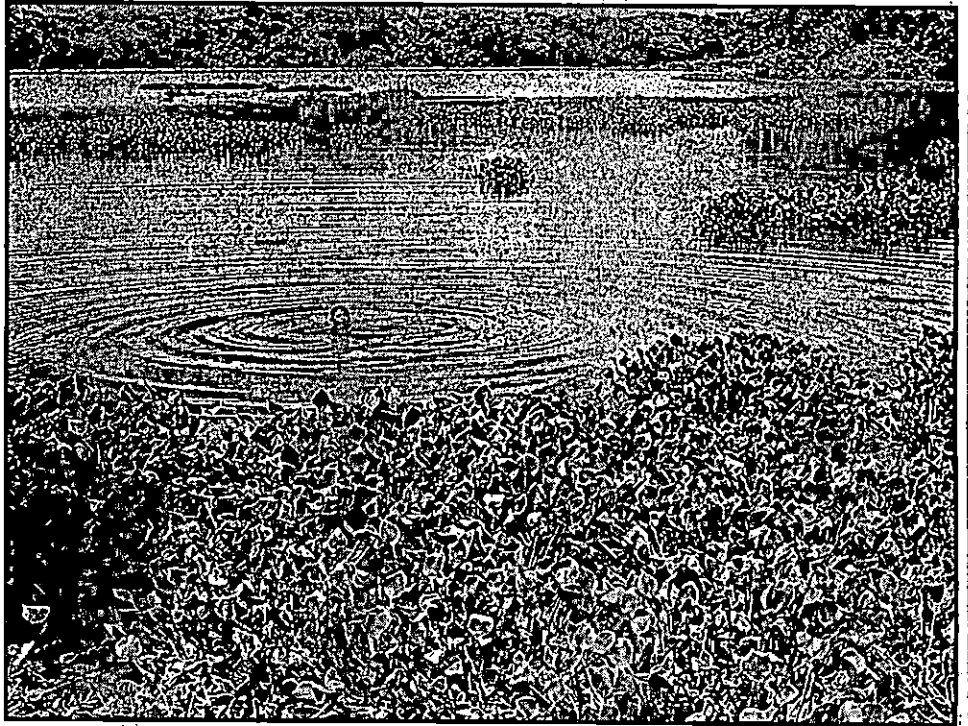
Sin embargo, inescrupulosos destruyeron las jaulas para robar los animales.

La borda tuvo efectos negativos en la laguna. Su superficie, que originalmente era de 45 manzanas, se ha reducido a 33.

Hay otras graves dificultades originadas por la falta de vigilancia y el abuso de los vecinos: Gran parte de los árboles que protegen los manantiales del sector han sido talados, especialmente en la zona de El Cimarrón, al norte de la laguna.

Residentes interesados en proteger el lugar lamentan que cuando piden a los taladores que no destruyan la flora, reciben respuestas violentas.

En la laguna es común observar a personas que les gusta la pesca como deporte y llegan con redes y anzuelos, sin embargo, muchas veces matan los peces pequeños, que luego son aban-



Laguna de Nahualapa, en Santiago Nonualco sufre la depredación de vecinos, quienes, además de talar los árboles en la zona, han reducido considerablemente la fauna acuática, especialmente peces.

donados en el lugar.

Domingo Martínez, presidente de una cooperativa agrícola local, explicó que en 1985 coordinaron un proyecto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería para cultivar tilapia en la laguna. Una vez más, irresponsables destruyeron las jaulas.

El año anterior se reunieron los cooperativistas con técnicos en piscicultura para desarrollar un proyecto similar. No obstante, les manifestaron que antes era necesario efectuar un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra la laguna. Hasta la fecha, esperan el estudio y la laguna sigue reduciéndose.

Las desgracias

Alejandro Martínez, de 70 años, es un agricultor que ha permanecido toda su vida en el lugar y recuerda cuando Nahualapa era un bosque tupido. El ha visto crecer los claros en la ori-

lla de la laguna, desaparecer las tortugas y la reducción de la población de aves y otros animales silvestres.

También recuerda a las personas que han muerto en el lugar.

Indica que hace varias décadas, dos pescadores se introdujeron en la laguna y se sumergieron en busca de peces. Inexplicablemente, sus brazos quedaron atrapados en las ramas de varios árboles bajo el agua y murieron ahogados.

Por fortuna, no recuerda otros hechos en los que se haya tenido que lamentar la pérdida de vidas humanas, aunque teme, al igual que otros pobladores, que la destrucción del lugar afecte a decenas de familias residentes en la zona.

Lo necesario

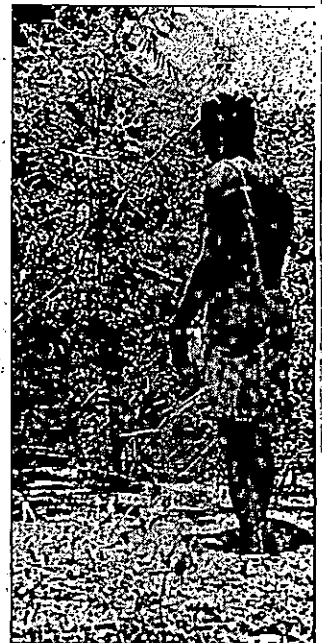
Nahualapa es una de las pocas lagunas existentes en el país y al igual que la mayoría de sitios con potencial ecológico, sufre por la irresponsabilidad de los vecinos.

Muchos pescan y contaminan la laguna. Muchos también destruyen árboles, pero pocos —o ninguno— se interesan por sembrar arbolitos, cultivar peces o evitar que los químicos contaminen el agua.

Elias Díaz Campos fue por muchos años un pescador en la laguna, pero hoy prefiere las labores agrícolas. El considera necesario un plan intenso de rescate del lugar.

Así, además de reforestar y cultivar peces y tortugas, se necesita limpiar la laguna, controlar a los vándalos y promover el ecoturismo.

El ex pescador opina que la empresa privada, MAC y otras instituciones



Algunos vecinos se dedican a la pesca en la Laguna de Nahualapa, La Paz.

podrían coordinar un plan de protección al lugar.

"Ojalá que lo hagan pronto, porque si pierden dos años en aprobar los proyectos desde sus escritorios, vendrán a rescatar un charco", dijo un estudiante que visitó el lugar.



Laguna de Nahualapa, La Paz.

Otra laguna podría ser historia

Pese a la importancia ecológica que posee, la laguna El Jocotal continúa en manos de los depredadores. Los habitantes defienden a capa y espada lo que consideran el centro de sus vidas; la Policía también actúa, pero los destructores son tercos.

SAN MIGUEL

Balmora Alvarado
El Diario de Hoy

De nada sirve que la Asamblea Legislativa haya emitido un decreto, a través del cual declarará a la laguna El Jocotal como zona de reserva forestal, pues los depredadores aún visitan la zona, y no con buenas intenciones.

Ante el inminente peligro, los residentes de ese sector del departamento de San Miguel se organizaron para conformar el Comité Ecológico de Protección a la Laguna El Jocotal, cuyo objetivo principal es cuidar los recursos naturales existentes.

El presidente de ese comité, Víctor Manuel Rivera, afirmó que también persiguen otras finalidades entre las

que se destacan la limpieza constante en las orillas de la laguna, obra que se realiza con la colaboración de la Alcaldía Municipal de El Tránsito y de la Dirección de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

También se planea incrementar el turismo en esa zona.

Otra de las actividades realizadas es proteger la flora y la fauna del lugar y entregar o denunciar ante las autoridades a los depredadores del medio ambiente.

De la vigilancia

El agente Jorge Morán, de la División de Medio Ambiente de la Policía Nacional Civil (PNC) de El Tránsito, informó que a diario efectúan dos patrullajes: uno a pie y otro en lancha. De esa forma, se vigila que no haya destrucción de los recursos naturales.

Asimismo, recalcó que la pesca con trasmallos grandes y explosivos está prohibida en ese lugar, pues dichos métodos destruyen grandes cantidades de peces pequeños.

Por fortuna, los residentes de ese lugar y los pescadores artesanales acatan las indicaciones que nosotros les damos. No tenemos mayores problemas con ellos", comentó el portavoz.

Otra de las actividades prohibidas en esa zona es la caza de animales silvestres, como el venado cola blanca o la iguana verde. Además, es en ese lugar donde la PNC libera los reptiles que decomisan en otros lugares del departamento.

En el puesto policial, los agentes cuentan con un considerable número



La laguna El Jocotal es fuente de vida para los integrantes de 400 familias que residen en las cercanías de esta Tal es la importancia para ellos que aseguran la protegerán hasta con su vida.

de "hondillas" que han decomisado a personas que intentaban matar garrobos y pájaros.

Es un aeropuerto.

El Jocotal es considerado el aeropuerto de las aves migratorias, pues es ahí donde se dan cita una gran variedad de estos animales procedentes de todas partes de Centro y Sur América.

Posee una superficie de 900 a 1,800 hectáreas, está, dependiendo de la estación lluviosa.

Es una fuente natural alimentada por el Río Grande de San Miguel y se encuentra a tan sólo 20 metros sobre el nivel del mar.

Entre las especies de aves que emigran desde Sur América, están el "Cordelín", el "Pato Enmascarado", la "Garza Azul", el "Charancuaco", "Colimbo Poquigreso", "Alcarayán", "Sora" o "Porzana", "Zarceta" de Alas

Azules", "Pato Cucharón", "Avoceta", "Piquirecta" y la "Mantelina", entre otras. También habitan en ese lugar cocodrilos, masacuatas, tepezcuintles, conejos, venados cola blanca e iguanas.

La flora típica de El Jocotal incluye tule, el carrizo, el carreto, ajonjolí, jacinto de agua y otro tipo de plantas acuáticas.

Para José Antonio Garay, un pescador que tiene 37 años de residir en ese lugar, la laguna es un paraíso y también asegura estar satisfecho de todos los recursos que obtiene ahí.

Alejandro Chávez opina lo mismo y, muy seguro de sí mismo, expresó que los residentes de esa zona están dispuestos a dar hasta sus vidas por defender la laguna.

Gracias a Dios que tenemos este charquito de agua (El Jocotal) para poder mantenernos con vida", agregó el lugareño.



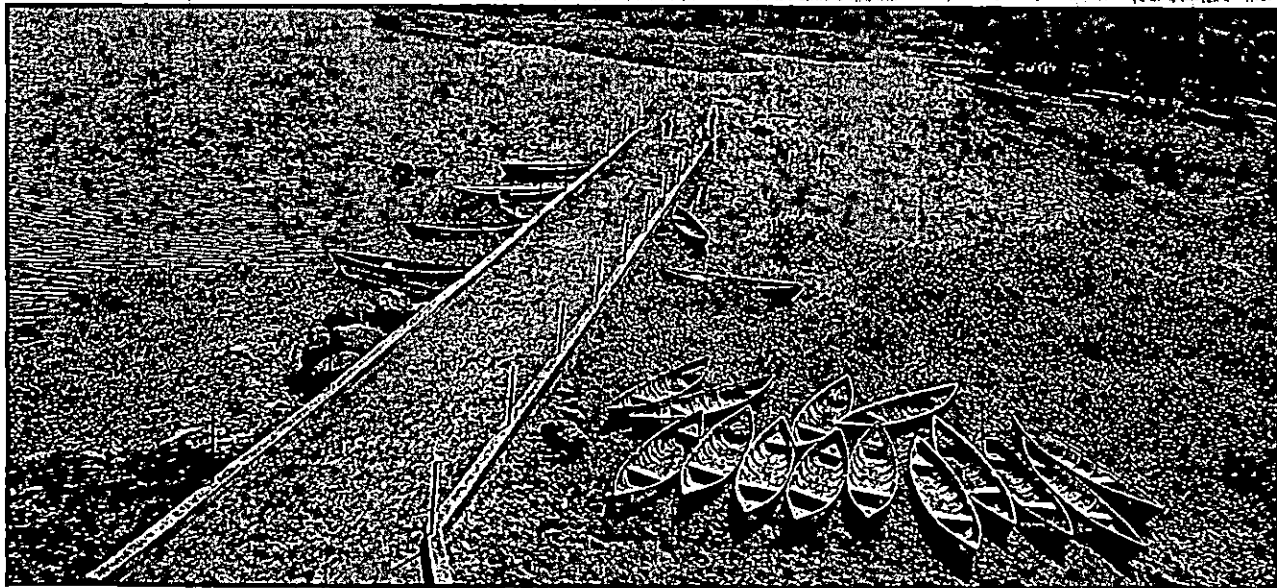
La laguna corre peligro de ser contaminada y la fauna y la flora, exterminada. Se necesita más colaboración.

Inundaciones

Este es un fenómeno que se registra en El Jocotal casi todos los años.

En los inviernos complejos, el nivel del agua sube y las viviendas y hielos del cañón por momentos se inundan.

Los habitantes aseguran haberse acostumbrado a este fenómeno. A tal punto que a día de ellos está dispuesta a abandonar la zona.



Embarcadero de la laguna El Jocotal, en el departamento de San Miguel.

ANEXOS

CAPÍTULO II

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

“EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN LA LAGUNA CUZCACHAPA”

OBJETIVO: IDENTIFICAR LAS VARIABLES DE CONTAMINACIÓN QUE AFECTAN LA LAGUNA.

Dirigida a: Personas en el área de influencia

Fecha de evaluación: _____

1. Lugar de evaluación: _____

2. Número de personas que habitan la casa: _____

3. ¿Cuenta con servicio de agua potable? : SI NO

4. ¿Cuenta con alcantarillado de aguas negras? : SI NO

5. Si es no, de qué manera dispone de las aguas negras:
Servicio de fosa Fosa séptica

Otros (explique): _____

6. ¿Qué productos y qué cantidades utiliza mensualmente para las siguientes actividades?

Actividad	Producto	Cantidad Mensual
Lavado de ropa	Detergente (sobre)	
Lavado de platos	Lejía(bolsa)	
Baño	Jabón (bola)	

7. Las aguas que se producen por estas actividades a donde van a dar:
Alcantarillado de aguas negras Alcantarillado de aguas lluvias

Otros (explique): _____

8. ¿Cuenta con servicio de tren de aseo? SI NO

Si es sí, ¿Cuántas veces por semana pasa? _____

Si es no, ¿Cómo dispone de su basura? _____

9. ¿Conoce las fuentes de contaminación de la laguna? SI NO

Si es sí, mencione algunas: _____

10. A su criterio, mencione algunas sugerencias para la conservación de la laguna

“EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN LA LAGUNA CUZCACHAPA”

OBJETIVO: IDENTIFICAR LAS VARIABLES DE CONTAMINACIÓN QUE AFECTAN LA LAGUNA.

Dirigida a: Personas que llegan a lavar.

Fecha de evaluación: _____

1. ¿Lugar de procedencia?: _____

2. ¿Cuáles son los motivos por los que viene a lavar?: _____

3. ¿Con qué frecuencia viene a lavar a la laguna? _____

4. ¿Qué cantidad de personas vienen a lavar diariamente a la laguna? _____

5. ¿Qué cantidades de los siguientes productos utiliza y cuánto consume semanalmente?:

Producto	Cantidad Semanal
Detergente (sobre)	
Lejía (bolsa)	
Jabón (bola)	

6. ¿Considera necesaria la construcción de lavaderos públicos?:


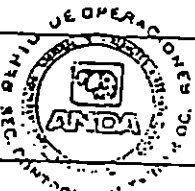
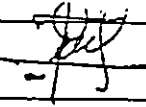
Si No

Si es sí, ¿En qué lugar?: _____

Si es no, explique: _____

7. A su criterio mencione algunas sugerencias para la conservación de la laguna:

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

MUESTREADOR <u>SANTOS INTERIANO</u>		REFERENCIA <u>730L-068-98</u>			
DIRECCION DEL SOLICITANTE <u>ANDA ROCC.</u>					
DIRECCION DE TOMA <u>HOSPITAL DE CHALCHUAPA</u>					
FECHA Y HORA DE TOMA <u>23-02-98, 10:20 HRS.</u>					
FECHA Y HORA DE RECEPCION <u>23-02-98, 15:00 HRS.</u>					
FECHA Y HORA DE ANALISIS <u>23-02-98, 15:00 HRS.</u>					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA <u>TRATADA</u>					
CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUIMICAS					
DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
pH	6.94	---	ALCALINIDAD TOTAL	115.39	mg/L
OLOR	CLORO	---	DUREZA TOTAL	119.40	mg/L
COLOR REAL	---	---	DIOXIDO DE CARBONO	25.18	mg/L
COLOR APARENTE	8	---	CONDUCTIVIDAD	368	UMHOS/cm
TEMPERATURA	24	°C	CLORO RESIDUAL	0.8	mg/L
TURBIEDAD	0.00	NTU	INDICE DE LANGELIER	-1.18	mg/L
SOLIDOS TOTALES	----	mg/L	DUREZA CARBONATICA	115.39	mg/L
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	249.0	mg/L	ALCALINIDAD AL BI-CARBONATO DE Na Y K	0.00	mg/L
CALCIO	21.4	mg/L	DUREZA NO CARBONATICA	4.01	mg/L
MAGNESIO	16.01	mg/L	CARBONATOS	0.00	mg/L
SODIO	---	mg/L	BICARBONATOS	115.39	mg/L
POTASIO	---	mg/L	HIDROXIDOS	0.00	mg/L
HIERRO TOTAL	0.11	mg/L	CLORUROS	8.56	mg/L
HIERRO DISUELTO	---	mg/L	SULFATOS	16.38	mg/L
MANGANESO TOTAL	0.05	mg/L	NITRATOS	----	mg/L
MANGANESO DISUELTO	---	mg/L	FLUOR	0.45	mg/L
ARSENICO	---	mg/L	SILICE	63.77	mg/L
BORO	---	mg/L			
COMENTARIOS <u>TODOS LOS PARAMETROS ANALIZADOS CUMPLEN CON LAS</u>					
<u>NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS. AGUA CON TENDENCIA</u>					
<u>CORROSIVA.</u>					
 JEFE DE LABORATORIO		 JEFE DEPTO OPERACIONES		 JEFE DEPTO OPERACIONES	

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

MUESTREADOR EDWING CONTRERAS REFERENCIA 730L-298-97
DIRECCION DEL SOLICITANTE ANDA ROCC.
DIRECCION DE TOMA APTOS. ROMA, BARRIO LAS ANIMAS, CHALCHUAPA.
FECHA Y HORA DE TOMA 22-08-97, 10:50 HRS.
FECHA Y HORA DE RECEPCION 22-08-97, 15:30 HRS.
FECHA Y HORA DE ANALISIS 22-08-97, 15:30 HRS.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA TRATADA

CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUÍMICAS

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
pH	6.74	---	ALCALINIDAD TOTAL	125.74	mg/L
OLOR	NORMAL	---	DUREZA TOTAL	125.42	mg/L
COLOR REAL	---	---	DIOXIDO DE CARBONO	48.62	mg/L
COLOR APARENTE	<5	---	CONDUCTIVIDAD	355	UMHOS/cm
TEMPERATURA	24	°C	CLORO RESIDUAL	0.6	mg/L
TÚRBIEDAD	0.23	NTU	INDICE DE LANGELIER	-1.34	mg/L
SOLIDOS TOTALES	----	mg/L	DUREZA CARBONATICA	125.42	mg/L
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	238.0	mg/L	ALCALINIDAD AL BI-CARBONATO DE Na Y K	0.32	mg/L
CALCIO	21.3	mg/L	DUREZA NO CARBONATICA	0.00	mg/L
MAGNESIO	17.55	mg/L	CARBONATOS	0.00	mg/L
SODIO	---	mg/L	BICARBONATOS	125.74	mg/L
POTASIO	---	mg/L	HIDROXIDOS	0.00	mg/L
HIERRO TOTAL	0.0	mg/L	CLORUROS	8.50	mg/L
HIERRO DISUELTO	---	mg/L	SULFATOS	17.97	mg/L
MANGANESO TOTAL	0.0	mg/L	NITRATOS	----	mg/L
MANGANESO DISUELTO	----	mg/L	FLUOR	0.41	mg/L
ARSENICO	---	mg/L	SILICE	62.90	mg/L
BORO	---	mg/L			

COMENTARIOS TODOS LOS PARAMETROS CUMPLEN CON LAS NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS. AGUA CON TENDENCIA CORROSIVA.

[Signature]
JEFE DE LABORATORIO



[Signature]
JEFE DEPTO OPERACIONES



ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

REGION OCCIDENTAL

SECCION CONTROL SANITARIO

CONTROL DE CALIDAD FISICOQUIMICA

DEPTO DE OPERACIONES

MUESTREADOR Edwin Contreras

REFERENCIA 7301-75-95

NOMBRE Y DIRECCION DEL ESTABLECIMIENTO: _____
 LUGAR Y DIRECCION DE DONDE SE TOMA LA MUESTRA: _____
 CLASIFICACION DE LA MUESTRA: _____
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 28-2-96, 11:20
 FECHA Y HORA DE RECEPCION: 28-2-96, 15:00
 FECHA DE ANALISIS: 28-2-96, 15:00


CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
pH	6.70		ACIDEZ TOTAL	124.36	mg/L
OLOR	cloro		DUREZA TOTAL	135.70	mg/L
COLOR VERDADERO	-		BIOXIDO DE CARBONO	48.66	mg/L
COLOR APARENTE	<1		CONDUCTIVIDAD	370.00	µmhos/cm
TEMPERATURA	25.00	°C	CLORO RESIDUAL	0.50	mg/L
TURBIDIDAD	0.23	NTU	INDICE DE LANGELIER	-1.32	
SOLIDOS TOTALES		mg/L	ALCALINIDAD AL BICARBONATO		
SOLIDOS TOT. DISUELTOS		mg/L	DE SODIO O POTASIO	0.00	mg/L
CALCIO	23.04	mg/L	DUREZA CARBONATICA	124.36	mg/L
MAGNESIO	24.62	mg/L	DUREZA NO CARBONATICA	10.65	mg/L
SODIO		mg/L	CARBONATOS	0.00	mg/L
POTASIO		mg/L	BICARBONATOS	124.36	mg/L
HIERRO TOTAL	0.00	mg/L	HIDROXIDOS	0.00	mg/L
HIERRO DISUELTO	-	mg/L	CLORUROS	45.89	mg/L
MANGANESO TOTAL	-	mg/L	SULFATOS	24.85	mg/L
MANGANESO DISUELTO	-	mg/L	NITRATOS		mg/L
ARSENICO		mg/L	FLUOR	0.50	mg/L
BORO			SILICE	82.24	mg/L

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: Todos los parametros analizados, cumplen con las normas de calidad establecidas. Agua con tendencia corrosiva.

REPORTO

Santa Ana


[Signature]
 REVISOR

21 de Marzo de 1996.


[Signature]
 JEFE DEPTO. DE OPERACIONES

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

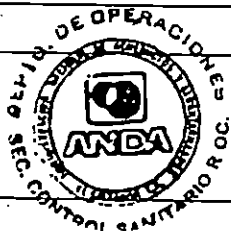
MUESTREADOR EDWING CONTRERAS REFERENCIA 730L-340-95
 DIRECCION DEL SOLICITANTE ANDA ROCC
 DIRECCION DE TOMA JOSE MARIA GUEVARA, 7A. AV. NTE., BO.
LAS ANIMAS, CHALCHUAPA
 FECHA Y HORA DE TOMA 01-11-95, 09:20 HRS.
 FECHA Y HORA DE RECEPCION 01-11-95, 14:00 HRS.
 FECHA Y HORA DE ANALISIS 01-11-95, 14:00 HRS.
 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA TRATADA

CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUÍMICAS

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
pH	6.62	---	ALCALINIDAD TOTAL	115.99	mg/L
OLOR	L-CLORO	---	DUREZA TOTAL	116.00	mg/L
COLOR REAL	---	---	DIOXIDO DE CARBONO	56.42	mg/L
COLOR APARENTE	<5	---	CONDUCTIVIDAD	320	UMHOS/cm
TEMPERATURA	26	°C	CLORO RESIDUAL	0.5	mg/L
TÚRBIEDAD	0.10	NTU	INDICE DE LANGELIER	-1.48	mg/L
SOLIDOS TOTALES	----	mg/L	DUREZA CARBÓNICA	115.99	mg/L
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	---	mg/L	ALCALINIDAD AL BI-CARBONATO DE Na Y K	0.00	mg/L
CALCIO	20.8	mg/L	DUREZA NO CARBONATICA	0.01	mg/L
MAGNESIO	15.57	mg/L	CARBONATOS	0.00	mg/L
SODIO	---	mg/L	BICARBONATOS	115.99	mg/L
POTASIO	---	mg/L	HIDROXIDOS	0.00	mg/L
HIERRO TOTAL	TRAZAS	mg/L	CLORUROS	6.95	mg/L
HIERRO DISUELTO	--	mg/L	SULFATOS	12.23	mg/L
MANGANESO TOTAL	0.0	mg/L	NITRATOS	----	mg/L
MANGANESO DISUELTO	---	mg/L	FLUOR	0.55	mg/L
ARSENICO	---	mg/L	SILICE	67.23	mg/L
BORO	---	mg/L			

COMENTARIOS TODOS LOS PARAMETROS CUMPLEN CON LAS NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS. AGUA CON TENDENCIA CORROSIVA.


 JEFE DE LABORATORIO




 JEFE DEPTO OPERACIONES




ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

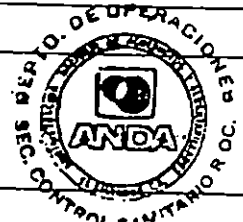
MUESTREADOR EDWING CONTRERAS REFERENCIA 730L-342-94
 DIRECCION DEL SOLICITANTE ANDA ROCC.
 DIRECCION DE TOMA GRIFO INTERNO HOSPITAL DE CHALCHUAPA
 FECHA Y HORA DE TOMA 03-11-94, 10:20 HRS.
 FECHA Y HORA DE RECEPCION 03-11-94, 15:15 HRS.
 FECHA Y HORA DE ANALISIS 03-11-94, 15:15 HRS.
 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA RED

CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUÍMICAS

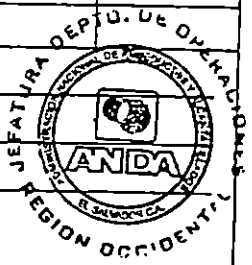
DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
pH	6.99	---	ALCALINIDAD TOTAL	101.99	mg/L
OLOR	NORMAL	---	DUREZA TOTAL	130.00	mg/L
COLOR REAL	---	---	DIOXIDO DE CARBONO	19.77	mg/L
COLOR APARENTE	<5	---	CONDUCTIVIDAD	---	UMHOS/cm
TEMPERATURA	27	°C	COLOR RESIDUAL	0.5	mg/L
TURBIEDAD	0.40	NTU	INDICE DE LANGELIER	-0.47	mg/L
SOLIDOS TOTALES	----	mg/L	DUREZA CARBONATICA	101.99	mg/L
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	----	mg/L	ALCALINIDAD AL BI-CARBONATO DE Na Y K	0.00	mg/L
CALCIO	21.6	mg/L	DUREZA NO CARBONATICA	28.01	mg/L
MAGNESIO	18.48	mg/L	CARBONATOS	0.00	mg/L
SODIO	---	mg/L	BICARBONATOS	101.99	mg/L
POTASIO	---	mg/L	HIDROXIDOS	0.00	mg/L
HIERRO TOTAL	TRAZAS	mg/L	CLORUROS	14.19	mg/L
HIERRO DISUELTO	-	mg/L	SULFATOS	32.39	mg/L
MANGANESO TOTAL	0.0	mg/L	NITRATOS	----	mg/L
MANGANESO DISUELTO	---	mg/L	FLUOR	0.31	mg/L
ARSENICO	---	mg/L	SILICE	73.27	mg/L
BORO	---	mg/L			

COMENTARIOS TODOS LOS PARAMETROS CUMPLEN CON LAS NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS. AGUA CON TENDENCIA CORROSIVA.


 JEFE DE LABORATORIO




 JEFE DEPTO OPERACIONES



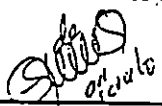
ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS


INSPECTOR	EDWING CONTRERAS	REFERENCIA	730L-1071-98
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	#2		
DIRECCION DEL SOLICITANTE	ANDA ROCC.		
DIRECCION DE TOMA	GRIFO INTERNO HOSPITAL DE CHALCHUAPA.		
FECHA Y HORA DE TOMA	30-07-98,10:00 HRS.		
FECHA Y HORA DE RECEPCION	30-07-98,15:15 HRS.		
FECHA Y HORA DE ANALISIS	30-07-98,15:15 HRS.		
TIPO DE AGUA	TRATADA		

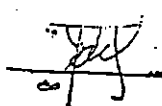
DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO	ENSAYO			
			POSITIVO PRESUNTIVO 24H	POSITIVO PRESUNTIVO 48H	POSITIVO CONFIRMATIVO 24H	POSITIVO CONFIRMATIVO 48H
CLORO RESIDUAL	mg/L	0.6	—	—	—	—
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	<2	—	—	0/5	—
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	—	—	—	—	—

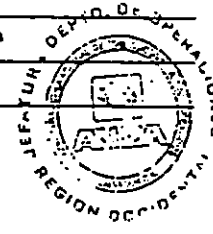
RESULTADO	APTA PARA CONSUMO.
OBSERVACIONES	

ELABORADO POR: LIC. IRMA MARTINEZ


 JEFE DE LABORATORIO




 JEFE DEPARTAMENTO OPERACIONES


 FORM/NMCM

09-01-1998 11:36:31

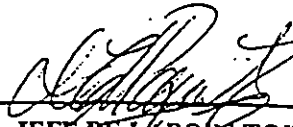
ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS

INSPECTOR	<u>EDWING CONTRERAS</u>	REFERENCIA	730L-1306-97		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	#1				
DIRECCION DEL SOLICITANTE	<u>ANDA ROCC.</u>				
DIRECCION DE TOMA	<u>UNIDAD DE SALUD, CHALCHUAPA.</u>				
FECHA Y HORA DE TOMA	<u>24-09-97,09:30 HRS.</u>				
FECHA Y HORA DE RECEPCION	<u>24-09-97,15:10 HRS.</u>				
FECHA Y HORA DE ANALISIS	<u>24-09-97,15:10 HRS.</u>				
TIPO DE AGUA	<u>TRATADA</u>				


DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO	ENSAYO			
			POSITIVO PRESUNTIVO 24H	POSITIVO PRESUNTIVO 48H	POSITIVO CONFIRMATIVO 24H	POSITIVO CONFIRMATIVO 48H
COLORO RESIDUAL	mg/L	0.6	---	---	---	---
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	<2.2	---	---	0/5	---
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	-----	---	---	---	---


RESULTADO	<u>APTA PARA CONSUMO.</u>
OBSERVACIONES	_____ _____ _____

ELABORADO POR: LIC. IRMA MARRASCA




JEFE DE LABORATORIO





JEFE DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL



FORM/MCM

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SECCION CONTROL SANITARIO - REGION OCCIDENTAL
RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD BACTERIOLOGICO DEL AGUA

DEPTO. OPERACIONES.

INSPECTOR

Edwing Contreras

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	#2	REFERENCIA	730L-416-98
NOMBRE Y DIRECCION DEL SOLICITANTE	A.N.D.A R.O.C		
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA	Unidad de Salud de Chalchuapa.		
CLASIFICACION DE LA MUESTRA	Red		
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA	28-3-98, 10:45 Hrs.		
FECHA Y HORA DE RECEPCION	29-3-98, 08:15 Hrs.		
FECHA DE ANALISIS	29-3-98, 08:15 Hrs.		
TIPO DE AGUA	Tratada		

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO	ENSAYO			
			POSITIVO PRESUNTIVO 24 HORAS	POSITIVO PRESUNTIVO 48 HORAS	POSITIVO CONFIRMATIVO 24 HORAS	POSITIVO CONFIRMATIVO 48 HORAS
CLORO RESIDUAL	mg/L	0.70				
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	<2.2	0/5	0/5		
COLIFORMES TOTALES	colonias/100mL					
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL					
COLIFORMES FECALES	colonias/100mL					

RESULTADO POTABLE

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS _____



[Signature]
 JEFE DE LABORATORIO

[Signature]
 JEFE DEPTO. DE OPERACIONES

SANTA ANA 18 de Abril de 1998.

ELABORO: Mercedes de Hernandez



ANDA

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
REGION OCCIDENTAL

SECCION CONTROL SANITARIO

CONTROL DE CALIDAD BACTERIOLOGICO

DEPTO. OPERACIONES

MUESTREADOR: Edwing Contreras.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: Nº 6 REFERENCIA: 730L-1523-95.

NOMBRE Y DIRECCION DEL SOLICITANTE: A.N.D.A. R O C.

LUGAR Y DIRECCION DE LA TOMA DE MUESTRA: Grifo interno, Unidad de Salud de Chalchuapa, Sta. Ana.

CLASIFICACION: POZO TANQUE CISTERNA RED
RIO LAGO NACIMIENTO OTRO

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 01-12-95 - 11:15 a.m.

FECHA Y HORA DE RECEPCION: 02-12-95 - 9:30 a.m.

FECHA DE ANALISIS: 02-12-95 - 9:30 a.m.

A. CRUDA: _____ A. TRATADA:

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO	E N S A Y O			
			POSITIVOS PRESUNTIVOS 24 H.	POSITIVOS PRESUNTIVOS 48 H.	POSITIVOS CONFIRMATIVOS 24 H.	POSITIVOS CONFIRMATIVOS 48 H.
CLORO RESIDUAL	mg/L	0.6	-	-	-	-
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ML	< 2.2	-	0/5	-	-
COLIFORMES TOTALES	COLONIAS/100 ML					
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ML					
COLIFORMES FECALES	COLONIAS/100 ML					

OPINION DEL RESULTADO: POTABLE.

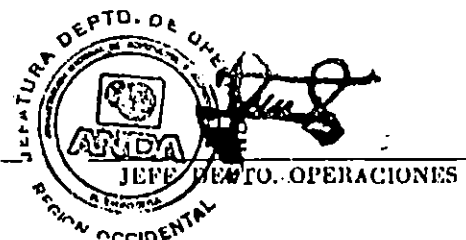
OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: _____

SANTA ANA, 07 dic./95.

vide*



[Signature]
JEFE LABORATORIO



**ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES REGION OCCIDENTAL**

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLOGICOS

INSPECTOR EDWING CONTRERAS REFERENCIA 730L-542-94
 IDENTIFICACION DE LA MUESTRA "1"
 DIRECCION DEL SOLICITANTE ANDA ROCC.
 DIRECCION DE TOMA GRIFO INTERNO, HOSPITAL DE CHALCHUAPA.
 FECHA Y HORA DE TOMA 13-05-94, 10:00 HRS.
 FECHA Y HORA DE RECEPCION 14-05-94, 08:20 HRS.
 FECHA Y HORA DE ANALISIS 14-05-94, 08:20 HRS.
 TIPO DE AGUA TRATADA

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO	ENSAYO			
			POSITIVO PRESUNTIVO 24H	POSITIVO PRESUNTIVO 48H	POSITIVO CONFIRMATIVO 24H	POSITIVO CONFIRMATIVO 48H
CLORO RESIDUAL	mg/L	0.0	—	—	—	—
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	<2.2	0/5	0/5	---	---
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	-----	—	—	--	--

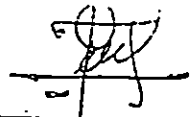
RESULTADO APTA PARA CONSUMO.
OBSERVACIONES AGUA DE CISTERNA.
DEBE MANTENERSE EL CLORO RESIDUAL ENTRE 0.5-1.0 MG /L
EN LA RED.

ELABORADO POR: LIC. IRMA MARTINEZ



JEFE DE LABORATORIO

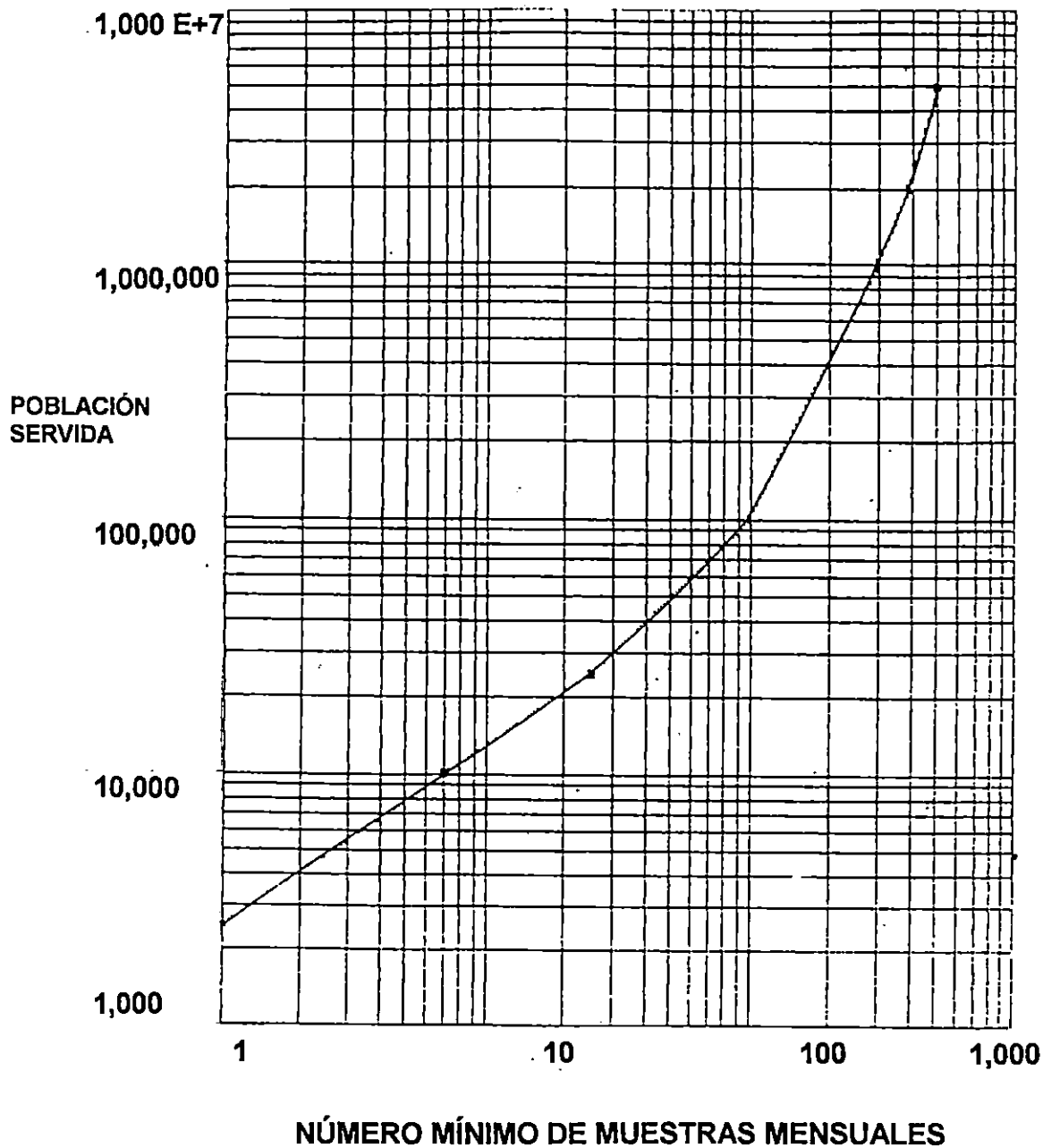




JEFE DEPARTAMENTO OPERACIONES



FORM/NMCM



Relación entre el número de muestras que se toman mensualmente y la población servida.

POBLACIÓN SERVIDA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR MES
2,500 ó MENOS	1
10,000	7
25,000	25
100,000	100
1,000,000	300
2,000,000	390
5,000,000	500



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073418-01

Muestra: AGUAS SERVIDAS
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax :

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 15/07/98
Reporte : 23/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

El Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	6.70		6.5 - 8.5
A008 Fosfatos	38.03	mg/L	S.R.D.
A011 Nitratos	1.00	mg/L	10
A013 Sólidos Totales	777.00	mg/L	1000
A022 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	52.87	mg/L	< 8
A024 Grasa y Aceites	24.40	mg/L	S.R.D.

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

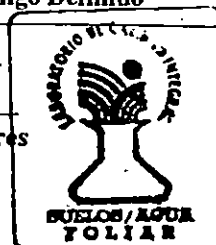
N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

FUSADES



Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliar

Lic. Regina del Carmen Cortez R.





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MICROBIOLOGIA

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073418

Producto: AGUAS SERVIDAS
Solicitante: CARLOS HUMBERTO VIANA
Responsable: CARLOS HUMBERTO VIANA
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 2322263 Fax:

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 7/07/98
Reporte : 14/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y SENSORIALES

Olor : Desagradable Color : Turbio c/sedimento e insectos Textura: Liquido

Antiguo Cuscatlán,

Otros

Muestreo: Ing. Pedro Saballos

EL Salvador, C.A.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	UFC*/mL	NMP*/100mL	MÉTODO
M002 Coliformes Fecales		210,000.00	B.A.M.
M003 Coliformes Totales		> 1,100,000.00	B.A.M.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

* UFC : Unidades formadoras de colonias; g: gramos mL: mililitros
BAM : Bacteriological Analytical Manual NMP: Número más probable
A.P.H.A.: American Public Health Association

278-9064

OBSERVACIONES

Fax: (503) 278-9102

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

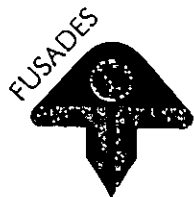
Agua Potable

OMS/OP 9-9998

Conteo bacteriano total no mayor 500 UFC/mL
Coliformes totales no mayor 3 NMP/100 mL
Coliformes fecales ausentes
Escherichia coli Negativo

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv



Ana Delmy de Melara
Encargado Unidad Microbiología
Lic. Ana Delmy de Melara





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073389

Muestra: AGUA LAGUNA (20-30cm) DE LA SUPERFI
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax:

FECHAS

Recibido : 2/07/98
Análisis : 2/07/98
Reporte : 16/07/98

CARACTERÍSTICAS

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

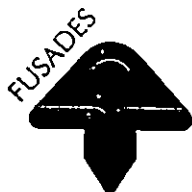
Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	9.29		6.5 - 8.5
A002 Conductividad Electrica	250.00	µmhos/cm	50 - 1500
A008 Fosfatos	1.71	mg/L	S.R.D.
A009 Sulfatos	7.52	mg/L	200 - 400
A010 Cloruros	8.93	mg/L	250
A011 Nitratos	N.D.	mg/L	10
A012 Nitritos	0.06	mg/L	0.01
A013 Sólidos Totales	192.50	mg/L	1000
A022 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5.41	mg/L	< 8
A024 Grasa y Aceites	227.20	mg/L	S.R.D.
A025 Sólidos Suspendidos	1.00	mg/L	S.R.D.
A037 Oxígeno Disuelto	2.00	mg/L	S.R.D.
A042 Turbidez	36.20	UTN	0 - 5
A043 Temperatura	22.00	°C	



ANEXO Nº 2.7

UNIDAD DE MICROBIOLOGIA

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

DATOS GENERALES MUESTRA 98073389

Producto: AGUA LAGUNA (20-30cm) DE LA SUPERFICIE

Solicitante: CARLOS HUMBERTO VIANA
 Responsable: CARLOS HUMBERTO VIANA
 Direccion: SAN SALVAOR
 Telefono: 2322263 Fax:

Recibido:	2/07/98
Analisis:	3/07/98
Reporte:	9/07/98

FECHAS

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS Y SENSORIALES

Olor: Desagradable Color: Verde
 Otros: Textura: Liquido
 Muestra: Ing. Pedro Saballos

RESULTADOS DE ANALISIS

DETERMINACION	URC*/ml	NMP*/100ml	METODO
M002 Coliformes Fecales	91.90	B.A.M	
M003 Coliformes Totales	231.00	B.A.M	

* UFC : Unidades formadoras de colonias
 B.A.M : Bacteriological Analytical Manual
 A.P.H.A.: American Public Health Association

g: gramos ml: mililitros
 NMP: Número mts probable

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral

Agua Potable
 OMS/OP 9-9998

Conteo bacteriano total
 Coliformes totales
 Coliformes fecales
 Bacterias coli

no mayor 500 UFC/ml
 no mayor 3 NMP/100 ml
 suscitadas
 Negativo



[Handwritten Signature]
 Encargado Unidad Microbiología
 Lic. Ana Delany de Melara



labfus@es.com.sv
 Correo Electrónico:
 Fax: (503) 278-9102
 278-9064
 Tels: (503) 278-3366
 Apdo. Real, 01-278
 EL Salvador, C.A.
 Antiguo Cuscatlan,
 Urb. y Blvd. Santa Elena,





Laboratorio de Calidad Integral

CLINICA FITOPATOLÓGICA

Unidad de Asistencia Técnica

INFORME DE DIAGNÓSTICO

DATOS GENERALES

FICHA: 98073389-01

Propietario: CARLOS HUMBERTO VIANA

Propiedad: *N/A

Nombre de la Muestra: AGUA LAGUNA (20-30cm) DE LA SUPERFICIE

Teléfono: 232-2263

Dirección: SAN SALVAOR

Fax:

Cultivo:

Variedad:

Area ha:

0

Fechas: Recibido: 2/07/98

Análisis: 23/07/98

Responsable: CARLOS HUMBERTO VIANA

Análisis:

D011

Determinación de otros Microorganismos

Urb. y Blvd. Santa Elena,

RESULTADOS

Antiguo Cuscatlán,

Enfermedad:

El Salvador, C.A.

Causante:

Apdo. Ptal. 01-278

RECOMENDACIONES

Tels.: (503) 278-3366

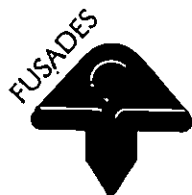
En la muestra de agua, examinada se encontró algas del género Anabaena, Euglena y Microcystis, también se detectaron algas pertenecientes al grupo de las Diatomeas. Se encontró gran cantidad de organismos protozoarios

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv



Unidad Fitopatología-Entomología

Ing. Pedro Saballos





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073419

Muestra: AGUA P-1

Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA

Propietario:

Dirección: SAN SALVAOR

Teléfono: 232-2263

Fax:

FECHAS

Recibido : 7/07/98

Análisis : 7/07/98

Reporte : 9/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	9.45		6.5 - 8.5
A037 Oxígeno Disuelto	0.80	mg/L	S.R.D.
A043 Temperatura	27.00	°C	

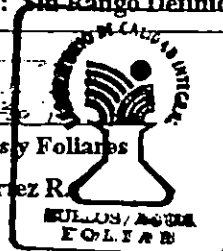
OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliarés

Lic. Regina del Carmen Cornez R.





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073420

Muestra: AGUA P-2
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax :

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 7/07/98
Reporte : 10/07/98

Urb. y Blvd, Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

El Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANG
A001 pH	7.12		6.5 - 8.5
A037 Oxígeno Disuelto	1.25	mg/L	S.R.D.
A043 Temperatura	26.00	°C	

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliare

Lic. Regina del Carmen Cortez R.



FUSADES





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073421

Muestra: AGUA P-3

Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA

Propietario:

Dirección: SAN SALVAOR

Teléfono: 232-2263

Fax :

FECHAS

Recibido : 7/07/98

Análisis : 7/07/98

Reporte : 10/07/98

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	7.05		6.5 - 8.5
A037 Oxígeno Disuelto	0.15	mg/L	S.R.D.
A043 Temperatura	25.00	°C	

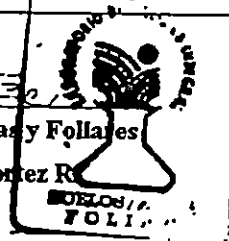
OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Follajes

Lic. Regina del Carmen Cortez R



Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Pta. 01-278

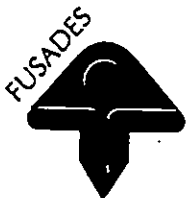
Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073422

Muestra: AGUA P-4
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax:

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 7/07/98
Reporte : 9/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	6.96		6.5 - 8.5
A037 Oxígeno Disuelto	0.05	mg/L	S.R.D.
A043 Temperatura	24.50	°C	

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliar

Lic. Regina del Carmen Cortez R.



FUSADES





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073423

Muestra: AGUA P-5
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax :

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 7/07/98
Reporte : 9/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

CARACTERÍSTICAS

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

ANÁLISIS

Apdo. Ptal. 01-278

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	6.83		6.5 - 8.5
A037 Oxígeno Disuelto	0.08	mg/L	S.R.D.
A043 Temperatura	24.50	°C	

Tels.: (503) 278-3366

OBSERVACIONES

278-9064

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

Fax: (503) 278-9102

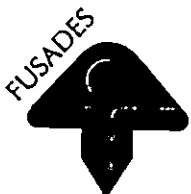
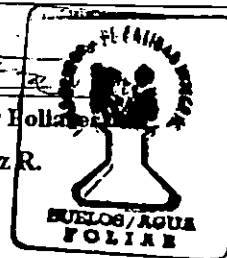
N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliar

Lic. Regina del Carmen Cortez R.





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98073424

Muestra: AGUA P-6
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propietario:
Dirección: SAN SALVAOR
Teléfono: 232-2263
Fax :

FECHAS

Recibido : 7/07/98
Análisis : 7/07/98
Reporte : 10/07/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

	DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGC
A001	pH	6.71		6.5 - 8.5
A037	Oxígeno Disuelto	N.D.	mg/L	S.R.D.
A043	Temperatura	24.00	°C	

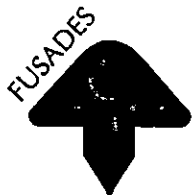
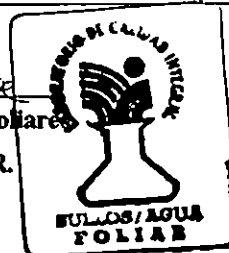
OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra fue tomada por Calidad Integral.

N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliar

Lic. Regina del Carmen Cortez R.





Antiguo Cuscatlán, 27 de Julio de 1998

Señor:
Carlos Humberto Viana
Presente.

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-3366

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com.sv

Por este medio me dirijo a usted para saludarle y a la vez informarle sobre los resultados obtenidos en una muestra de sedimento de Laguna, muestreada por personal de este laboratorio.

Resultados de Análisis

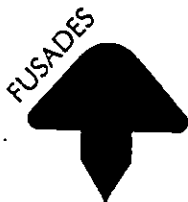
Muestra: 98073390 (Sedimento de laguna de 20 a 30 cm de la superficie)

Arsénico:	32.46 ppm
Cadmio:	57.30 ppb
Plomo:	35.61 ppm
Niquel:	27.90 ppm

Atentamente,



Lic. Regina del Carmen Cortez R.
LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL



ANEXO N° 2.8



UNIDAD DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS

REPORTE DE ANALISIS VARIOS

DATOS GENERALES

MUESTRA 9S104713 - 01

Muestra: Pescado(Tilapia,Guapote)
Nombre: CARLOS HUMBERTO VIANA
Propiedad: *N/A
Dirección: SAN SALVADOR
Teléfono: 232-2263
Fax :

FECHAS

Recibido :- 19/10/98
Análisis : 21/10/98
Reporte : 09/11/98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

IDENTIFICACIÓN

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

ANÁLISIS

Apdo. Ptal. 01-278

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades
C104 Plomo en Alimentos	0.00	%

Tels.: (503) 278-9092

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra NO fue tomada por Calidad Integral.

TIPO ENVASE: BOLSA PLASTICA

278-9064

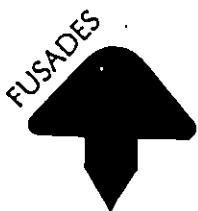
Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com

M. Teresa Peña de López
Encargado Unidad Físico Químico

Lic. María Teresa Peña de López

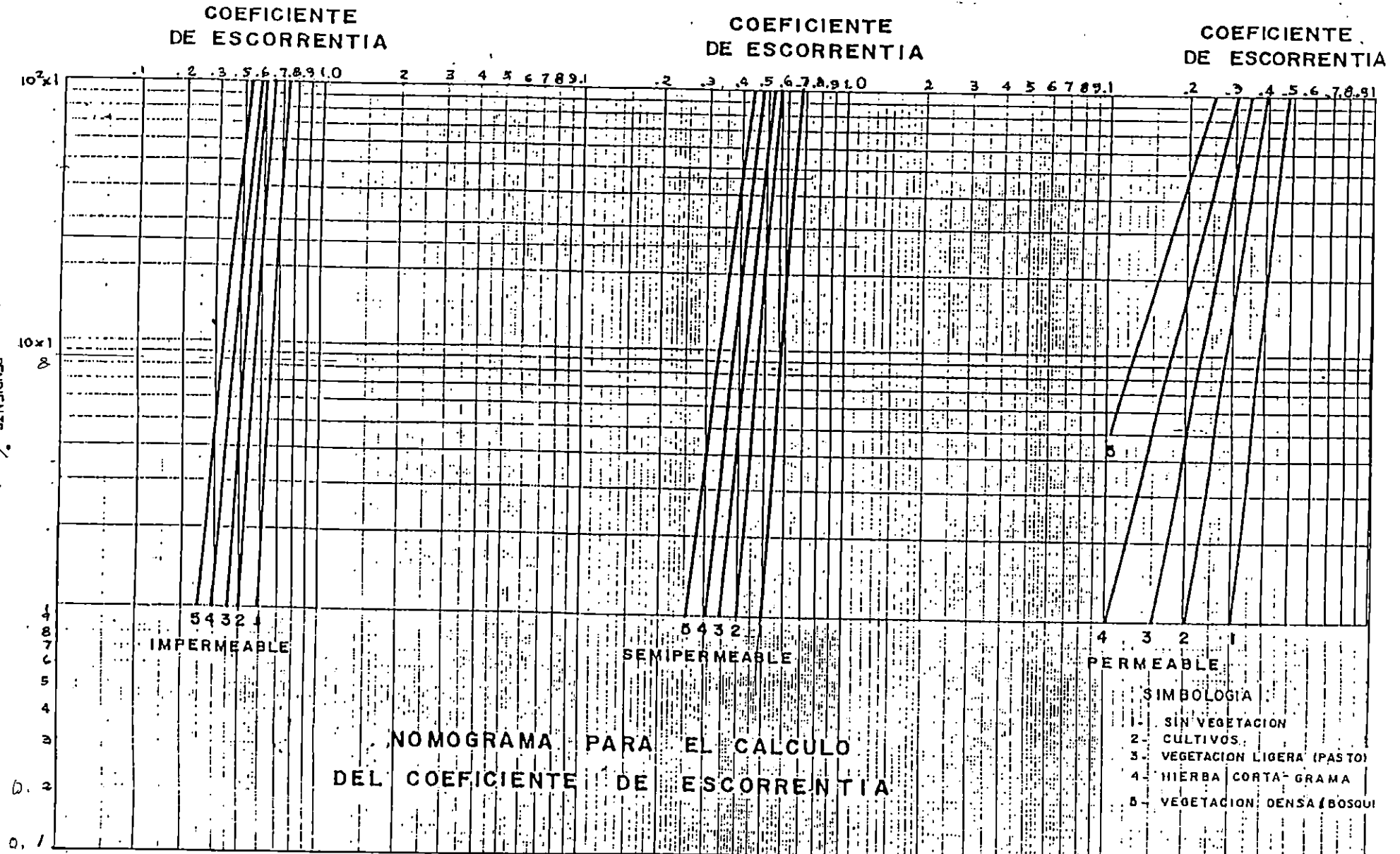


ANEXOS

CAPÍTULO III

ANEXO Nº 3.1

NOMOGRAMA DE VENTE CHOW



NOMOGRAMA PARA EL CALCULO
DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

- SIMBOLOGIA
- 1- SIN VEGETACION
 - 2- CULTIVOS
 - 3- VEGETACION LIGERA (PASTO)
 - 4- HIERBA CORTA-GRAMA
 - 5- VEGETACION DENSA (BOSQUE)

INVENTARIO DE POZOS

POZO N° :P1
Ubicación :El Trapiche
Coordenada norte :319310
Coordenada este :427430
Nivel estático en metros :
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :
Elevación estática (m.s.n.m.) :685
Fuente :datos de campo

POZO N° :P2
Ubicación :pozo privado de Don José Luis Portillo
Coordenada norte :318,630
Coordenada este :427,680
Nivel estático en metros :7.22 m
Profundidad total en metros :7.58 m
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :700 m
Elevación estática (m.s.n.m.) :695.08 m
Fuente :Dpto. de Hidrogeología de ANDA

POZO N° :P3
Ubicación : Beneficio El 77
Coordenada norte :3318550
Coordenada este :428850
Nivel estático en metros :9.30
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :698.75
Elevación estática (m.s.n.m.) :689.45
Fuente :CEPRHI

POZO N° :P4
Ubicación : Pozo municipal, Col. Las Margaritas
Coordenada norte :318525
Coordenada este :427655
Nivel estático en metros : 7.92
Profundidad total en metros :8.55
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :703
Elevación estática (m.s.n.m.) :695.08
Fuente :Dpto. de Hidrogeología de ANDA

POZO N° :P5
Ubicación :entrada a la Col. Las Margaritas
Coordenada norte :318410
Coordenada este :427650
Nivel estático en metros :7
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :705
Elevación estática (m.s.n.m.) :696.2
Fuente :datos de campo

POZO N° :P6
Ubicación :pozo privado propiedad de Elíseo Mirón, próximo a la laguna.
Coordenada norte :318630
Coordenada este :427680
Nivel estático en metros :7.22
Profundidad total en metros :7.58
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :700
Elevación estática (m.s.n.m.) :692.78
Fuente : Dpto. de Hidrogeología de ANDA

POZO N° :P7
Ubicación : Quinta, Brisas de la Laguna
Coordenada norte :317710
Coordenada este :427675
Nivel estático en metros :22.5
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :21.18
Elevación estática (m.s.n.m.) :698.68
Fuente :datos de campo

POZO N° :P8
Ubicación :Fca. El Cristo Negro
Coordenada norte :317320
Coordenada este :427650
Nivel estático en metros :20.9
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :732.5
Elevación estática (m.s.n.m.) :710.53
Fuente :datos de campo

POZO N° :P9
Ubicación : Fca. San Francisco
Coordenada norte :317220
Coordenada este :427690
Nivel estático en metros :29.4
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :732.5
Elevación estática (m.s.n.m.) :703.1
Fuente :datos de campo

POZO N° :P10
Ubicación : Beneficio El Tazumal, Cantón Lomas del Calvario
Coordenada norte :317250
Coordenada este :426450
Nivel estático en metros :45.31
Profundidad total en metros :95.10
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :722
Elevación estática (m.s.n.m.) :676.67
Fuente :ANDA

POZO N° :P11
Ubicación : Pozo N°1, Cantón Lomas del Calvario
Coordenada norte :317150
Coordenada este :426500
Nivel estático en metros :31.70
Profundidad total en metros :96.01
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :722
Elevación estática (m.s.n.m.) :690.30
Fuente :ANDA

POZO N° :P12
Ubicación : Pozo N°1, Cantón Lomas del Calvario
Coordenada norte :317100
Coordenada este :426450
Nivel estático en metros :31.7
Profundidad total en metros :96.01
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :722
Elevación estática (m.s.n.m.) :690.30
Fuente :ANDA

POZO N° :P13
Ubicación :Fca. Santa Cecilia
Coordenada norte :316325
Coordenada este :428150
Nivel estático en metros :58.5
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :742.6
Elevación estática (m.s.n.m.) :682.4
Fuente :datos de campo

POZO N° :P14
Ubicación :Lot. San Alberto
Coordenada norte :316290
Coordenada este :428200
Nivel estático en metros :58.5
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :742.6
Elevación estática (m.s.n.m.) :684.1
Fuente :

POZO N° :P15
Ubicación :Fca. La Morenita
Coordenada norte :316270
Coordenada este :428250
Nivel estático en metros :50.2
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :744.4
Elevación estática (m.s.n.m.) :694.2
Fuente :

POZO N° :P16
Ubicación :Fca El Socorro, Cantón El Cuje
Coordenada norte :316600
Coordenada este :428200
Nivel estático en metros :45.99
Profundidad total en metros :60.96
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :747.90
Elevación estática (m.s.n.m.) :701.91
Fuente :ANDA

POZO N° :P17
Ubicación :Fca. La Pereza
Coordenada norte :
Coordenada este :
Nivel estático en metros :
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :
Elevación estática (m.s.n.m.) :
Fuente :

POZO N° :P18
Ubicación :Caserío Las Flores
Coordenada norte :
Coordenada este :
Nivel estático en metros :52
Profundidad total en metros :
Elevación del terreno (m.s.n.m.) :763.6
Elevación estática (m.s.n.m.) :711.6
Fuente : datos de campo

ANEXO Nº 3.3

PROMEDIOS DE PRECIPITACION MENSUALES
EXPRESADA EN MILIMETROS

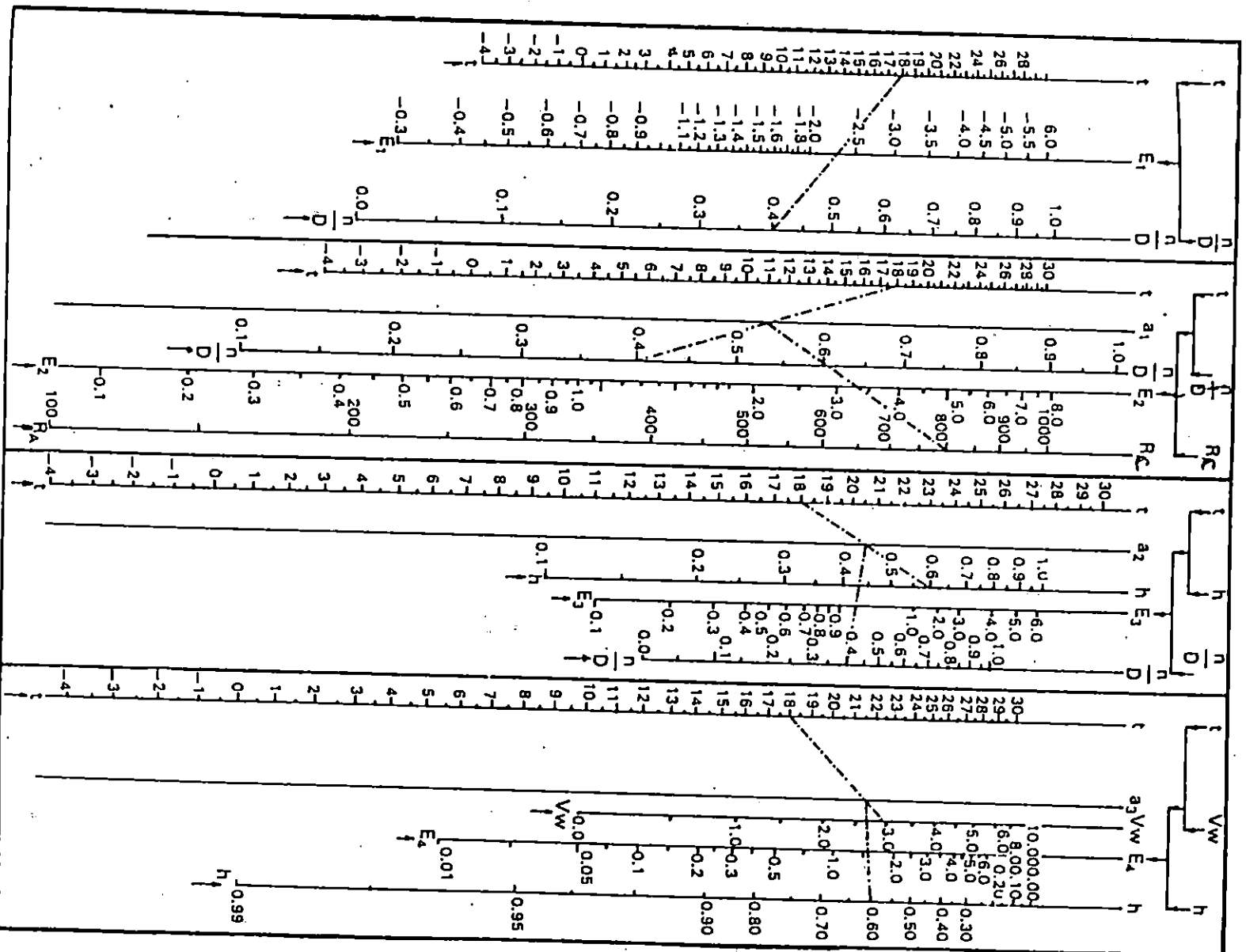
Estación: Chalchuapa Benificio El Tazumal
Departamento: Santa Ana
Latitud: Norte 13° 58.9'
Longitud: Oeste: 89° 40.9'
Elevación: 710 m.s.n.m.

Estación/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Chalchuapa FICA	2	4	4	46	204	380	330	330	383	206	34	13

QUEDA PROHIBIDO LA REPRODUCCION, VENTA O PRESTAMO TOTAL O PARCIAL DE ESTA INFORMACION, SIN LA AUTORIZACION EXPRESA DEL SERVICIO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DE EL SALVADOR



FUENTE: AGROCLIMATOLOGIA/15/01/99



Nomograma de Wilson.

ANEXOS

CAPÍTULO IV

ENSAYO DEL SUELO MUESTREADO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

Se tomaron muestras en diferentes lugares de la cuenca, presentando características similares por lo que se cuartearon para tener una muestra representativa; realizando los ensayos en base a la norma ASTM-C-136.

$$W_{\text{tara+suelo seco}} = 759.9 \text{ gr.}$$

$$W_{\text{tara}} = \underline{159.7 \text{ gr}}$$

$$W_{\text{suelo seco}} = \underline{661.8 \text{ gr.}} \quad (\text{lavado por la malla 200}).$$

Tamizado de arena:

$$W_{\text{tara+ar seca}} = 558.3 \text{ gr.}$$

$$W_{\text{tara}} = \underline{159.5 \text{ gr}}$$

$$W_{\text{ar seca}} = 398.8 \text{ gr.}$$

MALLA	$W_{\text{tara+arena}} \text{ (gr)}$	$W_{\text{arena}} \text{ (gr)}$	$W_{\text{arena corregido}} \text{ (gr)}$	% Peso retenido
3/8	—	13.4	13.4	2.03
4	184.6	25.1	25.1	3.79
8	147.9	38.4	38.4	5.8
16	199.3	39.8	39.8	6.01
30	193.1	33.6	33.6	5.08
50	188.1	28.6	28.6	4.32
100	231.6	72.1	72.1	10.90
200	305.3	145.8	145.2	21.94
FONDO	2.6	2.6	2.6	
		$\Sigma 339.4$		

% de arena fina (entre las mallas #100 y #200) = $145.2 \times 100 / 661.8$

% de arena fina = 21.94 %

% de arena total de la muestra =(entre las mallas #3/8 y #200)

= $369.2 \times 100 / 661.8$

% de arena total de la muestra = 59.87 %

% de limo:

$W_{\text{suelo fino}} = 661.8 - 661.8 \times 0.5987$

= 265.6 gr

% de limo = $265.6 \times 100 / 661.8$

% de limo = 40.13 %

DATOS DEL SEDIMENTO DEPOSITADO EN EL FONDO

Extraído por medio de draga, al realizar las pruebas físico-químicas del agua de la aguna.

Descripción:

Sustancia pastosa de coloración café oscura a gris, con fragmentos de fibras sintéticas; considerándose arcilla limosa de plasticidad media a alta, por tener el 99% de suelo fino en relación a su peso total.

Peso de muestra total= 58.1 gr.

Peso de muestra después de lavado en malla # 200 = 0.4 gr.

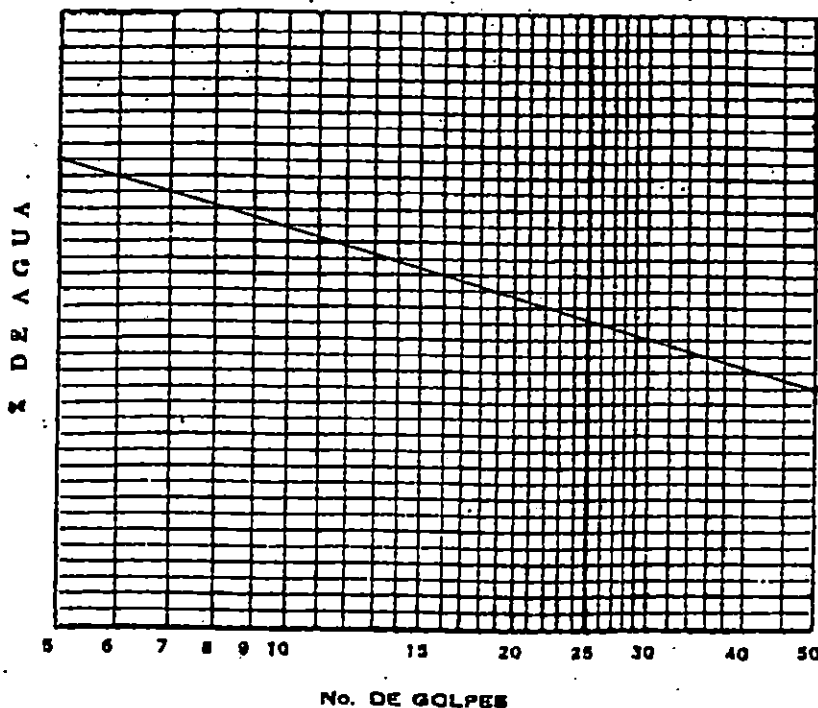
Porcentaje de arena fina = $0.4 \times 100 / 58.1 = 0.68\%$

Porcentaje de suelo fino = 99.32%

A S T M D 423-66 D 424-71	LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES	A A S H O T-89-68 T-90-70
----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------

Trabajo No. _____ Obra. _____
 Ubicación. Cantón las Flores
 Muestra No. 1 Material. Suelo
 Procedencia. Municipio de Chalchuapa, Santa Ana Ensayo No. 1

Ensayo No.	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No. de golpes.	35	30-31	20	15-14					
Recipiente No.	A	D	C	J			77	81	94
Peso suelo húmedo y Tara	29.39	41.78	40.17	41.39			31.22	30.10	29.50
Peso suelo seco y Tara	35.80	37.73	36.39	37.43			28.86	28.00	27.60
Tara	29.50	30.77	30.22	31.4			22.45	22.09	22.35
Peso de agua	3.39	4.05	3.78	3.96					
Peso de suelo seco	6.30	6.96	6.17	6.29					
Contenido de agua %	56.73	58.19	61.26	62.96			36.82	35.53	36.18



LIMITE %	
Líquido	59.50
Plástico	36.18
INDICES	
Plasticidad	23.32
Consistencia	
Líquidos	
Flujo	
Tenacidad	
Humedad Natural	
Material más fino que la malla No. 40	
Clasificación	MH

Fecha _____ Laboratorio _____ Calculó _____

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA POR EL MÉTODO DEL
 PICNOMETRO AL SUELO DEL MONTICULO DE LA LAGUNA
 CUSCACHAPA BAJO LA NORMA ASTM-C-127

La determinación de la gravedad específica se hará por medio de la ecuación:

$$\rho = \frac{W_{\text{arena seca}}}{W_{\text{pic+agua}} + W_{\text{ar sss}} - W_{\text{pic+agua+ar sss}}}$$

Se realizaron dos pruebas de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

$W_{\text{tara}} + W_{\text{ar seca}} = 645.4 \text{ gr.}$	$W_{\text{tara}} + W_{\text{ar seca}} = 608.9 \text{ gr.}$
$W_{\text{tara}} = 159.9 \text{ gr}$	$W_{\text{tara}} = 124.7 \text{ gr}$
$W_{\text{ar seca}} = 485.5 \text{ gr}$	$W_{\text{ar seca}} = 484.2 \text{ gr}$
$W_{\text{ar sss}} = 500 \text{ gr}$	$W_{\text{ar sss}} = 500 \text{ gr}$
$W_{\text{pic+agua}} = 148.2 \text{ gr}$	$W_{\text{pic+agua}} = 147.4 \text{ gr}$
$W_{\text{pic+agua+ar sss}} = 1776.5 \text{ gr}$	$W_{\text{pic+agua+ar sss}} = 1763.2 \text{ gr}$
$\rho = 2.34 \text{ Ton/m}^3$	$\rho = 2.30 \text{ Ton/m}^3$

$$\rho_{\text{ promedio}} = 2.32 \text{ Ton/m}^3$$

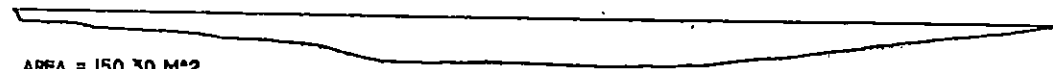
ANEXO N° 4.2
PERFILES BATIMÉTRICOS DE LA LAGUNA CUSCACHAPA

LINEA No- 1



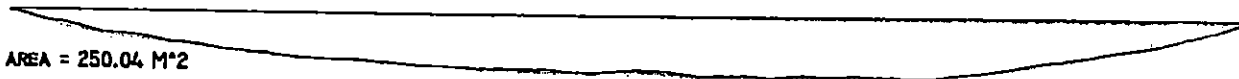
AREA = 56.46 M²

LINEA No- 2



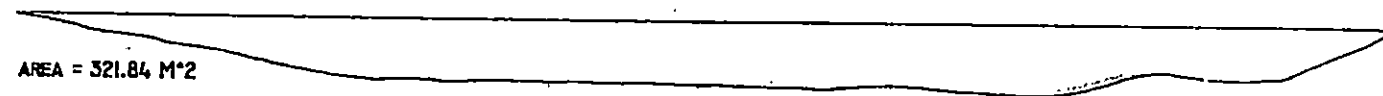
AREA = 150.30 M²

LINEA No- 3



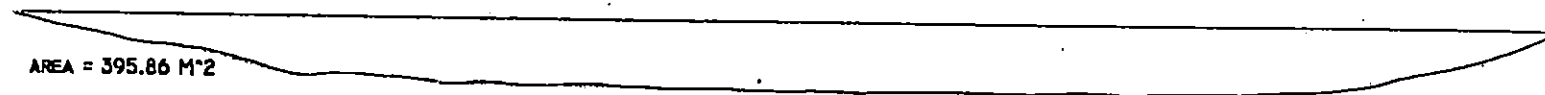
AREA = 250.04 M²

LINEA No- 4



AREA = 321.84 M²

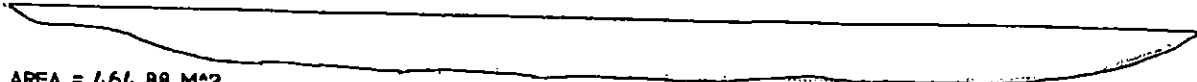
LINEA No- 5



AREA = 395.86 M²

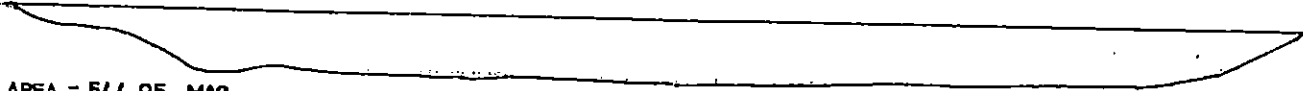
LINEA No- 7

AREA = 464.88 M²



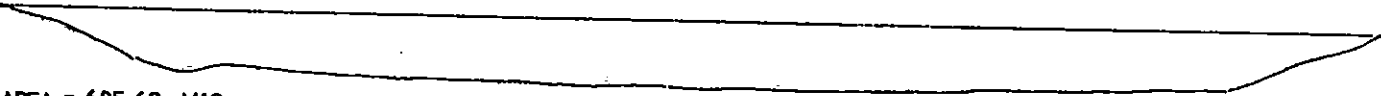
LINEA No- 8

AREA = 544.95 M²



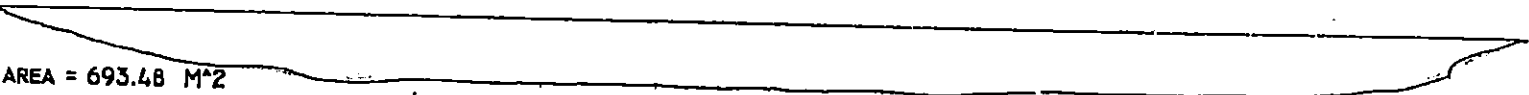
LINEA No- 9

AREA = 605.69 M²



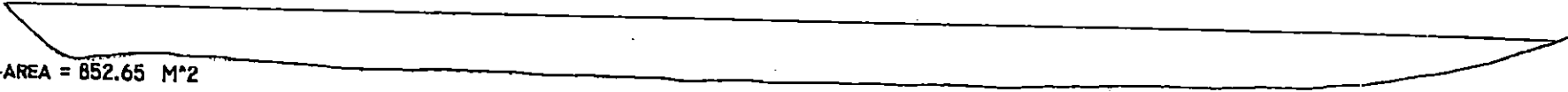
LINEA No- 10

AREA = 693.48 M²



LINEA No- 11

AREA = 852.65 M²



ANEXOS

CAPÍTULO V

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PARA PERIODOS DE 5 A 10 AÑOS EN ZONAS URBANAS O INDUSTRIALES (*).

<u>DESCRIPCION DEL AREA</u>	<u>COEFICIENTE DE ESCORRENTIA</u>
COMERCIAL:	
- Centro	0.70 - 0.95
- Alrededores	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL:	
- Vivienda Unificada Dispersa	0.30 - 0.50
- Vivienda Unifilar Unidad	0.40 - 0.60
- Vivienda Multifamiliar Dispersa	0.45 - 0.65
- Vivienda Multifamiliar Unida	0.60 - 0.75
- Sumarios	0.25 - 0.40
INDUSTRIALES:	
- Densa	0.60 - 0.90
- Dispersa	0.50 - 0.80
PARQUES Y CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
AREAS DEPORTIVAS	0.20 - 0.235
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20 - 0.40
CALLE Y AVENIDA:	
- Asfalto	0.70 - 0.95
- Concreto	0.80 - 0.95
- Adoquines	0.70 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95
CESPED EN SUELOS LIMO-ARENOSOS:	
- Plano 2	0.50 - 0.10
- Promedio 2 - 7	0.10 - 0.15
- Inclinado 7	0.15 - 0.20
CESPED EN SUELO LIMO-ARCILLOSOS:	
- Plano 2	0.13 - 0.17
- Promedio 2 - 7	0.18 - 0.22
- Inclinado 7	0.25 - 0.35

(*) Hidrología. Modelo de Cantidad y Calidad del Agua, Tomo I. (Sexto Curso del CRICA).

BOVEDA DE 14'

h1(mt)	h2(mt)	b(mt)	Ah(mt 2)	Pm(mt)	Rh(mt)	Rh^(2/3) Ah	V(mt/seg)	Q(mt3/seg)
1,00	3,3	2,82	4,2	6,2	0,677	3,235	2,802178	11,7691492
1,1	3,4	2,92	4,62	6,4	0,722	3,714	2,92409	13,5092955
1,2	3,5	3,02	5,04	6,6	0,764	4,207	3,036374	15,3033229
1,3	3,6	3,2	5,46	6,8	0,803	4,713	3,140214	17,1455699
1,4	3,7	3,3	5,88	7	0,840	5,232	3,236595	19,0311763
1,5	3,8	3,4	6,3	7,2	0,875	5,761	3,32634	20,9559392
1,6	3,9	3,5	6,72	7,4	0,908	6,300	3,410149	22,9162007
1,7	4	3,6	7,14	7,6	0,939	6,847	3,488622	24,908759
1,8	4,1	3,7	7,56	7,8	0,969	7,403	3,562275	26,9307965
1,9	4,2	3,8	7,98	8	0,998	7,967	3,631557	28,9798225
2	4,3	3,9	8,4	8,2	1,024	8,537	3,69686	31,0536255
2,1	4,4	4	8,82	8,4	1,050	9,113	3,75853	33,1502341
2,2	4,5	4,1	9,24	8,6	1,074	9,695	3,816871	35,2678848
2,3	4,6	4,2	9,66	8,8	1,098	10,283	3,872153	37,4049945
2,4	4,7	4,3	10,08	9	1,120	10,875	3,924617	39,5601374

Notas de Diseño: n=0,023 s=0,7%

BOVEDA DE 12'

h1(mt)	h2(mt)	b(mt)	Ah(mt 2)	Pm(mt)	Rh(mt)	Rh^(2/3) Ah	V(mt/seg)	Q(mt3/seg)
1,00	4	2,52	2,52	5,6	0,450	1,476	2,130461	5,36876147
1,1	4,1	2,62	2,882	5,2	0,554	1,941	2,449593	7,05972663
1,2	4,2	2,72	3,264	5,4	0,604	2,329	2,596151	8,47383719
1,3	4,3	2,82	3,666	5,6	0,655	2,760	2,738698	10,0400671
1,4	4,4	2,92	4,088	5,8	0,705	3,234	2,877642	11,7637994
1,5	4,5	3,02	4,53	6	0,755	3,753	3,013323	13,6503518
1,6	4,6	3,12	4,992	6,2	0,805	4,317	3,146029	15,7049767
1,7	4,7	3,22	5,474	6,4	0,855	4,930	3,276007	17,932862
1,8	4,8	3,32	5,976	6,6	0,905	5,591	3,403469	20,3391327
1,9	4,9	3,42	6,498	6,8	0,956	6,303	3,528602	22,9288526
2	5	3,52	7,04	7	1,006	7,067	3,651566	25,7070261
2,1	5,1	3,62	7,602	7,2	1,056	7,884	3,772507	28,6786
2,2	5,2	3,72	8,184	7,4	1,106	8,755	3,891553	31,8484659
2,3	5,3	3,82	8,786	7,6	1,156	9,682	4,008817	35,221462
2,4	5,4	3,92	9,408	7,8	1,206	10,667	4,124402	38,8023748

Notas de Diseño: n=0,023 s=0,70%

BOVEDA DE 6'

h1(mt)	h2(mt)	b(mt)	Ah(mt 2)	Pm(mt)	Rh(mt)	Rh^(2/3) Ah	V(mt/seg)	Q(mt3/seg)
1,00	3,14	1,9	1,82	3,82	0,476	1,107	2,213536	4,02863525
1,1	3,24	2	2,002	4,02	0,498	1,255	2,280188	4,56499639
1,2	3,34	2,1	2,184	4,22	0,518	1,405	2,339705	5,10991576
1,3	3,44	2,2	2,366	4,42	0,535	1,557	2,393195	5,66230006
1,4	3,54	2,3	2,548	4,62	0,552	1,710	2,441545	6,22105582
1,5	3,64	2,4	2,73	4,82	0,566	1,865	2,485471	6,78533492
1,6	3,74	2,5	2,912	5,02	0,580	2,022	2,525561	7,35443447
1,7	3,84	2,6	3,094	5,22	0,593	2,179	2,562303	7,92776674
1,8	3,94	2,7	3,276	5,42	0,604	2,338	2,596104	8,50483639
1,9	4,04	2,8	3,458	5,62	0,615	2,498	2,627306	9,08522284
2	4,14	2,9	3,64	5,82	0,625	2,658	2,6562	9,66856664
2,1	4,24	3	3,822	6,02	0,635	2,819	2,683035	10,2545587
2,2	4,34	3,1	4,004	6,22	0,644	2,981	2,708025	10,8429317
2,3	4,44	3,2	4,186	6,42	0,652	3,143	2,731355	11,4334532
2,4	4,54	3,3	4,368	6,62	0,660	3,306	2,753187	12,0259203

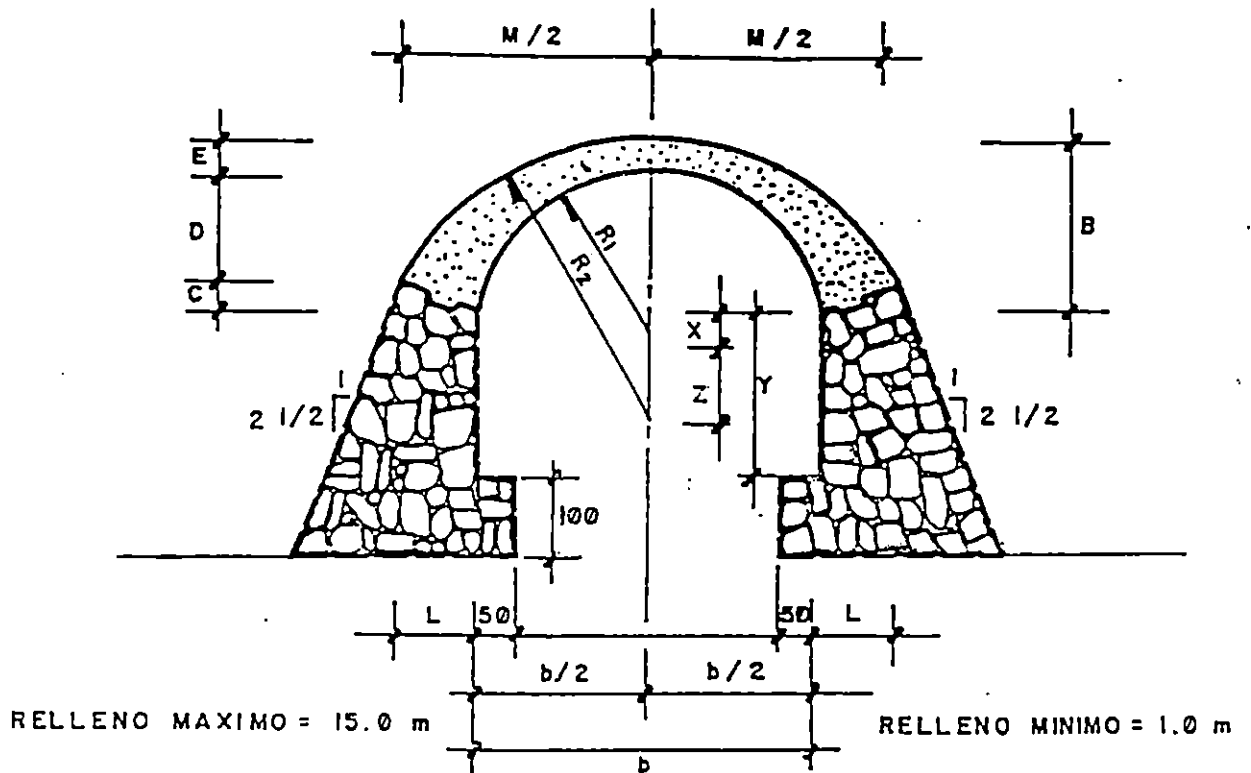
Notas de Diseño: n=0,023 s=0,7%

BOVEDA DE 10'

h1(mt)	h2(mt)	b(mt)	Ah(mt 2)	Pm(mt)	Rh(mt)	Rh^(2/3) Ah	V(mt/seg)	Q(mt3/seg)
1,00	4	2,32	3	5	0,600	2,131	2,563346	7,75003701
1,1	4,1	2,42	3,3	5,2	0,635	2,433	2,682275	8,85150713
1,2	4,2	2,52	3,6	5,4	0,667	2,744	2,772299	9,98027576
1,3	4,3	2,62	3,9	5,6	0,696	3,060	2,854621	11,1330228
1,4	4,4	2,72	4,2	5,8	0,724	3,383	2,930228	12,3069587
1,5	4,5	2,82	4,5	6	0,750	3,711	2,999938	13,4997195
1,6	4,6	2,92	4,8	6,2	0,774	4,044	3,064435	14,7092869
1,7	4,7	3,02	5,1	6,4	0,797	4,380	3,124299	15,933926
1,8	4,8	3,12	5,4	6,6	0,818	4,721	3,180025	17,1721363
1,9	4,9	3,22	5,7	6,8	0,838	5,064	3,232037	18,4226127
2	5	3,32	6	7	0,857	5,411	3,280702	19,6842143
2,1	5,1	3,42	6,3	7,2	0,875	5,761	3,32634	20,9559392
2,2	5,2	3,52	6,6	7,4	0,892	6,113	3,369228	22,2369031
2,3	5,3	3,62	6,9	7,6	0,908	6,467	3,409612	23,5263232
2,4	5,4	3,72	7,2	7,8	0,923	6,824	3,447709	24,8235031

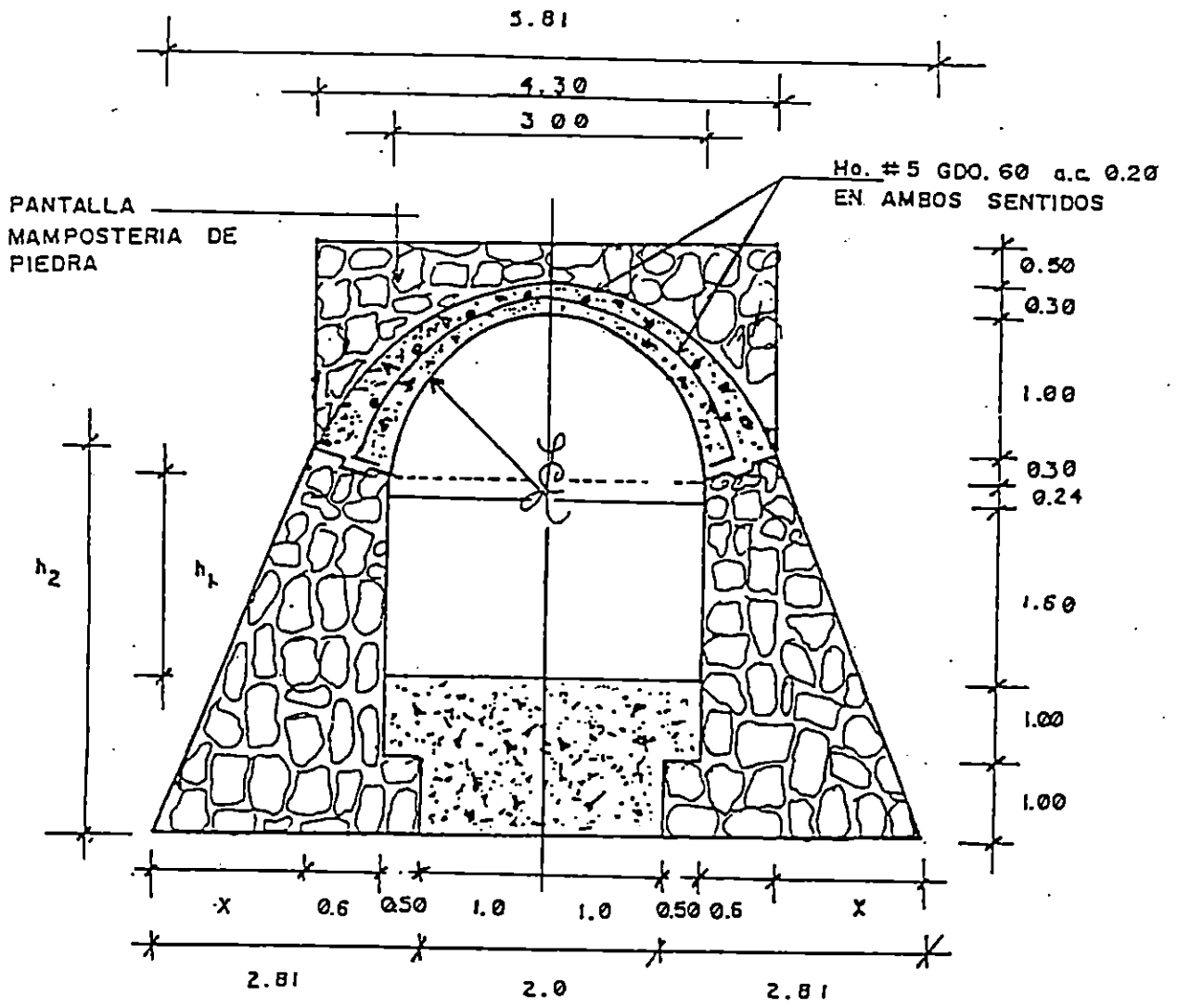
Notas de Diseño: n=0,023 s=0,70%

BOVEDAS TIPOS

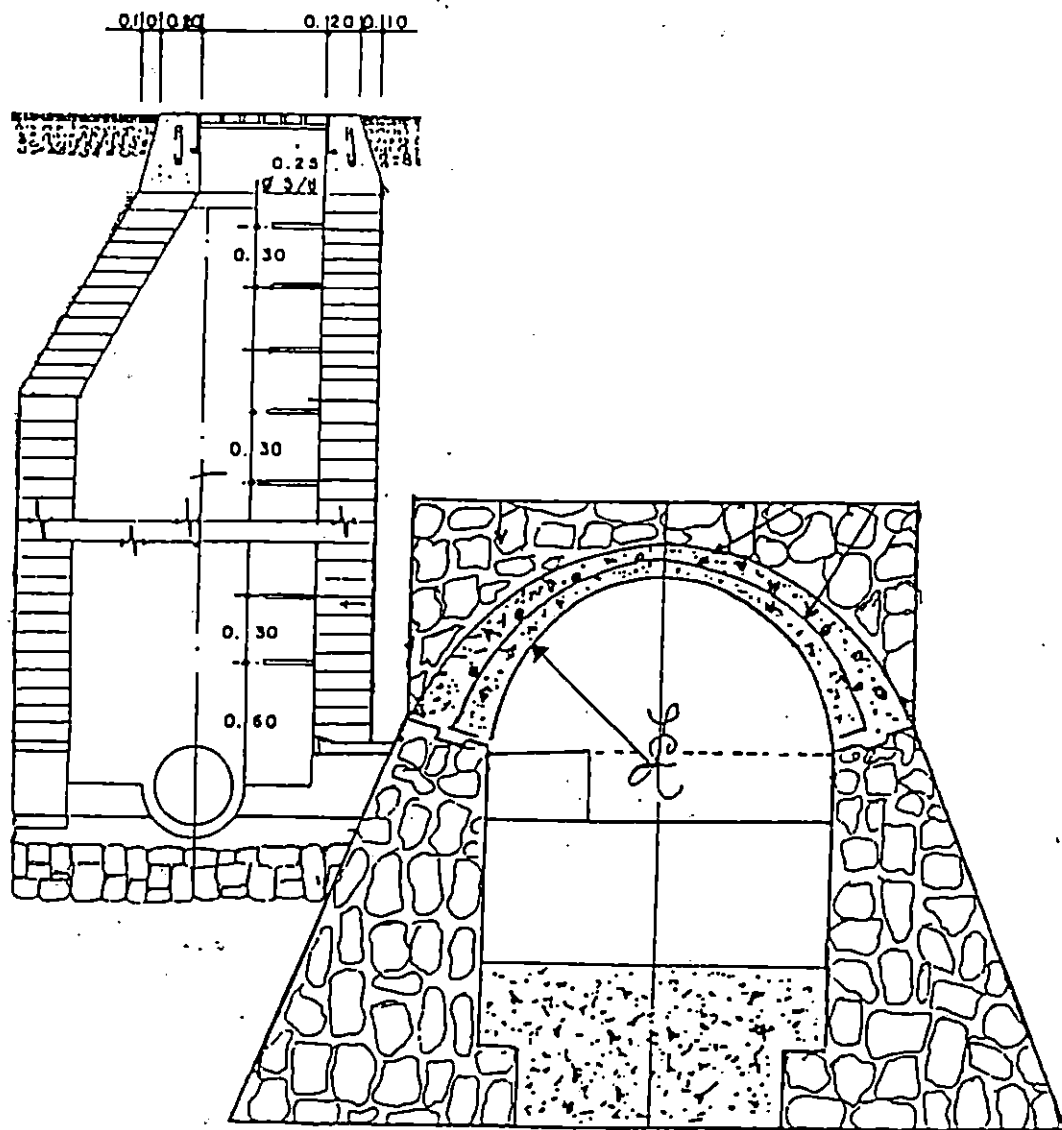


DIMENSIONES PARA BOVEDAS TIPO

BOVEDAS											
COTAS EN Cms. PARA CADA DIAMETRO											
Diámetro	b	X	Z	R1	R2	B	C	D	E	L	M
6'	182	13	30	92	147	104	14	65	25	42	270
10'	300	26	60	152	242	156	24	102	30	65	430
12'	360	32	75	183	293	186	30	122	35	79	518
14'	420	37	90	213	343	216	35	141	40	89	606
15'	450	40	100	229	369	219	39	150	40	98	646
18'	540	48	125	275	445	272	46	181	45	116	772
24'	720	50	150	366	571	371	55	261	55	146	1016
30'	842	177	150	457	672	345	71	209	65	121	1084



DETALLE BOVEDA 10'



DETALLE CONEXION POZO BOVEDA

REGLAMENTO DE D.U.A. PARA DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

ART.III. 62 OBRAS DE URBANIZACION PARA AGUAS LLUVIAS

Los proyectos de parcelación que tengan áreas de influencia que converjan a ellos o que sean atravesados por quebrada o río, deberán contar con un estudio hidrológico de la cuenca en que se encuentren ubicados, a fin de considerar el desarrollo de otros proyectos tanto aguas arriba como aguas abajo. Si el sector en donde se encuentra ubicado el proyecto es de pendientes fuertes, deberá prevenirse la erosión hacia adentro o hacia afuera con los terrenos que lo circundan, para lo cual será necesario proyectar las obras de protección y canalización necesarias. También deberán contar con un diseño hidráulico de las tuberías y otras obras de drenaje internas del proyecto.

El sistema de drenaje de aguas lluvias de toda parcelación será calculado por el urbanizador para intensidades de lluvia que ocurran con una frecuencia de una vez cada cinco años (Período de Retorno), tomando en consideración las características especiales del sector en donde se encuentre ubicada. Para aquellas obras de drenaje cuyo diámetro exceda de 72 pulgadas, su diseño será con Períodos de retorno de diez a veinticinco años, según el caso.

El escurrimiento superficial máximo permisible en cordones y cunetas o canaletas será de cien metros. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

En toda vía de circulación menor, las tuberías de aguas lluvias se instalarán al centro de las mismas.

En vías vehiculares de diámetro mínimo de conexión de tragante a pozo de visita será de 15 pulgadas y de dos tragantes a pozo, de 18 pulgadas a partir del segundo tragante. Cuando estas vías tengan una longitud total no mayor de 75.00 Mts., el diámetro mínimo de conexión de tragante a pozo de visita será de 15 pulgadas y de dos tragantes a pozo, también de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo para tuberías de aguas lluvias sobre una vía vehicular será de 18 pulgadas.

En pasajes Peatonales únicamente, se podrá utilizar canaletas rectangulares o medias cañas de concreto en sustitución de cordones y cunetas.

En Pasajes Peatonales el diámetro mínimo de conexión de tragante a caja de registro o pozo de visita será de 12 pulgadas y de dos tragantes a caja o pozo, será de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo sobre pasaje peatonal será de 15 pulgadas.

La distancia permisible entre la parte superior de las tuberías de aguas lluvias y la rasante de las vías será de 1.50 Mts., con la finalidad de evitar interferencias con las tuberías de otros sistemas; pero en caso de no existir dichas interferencias, la distancia en mención podrá reducirse como máximo a 1.00 Mt. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

En todo cambio de dirección o pendiente de tuberías para aguas lluvias, se deberá construir un pozo de visita o una caja de registro. Las cajas de registro se permitirán únicamente en Pasjes Peatonales en sustitución de pozos de visita y para tuberías con un diámetro máximo de 24 pulgadas. Los pozos de visita y las cajas de registro deberán contar con su correspondiente tapadera de inspección. No se permitirán pozos de visita ni cajas de registro ciegos.

La entrega de aguas pluviales a un colector (quebrada o no), deberá tomar en cuenta el nivel máximo probable de las avenidas de éste último, a fin de no obstaculizar la incorporación de las aguas. Si cae a un río o quebrada, su salida debe de estar en dirección del flujo de las aguas con un ángulo de 45 grados y a no más de 1.00 Mt. de altura para disminuir el golpe de agua al caer. Esta altura podrá ser mayor si se proyecta en el lecho de la quebrada o río, un emplantillado de mampostería de piedra y/o concreto.

La pendiente mínima en tuberías de aguas lluvias será del 0.5%, salvo en casos especiales, y la máxima será la que le corresponda a cada tubería según la tabla siguiente:

DIAMETRO DE TUBERIAS PULGADAS	PENDIENTE MAXIMA PERMISIBLE
12	7.0
15	6.0
18	5.0
24	3.0
30	2.5
36	2.0
42	2.0
48	2.0
60	2.0
72	1.5

Por razones de tipo hidráulico, no se permitirá pasar de una pendiente mayor a otra menor con el mismo diámetro; se podrá utilizar el diámetro inmediato superior. Asimismo, no se permitirá pasar de un diámetro de tubería mayor a otro menor. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

La pendiente mínima y máxima permisible en bóvedas será determinada en el diseño, pero en todo caso la velocidad mínima de la corriente no podrá ser inferior a 1.00 Mt./Seg. y la máxima no podrá ser superior a 5.00 Mts./Seg., salvo en los casos que se proyecten rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso (chutes) para disipar la energía de la corriente. Su piso deberá ser de mampostería de piedra con un recubrimiento de concreto simple, de concreto armado o la combinación de ambos.

Los cambios de dirección en bóvedas podrán suavizarse dándole una forma circular en una longitud de desarrollo adecuada. También podrá diseñarse según el caso, una caja especial en sustitución del pozo de visita, la cual deberá contar con una estructura de choque en la dirección de las aguas.

En los puntos de descarga de tuberías y bóvedas o quebradas o ríos, deberán proyectarse cabezales con gradas disipadoras de energía o rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso (chutes).

ART. III.63 POZOS DE VISITA PARA AGUAS LLUVIAS

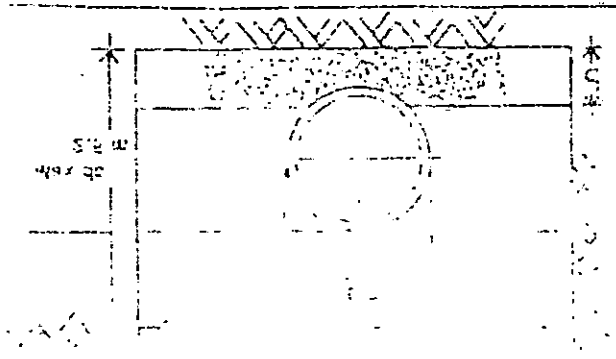
Los pozos de visita para aguas lluvias podrán ser de ladrillo de barro repellados o de piedra, cuando su altura no exceda de 6.00 Mts., cuando su altura sea mayor o en el caso de tener caídas iguales o mayores de 3.00 Mts. éstos deberán ser reforzados adecuadamente, debiendo presentarse en los planos respectivos, los detalles y cálculos estructurales.

La distancia máxima entre pozos de visita será de cien metros (100.00 Metros), con una variación permisible del 15% en casos especiales.

Las tapaderas de los pozos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo ser de concreto armado en los Pasajes Peatonales.

ART. III.64 TRAGANTES

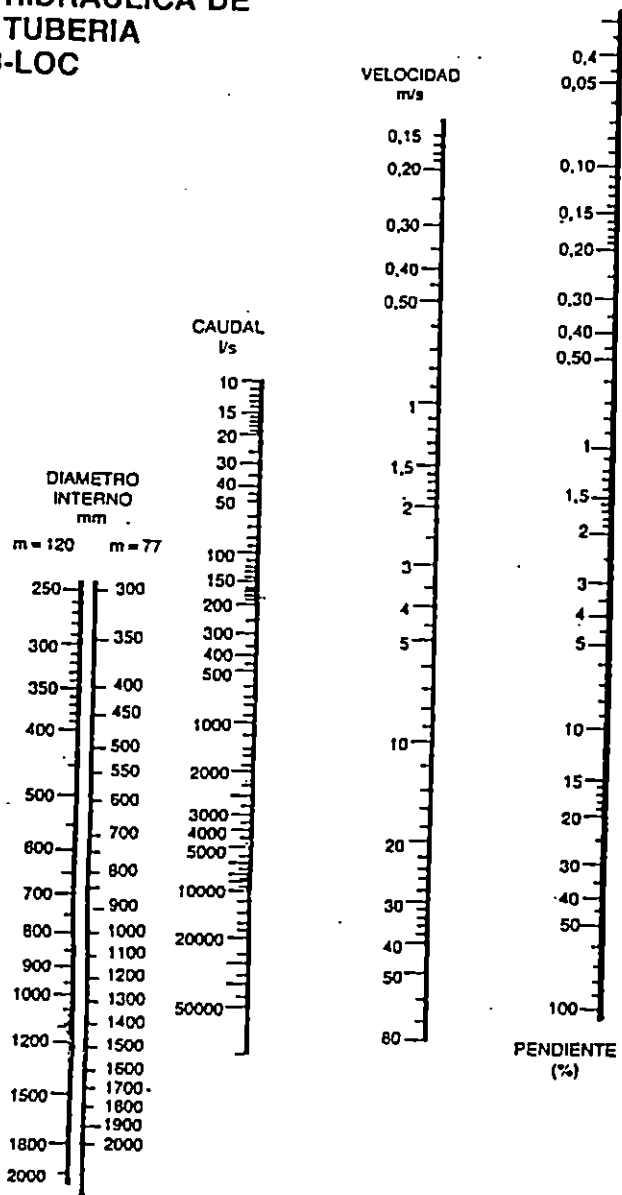
En todas las Vías de circulación Menor serán de ladrillo de barro. Las parrillas de éstos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo hacerse de concreto armado o de estructura metálica en los Pasajes Peatonales. En las Vías de Distribución y de Reparto, no se permitirán los tragantes remetidos. La distancia máxima entre tragantes será de cien metros (100.00 Mts.) Casos especiales serán utilizados por la OPAMSS.



21(2)11	11(2)
(2111)	
(2112)	
	11(2)

11(2)11
 11(2)
 11(2)
 11(2)
 11(2)
 11(2)
 11(2)
 11(2)

LA HIDRAULICA DE LA TUBERIA RIB-LOC



HIDRAULICA

Por su bajo coeficiente de rugosidad, la tubería RIB-LOC garantiza un caudal desaguado del 41 por 100 superior al desaguado por una tubería de hormigón del mismo diámetro, o en otras palabras, a igualdad de caudal desaguado, RIB-LOC necesita un 12 por 100 menos de diámetro, lo que significa un ahorro adicional de excavación.

Este bajo coeficiente de rugosidad hace que sean inexistentes los depósitos por adherencias.

En la fórmula de Manning, el coeficiente de RIB-LOC es 120.

$$V = M \cdot E^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

V = Velocidad (m/s)

N = Coeficiente de Manning = $\frac{1}{m}$

E = Radio hidráulico

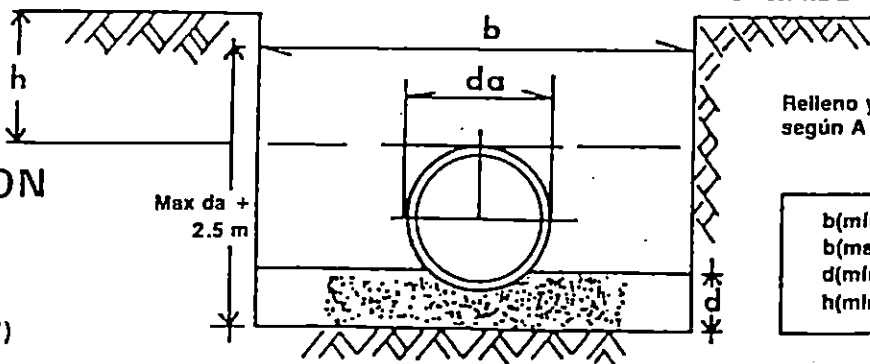
J = Pendiente (m/m)

CARACTERISTICAS FISICAS

CARACTERISTICAS	VALOR
Peso específico	1.41 gr/cm ³
Módulo de elasticidad	30.000 kg/cm ²
Coefficiente de dilatación lineal	$8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Resistencia a la tracción	500-560 kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	100-160 por 100
Resistencia a la flexión	$\geq 800 \text{ kg/cm}^2$
Punto de reblandecimiento VICAT	$> 83 \text{ } ^\circ\text{C}$
Tensión de trabajo	100 kg/cm ²
Absorción de agua	$< 1 \text{ mg/cm}^2$
Resistencia al choque CHARPY (con probeta entallada)	6-7 kg.cm/cm ²
Resistencia de aislamiento al 20°C	$> 10^{10} \text{ ohm-cm}$
Rigidez dieléctrica sobre placa de 2 mm	25 KV/mm
Coefficiente de conductibilidad térmica a 20°C	$3,65-10^{-4} \text{ Cal/seg-cm}^\circ\text{C}$
Dureza Shore D	80-90

INSTALACION EN ZANJA

(Según A Y A 86 D-1)



Relleno y compactación según A y A - 86 D-1, 3.3

$b(\text{mín}) = d_a + 0.40 \text{ m}$
 $b(\text{máx}) = d_a \times 1.5$
 $d(\text{mín}) = 80 \text{ mm}$
 $h(\text{mín}) = \text{ver tabla}$



Durman Esquivel

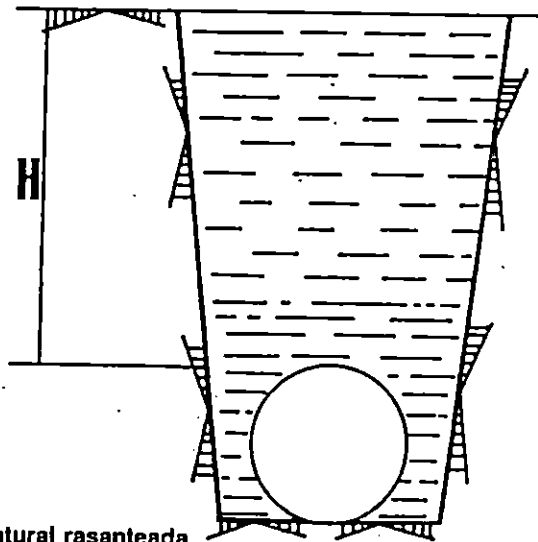
SISTEMAS **RIB. LOC**



«Acuérdate, cuando trates del agua, de alegar primero una experiencia y después una razón.»

(LEONARDO DA VINCI)

Relleno compactado (Según A Y A 86 D-1)



Solera natural rasanteada sin aristas cortantes.

PROFUNDIDADES MINIMAS DE ENTERRAMIENTO

(TABLA I)

(PARA DISTINTAS SOBRECARGAS DE TRAFICO)

230	1,00	0,90	0,80
250	1,00	0,90	0,80
300	1,10	1,00	0,90
315	1,10	1,00	0,90
350	1,10	1,00	0,90
400	1,30	1,20	1,10
450	1,40	1,30	1,20
500	1,40	1,30	1,20
600	1,30	1,20	1,10
700	1,30	1,20	1,10
800	1,30	1,20	1,10
900	1,30	1,20	1,10
1000	1,30	1,20	1,10
1100	1,40	1,30	1,20
1200	1,40	1,30	1,20
1300	1,60	1,50	1,40
1400	1,60	1,50	1,40
1500	1,60	1,50	1,40

H(m)

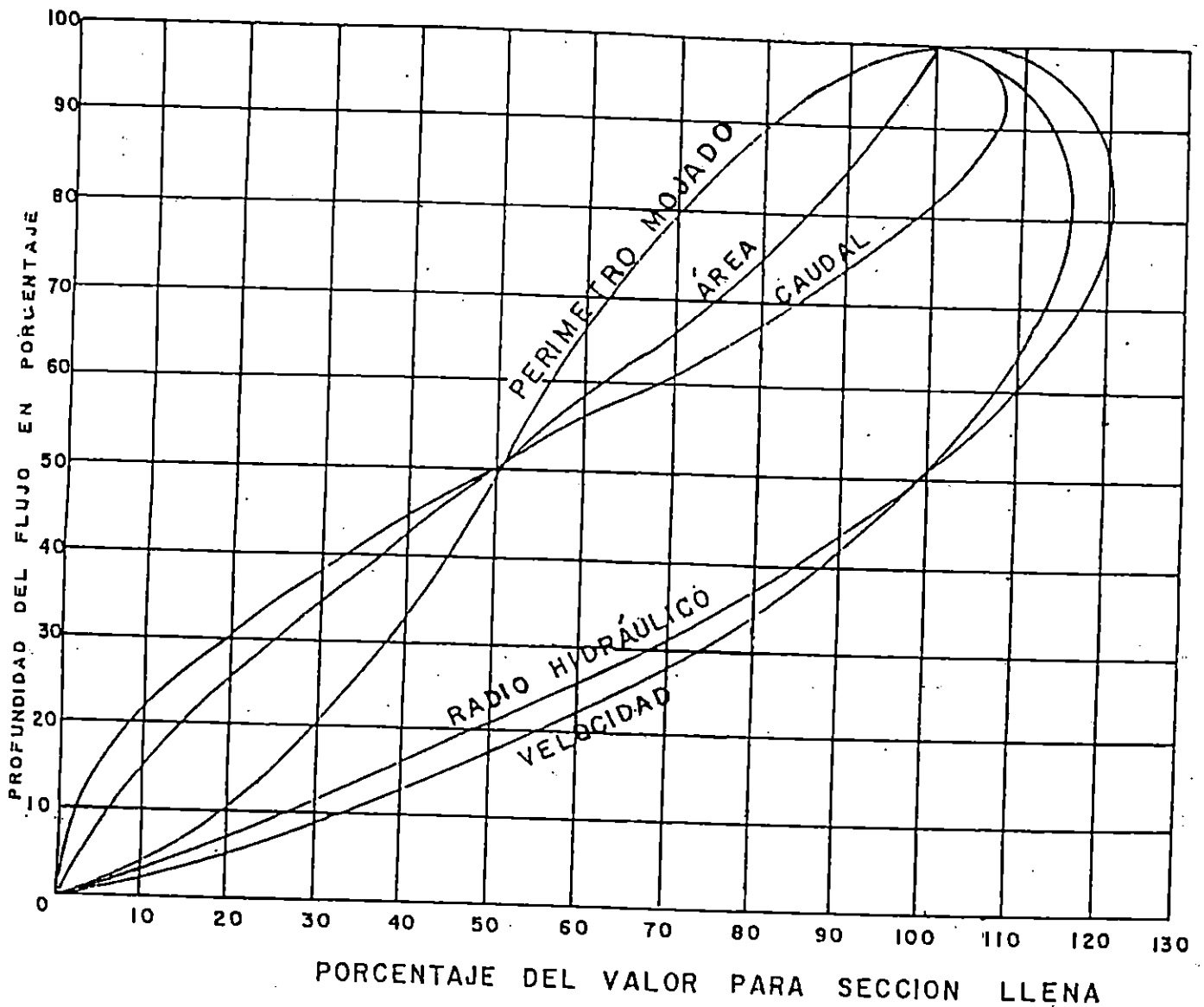
DIAMETRO (MM)	CAMION * 38 TM	CAMION 24 TM	CAMION 12 TM
---------------	----------------	--------------	--------------

* MAXIMO AUTORIZADO POR EL MOPT

CARACTERISTICAS QUIMICAS

PRODUCTO	CONCENTRACION	20 °C	60 °C	PRODUCTO	CONCENTRACION	20 °C	60 °C
Aceite de linaza		++	++	Gasoil		++	++
Aceites minerales (sin aromáticos)		++	++	Heptano	100	++	++
Aceites minerales (vehículos)		++	++	Hexano	100	++	++
Acetato de butilo	100	—	—	Hidróxido sódico		++	0
Acetato de etilo	100	—	—	Hiposulfito sódico		++	++
Alcohol isopropilico	100	++	0	Ioduro potásico		++	++
Aguarrás		++	0	Isooctano	100	++	++
Alcohol metílico	100	++	+	Lanolina		++	++
Asfalto		++	++	Lejía		++	(+)
Bicarbonato sódico		++	++	Perborato sódico		++	++
Carbonato sódico		++	++	Sulfato sódico		++	++
Cloroforno	100	—	—	Sulfito sódico		++	++
Cloruro de etilo	100	—	—	Sulfuro sódico		—	—
Ciclohexano	100	++	+	Tetracloroetano	100	—	—
Detergente líquido		++	0	Tetracloroetileno	100	—	—
Eter Dietílico	100	—	—	Tetrahidrotiurano	100	—	—
2 Etil-Exanol	100	++	—	Tiosulfato sódico		++	++

NOTA: ++ Resistente. + Bastante resistente. (+) Medianamente resistente. — No resistente. 0 no hay ensayos.



EJEMPLO:

PARA $Q_{DISEÑO} = 100 \text{ l/s}$
 $Q_{LLENO} = 125 \text{ l/s}$
 $V_{LLENO} = 1.07 \text{ m/s}$

$$\frac{Q_D}{Q_{LL}} = \frac{100}{125} = 0.80$$

DEL GRÁFICO:

$$\frac{V_D}{V_{LL}} = 1.12$$

$$V_D = 1.12 (V_{LL}) = 1.12 (1.07) = 1.20 \text{ m/s}$$

ENCONTRAR $V_{DISEÑO}$

VALORES DE LOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS

PARA SECCIONES CIRCULARES Y

VARIAS PROFUNDIDADES DE FLUJO

U.S. AIR

COMMUNICATIONS SYSTEMS

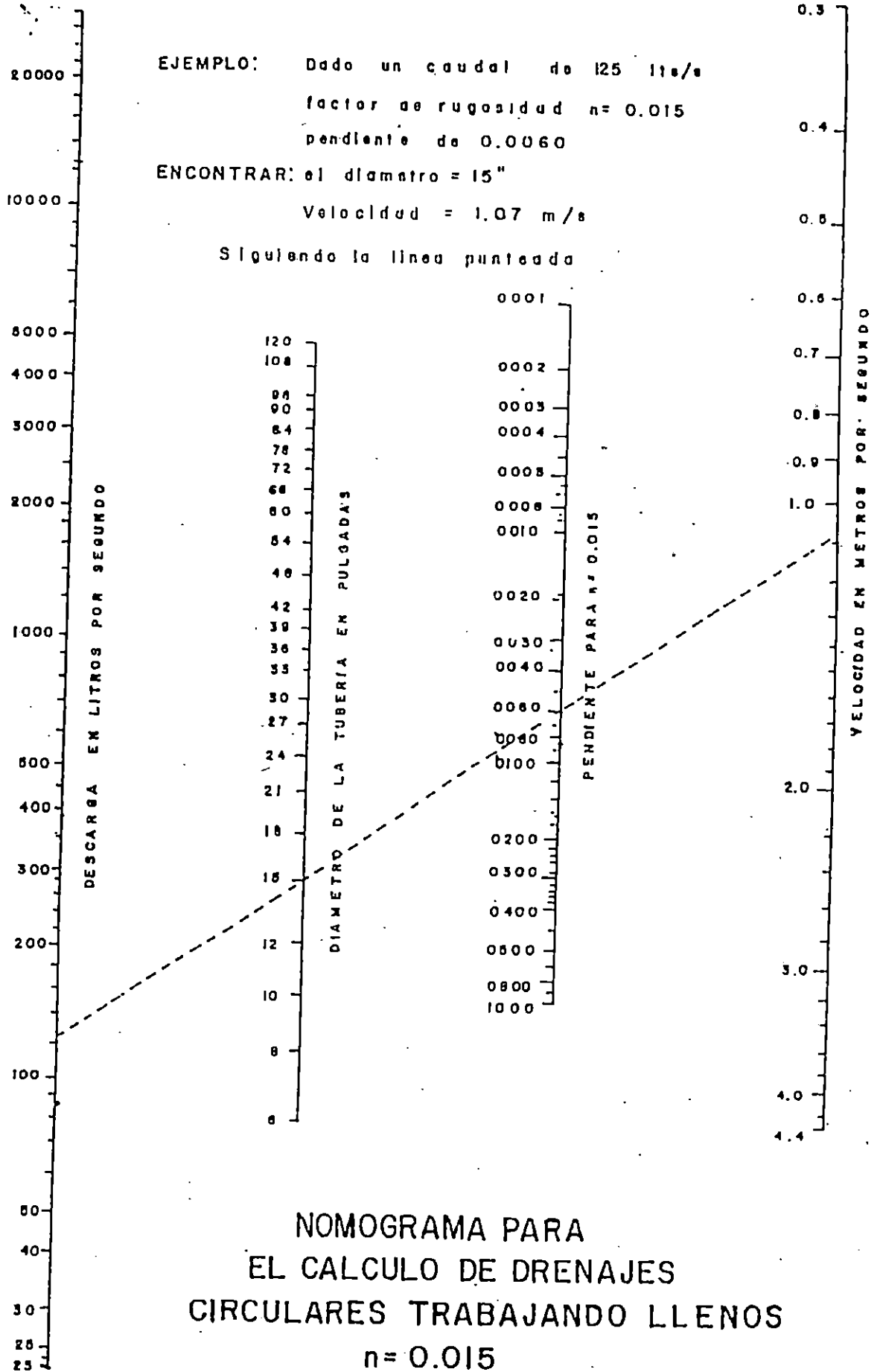
1960

COMMUNICATIONS SYSTEMS

COMMUNICATIONS SYSTEMS

COMMUNICATIONS SYSTEMS

HAZEN WILLIAMS



NOMOGRAMA PARA
 EL CALCULO DE DRENAJES
 CIRCULARES TRABAJANDO LLENOS
 $n = 0.015$