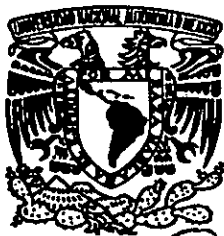


30  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMPUS ARAGON**

*Paginación Discontinua*

**"SANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS  
DE LA CUENCA DE LA PRESA TUXPAN, MICH."**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**MAURICIO MARTINEZ CALDERON**

**SAN JUAN DE ARAGON EDO. DE MEX. 1998.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

965347



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCION

MAURICIO MARTÍNEZ CALDERÓN  
PRESENTE.

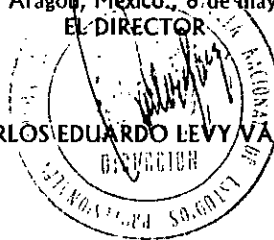
En contestación a la solicitud de fecha 30 de abril del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el M. en I. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "SANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS DE LA CUENCA DE LA PRESA TUXPAN, MICH.", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 8 de mayo de 1998

EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

*CyR*  
*Zab*

A MIS PADRES :

ODILÓN MARTÍNEZ ROBLES Y JOSEFINA CALDERÓN MERINO,  
POR ESTAR A MI LADO EN TODO MOMENTO Y A QUIENES DEBO  
LA CULMINACIÓN DE ESTA VALIOSA META.

A MIS HERMANOS :

PORQUE DE ALGUNA U OTRA MANERA SIEMPRE ME HAN  
AYUDADO Y ALENTADO A VER REALIZADOS MIS PROYECTOS.

A MIS ASESORES :

AL ING. JOSÉ LUIS AYALA SALAZAR Y AL M. EN I. DANIEL  
VELÁZQUEZ VÁZQUEZ, POR DEDICAR SU TIEMPO PARA  
DIRIGIR ESTE TRABAJO Y LLEVARLO A BUEN TERMINO.

A LA UNAM Y A LA ENEP ARAGÓN, POR DARME LA  
OPORTUNIDAD DE OBTENER UNA FORMACIÓN, NO SÓLO EN  
CONOCIMIENTOS SINO TAMBIÉN COMO PERSONA.

A MIS PROFESORES, COMPAÑEROS Y AMIGOS, POR COMPARTIR  
CONMIGO SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS DE LO CUAL  
SE APRENDEN GRANDES COSAS.

A LA EMPRESA TLALOC INGENIERÍA EN ESPECIAL AL  
DEPARTAMENTO DE DIBUJO POR EL APOYO Y TIEMPO  
DEDICADO A LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS.

## **CONTENIDO**

	<b>PAG</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	001
<b>INTRODUCCIÓN</b>	002
<b>1. MARCO DE REFERENCIA</b>	004
1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	004
1.2. PROYECCIONES DE POBLACIÓN	026
<b>2. FUENTES DE CONTAMINACIÓN</b>	040
2.1. IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINADORES	040
2.2. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	060
<b>3. SANEAMIENTO DE LA CUENCA</b>	066
3.1. PROCESOS TENTATIVOS DE TRATAMIENTO	066
3.2. CRITERIOS DE ELECCIÓN DE PROCESO DE TRATAMIENTO	076
3.3. PROCESOS DE TRATAMIENTO Y SU EFICIENCIA	093
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	095
<b>FUENTES DE CONSULTA Y BIBLIOGRAFIA</b>	097

	<b>PAG</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>099</b>
PLANO 1. CUENCA DE LA PRESA TUXPAN	100
PLANO 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS	101
PLANO 3. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	102
PLANO 4. ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS - CONVENCIONAL, CIUDAD HIDALGO MICHOACÁN	103
PLANO 5. ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, TUXPAN MICHOACÁN	104
PLANO 6. ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, OCAMPO MICHOACÁN	105
PLANO 7. ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, ANGANGUEO MICHOACÁN	106
PLANO 8. ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LAGUNA AEROBIA, EL PASO MICHOACÁN	107

## ANTECEDENTES

Desde la puesta en operación de las etapas primera y segunda del Sistema Cutzamala las autoridades de la Gerencia de Aguas del Valle de México, mostraron su preocupación por que el agua que satisface las necesidades de consumo de los habitantes del Área Metropolitana de la Ciudad de México, estén libres de contaminación, tanto la que se genera por fuentes naturales, como es la erosión de los suelos, como la que es provocada por actividades humanas, como lo son las descargas residuales de las diversas poblaciones que se ubican en las cuencas de las presas que abastecen al Sistema.

Para planear y evaluar las acciones que se deben poner en marcha, para mitigar los efectos de esa contaminación, en 1985 se realizó el estudio de Saneamiento de la Presa Tuxpan, fecha anterior a la puesta en marcha de las etapas tercera y cuarta del Sistema Cutzamala. A diez años de distancia se hace necesario actualizarlo y complementarlo.

En el presente estudio se plantea analizar la calidad de las aguas residuales que descargan las poblaciones que se asientan en la cuenca mencionada, con base en cuyos resultados se elaborará un diagnóstico de la situación actual, se formularán y evaluarán opciones de solución, para finalmente realizar el anteproyecto de saneamiento de cada localidad.

Las poblaciones por estudiar son: Ciudad Hidalgo, Tuxpan, Angangueo, Ocampo y El Paso.

## INTRODUCCION

Los principales objetivos de esta tesis serán identificar desde los puntos de vista social, económico, y técnico a cada una de las poblaciones que se asientan en la cuenca en estudio, con el propósito de determinar, la evolución de su población en un horizonte de proyecto, así como delimitar la cobertura de infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento; los proyectos de obra con que cuenten, el tipo de industria existente e identificar los tipos de contaminantes que arrojan a sus aguas residuales.

Para la identificación cuantitativa y cualitativa se basará en resultados de toma de muestras y análisis de las aguas residuales representativas de cada localidad, determinando con recorridos las fuentes contaminantes del agua y sus efectos en el cuerpo receptor.

Desarrollar planeadamente desde los puntos de vista técnico y económico los anteproyectos de saneamiento de la cuenca con sus procesos de tratamiento más conveniente.

Para llevar a cabo el estudio de saneamiento de los recursos hidráulicos de la cuenca de La Presa Tuxpan, Mich, se partirá de una recopilación de información, en los diferentes organismos gubernamentales, en documentos elaborados; como estudios anteriores relacionados con el tema y realizando visitas al sitio, tratando de obtener el mayor cúmulo de información posible.



Posteriormente se hará, una descripción del área de estudio tomando en cuenta el medio físico y geográfico; como localización, hidrografía, clima, orografía, clasificación y uso del suelo, flora y fauna.

Para enmarcar el estudio en el escenario social se hará una reseña de población, educación, cultura, recreación, deporte, salud, vivienda, servicios públicos, comunicaciones y transportes.

En cuanto a la situación económica de los asentamientos humanos se hará un breve estudio de población económicamente activa, actividades económicas como agricultura, fruticultura, ganadería, explotación forestal, industria, minería, pesca, turismo, comercio.

En cuanto a la población, tomando en cuenta que el horizonte de proyecto para obras de saneamiento es de 15 años, se harán proyecciones de población utilizando los diferentes métodos que las normas proponen para tal caso; como, el método aritmético, geométrico por porcentajes y geométrico por incrementos medios. Con base en los resultados de los Censos Generales de Población y Vivienda, publicados por (INEGI).

Se tratará de identificar y ubicar las diferentes fuentes contaminantes, con el fin de definir sitios de muestreo para hacer la caracterización de las aguas de deshecho y definir el tipo de tratamiento que es necesario instalar; ya sea lodos activados, lagunas de estabilización, tanque Imhoff, fosa séptica o una planta de tratamiento compacta modular.

## **1. MARCO DE REFERENCIA.**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

El área que drena hacia la presa Tuxpan, se ubica en territorio del estado de Michoacán, abarcando parte de los municipios de Hidalgo, Senguio, Aporo, Tuxpan, Ocampo, Zinapécuaro, Queréndaro, Maravatío y Angangueo.

Los límites de la cuenca, tienen alturas de 2,750 msnm en el oeste, 2,900 msnm, al suroeste y de 3,500 msnm al Este. En la parte central se tiene como cota media la 2,100 msnm y al Sur, en el sitio de la presa la 1,900 msnm.

El principal escurrimiento se origina a la cota 2,725 msnm, a 47 km al Noroeste de Zitácuaro, descendiendo con rumbo Sureste con el nombre de Río Taximaroa, el cual recibe las aportaciones de los arroyos: El Arenal, Ojo de Agua de Bucio. El Carrizo, Rincón de Pitahayas, Pino Gordo, La Cañada, Cuchipitio, San Lucas, El Chaparro, San Pedro y El Indillo. Aproximadamente, 9 km aguas abajo de sus orígenes cambia su nombre a Río Turundeo, más adelante se le conoce como Río Grande, donde recibe al Río Chiquito de 23.5 km de longitud. A partir de esta confluencia toma el nombre de Río Tuxpan, uniéndosele los arroyos; Huirunio, Angangueo y Los Aguacates.

Al Suroeste de la cuenca están construidas tres presas; Pucuató, La Sabanera y Agostitlán o Mata de Pino. Al Este se encuentra la Laguna Verde y al Norte La Grande.

Las principales poblaciones se localizan en la parte central y Sur de la cuenca, por ser éstas las zonas menos accidentadas; en el centro se encuentran: Ciudad Hidalgo, Rincón de Dolores, San Pedro Jácuaró y San Matías El Grande; y en el Sur se ubica las poblaciones de Tuxpan, Ocampo y El Paso. En el Oriente se encuentra la población de Angangué y al Poniente Huajúbaro.

Por la cuenca atraviesa la carretera pavimentada que comunica a Zitácuaro con la Ciudad de Morelia, pasando por las poblaciones de Tuxpan y Ciudad Hidalgo. De este camino salen ramales a Irimbo y Aporo, a Huajúbaro y Zinapécuaro, y San Pedro Jácuaró y Betania. Existe otro camino en el Oriente, que partiendo de Zitácuaro llega a la población de Angangué.

La cruza la vía de ferrocarril que de Zitácuaro se dirige a Maravatío de Ocampo, pasando por los poblados de El Paso, Ocampo y Aporo, con un ramal a Angangué.

## Ciudad Hidalgo

### a) Medio Físico y Geográfico.

#### Localización

El municipio de Hidalgo se localiza al noroeste del estado, en las coordenadas 19°41'30" de latitud norte y 100°34'00" de latitud oeste, a una altura de 1,950 metros sobre el nivel del mar. Su superficie es de 1,063.06 kilómetros cuadrados que representa el 1.78 por ciento del total del estado y el 0.000054 por ciento de la superficie del país. Limita al norte con Queréndaro, Zinapécuaro y Maravatío; al este con Irimbo, Tuxpan y Jungapeo; al sur con Tuzantla y Tiquicheo, y al oeste con Tzitzizo, Queréndaro, Indaparapeo y Charo. Se divide en 258 localidades, siendo algunas; Agostitlán, Casas Pintas, Cretzillos, El Pedregal, El Salitre, Las Palomas, Los Rubios y Tupátaro, su cabecera municipal es Ciudad Hidalgo.

#### Hidrografía

Su hidrografía la constituyen los ríos Agostitlán, Chaparro, Zarco y Grande; las presas La Sabanera, Pucuató y Mata de Pinos.

## Clima

Su clima es templado con lluvias en verano, y al norte con lluvias todo el año. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,810.2 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 4.1 a 18.4°C

## Orografía

Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal, sierra de Mil Cumbres, y cerros: del Fraile, Azul, San Andrés, Ventero, Guangoche y Blanco.

## Clasificación y Uso del Suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, terciario y eoceno; corresponden principalmente a los del tipo complejo de montaña. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción ganadero y agrícola. En la estructura de la tenencia de la tierra, la superficie ejidal ocupa una extensión mayoritaria; la pequeña propiedad representa el segundo lugar y la propiedad comunal cubre un siete por ciento del total de la superficie.

## Flora y Fauna

El municipio tiene bosque mixto, con aile, encino y sauce; y bosque de coníferas, con pino.

Su fauna la conforman; coyote, zorro, zorrillo, tlacuache, liebre, conejo, mapache, armadillo, pato y torcaz.

## b) Marco Social

### Población

El municipio de Hidalgo, en 1990 estaba poblado por 94,049 habitantes, que representaban el 2.65 por ciento de la población total del estado. Su cabecera municipal, Ciudad Hidalgo, estaba poblada por 48,476 habitantes, que representaban el 52 por ciento del total del municipio. Para 1995, se estimaron para Ciudad Hidalgo, una población de 53,730 habitantes, y para el año 2005 tendrá 64,310 habitantes y para el año 2010 serán 69,608 habitantes.

## Educación, Cultura, Recreación y Deporte

El municipio cuenta con centros educativos de preescolar, primaria, secundaria, media superior y capacitación para el trabajo.

Al igual que otros municipios, dispone de los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos y del Consejo Nacional de Fomento Educativo.

Hidalgo tiene zonas de esparcimiento, cines y clubes deportivos.

## Salud

En cuanto a servicios de salud, cuenta con clínicas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), IMSS-SOLIDARIDAD, Secretaría de Salud (SSA) e Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE).

## Vivienda

Las construcciones del municipio en su mayoría son de tabique y tabicón le siguen las de adobe y por último las de madera. Casi en su totalidad son particulares, sólo un 0.35 por ciento del total son colectivas. La mayoría cuenta con los servicios básicos de agua, energía eléctrica y drenaje.

## Comunicaciones y Transportes

La cabecera se localiza a 104 kilómetros de la capital del estado, por la carretera federal número 15 México-Morelia. Cuenta con oficinas de correo, telégrafo y teléfono. En transporte tiene servicio de autobuses locales y foráneos, cuenta con servicios de taxis, camiones urbanos y de carga.

## Servicios Públicos

Los servicios que ofrece la cabecera municipal, a sus habitantes son de: agua potable en un 84,2 por ciento de sus viviendas, alcantarillado en un 83,7 por ciento, energía eléctrica en un 93.1 por ciento, además de alumbrado público, rastro, mercado, panteones, parques y jardines, seguridad pública y limpia.

## c) Marco Económico

### Población Económicamente Activa

La población económicamente activa de Hidalgo representó, en 1990 el 26.84 por ciento del total de la población y se ubicó principalmente en el sector terciario. Los sectores secundario y primario representaron el segundo y tercer lugar con el 40.6 y 5.53 por ciento respectivamente. El índice de desocupación alcanzó el 2.0 por ciento de la población.

### Actividades Económicas

**Agricultura:** Los principales cultivos son maíz, tomate, haba y ajo.

**Fruticultura:** En orden de importancia, se produce durazno, manzana, membrillo, capulín, maguey de pulque, perón, aguacate, granada roja, zapote blanco y chabacano.

**Ganadería:** Se cría ganado avícola, bovino, porcino, ovino, caprino, caballar, asnal, apícola y mular.

**Explotación Forestal:** El municipio tiene una superficie forestal maderable ocupada por pinos, encinos y oyamel; y una superficie no maderable ocupada por matorrales de distintas especies.

**Industria:** Las principales ramas de la industria, comprenden las siguientes actividades: fabricación de alimentos; de productos metálicos, (excepto maquinaria y equipo); muebles y accesorios, (excepto los de metal y los de plástico moldeado); industria y productos de madera y corcho (excepto muebles); textiles; fabricación de productos minerales no metálicos (excepto del petróleo y del carbón mineral); prendas de vestir y otros artículos confeccionados con textiles y otros materiales; industria de papel y de productos de hule y plástico.

**Minería:** Existen yacimientos minerales no metálicos de caliza, arcilla caolinítica, caolín, sub-bentonita, azufre y tierra fuller.

Pesca: En acuicultura, se produce principalmente trucha arcoiris.

Turismo: El municipio cuenta con zona arqueológica, balnearios, parque regional, museo, comercio de artesanías y atractivos naturales.

Comercio: Hidalgo tiene establecimientos comerciales pequeños, medianos y grandes. Aproximadamente 90 por ciento son pequeños y el resto son comercios medios y grandes.

## Tuxpan

### a) Medio Físico y Geográfico.

#### Localización

El municipio de Tuxpan se localiza al este del estado, en las coordenadas 19°34'00" de latitud norte y 100° 29'00" de longitud oeste, a una altura de 1,750 metros sobre el nivel del mar. Su superficie es de 206.92 kilómetros cuadrados, representa el 0.34 por ciento del total del estado. Limita al norte con Irimbo y Aporo, al este con Ocampo, al sur con Jungapeo y Zitácuaro y al oeste con Hidalgo. Lo conforman 56 localidades, siendo algunas; Cofradía de Guadalupe, Guanimoro, Jaripo, La Cantera, Malacate, Patámbaro, Río Grande y Santa Ana. La cabecera municipal es la Ciudad de Tuxpan.

#### Hidrografía

Su hidrografía la forman el río Tuxpan y los arroyos: Chiquito, Aguacate y San Lorenzo, además tiene la presa de San Lorenzo.

#### Clima

Su clima es templado, con precipitación pluvial anual de 1,096.1 milímetros y con temperaturas que oscilan de 12.8 a 28.6°C.

#### Orografía

Su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, sierra del Fraile y cerros de Zirahuato, Camacho, Ario, Ccina, Huirunio, Presidio, Víbora y Tortuga; y el Valle de Tuxpan.

## Clasificación y Uso de Suelo

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoicos, terciario inferior y paleoceno; corresponden principalmente a los del tipo podzólico de pradera. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadera. En la estructura de la tenencia de la tierra la superficie ejidal ocupa una extensión mayoritaria y la pequeña propiedad representa el segundo lugar.

## Flora y Fauna

En el municipio el bosque mixto con pino, encino y cedro; y el bosque de coníferas con oyamel y pino.

Su fauna está representada por arcilla, conejo, comadreja, tlacuache, mapache, cacomixtle, tejón, liebre, güilota y pato.

## b) Marco Social.

### Población

El municipio de Tuxpan, en 1990 estaba poblado por 18,806 habitantes, que representaban el 0.53 por ciento del total del estado. Su cabecera municipal, la ciudad de Tuxpan, estaba habitada por 6,819 habitantes que representaban el 36.2 por ciento de la población total del municipio. Para 1995 se proyecta, para la cabecera municipal, una población de 7,347 habitantes, estimando que para el año 2005, tendrá una población de 8,436 habitantes.

### Educación, Cultura, Recreación y Deporte

El municipio cuenta con centros de nivel preescolar, primaria, secundaria y preparatoria. Para el área, dispone de los servicios del Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA) y el Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE).

El municipio cuenta con cine y áreas para el deporte. Sus alrededores poseen una belleza natural, adecuada para el esparcimiento de sus habitantes.



## Salud

En cuanto a servicios de salud, cuenta con clínicas del IMSS-SOLIDARIDAD, Secretaría de Salud (SSA), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado y médicos particulares.

## Vivienda

Las construcciones del municipio en su mayoría son de adobe, le siguen las de tabique y tabicón, y por último las de madera. Casi en su totalidad son particulares, sólo un 0.26 por ciento del total son colectivas. La mayoría cuenta con los servicios básicos de agua, energía eléctrica y drenaje.

## Comunicaciones y Transportes

Está situado a 130 kilómetros de la capital del estado, por la carretera federal número 15, México-Zitácuaro-Morelia. Tiene comunicación a las localidades por caminos de terracería, principalmente. Por Tuxpan atraviesan vías férreas, aunque no dispone de estación. Cuenta con teléfono, telégrafo, correo y servicio de taxis, caminos urbanos y de carga.

## Servicios Públicos

Cuenta con alumbrado público, agua potable, drenaje y alcantarillado, mercado, panteón, parques y jardines, centros recreativos, seguridad pública e instituciones bancarias. La mayoría de sus localidades dispone de electricidad y agua potable.

Para 1990, en la cabecera municipal, la cobertura de agua potable era del 91.1% y de alcantarillado de 91.2%, la cual se mantiene hasta el presente año de 1995.

## c) Marco Económico.

### Población Económicamente Activa

La población económicamente activa de Tuxpan representó en 1990 el 28.54 por ciento del total de la población y se ubicó principalmente en el sector terciario, con el 46.1%. Los sectores primario y secundario representaron el segundo y tercer lugar, con el 34.7% y 13.4% respectivamente. El índice de desocupación alcanzó el 2.1 por ciento de la población.

## Actividades Económicas

**Agricultura:** Los principales cultivos del municipio, son maíz y trigo, en menor escala se produce frijol, tomate y jitomate.

**Fruticultura:** En orden de importancia se produce maguey de pulque, guayaba, durazno, aguacate, perón, lima, pera, plátano, y membrillo.

**Ganadería:** Se cría ganado avícola, bovino, porcino, caprino, ovino, caballar, apícola, asnal y mular.

**Explotación Forestal:** La superficie maderable es ocupada por pino y encino; en el caso de la no maderable, es ocupada por arbustos de distintas especies.

**Industria:** Las principales ramas de la industria corresponden a la fabricación de alimentos, muebles y accesorios, plástico moldeado; tiene industria química y metálica básica, en donde se fabrican diversos productos.

## Anganguco

### a) Medio Físico y Geográfico

#### Localización

El municipio de Anganguco se localiza en el oeste del estado, en coordenadas 19°36'30" de latitud norte y en los 100°18'00" de longitud oeste, a una altura de 2,350 metros sobre el nivel del mar.

Su superficie es de 125.45 kilómetros cuadrados, representa el 0.21 por ciento del total del estado y el 0.000006 por ciento de la superficie del país. Limita al norte con Senguio, al este con el Estado de México, al sur con Ocampo y al oeste con Aporo. Se divide en 14 localidades, siendo algunas: Carrillos, Dolores, Jesús Nazareno y San Pedro. Su cabecera municipal es Mineral de Anganguco.

## Hidrografía

Su hidrografía la constituyen los ríos el Puerco y Carrillos; y los arroyos del Llano, de las Papas y el de Cantera.

## Clima

Su clima es del tipo semifrío, subhúmedo con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 910.1 milímetros y temperaturas que oscilan entre 6.3 y 24.3 grados centígrados.

## Orografía

Su relieve lo constituyen el Sistema Volcánico Transversal, la sierra de Anganguero y cerros de Guadalupe, el del León y del Campanario.

## Casificación y Uso del Suelo

Los suelos del municipio, datan de los períodos cenozoicos, cuaternario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo de montaña. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción ganadero y agrícola. En la estructura de la tenencia de la tierra, la superficie ejidal ocupa una extensión mayoritaria; la pequeña propiedad representa una mínima parte.

## Flora y Fauna

El municipio tiene bosques de coníferas, con pino, oyamel y junípero; y bosque mixto, con encino, pino, cedro y aile.

Su fauna la conforman: comadreja, conejo, ardilla, cacomixtle, zorrillo, tejón, tórtola y pato.

## b) Marco Social

### Población

El municipio de Angangueo, en 1990 estaba poblado por 9.942 habitantes, que representaban el 0.28 por ciento del total del estado. Su cabecera municipal, Mineral de Angangueo, estaba habitada por 4,579 habitantes que representaban el 46.06 por ciento de la población total del municipio. Para 1995 se estimó, para la cabecera municipal, una población de 4,636 habitantes, estimando que para año 2005, tendrá una población de 4,885 habitantes.

### Educación, Cultura, Recreación y Deporte

El municipio cuenta con centros educativos de preescolar, primaria, secundaria y preparatoria. Además, recibe los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos.

El municipio cuenta con centros deportivos, recreativos y atractivos naturales, como es la zona considerada como santuario de la mariposa monarca, en la sierra de Chincua.

### Salud

En cuanto a servicios de salud, dispone de clínicas de la Secretaría de Salud, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y médicos particulares.

### Vivienda

Las construcciones del municipio en su mayoría son de adobe, le siguen las de madera y por último las de tabique, tabicón y otros materiales. Casi en su totalidad son particulares, sólo un 0.27 por ciento del total son colectivas. Un porcentaje mayoritario cuenta con los servicios básicos de agua, energía eléctrica y drenaje.

### Comunicaciones y Transportes

Está situado a 170 kilómetros de la capital del estado por el tramo de la carretera federal número 15 Morelia-Toluca, con desviación en la carretera estatal tramo San Felipe de los Alzari-Angangueo.

Tiene comunicación a sus localidades por caminos de terracería. Por Angangueo atraviesan 9 kilómetros de vías férreas y se tiene acceso por este medio a través del ramal Maravatío-Zitácuaro.

Cuenta con teléfono, telégrafo, correo, taxis y camiones foráneos.

### Servicios Públicos

La cabecera municipal cuenta con servicio de electricidad al 98 por ciento de cobertura, agua potable en el 87.6 por ciento de las viviendas y alcantarillado sanitario con cobertura de 74 por ciento, cuenta además con mercado, panteón, parques y jardines, rastro, limpia y seguridad pública.

### c) Marco Económico.

#### Población Económicamente Activa

La población económicamente activa de Angangueo, representó en 1990, el 21.93 por ciento del total de la población y se ubicó principalmente en el sector terciario con el 48.5 por ciento. Los sectores primario y secundario representaron el segundo y tercer lugar, con el 8.38 y 40.5 por ciento respectivamente. El índice de desocupación alcanzó el 6.2 por ciento de la población, en 1990.

#### Actividades Económicas

**Agricultura:** Los principales cultivos, en orden de importancia son: maíz, trigo, cebada, frijol y haba.

**Fruticultura:** Se produce principalmente manzana, durazno, maguey de pulque, pera, perón y capulín.

**Ganadería:** Se cría ganado avícola, bovino, porcino, ovino, caprino, caballo, asnal y mular.

**Minería:** Funciona una industria extractiva de minerales de cobre, zinc, plomo, fierro, plata y oro.

Explotación Forestal: La superficie forestal de maderables es ocupada por pino, encino, oyamel; en el caso de la superficie no maderable, por arbustos de diversas especies.

Industria: Se producen alimentos y metálicos excepto maquinaria y equipo.

Turismo: Zona arqueológica y atractivos naturales como el santuario de la mariposa monarca.

Comercio: Dispone de pequeños establecimientos.

## Ocampo

### a) Medio Físico y Geográfico

#### Localización

El municipio de Ocampo se localiza al oriente del estado, en las coordenadas 19°35'00" de latitud norte y 100°20'00" de longitud oeste, a una altura de 1,230 metros sobre el nivel del mar.

La superficie es de 95.71 kilómetros cuadrados, representa el 0.15 por ciento del total del estado y el 0.000004 por ciento de la superficie del país. Limita al norte con Aporo y Angangueo, al este con el Estado de México, al sur con Zitácuaro y al oeste con Tuxpan. Se divide en 36 localidades, siendo algunas: El Paso, Arenal, Hervidero, Laguna Verde y Trojes. La cabecera municipal es la localidad de Ocampo.

#### Hidrografía

La hidrografía la componen, la presa de Ocampo: el río Puerco y los arroyos El Salto y Ojo de Agua.

#### Clima

Su clima es templado con lluvias en verano y templado con lluvias todo el año. Tiene una precipitación pluvial anual de 901.7 milímetros y con temperaturas que oscilan de 8.3 a 25.4°C.

## Orografía

Su relieve lo constituyen el sistema volcánica transversal. Sierra de Anganguero, cerros: Camacho, de San Cristóbal, Huacal, Picacho, Las Trojes, y otros.

## Clasificación y Uso del Suelo

Los suelos del municipio datan del período cenozoico, terciario inferior y paléoceno y corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola. En la estructura de la tenencia de la tierra, la superficie ejidal ocupa una extensión mayoritaria; la propiedad comunal representa el segundo lugar y la pequeña propiedad cubre nueve por ciento del total de la superficie.

## Flora y Fauna

En el municipio dominan los bosques de coníferas, pino, oyamel y junipero y el bosque mixto con cedro y pino.

Su fauna se conforma por comadreja, conejo, cacomixtle, zorro, tejón, tórtola y pato y en el invierno, la mariposa monarca.

## b). Marco Social

### Población

El municipio de Ocampo, en 1990 estaba poblado por 9.942 habitantes, que representaban el 0.35 por ciento del total del estado. Su cabecera municipal, Ocampo estaba habitada por 2,295 habitantes que representaban el 23.08 por ciento de la población total del municipio. Para 1995 se proyecta, para la cabecera municipal, una población de 2,561 habitantes, estimando que para año 2005, tendrá una población de 3,088 habitantes.

## Educación, Cultura, Recreación y Deporte

El municipio cuenta con centros educativos de preescolar, primaria y secundaria. Además, recibe los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos y del Consejo Nacional de Fomento Educativo.

El municipio cuenta con centros deportivos, recreativos y atractivos naturales para el esparcimiento de sus habitantes.

## Salud

En cuanto a servicios de salud, dispone de clínicas de la Secretaría de Salud IMSS-SOLIDARIDAD y médicos particulares y consultorios rurales.

## Vivienda

Las construcciones del municipio en su mayoría son de madera, le sigue las de adobe, y por último las de tabique, tabicón y otros materiales. Casi en su totalidad son particulares, sólo un 0.05 por ciento del total son colectivas. Un porcentaje medio cuenta con los servicios básicos de agua, energía eléctrica y drenaje.

## Comunicaciones y Transportes

Esta situado a 156 kilómetros de la capital del estado, por la carretera federal número 15 Morelia-Toluca, con desviación en la carretera estatal San Felipe de los Alzati-Ocampo.

Tiene comunicación a sus localidades por caminos de terracería. Cuenta con teléfono, telégrafo, correo y taxis, camiones urbanos y de carga.

## Servicios Públicos

La cabecera municipal cuenta con servicios de electricidad al 92.9 por ciento de cobertura, agua potable en un 77.1 por ciento de las viviendas y drenaje y alcantarillado con una cobertura del 67.1 por ciento, cuenta además con mercado, panteón, parques y jardines, rastro, seguridad pública y empedrado de calles.



### c). Marco Económico.

#### Población Económicamente Activa.

La población económicamente activa de Ocampo, representó, en 1990, el 26.93 por ciento del total de la población y se ubicó principalmente en el sector secundario con el 40.2 por ciento. Los sectores terciario y primario representaron el segundo y tercer lugar con el 33.9 y 12.4 por ciento respectivamente. El índice de desocupación alcanzó el 1.5 por ciento de la población en 1990.

#### Actividades Económicas

**Agricultura:** Los principales cultivos por orden de importancia son, maíz, trigo, cebada y frijol.

**Ganadería:** Se cria ganado bovino, porcino, ovino, caballar, caprino, asnal y mular.

**Explotación Forestal:** La superficie forestal maderable, es ocupada por encino, pino y oyamel; la no maderable, es ocupada por matorrales diversos.

**Industria:** Las principales ramas de la industria son la fabricación de alimentos, productos de madera y corcho y productos metálicos -excepto maquinaria y equipo-.

**Turismo:** Artesanías (madera torneada y ensamblada) y santuario de la mariposa monarca.

**Comercio:** El municipio cuenta con comercio pequeño y mediano en los cuales se encuentran artículos de primera y segunda necesidad.

#### El Paso.

##### a) Medio físico y geográfico

#### Localización

Esta localidad pertenece al municipio de Ocampo, se localiza al suroriente del municipio, en las coordenadas 19°31'58" de latitud norte y 100° 18'34" de longitud oeste, a una altura de 2,250 metros sobre el nivel del mar. El Paso es una de las localidades más importantes del municipio, se localiza a 4.5 Km de la cabecera municipal.

## Hidrografía

La hidrografía básicamente la compone el Río Puerco, cuyo cauce se localiza aproximadamente a 2.0 Km al norte de la localidad.

## Clima

Su clima es del tipo templado subhúmedo con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 935.5 milímetros y temperatura media anual de 16.1°C.

## Orografía

Se localiza en las faldas del cerro El Huacal, el cual se ubica al oriente de la localidad y tiene una altura máxima de 3,160 msnm.

## Clasificación y Uso del Suelo

Los suelos de la localidad datan del periodo cenozoico, terciario inferior y paléoceno y corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola. En la estructura de la tenencia de la tierra, la pequeña propiedad ocupa una extensión mayoritaria; la propiedad ejidal y comunal representan el segundo y tercer respectivamente.

## Flora y Fauna

En los alrededores de la localidad dominan los bosques de coníferas, pino, oyamel y junípero y el bosque mixto con cedro y pino.

Su fauna se conforma por comadreja, conejo, cacomixtle, zorro, tejón, tórtola y pato y en el invierno, la mariposa monarca.

## b). Marco Social

### Población

La localidad de El Paso, en 1990 estaba poblada por 587 habitantes. Para 1995 se proyecta, una población de 631 habitantes, estimando que para el año 2005, tendrá una población de 725 habitantes.

## Educación, Cultura, Recreación y Deporte

En la localidad se cuenta con servicio de educación preescolar y primaria, para cursar la secundaria, para los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos y del Consejo Nacional de Fomento Educativo, se tienen que desplazar hacia la cabecera municipal.

## Salud

Hasta la cabecera municipal se dispone de los servicios de salud, consistentes en clínicas de la Secretaría de Salud, IMSS-SOLIDARIDAD y médicos particulares y consultorios rurales.

## Vivienda

Las construcciones de la localidad en su mayoría son de madera, le sigue las de adobe, y por último las de tabique, tabicón y otros materiales. Un porcentaje medio cuenta con los servicios básicos de agua, energía eléctrica y drenaje.

## Comunicaciones y Transportes

Esta situado a 4.5 kilómetros de la cabecera municipal, sobre la carretera pavimentada que una a Mineral de Angangueo con la carretera federal número 15 Morelia-Toluca. Cuenta con los servicios de la telefonía rural, correo, además de taxis, camiones urbanos y de carga.

## Servicios Públicos

El Paso cuenta con servicios de electricidad al 99.1 por ciento de cobertura, agua potable en un 95.6 por ciento de las viviendas y drenaje y alcantarillado con una cobertura del 100 por ciento, aunque aun no están conectadas todas las viviendas al servicio.

### c) Marco Económico.

#### Población Económicamente Activa.

La población económicamente activa de El Paso, representó, en 1990, el 27.26 por ciento del total de la población y se ubicó principalmente en el sector primario con el 35 por ciento. Los sectores terciario y secundario representaron el segundo y tercer lugar con el 23.9 y 34 por ciento respectivamente.

#### Actividades Económicas

**Agricultura:** Los principales cultivos por orden de importancia son, maíz, trigo, cebada y frijol.

**Ganadería:** Se cría principalmente ganado porcino.

**Explotación Forestal:** La superficie forestal maderable, es ocupada por encino, pino y oyamel; la no maderable, es ocupada por matorrales diversos.

**Industria:** La principal rama de la industria que se encuentra en la localidad esta relacionada con productos de madera.

**Comercio:** En la localidad se cuenta sólo con el comercio en pequeño.

**POBLACIÓN DE LAS LOCALIDADES QUE CONFORMAN LA ZONA DE ESTUDIO.**

POBLACIÓN	ESTADO	MUNICIPIO	HABITANTES SEGÚN CENSO GRAL. DE POBLACION			
			1960	1970	1980	1990
CD. HIDALGO	MICH.	HIDALGO	17,115	24,694	32,311	48,476
TUXPAN	MICH.	TUXPAN	3,580	4,488	4,784	6,819
MINERAL DE ANGANGUEO	MICH.	ANGANGUEO	5,019	3,668	1,044	4,579
OCAμπο	MICH.	OCAμπο	739	1,103	1,215	2,295
EL PASO	MICH.	OCAμπο	319	516	504	587

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda. INEGI

**POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA ZONA DE ESTUDIO.**

MUNICIPIO	ESTADO	HABITANTES SEGÚN CENSO GENERAL DE POBLACION			
		1960	1970	1980	1990
CIUDAD HIDALGO	MICH.	48,881	59,845	72,787	94,049
TUXPAN	MICH.	12,904	14,920	16,722	18,806
ANGANGUEO	MICH.	8,151	8,586	9,266	9,942
OCAμπο	MICH.	7,485	9,272	11,696	12,436

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda. INEGI

**POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA Y OCUPACIÓN POR SECTOR.**

POBLACION	HABITANTES	P. E. A.		POB. OCUPADA		SECTOR PRIMARIO		SECTOR SECUNDARIO		SECTOR TERCIARIO	
		HABITANTES	%	HABITANTES	%	No.	%	No.	%	No.	%
Ciudad Hidalgo	48,476	13,013	26.84	12,749	98.00	706	5.53	5,188	40.60	5,745	45.00
Tuxpan	6,819	1,946	28.54	1,905	97.90	662	34.70	257	13.40	879	46.10
Angangueo	4,579	1,904	21.93	942	93.80	79	8.38	382	40.50	457	48.50
Ocampo	2,295	618	26.93	609	98.50	77	12.40	245	40.20	207	33.90
El Paso	587	160	27.26	150	93.80	56	35.00	51	34.00	35	23.30

FUENTE: IX Censo General de Población y Vivienda, 1990. INEGI

**COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.**

POBLACION	ESTADO	POBLACION	VIVIENDAS		CON AGUA		CON DRENAJE		CON ELECTRICIDAD	
			No.	HAB./VIV.	No.	%	No.	%	No.	%
Ciudad Hidalgo	MICH.	48,476	8,443	5.74	7,112	84.20	7,075	83.70	7,968	93.10
Tuxpan	MICH.	6,819	1,343	5.08	1,224	91.10	1,226	91.20	1,264	94.10
Angangueo	MICH.	4,579	821	5.58	720	87.60	608	74.00	805	98.00
Ocampo	MICH.	2,295	411	5.58	317	77.10	276	67.10	382	92.90
El Paso	MICH.	587	115	5.10	110	95.60	16	13.90	114	99.10

FUENTE: IX Censo General de Población y Vivienda, 1990. INEGI

**RESUMEN DE ASPECTOS POR CONSIDERAR PARA ELEGIR EL TIPO DE TRATAMIENTO  
DE LOS DESECHOS LÍQUIDOS DE CADA CIUDAD.**

CIUDAD	TIPO DE AGUA	VOLUMEN DE DILUCIÓN	ÁREA	TOPOGRAFIA	ÁREA LODOS	ACCESOS	PERSONAL CAPACITADO	CARGA	DISTANCIA AL EMBALSE	POBLACION
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)
CD. HIDALGO	DOMESTICA	ALTO	GRANDE	LOMERIO	DISPONIBLE	BUENOS	SI	BUENA	45 km	69,608
TUXPAN	DOMESTICA	ALTO	MEDIA	PLANA	NO DISPONIBLE	BUENOS	SI	BAJA	25 km	8,980
ANGANGUEO	DOMESTICA	MEDIO	MEDIA	PLANA	DISPONIBLE	BUENOS	NO	BAJA	55 km	5,161
OCAMPO	DOMESTICA	ALTO	GRANDE	LOMERIO	DISPONIBLE	BUENOS	NO	MEDIA	42 km	3,352
EL PASO	DOMESTICA	MEDIO	GRANDE	PLANA	DISPONIBLE	BUENOS	NO	MEDIA	37 km	766

**RESUMEN DE PARÁMETROS POR CONSIDERAR EN EL DIMENSIONAMIENTO  
DEL PROYECTO DE DESECHOS LÍQUIDOS DE CADA CIUDAD.**

LOCALIDAD	POBLACION ACTUAL	POBLACION PROYECTO 2010	DOTACION	APORTACION	CAUDAL MÍNIMO	CAUDAL MEDIO	CAUDAL MÁXIMO	DBO INF.	DBO EFL.	TIPO DE TRATAMIENTO
	1995	2010	l/hab/d	l/hab/d	l/seg	l/seg	l/seg	mg/l	mg/l	
CD. HIDALGO	53,730	69,608	230	200	80.57	161.13	343.89	108	30	LODOS ACTIVADOS
TUXPAN	7,347	8,980	150	120	6.24	12.47	37.42	192	30	LAGUNA DE EST.
ANGANGUEO	4,718	5,161	150	120	3.59	7.17	23.18	72	30	LAGUNA DE EST.
OCAMPO	3,561	3,352	150	120	2.33	4.66	15.85	144	30	LAGUNA DE EST.
EL PASO	631	766	130	120	0.53	1.06	4.10	-	30	LAGUNA AEROBIA
SUMA	70,982	89,877			93.26	186.49	424.44			

## 1.2. PROYECCIONES DE POBLACIÓN

Para determinar la población de proyecto, de cada localidad, se aplicaron los métodos aritmético, geométrico por porcentaje y geométrico por incrementos medios, con base en los resultados de los Censos Generales de Población y Vivienda de los años 1960, 1970, 1980 y 1990, publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

El horizonte de proyecto, para obras de saneamiento, es de 15 años por lo que las proyecciones de población, se hicieron hasta el año 2010.

Con los resultados arrojados por cada uno de esos tres métodos, se obtuvo una proyección de población promedio, que es la que se considera para el desarrollo de la presente tesis.

La localidad de Anganguero Michoacán, arrojó incrementos de población negativos, debido a que las cifras estadísticas reflejan que en los años de 1970 y 1980 hubo una disminución en su población, incrementándose nuevamente para 1990. Por tanto para determinar las poblaciones de proyecto, de esta localidad con la tendencia de crecimiento que ya mostró en el último censo, se le aplicó la tasa de incremento medio anual, que con las cifras censales se obtuvo, para la población total de su municipio.

### Fórmulas Aplicadas para Proyecciones de Población

#### Método Aritmético.

$$P_p = P_u + \text{SUMA} \frac{A_p}{T}$$

Donde:

T = periodo de tiempo censal

A<sub>p</sub> = diferencias de población entre censos

P<sub>u</sub> = población censal o proyecto del último año

A<sub>p</sub> = P<sub>i</sub> - P<sub>i+1</sub>

P<sub>p</sub> = población proyectada



### Método Geométrico por Porcentaje.

$$P_p = \frac{P_u \cdot \sum A_p}{100 \cdot T}$$

Donde:

$$A_p = ((P_i/P_{i-1}) - 1)100$$

T = periodo de tiempo censal

A<sub>p</sub> = incremento porcentual

P<sub>u</sub> = población censal o proyectada del último año

P<sub>p</sub> = población proyectada

### Método Geométrico por Incrementos Medios.

$$P_p = 10^{\log(P_u + (\sum (\log P_i - \log P_{i-1}))/N)}$$

Donde:

N = número de periodos censales

P<sub>i</sub> = población censal o proyectada anterior

P<sub>i-1</sub> = población censal o proyectada anterior a la anterior

P<sub>u</sub> = población del último año

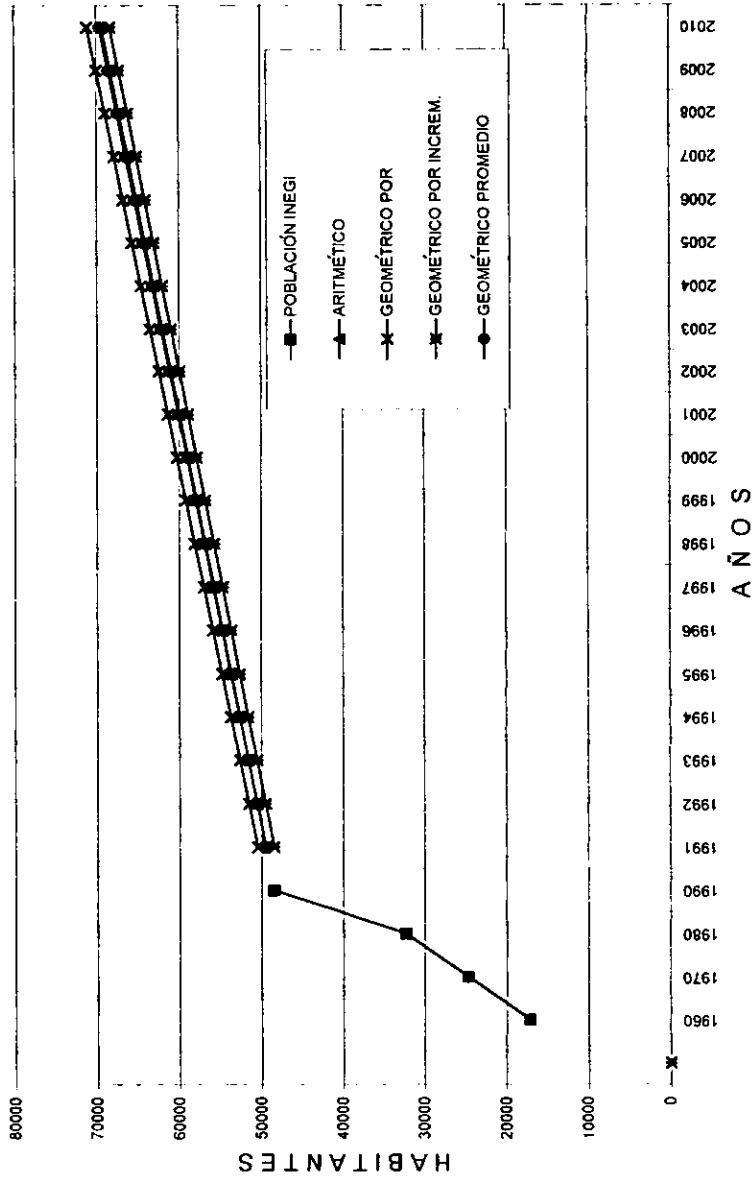
P<sub>p</sub> = población proyectada

**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
CIUDAD HIDALGO**

AÑO	POBLACIÓN INEGI	MÉTODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	17,155					
1970	24,694					
1980	32,311					
1990	48,476					
1991		49,520	50,493	48,476	49,496	2.10
1992		50,564	51,580	49,520	50,555	2.14
1993		51,608	52,668	50,564	51,613	2.09
1994		52,652	53,755	51,608	52,672	2.05
1995		53,696	54,843	52,652	53,730	2.01
1996		54,740	55,930	53,696	54,789	1.97
1997		55,784	57,018	54,740	55,847	1.93
1998		56,828	58,105	55,784	56,906	1.90
1999		57,872	59,193	56,828	57,964	1.86
2000		58,916	60,280	57,872	59,023	1.83
2001		59,960	61,368	58,916	60,082	1.79
2002		61,004	62,455	59,961	61,140	1.76
2003		62,048	63,543	61,005	62,199	1.73
2004		63,092	64,630	62,049	63,257	1.70
2005		64,136	65,718	63,093	64,316	1.67
2006		65,181	66,805	64,137	65,374	1.65
2007		66,225	67,893	65,181	66,433	1.62
2008		67,269	68,980	66,225	67,491	1.59
2009		68,313	70,067	67,269	68,550	1.57
2010		69,357	71,155	68,313	69,608	1.54

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990, INEGI

# PROYECCIONES DE POBLACIÓN CIUDAD HIDALGO

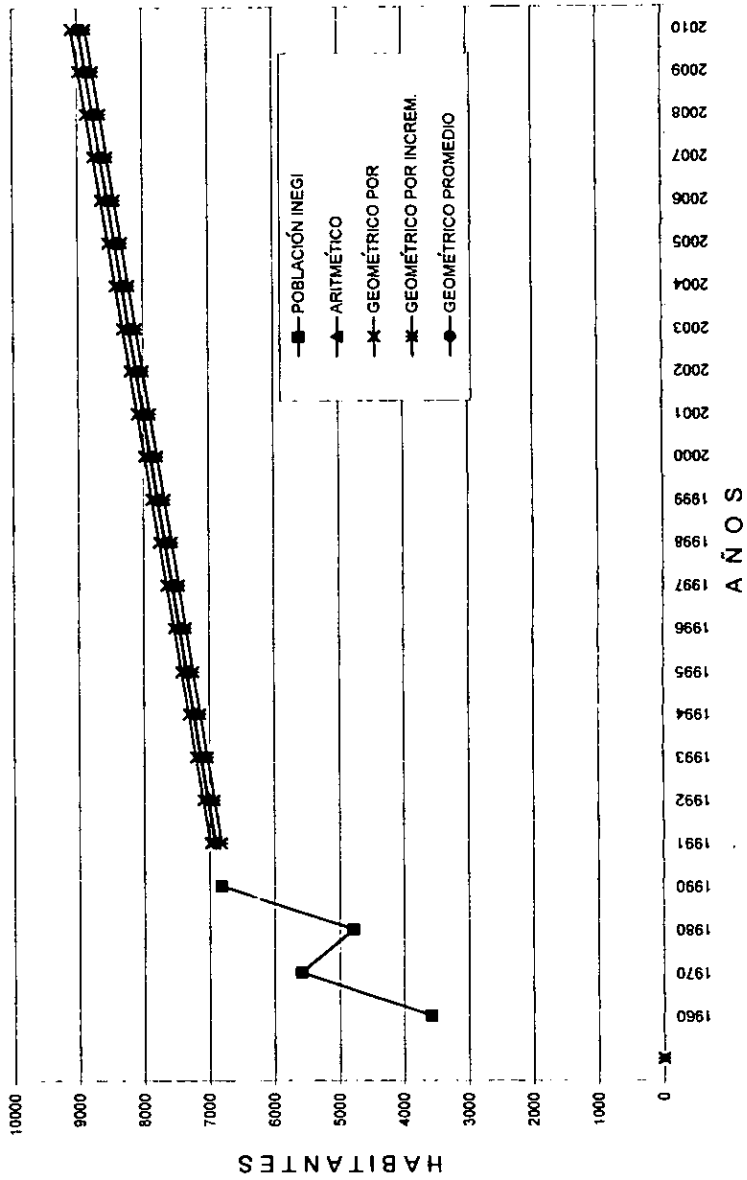


**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
TUXPAN**

AÑO	POBLACIÓN INEGI	MÉTODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. POR MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	3,580					
1970	5,588					
1980	4,784					
1990	6,819					
1991		6,927	6,988	6,819	6,911	1.36
1992		7,035	7,099	6,927	7,020	1.58
1993		7,143	7,210	7,035	7,129	1.55
1994		7,251	7,320	7,143	7,238	1.53
1995		7,359	7,431	7,251	7,347	1.50
1996		7,467	7,542	7,359	7,456	1.48
1997		7,575	7,652	7,467	7,565	1.46
1998		7,683	7,763	7,575	7,673	1.44
1999		7,791	7,874	7,683	7,782	1.42
2000		7,899	7,984	7,791	7,891	1.40
2001		8,007	8,095	7,899	8,000	1.38
2002		8,115	8,205	8,007	8,109	1.36
2003		8,223	8,316	8,115	8,218	1.34
2004		8,331	8,427	8,223	8,327	1.32
2005		8,438	8,537	8,331	8,436	1.31
2006		8,546	8,648	8,439	8,544	1.29
2007		8,654	8,759	8,547	8,653	1.27
2008		8,762	8,869	8,655	8,762	1.26
2009		8,870	8,980	8,762	8,871	1.24
2010		8,978	9,091	8,870	8,980	1.23

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990. INEGI

# PROYECCIONES DE POBLACIÓN TUXPAN



**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
MINERAL DE ANGANGUEO**

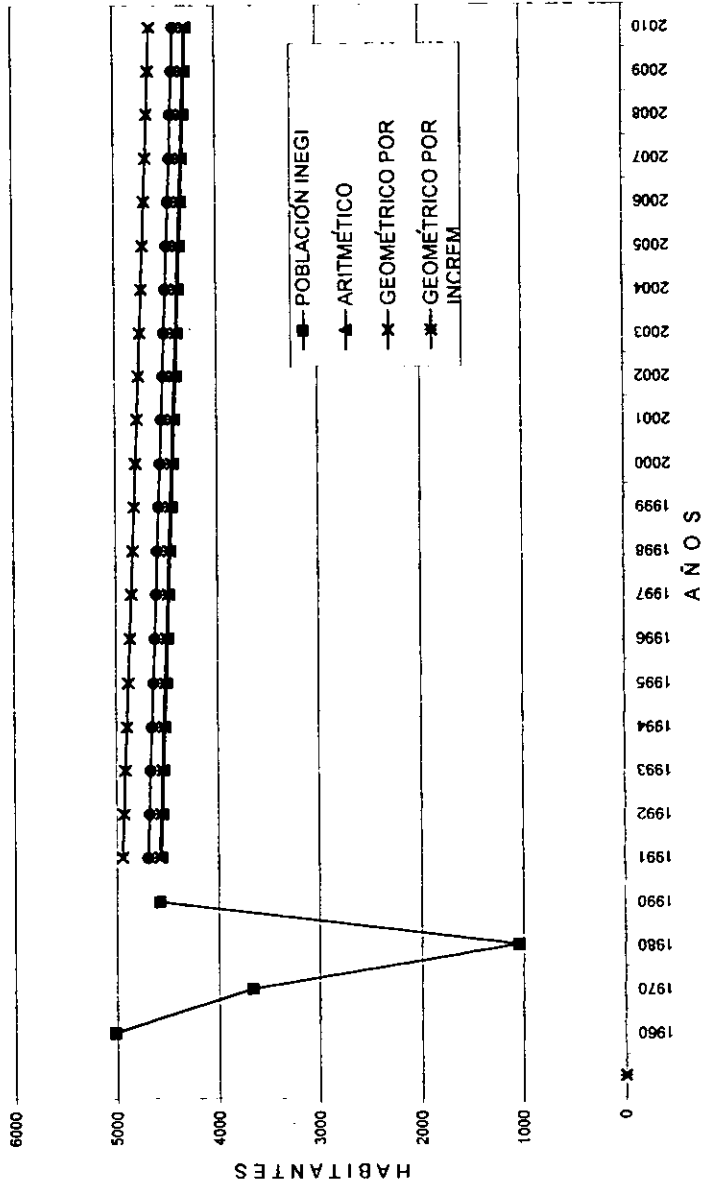
AÑO	POBLACIÓN INEGI	METODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	5,019					
1970	3,668					
1980	1,044					
1990	4,579					
1991		4,564	4,946	4,579	4,696	2.56
1992		4,550	4,930	4,564	4,681	-0.32
1993		4,535	4,914	4,550	4,666	-0.32
1994		4,520	4,898	4,535	4,651	-0.32
1995		4,506	4,882	4,520	4,636	-0.32
1996		4,491	4,866	4,506	4,621	-0.32
1997		4,476	4,850	4,491	4,606	-0.33
1998		4,462	4,835	4,476	4,591	-0.33
1999		4,447	4,819	4,462	4,576	-0.33
2000		4,432	4,803	4,447	4,561	-0.33
2001		4,418	4,787	4,432	4,546	-0.33
2002		4,403	4,771	4,418	4,531	-0.33
2003		4,388	4,755	4,403	4,516	-0.33
2004		4,374	4,740	4,388	4,501	-0.33
2005		4,359	4,724	4,374	4,485	-0.33
2006		4,344	4,708	4,359	4,470	-0.34
2007		4,330	4,692	4,344	4,455	-0.34
2008		4,315	4,676	4,330	4,440	-0.34
2009		4,300	4,660	4,315	4,425	-0.34
2010		4,286	4,645	4,300	4,410	-0.34

**FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990. INEGI**

Para tener un crecimiento positivo en la población de la localidad, se proyectarán las poblaciones con la tasa de crecimiento mayor, obtenida a nivel municipal, que resultó ser de 0.6% anual. Resultando por tanto que Mineral de Angangueo tendrá para:

el año de	1995	4718 habitantes
el año de	2000	4861 habitantes
el año de	2005	5009 habitantes
el año de	2010	5161 habitantes

# PROYECCIONES DE POBLACIÓN MINERAL DE ANGANGUEO



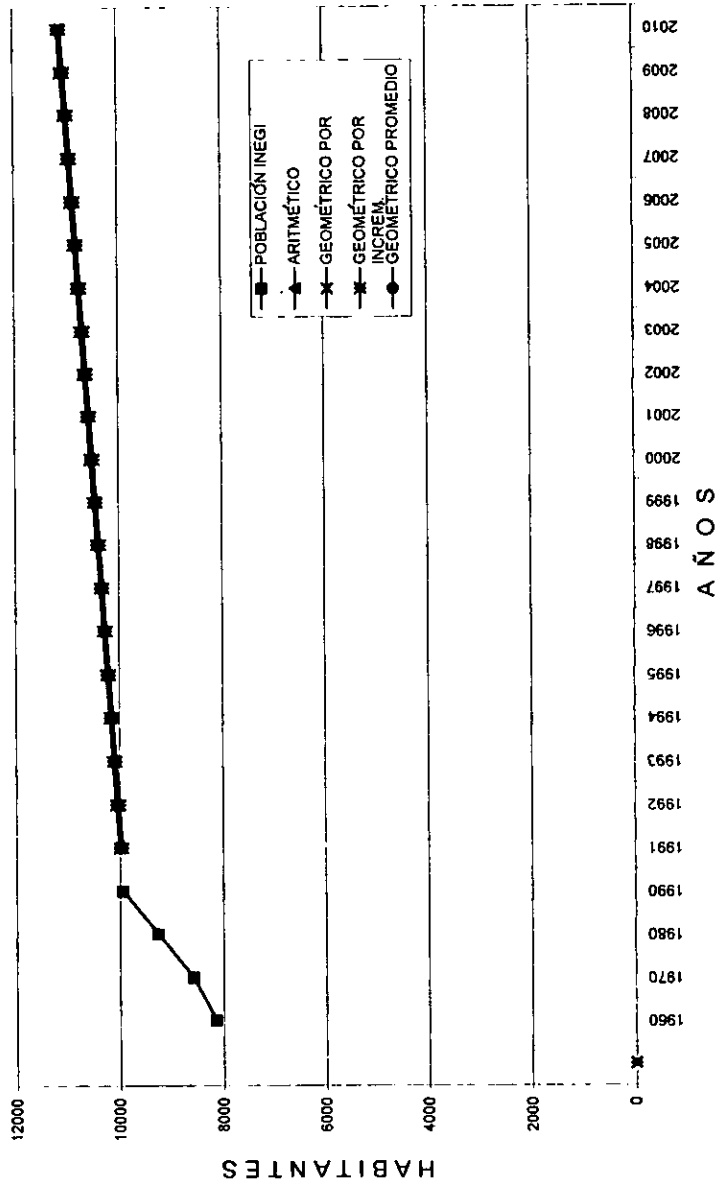
**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
MUNICIPIO DE ANGANGUEO**

AÑO	POBLACIÓN INEGI	MÉTODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. POR MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	8,151					
1970	8,586					
1980	9,266					
1990	9,942					
1991		10,002	10,010	9,942	9,985	0.43
1992		10,061	10,070	10,002	10,044	0.60
1993		10,121	10,130	10,061	10,104	0.60
1994		10,181	10,190	10,121	10,164	0.59
1995		10,241	10,251	10,181	10,224	0.59
1996		10,300	10,311	10,241	10,284	0.59
1997		10,360	10,371	10,300	10,344	0.58
1998		10,420	10,431	10,360	10,403	0.58
1999		10,479	10,491	10,420	10,463	0.58
2000		10,539	10,551	10,479	10,523	0.57
2001		10,599	10,611	10,539	10,583	0.57
2002		10,658	10,671	10,599	10,643	0.57
2003		10,718	10,731	10,658	10,703	0.56
2004		10,778	10,792	10,718	10,762	0.56
2005		10,838	10,852	10,778	10,822	0.56
2006		10,897	10,912	10,838	10,882	0.55
2007		10,957	10,972	10,897	10,942	0.55
2008		11,017	11,032	10,957	11,002	0.55
2009		11,076	11,092	11,017	11,062	0.54
2010		11,136	11,152	11,076	11,122	0.54

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990, INEGI



# PROYECCIONES DE POBLACIÓN MUNICIPIO DE ANGANGUEO

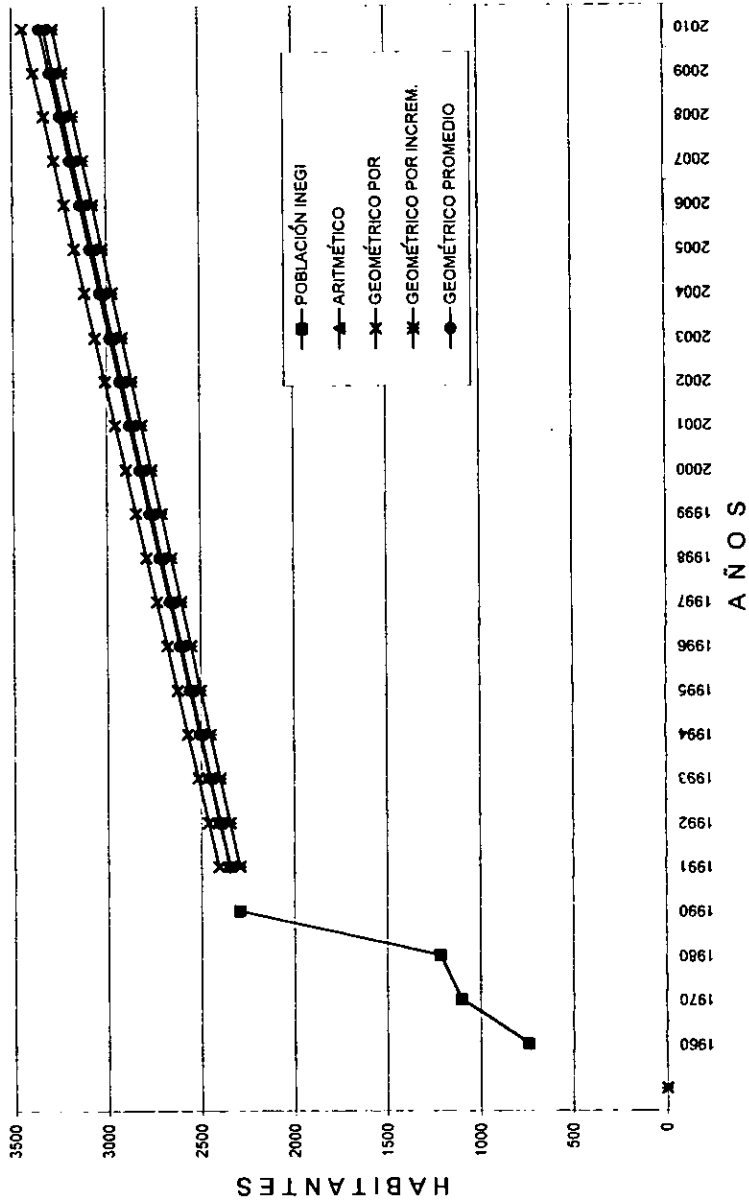


**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
OCAMPO**

AÑO	POBLACIÓN INEGI	MÉTODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. POR MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	739					
1970	1,103					
1980	1,215					
1990	2,295					
1991		2,347	2,408	2,295	2,350	2.40
1992		2,399	2,463	2,347	2,403	2.24
1993		2,451	2,517	2,399	2,456	2.19
1994		2,502	2,572	2,451	2,508	2.15
1995		2,554	2,626	2,503	2,561	2.10
1996		2,606	2,681	2,554	2,614	2.06
1997		2,658	2,735	2,606	2,666	2.02
1998		2,710	2,789	2,658	2,719	1.98
1999		2,762	2,844	2,710	2,772	1.94
2000		2,814	2,898	2,762	2,825	1.90
2001		2,866	2,953	2,814	2,877	1.87
2002		2,917	3,007	2,866	2,930	1.83
2003		2,969	3,062	2,918	2,983	1.80
2004		3,021	3,116	2,969	3,036	1.77
2005		3,073	3,170	3,021	3,088	1.74
2006		3,125	3,225	3,073	3,141	1.71
2007		3,177	3,279	3,125	3,194	1.68
2008		3,229	3,334	3,177	3,246	1.65
2009		3,280	3,388	3,229	3,299	1.62
2010		3,332	3,443	3,281	3,352	1.60

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990. INEGI

# PROYECCIONES DE POBLACIÓN OCAMPO

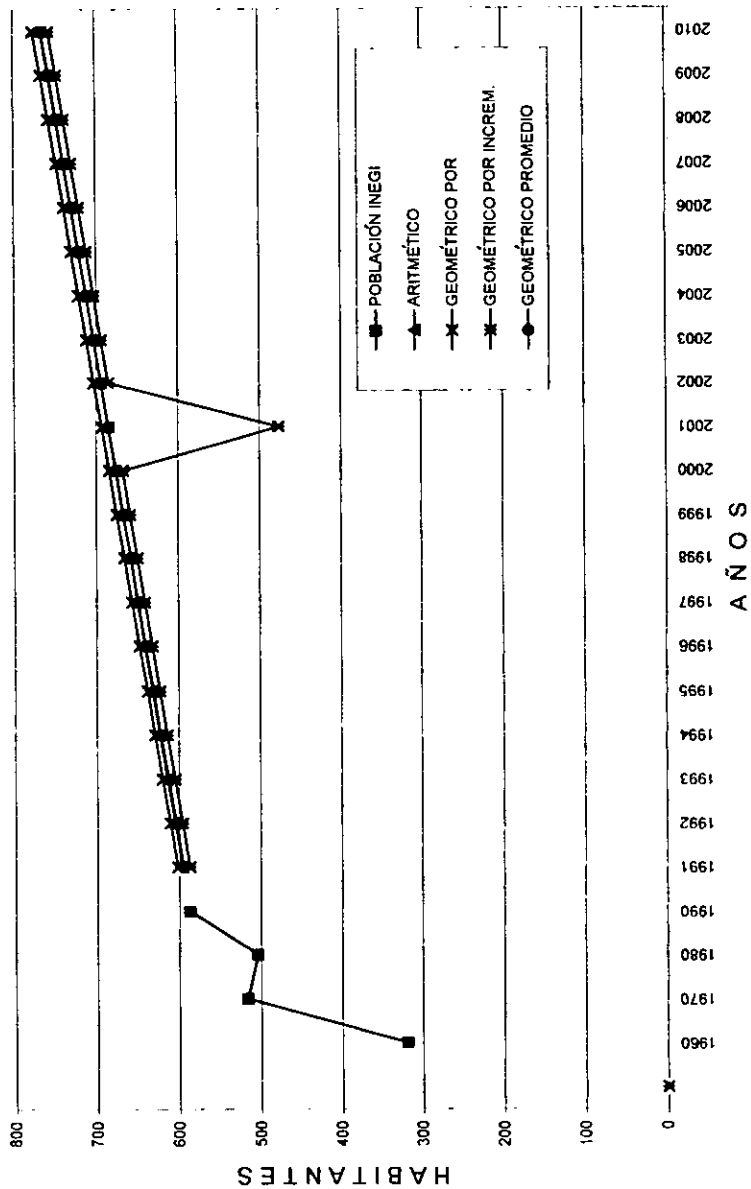


**PROYECCIONES DE POBLACIÓN CONSIDERANDO  
TODA LA INFORMACIÓN CENSAL  
EL PASO**

AÑO	POBLACIÓN INEGI	METODO				TASA DE CRECIM. PROM. %
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO POR PORCENTAJE	GEOMÉTRICO POR INCREM. POR MEDIOS TOTS.	PROMEDIO	
1960	319					
1970	516					
1980	504					
1990	587					
1991		596	602	587	595	1.36
1992		605	611	596	604	1.51
1993		614	620	605	613	1.49
1994		623	629	614	622	1.47
1995		632	638	623	631	1.45
1996		641	648	632	640	1.43
1997		650	657	641	649	1.41
1998		658	666	650	658	1.39
1999		667	675	659	667	1.37
2000		676	684	667	676	1.35
2001		685	693	476	685	1.33
2002		694	703	685	694	1.32
2003		703	712	694	703	1.30
2004		712	721	703	712	1.28
2005		721	730	712	721	1.27
2006		730	739	721	730	1.25
2007		739	748	730	739	1.23
2008		748	758	739	748	1.22
2009		757	767	748	757	1.20
2010		766	776	757	766	1.19

FUENTE: Censos Generales de Población y Vivienda, 1960, 1970, 1980, 1990. INEGI

# PROYECCIONES DE POBLACIÓN EL PASO



## **2. FUENTES DE CONTAMINACIÓN.**

### **2.1. IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINADORES.**

Para que una muestra de agua residual sea adecuada, debe satisfacer los siguientes requisitos básicos; representar con precisión el sitio en estudio y tener el volumen necesario para el análisis subsecuente en el laboratorio, ya que una muestra demasiado grande dificulta el traslado y eleva el costo. El método, lugar y tiempo de muestreo deben combinarse de tal manera que los resultados obtenidos cumplan con el propósito de conocer las características principales del sitio en cuestión.

Las muestras recopiladas se clasificarán en dos grupos; muestras simples y muestras compuestas. Las muestras simples se recogerán en forma horaria, las cuales consistirán en una sola porción de agua que servirá para una comprobación momentánea, y esta se utilizará para formar la muestra compuesta. Con el objeto de detectar variaciones de los parámetros, será necesario tomar varias muestras de este tipo.

Para evitar errores en la concentración de algunos parámetros como los sólidos suspendidos en las muestras compuestas, siempre se mantendrán perfectamente mezcladas las muestras simples (recopiladas cada cuatro horas) mientras se transfieren de un recipiente a otro.

**PROGRAMA DE MUESTREO  
CIUDAD HIDALGO**

FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	8:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	2	12:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	4	20:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	5	0:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	6	4:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	1	4:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 1
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	8:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	2	12:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	3	16:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	4	20:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	5	0:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	6	4:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	2	4:30	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 2
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	9:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	2	13:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	4	21:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	5	1:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	6	5:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	3	5:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 3

**PROGRAMA DE MUESTREO  
TUXPAN**

FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	8:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	2	12:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
10-OCT-95	4	20:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	5	0:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	6	4:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
11-OCT-95	1	4:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 1
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	8:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	2	12:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	3	16:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
10-OCT-95	4	20:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	5	0:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	6	4:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
11-OCT-95	2	4:30	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 2
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
10-OCT-95	1	9:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	2	13:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
10-OCT-95	4	21:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	5	1:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	6	5:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
11-OCT-95	3	5:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 3



**PROGRAMA DE MUESTREO  
ANGANGUEO**

FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
13-OCT-95	1	8:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	2	12:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	4	20:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	5	0:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	6	4:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	1	4:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 1
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
13-OCT-95	1	8:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	2	12:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	3	16:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	4	20:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	5	0:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	6	4:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	2	4:30	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 2
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
13-OCT-95	1	9:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
13-OCT-95	2	13:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
13-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
13-OCT-95	4	21:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
14-OCT-95	5	1:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
14-OCT-95	6	5:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 3
14-OCT-95	3	5:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 3

**PROGRAMA DE MUESTREO  
OCAMPO**

FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
13-OCT-95	1	8:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	2	12:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	3	16:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
13-OCT-95	4	20:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	5	0:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	6	4:00	SIMPLE	1000 ml	SITIO 1
14-OCT-95	1	4:00	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 1
FECHA	No.	HORA	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
13-OCT-95	1	8:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	2	12:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	3	16:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
13-OCT-95	4	20:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	5	0:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	6	4:30	SIMPLE	1000 ml	SITIO 2
14-OCT-95	2	4:30	COMPUESTA	6000 ml	ENVIAR AL LABORATORIO DE LA GAVM PARA ANÁLISIS SITIO 2

LA LOCALIDAD DE EL PASO, MUNICIPIO DE OCAMPO TIENE UN ALCANTARILLADO DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN, AL QUE AUN NO ESTAN CONECTADOS LOS USUARIOS POR LO QUE NO SE PUEDE MUESTREAR PARA ESTE SITIO.

TABLA 3.1.A.  
**RESULTADOS EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS DESCARGAS.**

CIUDAD HIDALGO 1.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	10-OCT-95	10:20	7.43	24.00	32	3.00
2	10-OCT-95	14:20	7.37	22.00	22	3.20
3	10-OCT-95	18:20	7.75	17.00	18	2.70
4	10-OCT-95	22:20	7.74	14.00	18	2.60
5	11-OCT-95	5:20	7.77	15.00	4	4.00
6	11-OCT-95	7:20	7.79	14.00	8	3.00

CIUDAD HIDALGO 2.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	10-OCT-95	10:30	7.32	23.00	32	5.10
2	10-OCT-95	14:30	7.25	21.00	22	3.30
3	10-OCT-95	18:30	7.77	16.00	18	4.20
4	10-OCT-95	22:30				
5	11-OCT-95	6:32	7.86	12.00	5	2.00
6	11-OCT-95	7:34	7.77	13.00	9	2.20

CIUDAD HIDALGO 3.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	10-OCT-95	10:40	7.36	24.50	32	5.60
2	10-OCT-95	11:40				
3	10-OCT-95	12:40				
4	10-OCT-95	13:40				
5	10-OCT-95	14:40	7.47	21.00	22	4.40
6	10-OCT-95	15:40				
7	10-OCT-95	16:40				
8	10-OCT-95	17:40				
9	10-OCT-95	18:40	7.80	19.00	17	4.40
10	10-OCT-95	22:40	7.80	19.00	14	3.20
11	11-OCT-95	5:40	7.71	15.00	10	4.20
12	11-OCT-95	6:40	7.78	15.00	9	4.00

MEDICIÓN DE FLUJO CADA DOS HORAS SIN DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO.  
 N.D. NO DETERMINADO POR CARENCIA DE FLUJO.  
 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN INTERVALOS DE 4 HORAS.

**TABLA 3.1.B.**  
**RESULTADOS EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS DESCARGAS.**

<b>TUXPAN 1.</b>						
<b>MUESTREO No.</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>PH</b>	<b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE</b>	<b>O2 DISUELTO</b>
1	10-OCT-95	11:00	7.11	22.00	30	1.50
2	10-OCT-95	15:00	7.05	22.00	27	1.40
3	10-OCT-95	19:00	7.02	20.00	19	1.80
4	10-OCT-95	23:00	7.02	22.00	16	2.40
5	11-OCT-95	3:00	6.96	21.00	14	2.00
6	11-OCT-95	7:00	7.08	21.00	10	2.30

<b>TUXPAN 2.</b>						
<b>MUESTREO No.</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>PH</b>	<b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE</b>	<b>O2 DISUELTO</b>
1	10-OCT-95	11:20	7.20	21.00	30	3.50
2	10-OCT-95	15:16	7.05	22.00	27	3.80
3	10-OCT-95	19:36	7.16	17.00	19	5.20
4	10-OCT-95	23:30	7.13	21.00	16	5.10
5	11-OCT-95	3:20	7.15	21.00	16	6.10
6	11-OCT-95	7:20	7.19	19.00	10	5.80

<b>TUXPAN 3.</b>						
<b>MUESTREO No.</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>PH</b>	<b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE</b>	<b>O2 DISUELTO</b>
1	10-OCT-95	11:50	7.09	16.00	30	6.70
2	10-OCT-95	15:24	7.02	17.00	27	6.60
3	10-OCT-95	19:24	7.02	17.00	19	6.50
4	10-OCT-95	11:44	7.15	16.00	16	6.40
5	11-OCT-95	3:30	7.12	15.00	16	6.50
6	11-OCT-95	7:35	7.19	15.00	10	6.80

MEDICIÓN DE FLUJO CADA DOS HORAS SIN DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE CAMPO.  
N.D. NO DETERMINADO POR CARENCIA DE FLUJO.  
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN INTERVALOS DE 4 HORAS.

TABLA 3.1.C.  
**RESULTADOS EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS DESCARGAS.**

ANGANGUEO 1.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	12-OCT-95	10:00	6.30	24.00	13	7.50
2	12-OCT-95	11:10				
3	12-OCT-95	12:17				
4	12-OCT-95	13:04				
5	12-OCT-95	14:09	6.15	24.00	29	6.20
6	12-OCT-95	14:58				
7	12-OCT-95	16:09				
8	12-OCT-95	17:10				
9	12-OCT-95	18:11	7.37	23.00	15	6.80

ANGANGUEO 2.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	12-OCT-95	10:30	7.85	13.00	19	7.00
2	12-OCT-95	11:40				
3	12-OCT-95	12:23				
4	12-OCT-95	13:26				
5	12-OCT-95	14:31	8.07	15.00	29	6.20
6	12-OCT-95	15:26				
7	12-OCT-95	16:30				
8	12-OCT-95	17:25				
9	12-OCT-95	18:38	8.52	13.00	11	6.60
10	12-OCT-95	19:40				
11	12-OCT-95	20:23				
12	12-OCT-95	21:32				
13	12-OCT-95	22:00	8.35	13.00	12	8.00
14	12-OCT-95	23:00				
15	12-OCT-95	0:00				
16	13-OCT-95	1:00				
17	13-OCT-95	2:00	8.27	11.00	10	7.60
18	13-OCT-95	3:00				
19	13-OCT-95	4:00				
20	13-OCT-95	5:00				
21	13-OCT-95	6:00	8.37	12.00	13	7.40

MEDICIÓN DE FLUJO CADA DOS HORAS SIN DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO.  
 N.D. NO DETERMINADO POR CARENCIA DE FLUJO.  
 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN INTERVALOS DE 4 HORAS.

TABLA 3.1.D.  
**RESULTADOS EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS DESCARGAS.**

ANGANGUEO 3.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	12-OCT-95	10:47	7.48	15.00	19	6.80
2	12-OCT-95	11:54				
3	12-OCT-95	12:37				
4	12-OCT-95	13:35				
5	12-OCT-95	14:45	8.06	15.00	29	5.40
6	12-OCT-95	15:44				
7	12-OCT-95	8:52				
8	12-OCT-95	17:40	8.57	15.00	11	6.00
9	12-OCT-95	18:40	8.57	15.00	11	6.60
10	12-OCT-95	19:38				
11	12 OCT-95	20:43				
12	12-OCT-95	21:38				
13	12-OCT-95	22:00	8.07	13.00	12	6.20
14	12-OCT-95	23:00				
15	12-OCT-95	0:00				
16	12-OCT-95	1:00				
17	12-OCT-95	2:00	8.17	11.00	10	7.80
18	12-OCT-95	3:00				
19	12-OCT-95	4:00				
20	12-OCT-95	5:00				
21	12-OCT-95	6:00	8.12	13.00	13	5.80

MEDICIÓN DE FLUJO CADA DOS HORAS SIN DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE CAMPO.  
 N.D. NO DETERMINADO POR CARENCIA DE FLUJO.  
 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN INTERVALOS DE 4 HORAS.

TABLA 3.1.E.  
RESULTADOS EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS DESCARGAS.

OCAMPO 1.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	12-OCT-95	10:30	6.95	23.00	19	5.88
2	12-OCT-95	11:30				
3	12-OCT-95	12:30				
4	12-OCT-95	13:30				
5	12-OCT-95	14:30	7	18.00	27	3.70
6	12-OCT-95	15:30				
7	12-OCT-95	16:30				
8	12-OCT-95	17:30				
9	12-OCT-95	18:30	6.97	18.00	13	4.20
10	12-OCT-95	19:30				
11	12-OCT-95	20:30				
12	12-OCT-95	21:30				
13	12-OCT-95	22:30	6.67	18.00	6	5.80
14	12-OCT-95	23:30				
15	13-OCT-95	0:30				
16	13-OCT-95	7:12				
17	13-OCT-95	2:30	6.64	13.00	4	4.40
18	13-OCT-95	3:30				
19	13-OCT-95	4:30				
20	13-OCT-95	5:30				
21	13-OCT-95	6:30	7.06	17.00	5	5.00
22	13-OCT-95	7:30				
23	13-OCT-95	8:30				
24	13-OCT-95	9:30				

OCAMPO 2.						
MUESTREO No.	FECHA	HORA	PH	TEMPERATURA DEL AGUA	TEMPERATURA AMBIENTE	O2 DISUELTO
1	12-OCT-95	10:45	6.40	18.00	19	4.20
2	12-OCT-95	11:45				
3	12-OCT-95	12:45				
4	12-OCT-95	13:45				
5	12-OCT-95	14:45	6.35	19.00	27	3.80
6	12-OCT-95	15:45				
7	12-OCT-95	16:45				
8	12-OCT-95	17:45				
9	12-OCT-95	18:45	6.56	18.00	13	5.50
10	12-OCT-95	22:45	6.39	17.00	6	5.80
11	13-OCT-95	2:45	6.47	18.00	4	5.80
12	13-OCT-95	6:45	6.77	18.00	5	7.50

MEDICIÓN DE FLUJO CADA DOS HORAS SIN DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO.  
 N.D. NO DETERMINADO POR CARENCIA DE FLUJO.  
 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN INTERVALOS DE 4 HORAS.

El programa de aforo y muestreo se diseña de tal manera que los resultados obtenidos muestren el perfil diario en cuestión del caudal, pH y temperatura y, general en materia de los demás parámetros fisicoquímicos monitoreados. Con esta metodología se procura absorber las variaciones diarias, en cuanto a calidad y cantidad del agua.

En general, cada campaña de aforo y muestreo se iniciará entre las 9:00 y las 8:00 horas de un día y terminará entre las 8:00 y las 9:00 horas del día siguiente debiendo anotarse la hora exacta en que se realizará la medición, ya que aunque no es importante que la lectura se efectúe exactamente cada cuatro horas, el no contar los minutos de atraso o adelanto puede llevar a errores durante la integración de la curva.

Asimismo, se instruirá al personal de muestreo para que anote cualquier fenómeno que ocurra durante las mediciones, tales como presencia de lluvia, naturaleza de desechos suspendidos, presencia de grasas o detergentes, color aparente, u otro que pudieran afectar tanto la toma de muestra como la tipificación Física Química-Bacteriológica del cuerpo receptor.

Aún cuando las actividades de aforo y muestreo se llevaron a cabo en forma simultánea, ambas se describirán separadamente con objeto de ser más explícitos.

La medición del flujo es un auxiliar necesario de las técnicas de muestreo, con esta medición se tuvo una idea preliminar más clara del caudal a tratar y consecuentemente del dimensionamiento de los procesos de tratamiento así como del perfil de generación de agua residual en las descargas principales, las que corresponden al afluente de la planta de tratamiento.

Para la determinación de los gastos en los sitios de monitoreo se utilizaron los métodos de flotadores, volumétricos, y de sección de control en canal.

El método de flotadores consiste básicamente en observar el tiempo en que un cuerpo (flotador), recorre una distancia conocida. En resumen, este método consiste en medir, por un lado, la velocidad media superficial en un tramo determinado mediante flotadores, y por otro lado la sección transversal del canal en el punto final del tramo donde se midió la velocidad.



En la actividad de muestreo y análisis de campo se efectuó el monitoreo y determinaciones físicas de campo de cada sitio de muestreo, el cual confluirá a la planta de tratamiento.

Las muestras simples de las aguas residuales fueron recopiladas en intervalos de 4 horas en cada jornada de monitoreo, capturando 800 ml de agua.

Parte de la muestra colectada (200 ml), se emplearon para los análisis en campo, y el volumen restante (600 ml), se utilizaron para la formación de las muestras compuestas del día. Los parámetros que se determinaron "in situ" fueron: temperatura del agua, temperatura ambiente, pH y oxígeno disuelto con equipo de campo.

Con el volumen restante de las muestras simples recolectadas previamente preservadas en hielo y, de acuerdo a los métodos aprobados por las normas oficiales Mexicanas (NOM), se almacenó para conformar las muestras compuestas de 24 horas para cada uno de los sitios monitoreados.

Las muestras compuestas se formaron con la suma proporcional de las muestras simples tomadas durante el día, cada cuatro horas de acuerdo al gasto puntual cuantificado en ese momento.

El procedimiento de conformación y preservación de la muestra compuesta en cada sitio fue el siguiente:

a) Se tomó una alícuota de 1 litro del agua residual en promedio, cada cuatro horas paralelamente a la medición del flujo durante 24 horas.

Un elemento de importancia fue la preservación de las muestras durante la jornada, para lograrlo se contó con dos recipientes permanentemente fríos en su interior con el fin de guardar las muestras inmediatamente que estas son colectadas. Los mismos recipientes sirvieron de contenedores para el envío de las muestras compuestas al final de la jornada. Con esto se aseguró que con el hielo que acompaña los frascos, se conservará una temperatura de las muestras menor o igual a 4°C.

Las técnicas de preservación de las muestras se efectuaron de acuerdo con lo establecido por los métodos estándar propuestos por American Water Works Association, American Pollution and Health Association y Water Pollution Control Federation (AWWA, APHA y WPCF); cuidando el empleo de recipientes adecuados para el transporte de las muestras.

b) En un envase de plástico, se guardó una muestra se cerró y se conservó con hielo a 4°C. Esta fue la muestra compuesta natural.

#### TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS RECOPIADAS EN LAS DESCARGAS.

PARAMETROS	MÉTODO DE PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO PARA ANÁLISIS
PH (CAMPO)	NINGUNO	INMEDIATO
TEMPERATURA (CAMPO)	NINGUNO	INMEDIATO
OXIGENO DISUELTO (CAMPO)	NINGUNO	INMEDIATO
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CAMPO)	NINGUNO	INMEDIATO
COLIFORMES TOTALES (N.M.P.)	FRÍO 4°C	8 HORAS
COLIFORMES FECALES (N.M.P.)	FRÍO 4°C	8 HORAS
PH	FRÍO 4°C	24 HORAS
GRASAS Y ACEITES	HC/PH<2	28 DÍAS
D.B.O. 5 TOTAL	FRÍO 4°C	24 HORAS
D.B.O. 5 SOLUBLE	FRÍO 4°C	24 HORAS
D.Q.O. TOTAL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PH<2	14 DÍAS
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	FRÍO 4°C	24 HORAS
NITRÓGENO AMONIAICAL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PH<2	7 DÍAS
NITRÓGENO ORGÁNICO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PH<2	7 DÍAS
NITRÓGENO TOTAL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PH<2	7 DÍAS
NITRITOS	FRÍO 4°C	INMEDIATO
NITRATOS	FRÍO 4°C	48 HORAS
FOSFATOS TOTALES	FRÍO 4°C	48 HORAS
CLORUROS	FRÍO 4°C	28 DÍAS
SULFATOS	FRÍO 4°C	28 DÍAS
SÓLIDOS EN SUS 9 FORMAS	FRÍO 4°C	48 HORAS
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	FRÍO 4°C	48 HORAS
SAAM	FRÍO 4°C	48 DÍAS

En la hielera de plástico, impermeable y aislada, se agregaron hielos rodeando las muestras y se llevó de inmediato al laboratorio de la GRAVM, asegurando que la caja fuera recibida el mismo día.

El transporte de las muestras fue con las precauciones necesarias para que no se produjeran derrames de líquidos ni rupturas de frascos en el traslado.

En este sentido se mantuvo una comunicación directa con el laboratorio para cuidar que la muestra fuera debidamente recibida sin retrasos y pérdidas, lo cual no ocurrió en ningún caso, cumpliendo con las recomendaciones relativas a los tiempos permitidos entre la recolección, señalados en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y en Standard Methods de la AWWA, APHA y WPCG.

Por último, se hizo la recomendación que las muestras de aquellos parámetros con poco tiempo de preservación, se analizaran de inmediato (DBO), dejando el resto de las determinaciones para el día posterior. Además, en el envío de muestras a laboratorio siempre se vigiló el mandar un excedente de cada uno de los recipientes, con la finalidad de tener un volumen disponible para posibles verificaciones (repetición de determinaciones).

TABLA 3.1.1.

RESUMEN DE PARÁMETROS PROMEDIO DE CALIDAD DEL AGUA  
TOMADOS EN CAMPO

DESCARGA	TEMPERATURA °C	pH	O <sub>2</sub> mg/l	CAUDAL l/s
1 CIUDAD HIDALGO L.	17.00	7.59	3.36	ND
2. CIUDAD HIDALGO R.	20.13	7.65	4.30	ND
3 CIUDAD HIDALGO S.	17.67	7.64	3.08	ND
4. TUXPAN 1.	21.33	7.04	1.90	ND
5. TUXPAN 2.	20.17	7.15	4.92	ND
6. TUXPAN 3 (RÍO)	16.00	7.10	6.58	ND
7. ANGANGUEO C.	16.17	8.15	6.29	17
8. ANGANGUEO B.	12.83	8.23	7.13	168
9. ANGANGUEO A (MINA)	23.67	6.61	6.83	224.95
10. OCAMPO 1.	17.83	6.88	4.81	2.15
11. OCAMPO 2.	18.00	6.49	5.43	ND

ND No determinado.

RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE LABORATORIO

TABLA 3.1.2.

DESCARGA	pH	pHs	Conductiv. id. eléctrica Mumbos/cm	DBO mg/l	DOO mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	SAAM mg/l	Alcalin CACOL3 mg/l	Dureza total mg/l	Grasas Aceites mg/l	Residuos filtr. mg/l	Residuos no filtr. mg/l	Residuos totales mg/l	
CUENCA DE LA PRESA TUXPAN																
1. CD HIDALGO L.	7.00	7.95	551.98	108.00	0.00	54.00	0.000	30.00	3.80	180.10	234.30	2.00	386.00	24.00	410.00	
2. CD HIDALGO R.	7.00	8.01	477.62	84.00	0.00	48.00	0.000	22.30	3.27	158.80	161.30	0.00	334.00	160.00	494.00	
3. CD HIDALGO S.	6.90	7.96	549.12	60.00	160.00	30.00	0.123	27.30	2.50	176.20	151.50	9.00	384.00	440.00	824.00	
4. TUXPAN 1	6.80	7.68	177.32	192.00	300.00	100.00	0.399	47.10	4.58	193.70	226.30	10.00	124.00	110.00	234.00	
5. TUXPAN 2	6.90	7.50	292.22	36.00	120.00	5.70	6.650	1.00	5.10	164.60	339.40	9.00	554.00	14.00	568.00	
6. TUXPAN 3 (RID)	7.30	8.35	328.90	60.00	0.00	0.30	0.665	0.40	0.57	67.70	153.50	0.00	230.00	22.00	252.00	
7. ANGUANGUERO C	7.10	7.70	494.78	36.00	0.00	12.00	1.729	0.80	2.75	123.90	234.30	0.00	346.00	8.00	354.00	
8. ANGUANGUERO B	7.00	8.75	240.24	72.00	280.00	15.00	0.000	2.20	2.50	32.30	64.60	0.00	168.00	12.00	180.00	
9. ANGUANGUERO A (MINA)	4.20	42.62	2350.92	36.00	0.00	30.00	0.000	0.30	1.40	0.00	945.50	NTD	1644.00	40.00	1684.00	
10. OCCAMPO 1	6.90	8.15	474.76	144.00	160.00	54.00	0.000	18.80	8.00	135.60	141.40	5.00	332.00	26.00	358.00	
11. OCCAMPO 2	6.80	8.38	400.40	48.00	0.00	9.00	4.987	0.70	2.75	64.90	137.40	1.00	280.00	2.00	282.00	
LIMITE PERMISIBLE / NORMA	6.90	6.90	1000.00	30.00					5.00			70 - 15		5.00		30.00

ND No determinado.

Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes para descargas residuales a sistemas de alcantarillado conforme a la norma NTC-CCA-031-91 y NTC-CCAT-026-91.

Residuos filtrables son los sedimentables.

Residuos no filtrables son los volátiles, y lo mínimo que requiere un reactor biológico de lodos activados es del orden de los 2000 a los 4000 mg/l.

**RESULTADOS DE AFOROS DE MUESTRAS DE LAS DESCARGAS.**

CIUDAD HIDALGO 1			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	10:20	ND
2	10-OCT-95		ND
3	10-OCT-95	14:20	ND
4	10-OCT-95		ND
5	10-OCT-95	18:20	ND
6	10-OCT-95		ND
7	10-OCT-95	22:20	ND
8	11-OCT-95		ND
9	11-OCT-95	5:20	ND
10	11-OCT-95		ND
11	11-OCT-95	7:20	ND
12	11-OCT-95		ND

CIUDAD HIDALGO 2			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	10:30	ND
2	10-OCT-95		ND
3	10-OCT-95	14:30	ND
4	10-OCT-95		ND
5	10-OCT-95	18:30	ND
6	10-OCT-95		ND
7	10-OCT-95	22:30	ND
8	11-OCT-95		ND
9	11-OCT-95	6:32	ND
10	11-OCT-95		ND
11	11-OCT-95	7:34	ND
12	11-OCT-95		ND

CIUDAD HIDALGO 3			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	10:40	ND
2	10-OCT-95	11:40	ND
3	10-OCT-95	12:40	ND
4	10-OCT-95	13:40	ND
5	10-OCT-95	14:40	ND
6	10-OCT-95	15:40	ND
7	10-OCT-95	16:40	ND
8	11-OCT-95	17:40	ND
9	11-OCT-95	18:40	ND
10	11-OCT-95	22:40	ND
11	11-OCT-95	5:40	ND
12	11-OCT-95	6:40	ND

ND NO DETERMINADO, NO SE PUEDE AFORAR.

**RESULTADOS DE AFOROS DE MUESTRAS DE LAS DESCARGAS.**

TUXPAN 1			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	11:00	ND
2	10-OCT-95		ND
3	10-OCT-95	15:00	ND
4	10-OCT-95		ND
5	10-OCT-95	19:00	ND
6	10-OCT-95		ND
7	10-OCT-95	22:00	ND
8	11-OCT-95		ND
9	11-OCT-95	3:00	ND
10	11-OCT-95		ND
11	11-OCT-95	7:00	ND
12	11-OCT-95		ND

TUXPAN 2			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	11:20	ND
2	10-OCT-95		ND
3	10-OCT-95	15:16	ND
4	10-OCT-95		ND
5	10-OCT-95	19:36	ND
6	10-OCT-95		ND
7	10-OCT-95	22:30	ND
8	11-OCT-95		ND
9	11-OCT-95	3:20	ND
10	11-OCT-95		ND
11	11-OCT-95	7:20	ND
12	11-OCT-95		ND

TUXPAN 3			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	10-OCT-95	11:50	ND
2	10-OCT-95		ND
3	10-OCT-95	15:24	ND
4	10-OCT-95		ND
5	10-OCT-95	19:24	ND
6	10-OCT-95		ND
7	10-OCT-95	22:44	ND
8	11-OCT-95		ND
9	11-OCT-95	3:30	ND
10	11-OCT-95		ND
11	11-OCT-95	7:35	ND
12	11-OCT-95		ND

ND NO DETERMINADO, NO SE PUEDE AFORAR.

RESULTADOS DE AFOROS DE MUESTRAS DE LAS DESCARGAS.

ANGANGUEO 1							
MUESTREO	FECHA	HORA	DIAMETRO	TIRANTE	DISTANCIA	TIEMPO	CAUDAL
No.			m	m	m	seg	l/s
1	12-OCT-95	10:00	0.80	0.37	3	5.51	161.16
2	12-OCT-95	11:10	0.80	0.39	3	3.92	238.77
3	12-OCT-95	12:17	0.80	0.37	3	4.36	210.42
4	12-OCT-95	13:04	0.80	0.37	3	4.22	210.42
5	12-OCT-95	14:09	0.80	0.39	3	4.57	204.81
6	12-OCT-95	14:58	0.80	0.42	3	4.31	233.87
7	12-OCT-95	16:09	0.80	0.43	3	7.70	219.57
8	12-OCT-95	17:10	0.80	0.45	3	3.91	276.21
9	12-OCT-95	18:11	0.80	0.45	3	4.01	269.32
10	12-OCT-95	19:00	0.80		3		ND
11	12-OCT-95	20:00	0.80		3		ND
12	13-OCT-95		0.80		3		ND

ANGANGUEO 2						
MUESTREO	FECHA	HORA	DISTANCIA	TIEMPO	CAUDAL	
No.			m	seg	l/s	
1	12-OCT-95	10:30	4.13	3.81	1.083	
2	12-OCT-95	11:40	2.45	1.45	1.689	
3	12-OCT-95	12:23	2.36	1.34	1.760	
4	12-OCT-95	13:26	2.18	1.19	1.832	
5	12-OCT-95	14:31	2.10	1.48	1.419	
6	12-OCT-95	15:26	2.00	0.87	2.298	
7	12-OCT-95	16:30	1.90	1.15	1.632	
8	12-OCT-95	17:25	2.00	1.16	1.724	
9	12-OCT-95	18:30	3.00	2.19	1.370	
10	12-OCT-95	19:40	1.00	1.10	0.909	
11	12-OCT-95	20:23	1.68	1.67	1.006	
12	12-OCT-95	21:32	2.15	1.30	1.644	
13	12-OCT-95	22:00	2.00	0.88	2.370	
14	12-OCT-95	23:00	3.00	2.32	1.290	
15	12-OCT-95	0:00	1.85	1.20	1.810	
16	13-OCT-95	1:00	2.10	1.33	1.570	
17	13-OCT-95	2:00	2.00	0.91	2.190	
18	13-OCT-95	3:00	1.90	0.73	2.600	
19	13-OCT-95	4:00	1.78	0.93	1.910	
20	13-OCT-95	5:00	1.99	0.89	2.230	
21	13-OCT-95	6:00	3.67	3.36	1.090	
22	13-OCT-95					ND
23	13-OCT-95					ND
24	13-OCT-95					ND

ND NO DETERMINADO, NO SE PUEDE AFORAR.

**RESULTADOS DE AFOROS DE MUESTRAS DE LAS DESCARGAS.**

ANGANGUEO 3							
MUESTREO	FECHA	HORA	BASE	TIRANTE	DISTANCIA	TIEMPO	CAUDAL
No.			m	m	m	seg	l/s
1	12-OCT-95	10:47	0.81	0.060	6.96	13.74	24.210
2	12-OCT-95	11:54	0.81	0.059	6.96	18.32	18.150
3	12-OCT-95	12:37	0.81	0.061	6.96	59.59	0.820
4	12-OCT-95	13:35	0.81	0.060	6.96	23.45	14.420
5	12-OCT-95	14:45	0.81	0.058	6.96	27.09	25.690
6	12-OCT-95	15:44	0.81	0.065	6.96	18.14	20.200
7	12-OCT-95	16:37	0.81	0.070	6.96	20.01	19.720
8	12-OCT-95	17:40	0.81	0.075	6.96	28.19	15.000
9	12-OCT-95	18:40	0.81	0.060	6.96	19.03	17.770
10	12-OCT-95	19:35	0.81	0.050	6.96	73.02	3.860
11	12-OCT-95	20:43	0.81	0.050	6.96	62.73	4.490
12	12-OCT-95	21:38	0.81	0.060	6.96	17.59	19.230
13	12-OCT-95	22:00	0.81	0.060	6.96	13.75	1.780
14	12-OCT-95	23:00	0.81	0.058	6.96	18.33	17.830
15	12-OCT-95	0:00	0.81	0.060	6.96	60.02	5.630
16	13-OCT-95	1:00	0.81	0.058	6.96	24.45	13.370
17	13-OCT-95	2:00	0.81	0.058	6.96	28.10	11.630
18	13-OCT-95	3:00	0.81	0.060	6.96	18.15	18.630
19	13-OCT-95	4:00	0.81	0.060	6.96	73.02	48.600
20	13-OCT-95	5:00	0.81	0.062	6.96	95.01	36.700
21	13-OCT-95	6:00	0.81	0.062	6.96	18.03	19.380
22	13-OCT-95						
23	13-OCT-95						
24	13-OCT-95						

ND NO DETERMINADO, NO SE PUEDE AFORAR.



RESULTADOS DE AFOROS DE MUESTRAS DE LAS DESCARGAS.

OCAMPO 1					
MUESTREO	FECHA	HORA	VOLUMEN	TIEMPO	CAUDAL
No.			ml	seg	l/s
1	12-OCT-95	10:30	3200	1.24	2.58
2	12-OCT-95	11:30	3500	0.68	5.14
3	12-OCT-95	12:30	3200	1.42	2.25
4	12-OCT-95	13:30	3100	0.86	3.60
5	12-OCT-95	14:30	3200	0.80	4.00
6	12-OCT-95	15:30	3200	1.22	2.62
7	12-OCT-95	16:30	2900	0.98	2.95
8	12-OCT-95	17:30	2900	0.84	3.45
9	12-OCT-95	18:30	2300	1.15	2.00
10	12-OCT-95	19:30	2500	1.62	1.54
11	12-OCT-95	20:30	2100	1.02	2.05
12	12-OCT-95	21:30	2200	1.32	1.66
13	12-OCT-95	22:30	2000	1.35	1.48
14	12-OCT-95	23:30	2100	1.51	1.39
15	13-OCT-95	0:30	2000	1.42	1.40
16	13-OCT-95	1:30	2100	1.38	1.52
17	13-OCT-95	2:30	2100	1.45	1.44
18	13-OCT-95	3:30	2000	1.23	1.62
19	13-OCT-95	4:30	2000	1.55	1.29
20	13-OCT-95	5:30	2000	1.58	1.26
21	13-OCT-95	6:30	2100	1.24	1.69
22	13-OCT-95	7:30	2200	1.40	1.57
23	13-OCT-95	8:30	2400	1.48	1.62
24	13-OCT-95	9:30	2500	1.63	1.53

OCAMPO 2			
MUESTREO	FECHA	HORA	CAUDAL
No.			l/s
1	12-OCT-95	10:45	ND
2	12-OCT-95	11:45	ND
3	12-OCT-95	12:45	ND
4	12-OCT-95	13:45	ND
5	12-OCT-95	14:45	ND
6	12-OCT-95	15:45	ND
7	12-OCT-95	16:45	ND
8	12-OCT-95	17:45	ND
9	12-OCT-95	18:45	ND
10	12-OCT-95	22:45	ND
11	13-OCT-95	2:45	ND
12	13-OCT-95	6:45	ND

ND NO DETERMINADO, NO SE PUEDE AFORAR.

## 2.2. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL.

### Análisis y Características de las Aguas Residuales.

Una vez que se entregaron las muestras en el laboratorio, se procedió a efectuar los análisis físicos y químicos correspondientes:

El laboratorio de análisis fué el de la GRAVM, ubicado en la ciudad de México, D.F., El ingeniero residente encargado de los muestreos vigiló constantemente la veracidad de los resultados mediante la revisión de las memorias de cálculo y registros que emitió el laboratorio.

#### a) Métodos de análisis.

Los métodos de análisis empleados fueron los que se encuentran referidos en la normatividad de CNA, que a su vez se apoyan en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que además coinciden con los incluidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, última edición.

#### Integración de los Resultados de Campo y Laboratorio.

Los datos obtenidos en campo (pH, temperatura y de Oxígeno disuelto) de las localidades de Cd. Hidalgo, Tuxpan, Anganguero y Ocampo procesados en las tablas 3.1.a, 3.1.b, 3.1.c, 3.1.d y 3.1.e, respectivamente, para el análisis mostrado en el apartado "3.1", donde se evalúan los resultados con los parámetros procesados y se tiene una idea más clara de la tendencia que tienen los valores de pH, temperatura y O<sub>2</sub>.

Por lo que respecta a los parámetros analizados en laboratorio, de tres muestras de Cd. Hidalgo, tres muestras de Tuxpan, tres muestras de Anganguero y dos muestras de Ocampo, proporcionan información valiosa con respecto a la calidad fisicoquímica prevaliente en cada descarga, no obstante, imposibilita el aplicar un análisis estadístico de cada muestra, por el límite de datos disponibles.

## Evaluación de Resultados Analíticos.

Se realizó una evaluación de resultados, de acuerdo a la caracterización de las aguas residuales de los sitios monitoreados y cuyos resultados son expresados en las tablas 3.1.1. y 3.1.2.. Dichos datos proporcionan una idea de la calidad físico-química de las aguas residuales que llegarán a cada una de las plantas, con lo cual se pueden enjuiciar los parámetros en cada uno de los sitios analizados.

De esta manera, en las tablas 3.1.1. y 3.1.2., para el uso de las normas de la CNA, se tiene que las descargas de aguas residuales de las ciudades en cuestión contribuyen categóricamente en forma nociva en la calidad del cuerpo receptor, pues su aporte de parámetros medidos sobrepasan los límites estipulados.

### Físicos.

*El pH*, potencial de hidrógeno observado en los análisis de campo y de laboratorio; de los tres sitios de Cd. Hidalgo, de las dos descargas de Tuxpan, de las dos descargas de Anganguero y de las dos descargas de Ocampo; no presenta variaciones significativas en el transcurso de los días que se muestreo, por su valor se puede considerar propicio para su descarga a los sistemas de alcantarillado (6.9; según la norma), y resulta óptimo para influente de un tratamiento con un proceso biológico (6.0 -8.0 : Ref. Ramalho). Es importante mantener los rangos de pH referidos pues de otra forma ocasionarían trastornos en la operación del proceso biológico que se aplique.

Las muestras; en el río Tuxpan, con un pH de 7.3 y de la salida de la mina de Anganguero, con un pH de 4.2; son las que presentan una variación más importante con respecto a la norma; sin embargo, como no son caudales por tratar, no afectan el tratamiento de cada ciudad, pero sí ratifican la conveniencia de no permitir que se mezclen.

*La Conductividad Eléctrica*, es una medida indirecta del contenido de sales en el agua. En los sitios de muestreo se detectaron diversos valores dentro y arriba de lo permisible por normas y criterios para los usos cuestionados.

Solo en el caso de la mina donde el índice de conductividad eléctrica llega a 2350.92 Momhos/cm, se rebasa los 1000 Momhos/cm que marca la norma.

Por último, si se toma en cuenta que dicho componente sufrirá un aumento en su concentración por efectos de evaporación en los tanques de aireación, entonces será necesario mantener una constante vigilancia de este parámetro para controlar su comportamiento y evitar en lo posible sobrepasar la norma correspondiente.

*La Temperatura*, en ocasiones no se considera un gran problema, a excepción de que a mayor temperatura es menor la solubilidad del oxígeno en el agua, el cual es necesario en procesos como el de lodos activados, lo que contribuye a la disminución de eficiencia en la remoción de materia orgánica del sistema. Asimismo, se tiene que a elevadas temperaturas existe un efecto de concentración de ciertos parámetros como son las sales, y que además se promueve la proliferación de bacteria en el agua. El valor medido en campo varió de los 14 a los 23.67°C.

#### Nutrientes.

Para llevar a cabo las distintas fases de degradación aeróbica de los compuestos contenidos en las aguas residuales, se requiere de una cantidad apropiada de nutrientes (nitrógeno, fósforo) y metales (calcio, magnesio) en cantidades pequeñísimas.

La mayoría de estos componentes se encuentran en las aguas residuales y dependiendo del origen de las mismas, es el contenido esperado de ellos. Así, se tiene que la relación mínima de nutrientes DBO:N:P para que los microorganismos lleven a cabo sus funciones metabólicas es de: 100:5:1. A continuación se enjuiciará de manera individual el resultado de cada uno de los nutrientes, para al final emitir en forma resumida el efecto de la relación entre ellos.

*La DQO*, presentó una concentración de hasta 300 mg/l. En tanto que la DBO llegó a 192 mg/l, la norma ecológica para el parámetro de DBO determina un nivel máximo permisible de 30 mg/l, por lo que este parámetro rebasa la norma. Además de que es necesario contemplar la relación de nutrientes (DBO<sub>5</sub>:N:P) antes mencionada, para obtener una calidad apropiada del agua en las lagunas y un porcentaje aceptable de remoción de la materia orgánica en el efluente del tratamiento biológico.

*El Nitrógeno Total y el Nitrógeno Amoniacal*, presentaron valores de las aguas sin tratar que varían de 0.133 mg/l a 6.65 mg/l. Estos parámetros no están sancionados por las normas citadas, pero se requiere un equilibrio de nutrientes para los microorganismos en los tanques de aireación para un buen funcionamiento del sistema biológico, el cual se cuestionará en párrafos siguientes.

El contenido de Fosfatos determinados en las descargas presentan valores de 0.3 a 47.10 mg/l, este parámetro tampoco se sanciona por las normas referidas, pero es necesario tener una capacidad apropiada para poder contar con la relación requerida de nutrientes.

#### Sólidos.

*Los Sólidos Suspendedos Totales*, presentaron concentraciones elevadas, de 180 mg/l a 824 mg/l, con respecto a la norma técnica 026 que permite 30 mg/l para descargas de restaurantes y hoteles a sistemas de alcantarillado.

*Los Sólidos Suspendedos Volátiles*, son un parámetro importante para la operación del tratamiento biológico, pues son una medida indirecta de la cantidad de microorganismos presentes. Lo mínimo que se requieren en el reactor biológico de lodos activados son del orden de 2,000 a 4,000 mg/l.

*Los Sólidos Sedimentables*, la norma, marca como máximo 5.0 mg/l para descargar a sistemas de alcantarillado. En nuestro caso se rebasa para todas las ciudades de la cuenca de la presa Tuxpan.

#### Grasas y Aceites.

*Las Grasas y Aceites*, están muy por debajo de la norma (15 mg/l) para descargas de restaurantes y hoteles de igual forma con respecto a la N.T.E., que sanciona descargas a sistemas de alcantarillado (70 mg/l).

Este parámetro no es removido por procesos biológicos, por lo que se puede eliminar por efecto mecánico (desnatador en el sedimentador) o utilizando con mayor efectividad un dispositivo de flotación.

## Detergentes.

*El contenido de S.A.A.M.*, en las descargas residuales se encuentra, en la mayoría de los casos dentro del límite permitido para descargas de aguas negras a sistemas de alcantarillado, que solo permite 5.0 mg/l. Solo para el caso de Tuxpan se rebasa ligeramente, llegando a 5.1 mg/l que no presenta mayor problema. Otro caso es el de Ocampo, que llega a 8.0 mg/l que tampoco es un índice tan grande que no pueda autodepurarse. No obstante, aún cuando en los procesos de tratamiento no se lleve a cabo una eficiente remoción de los detergentes, estos no representan efectos nocivos a la concentración determinada por el gran volumen de dilución que tendrán. El proceso de elección para controlar concentraciones excesivas de este parámetro es el de despumación.

## Bacteriológicos.

Los Coliformes Totales no fueron medidos, aunque el origen de las descargas residuales infiere una gran concentración de este parámetro. Este parámetro en el agua nos indica la presencia de organismos patógenos productores de enfermedades, necesitándose un proceso de desinfección para eliminar este problema. La norma de descarga a sistemas de alcantarillado solo permite 1000 NMP/100 ml.

## Resumen de Resultados de la Calidad del Agua.

La campaña de muestreo se realizó con la finalidad de obtener una idea aproximada del caudal manejado en las ciudades, así como de la concentración de cada uno de los parámetros de calidad monitoreados, con el objeto de conocer las características generales del agua residual que llegará a la planta de tratamiento.

No obstante, durante los trabajos de campo se pudo constatar que el caudal aforado no era representativo del volumen de agua esperado con respecto a estudios preliminares de población e instalaciones, debido al azolvamiento del drenaje, fugas del sistema hidráulico, combinación de agua de lluvia, falta de interconexión de colectores y otros factores.

Por tanto, para efectos del presente estudio se seleccionó el caudal teórico calculado con la aportación de la población existente por representar un dato más fundamentado.

Por otra parte, en la evaluación de resultados analíticos del agua, se pudo comprobar que las aguas residuales generadas por las ciudades denotan una clara influencia doméstica, con casi nulos rasgos clasificados como de origen industrial, como es el caso de presencia de grasas y aceites.

Además, se detectó que los parámetros críticos en dichas aguas son los relacionados a la materia orgánica (D.B.O.) cuyo valor permisible es de 30 mg/l; nutrientes (nitrógeno amoniacal y fosfatos) que ocasionan problemas de hiperfertilización en cuerpos receptores; pequeñas cantidades de SAAM y grasas.

Por tanto, existe una imperiosa necesidad de tratamiento de dichas aguas para revertir el daño que estén causando actualmente y cumplir a la vez con las disposiciones reglamentadas.

No obstante, los parámetros arriba mencionados son susceptibles de remover fácilmente con procesos biológicos como lagunas de estabilización, lodos activados, etcétera, modalidad que se seleccionará en función de varios factores entre los que se encuentran: eficiencia de remoción esperada, área y recursos financieros disponibles.

### **3. SANEAMIENTO DE LA CUENCA.**

#### **3.1. PROCESOS TENTATIVOS DE TRATAMIENTO.**

En todas las plantas de tratamiento que se contemplan en esta tesis se aplicará tratamiento preliminar. A continuación se describen las operaciones de que constará este tratamiento preliminar.

1. Tratamiento Preliminar y Medición de Flujo. Esta etapa tiene la finalidad de detener los sólidos voluminosos como: bolsas de plástico, papel, cartón, etc. con las rejillas metálicas; posteriormente, en el desarenador se removerán los sólidos sedimentables mayores de 0.21 mm, los que básicamente sean inorgánicos y capaces de sedimentarse en un minuto de tiempo de retención. La velocidad del agua en el desarenador es controlada por un vertedor proporcional que a su vez tiene la función de medir el caudal que entrará a la planta.

Cribado. Consiste en la eliminación, mediante rejillas, de sólidos flotantes o sedimentables cuyo tamaño sea mayor a 50 mm.

Desarenador. Consiste en la eliminación, de sólidos de densidad suficiente que puedan ser atrapados en un conducto de baja velocidad y así evitar su entrada al tanque de aireación, donde provocarían la formación de azolve.

Vertedor Proporcional. Para controlar la velocidad en el desarenador.



2. Cárcamo de Bombeo. El agua proveniente del canal en donde ya se encausó el total del caudal a tratar, pasa a un cárcamo de bombeo, en donde por la acción de las bombas se distribuye el agua a los módulos de tratamiento biológico.

Posteriormente al tratamiento preliminar se da el tratamiento primario y el secundario, que será diferente para cada ciudad. A continuación se describen las operaciones de que constarán los cuatro tipos de tratamiento aplicados.

3. Tratamiento Secundario. Esta constituido por módulos, que tienen la finalidad de remover la materia orgánica biodegradable (DBO). En cada módulo se efectuará aireación con ayuda de sopladores; para el caso de lodos activados suministrando aire mediante difusores distribuidos equidistantemente, con el fin de mantener en suspensión a los sólidos degradadores de materia orgánica y de proporcionarles el oxígeno necesario para las funciones metabólicas de los microorganismos.

#### Lodos Activados Convencional.

Convencional. El proceso de remoción de materia orgánica mediante aireación convencional, consiste en un tanque con aireación superficial. A este tanque entra el agua negra procedente del pretratamiento y una porción de lodos separados en el sedimentador secundario, para mantener la concentración de biomasa necesaria en este tanque. Aquí los microorganismos atacan la materia orgánica soluble para degradarla convirtiéndola en más microorganismos y en energía. Estos microorganismos son separados en el sedimentador secundario en forma de lodos.

4. Sedimentación Secundaria. De los módulos de aireación el agua pasa al sedimentador secundario en donde se precipitan los sólidos generados en la unidad anterior, produciéndose dos corrientes en dicho proceso. La primera, la del sobrenadante clarificado, pobre en concentración de sólidos suspendidos. La segunda, es la purga de lodos que contiene el concentrado de lodos separados en la unidad, los cuales llegan a un cárcamo de bombeo de lodos, de donde son enviados hacia el influente del reactor biológico, para mantener una concentración constante de SSV dentro del mismo. El excedente de lodos es dirigido a los lechos de secado, en donde son deshidratados.

**Sedimentador Secundario.** Aquí se separa el agua clarificada de los lodos para su purga y recirculación al tanque de aireación. El agua clarificada es enviada al proceso de desinfección.

**Lechos de Secado.** En estas unidades se deshidratan los lodos para que pasen de ser residuos acuosos a desechos sólidos y poder disponerlos en rellenos sanitarios.

**5. Desinfección.** El agua sedimentada es conducida al tanque de dosificación de cloro, en donde es suministrada una solución de hipoclorito de sodio. El tiempo de contacto será de un minuto. La dosis estará en un rango de 12 ppm y se inyectará con una bomba dosificadora que conducirá una solución de hipoclorito de sodio al 13% con la finalidad principal de remozar el agua de organismos patógenos (Coliformes Totales y Fecales).

**Desinfección.** En este proceso se adiciona cloro al agua para eliminar organismos patógenos.

**6. Distribución.** Finalmente el agua pasa al tanque de agua tratada, donde realmente tiene el contacto necesario con el cloro, con el cual se inactiva a los organismos patógenos que lleva consigo dicho efluente.

**Lagunas de Estabilización.**

Las lagunas de estabilización naturales para procesar aguas residuales municipales mediante procesos biológicos, se disponen en el terreno natural definidas por diques o bordos compactados con material producto de las excavaciones del propio terreno. Por los procesos biológicos que se generan en el interior de las lagunas se clasifican en:

- 1) Anaerobias, en donde el proceso es realizado por organismos que no requieren de luz solar para su desarrollo.
- 2) Aeróbicas, en donde el proceso es realizado por organismos que requieren de luz solar para su desarrollo.
- 3) Facultativas, en donde el proceso es realizado en el fondo por organismos anaerobios y en la superficie por organismos aeróbicos.

La forma geométrica más comúnmente empleada es la rectangular, con bordos compactados al 90% proctor.

Para interconectar lagunas en serie se usarán cajas de entrada y salida.

Las lagunas anaerobias se utilizarán como dispositivos de tratamiento previo, implementándose en serie con laguna facultativa.

Los parámetros para diseño serán los siguientes.

CONCEPTO	TIPO DE LAGUNA		
	ANAEROBIA	AERÓBICA	FACULTATIVA
Carga superficial de Depuración (kg/ha/día)	450 a 1500	60 a 100	80 a 300
Tiempo de retención (días)	2 a 5	15	7 a 21
Tirante (m)	2.5 a 4.5	0.9 a 1.1	1.5 a 1.8

#### Tanque Imhoff.

Este proceso consiste en un sedimentador tipo Imhoff en el que los sólidos que se sedimentan, se deslizan hacia abajo sobre el falso fondo fuertemente inclinado en forma de canal, del compartimento de sedimentación y caen a través de las ranuras al compartimento subyacente de digestión.

La pendiente del falso fondo es generalmente > 1.2 vertical: 1 horizontal. Las ranuras se traslapan aproximadamente 10" (25.4 cm), o se dotan en alguna otra forma de trampas para evitar que los gases ó sólidos asciendan al comportamiento de sedimentación.

Para nivelar los sólidos dentro de los compartimentos de digestión de los tanques largos, se invierten de tiempo en tiempo. El flujo de aguas residuales a través del compartimento se controla mediante muros transversales para permitir el desplazamiento longitudinal de las acumulaciones de lodos, éstas paredes se encuentran ranuradas en el fondo.

En los tanques de anchura considerable, dos o más compartimentos de sedimentación mantienen razonablemente pequeña la profundidad del tanque.

Este tipo de tratamiento requiere de extracción de lodos cuando menos cada dos años y opcionalmente una desinfección basándose en cloración.

### Fosa Séptica.

La filosofía de tratamiento a aplicar con las aguas residuales que llegarán a las fosas sépticas se seleccionó en función de que el caudal a tratar es pequeño, así como a que las características de calidad del agua residual son de origen doméstico.

En cuanto al caudal se refiere, este fue determinado mediante la aportación teórica estimada por la población.

Por lo que respecta al sistema de tratamiento seleccionado se tiene que al igual que en los tanques Imhoff, las fosas sépticas permiten tanto la sedimentación como la digestión del material del agua residual.

Los sólidos contenidos en el agua residual se sedimentan y forman una capa de lodos en el fondo del tanque. La grasa y otros materiales ligeros, flotan en la superficie formando una nata.

El material orgánico retenido en el fondo del tanque, sufre una descomposición anaerobia y es convertido a compuestos más estables, así como gases tales como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), apareciendo olores de dicho gas, por lo que se prevé un venteo en el sistema.

Dado que existe una apreciable acumulación de material en el fondo del tanque debe ser bombeado periódicamente para restablecer el volumen útil del tanque.

Generalmente, los lodos generadores en la fosa séptica son enviados a trincheras angostas poco profundas (0.6- 1.5 m) que contienen un lecho poroso (grava), en cuanto al efluente sobrenadante de la fosa séptica, se encausará hacia el sistema de drenaje natural.

Cabe mencionar que la fosa séptica abate un 70% del parámetro de carga orgánica (D.Q.O y D.B.O.) y al tratarse principalmente de aguas domésticas, estas podrán ser vertidas a los cauces naturales que por el fenómeno de depuración y aireación abatirá el 30% de carga orgánica restante.

#### Planta de Tratamiento Compacta Modular de Película Fija (Bio-Reel).

Los reactores de película fija se caracterizan por su simplicidad de operación y seguridad en su funcionamiento.

El sistema Bio-Reel, es un sistema dinámico de película fija (debido al paso forzoso del agua residual a través del área de contacto), que puede ser aplicado para la remoción combinada o separada de DBO y amoníaco.

Las aguas residuales domésticas y las aguas residuales con incidencia industrial dentro de los parámetros adecuados, son el medio ambiente ideal para el sistema BioReel, que trata las aguas efectivas y económicamente.

El Bio-Reel es un reactor de película fija que se encarga de desarrollar microorganismos para combatir los contaminantes contenidos en el agua; está formado por un gran número de espirales tubulares corrugados, los cuales se localizan concéntricamente unas a otras y enrolladas en la misma dirección y en un carrete giratorio. El carrete, esta sumergido en el reactor del agua residual y solo una parte de la espiral emerge sobre la línea de agua.

Durante la rotación, en sentido opuesto a la dirección en que esta enrollada, la parte emergente de cada tubo capta el aire, que durante la rotación queda atrapado en la parte superior de las mangueras como una burbuja. La inercia impuesta en la burbuja de aire por la fuerza flotante, en la parte superior de la región central del carrete, mueve la burbuja de aire hacia adelante y hacia abajo hasta llegar el centro del carrete durante la rotación continua. Al llegar a la última espiral, la más interna del carrete, las burbujas de aire emergen y suben por la parte exterior de las mangueras.

El líquido contenido en el tubo, es desplazado por la burbuja de aire, creando un flujo continuo de agua residual a través de la espiral tubular. Los nutrientes son transferidos hacia la biomasa adherida a las paredes del tubo para la reducción de  $DBO_5$  y para la nitrificación del agua amoniacal ( $NH_3-N$ ).

## Perfil Hidráulico.

Tomando como base el levantamiento topográfico, se procede a calcular los niveles de agua en cada unidad, considerando su profundidad.

El perfil hidráulico tiene como objeto el nivel y la trayectoria que sigue el agua a través de los procesos, y tiene como punto de referencia el nivel de plantilla del emisor que descarga a la planta.

Para los cálculos se utiliza la fórmula de Manning y los resultados se plasman en el plano correspondiente.

En este apartado se definen los criterios para el cálculo del diámetro de las líneas de interconexión.

Para el bombeo, el diámetro de la descarga y de la succión se aplica la fórmula de Bresse; ajustando al diámetro comercial inmediatamente superior:

$$D = K Q^{1/2}$$

$$K = 0.7 \text{ a } 1.6$$

$$Q = \text{Caudal en m}^3/\text{s}$$

Seguidamente, el cálculo de la potencia con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\gamma Q H}{75 \eta}$$

$$\gamma = \text{Peso específico ( kg/m}^3\text{)}$$

$$H = \text{Carga de bombeo (m)}$$

$$\eta = \text{Eficiencia de la bomba (0.7)}$$

Para el caso de las interconexiones entre unidades, el cálculo de los diámetros de tubería se realizó aplicando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{S^{1/2} R^{2/3}}{n}$$

- V = Velocidad del fluido ( Q/A)(m/s)
- n = Coeficiente de fricción
- S = Pendiente hidráulica
- R = Radio hidráulico (D/4)
- D = Diámetro del tubo (m)
- A = Area interior del tubo (m<sup>2</sup>)

#### Anteproyecto de Desechos Líquidos.

Una vez que se tiene el levantamiento topográfico del terreno seleccionado se procede a realizar el acomodo de las diferentes unidades de proceso, en la superficie que se tenga disponible. Así mismo, en función del tipo de tratamiento y del acomodo que permita la conformación topográfica, se hace el balance de masas.

A continuación se describe el arreglo general y el balance de masas de cada ciudad:

#### Cd. Hidalgo, Mich.

En el plano-4, se presenta el arreglo general y la ubicación de la planta de lodos activados con aireación convencional para Cd. Hidalgo, que es la segunda ciudad en importancia, por el número de habitantes y por la carga de contaminantes que aporta a las corrientes superficiales.

En el plano pueden verse, además del arreglo general de las unidades, la ubicación de edificios y áreas de tránsito, para la planta de tratamiento de Cd. Hidalgo. En el arreglo se buscó la funcionalidad de la planta, teniendo acceso vehicular a cada unidad, cárcamo de bombeo, reactor, lechos de secado, etc., así mismo deberá existir área para jardín y banquetas.

También se presenta la tabla con el balance de masas de los elementos que interactúan en el trayecto del agua en su paso por las unidades de la planta de tratamiento de Cd. Hidalgo, considerando la remoción de los parámetros en los procesos y los factores de recirculación de lodos.

El balance de masas es fundamental para el diseño de un sistema de tratamiento, pues de esta forma se tiene noción general del volumen de agua, cruda y tratada, concentración de parámetros, productos químicos adicionales (cloro) y residuos (lodos) esperados.

Tomando como referencia un diagrama de flujo similar al del plano-2, se calculó el volumen de agua que pasará por cada unidad.

Habrá que considerar que esta planta será modulada en tres partes de 55 l/s, debiéndose construir en primera instancia dos módulos para tratar las aguas negras producidas actualmente.

Para el sedimentador secundario, el balance hidráulico estará regido por la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_e - Q_{rec} - Q_p$$

- $Q_s$  = Caudal de salida
- $Q_e$  = Caudal de entrada
- $Q_{rec}$  = Caudal de recirculación
- $Q_p$  = Caudal de purga

El caudal influente al reactor se calculó con la siguiente ecuación:

$$Q_{reactor} = Q_1 + Q_1 f_r$$

- $Q_1$  = Caudal influente a la planta.
- $f_r$  = Factor de recirculación, va del 20 al 30% del caudal influente.



El caudal de purga será un porcentaje que estará en función del volumen contenido en el sedimentador.

En cuanto a la concentración de contaminantes esperando en cada unidad, se determinó con base en los porcentajes de remoción teóricos de cada proceso principal. En las unidades intermedias se calculó con base en los balances como el expresado a continuación:

$$C_{\text{reactor}} = \left( \frac{(C_{\text{aguacruda}} * Q_{\text{aguacruda}}) + (C_{\text{recirc.}} * Q_{\text{recirc.}})}{Q_{\text{reactor}}} \right)$$

En donde:

C = Concentración de un determinado parámetro, mg/l y kg/día.

Q = Caudal del proceso indicado, l/s y m<sup>3</sup>/día.

$$C \times Q = \text{masa} / \text{tiempo}$$

En donde:

C = Concentración, mg/l.

Q = Caudal, l/s.

En el plano-4, se presentan el perfil hidráulico y el balance de masas.

Tuxpan, Mich.

En el plano-5 se presenta el anteproyecto de tratamiento para la ciudad de Tuxpan, Mich., que será a base de lagunas de estabilización. Aquí puede observarse el arreglo general, así como el bombeo a la entrada de las lagunas y a partir de un diagrama de flujo como el que se presenta en el plano-3 se concibe el funcionamiento. En esta planta se tratará un caudal de 12.47 l/s.

El Paso, Mich.

En el plano-8 se presenta el anteproyecto de tratamiento así como el anteproyecto de bombeo que se requiere para la localidad de El Paso, Michoacán, que será a base de una laguna aeróbica. En el plano de anteproyecto de tratamiento puede observarse el arreglo general, y a partir del diagrama de flujo como el que se presenta en el plano-3 se concibe el funcionamiento. En esta planta se tratarán 1.60 l/s.

Ocampo, Mich.

En el plano-6 se presenta el anteproyecto de tratamiento así como el anteproyecto de bombeo que se requiere para la localidad de Ocampo, Mich., el tratamiento será a base de lagunas de estabilización.

En el plano de anteproyecto de tratamiento, puede observarse el arreglo general, y a partir del diagrama de flujo como el que se presenta en el plano-3 se concibe el funcionamiento de la planta, misma que tendrá una capacidad de tratamiento de 4.66 l/s.

### 3.2. CRITERIOS DE ELECCIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO.

De acuerdo a la problemática de calidad del agua que presentan los efluentes de las localidades en estudio, se puede decir que tienen un común denominador, que es el nivel de contaminación prevaleciente, siendo este de características domésticas, con un gran contenido de desechos orgánicos, que son biodegradables y por lo tanto pueden tratarse con cualquiera de los siguientes procesos:

- Lodos activados convencionales
- Filtros rociadores
- Biodiscos
- Aireación extendida
- Lagunas de estabilización

Por las características del sitio de tratamiento y por la ubicación de la localidad con respecto al vaso de almacenamiento, así como por el tamaño de la población, en muchos casos, se recurrirá a procesos de menor capacidad de remoción, como es el tratamiento preliminar y tratamiento primario con sedimentación y cloración.

A continuación se hace una comparación de los procesos biológicos que se presentan:

Lodos Activados Convencional.

Su producción de lodos es similar a la de aireación extendida, pero estos lodos requieren de una digestión previa a su disposición en lodos activados.

El consumo energético es similar al de aireación extendida.

Este proceso tiene la desventaja de requerir de la instalación de un sedimentador primario. Para visualizar mejor el proceso ver plano-2.

Otro inconveniente es que no se tiene versatilidad para soportar variaciones en cantidad y calidad del flujo de entrada por lo que es recomendable para localidades con un caudal muy alto.

Como este proceso requiere de un mayor número de unidades de tratamiento, su operación, mantenimiento y control dan como resultado un incremento en complejidad y costo.

Filtros Rociadores.

Se requiere de una inversión alta, además de un mantenimiento y vigilancia constantes y especializados.

Este proceso produce olores desagradables con frecuencia, además de propiciar la formación de insectos.

Por otra parte, los repuestos mecánicos y los empaques de las columnas son difíciles de conseguir, sin embargo se pueden tener en inventarios, lo que incrementa la inversión inicial.

El consumo de energía es equiparable al de los lodos activados.

Biodiscos.

Se requiere de una inversión muy alta, además de un mantenimiento constante y especializado.

Las partes de repuesto de empaques son difíciles de conseguir, y de mantenerse en inventario incrementaría la inversión inicial.

El consumo de potencia es menor al de aireación extendida.

#### Aireación Extendida.

Consiste en un tanque de aireación con aireadores superficiales, con mayor tiempo de retención que en el proceso de lodos activados convencional, lo que permite tener una mayor flexibilidad para absorber variaciones de gasto y calidad de agua. En contraparte el tanque de aireación resulta de mayor tamaño que el de lodos activados convencional.

En este proceso no requiere sedimentador secundario ni digestor de lodos, dado que la digestión se presenta en el tanque de aireación, por su tiempo de retención más largo; aproximadamente se tiene el doble tiempo de retención que en lodos activados.

#### Lagunas de Estabilización.

Con relación a otros sistemas, son una buena alternativa para remover patógenos (bacteria y protozoarios que pueden causar enfermedades a los humanos) y helminto (gusanos que se desarrollan en los intestinos). En este proceso de tratamiento no es necesario adicionar cloro al efluente para su desinfección, lo que lo hace más atractivo por la reducción de costos generados por la cloración. Además las lagunas no necesitan partes mecánicas, reflejándose en los costos de adquisición, operación y mantenimiento.

La desventaja principal de estos sistemas es el requerimiento de terreno, que es mucho más grande que el utilizado en otros sistemas. Ver diagrama de flujo del plano-3.

#### Tanque Imhoff.

Este tratamiento es a un nivel primario, consistiendo en un pretratamiento y en un proceso de sedimentación y digestión de lodos en el tanque Imhoff. Se propondrá clorar el efluente, con el fin de ayudar a que comience un proceso de purificación en el cuerpo receptor que habrá de recorrer hasta llegar al embalse donde será almacenado.

### Planta de Tratamiento Compacta.

En el mercado existen diferentes plantas de tratamiento para aguas residuales, cuyo proceso puede ser físico-químico o biológico. Para el tipo de descarga que se tendrá es recomendable un proceso biológico, debido a que los costos de inversión, así como de operación y mantenimiento, son los más bajos.

Para este caso particular se analizarán y evaluarán tres tipos de plantas paquete, con base en procesos biológicos.

A continuación se presenta la descripción de las plantas paquete, o compactas.

### Planta de Tratamiento Modular con Aireación Extendida.

El proceso de tratamiento es el denominado "Lodos activados en su modalidad de aireación extendida con régimen completamente mezclado". Este proceso se utiliza para tratar aguas residuales que contienen una gran cantidad de materia orgánica biodegradable, la cual puede ser oxidada en altas proporciones, utilizando bacteria en presencia de oxígeno. Las aguas residuales domésticas y sanitarias pueden tratarse eficientemente con este proceso.

La modalidad de "aireación extendida" produce efluentes de alta calidad, permitiendo absorber picos de flujo y de carga orgánica. También se tiene la ventaja de producir menor cantidad de lodos y al mismo tiempo obtenerlos con un grado mayor de oxidación y estabilización. La ventaja de la respiración aeróbica es que sus desechos son inofensivos: bióxido de carbono y vapor de agua; los cuales no son peligrosos y no producen malos olores en comparación con los sistemas anaerobios.

Cabe aclarar que en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales se generan lodos, ya sea por su proceso o en el caso de un tratamiento físico-químico por la adición de químicos. El volumen de lodos que se generan en una planta de tratamiento, está en función de las características del efluente, así como de la precisión en la operación de la misma; sin embargo, en el proceso de aireación extendida, son menores debido a que los recircula. Es importante resaltar el hecho de que al retornar los lodos del sedimentador al tanque de aireación, lo cual se realiza hidráulicamente, los lodos retornan más frescos, evitando la condición de septicidad, que provoca la presencia de olores desagradables. En nuestro país existen plantas con características del influente, del gasto a tratar y a la normatividad vigente.

## Aireación a Contracorriente.

En este proceso, la aireación de lodos activados es llevada a cabo por un panel difusor suspendido de un puente rotatorio, el cual viaja alrededor de un tanque circular a una velocidad de 1 rpm. El término "contracorriente", se refiere al movimiento del sistema de aireación con relación a la biomasa. Esto es lo opuesto a los sistemas de aireación en otros procesos de difusión de aire, (donde la biomasa es movida relativamente por los difusores).

El proceso de diseño de la planta de aireación a contracorriente es similar al usado en el de aireación extendida. Desde el punto de vista económico es recomendable para caudales superiores a 5 l/s, utilizando tanques circulares en forma separada o tanques concéntricos.

El arreglo de tanques concéntricos favorece la separación de lodos crudos y digeridos así como la desnitrificación.

El dispositivo de aireación utilizado en el proceso funciona a partir de tubos difusores de cerámica porosa, los cuales proveen una eficiente transferencia de oxígeno; además, la rotación del sistema de difusores provee una componente horizontal de las burbujas, propiciando una gran transferencia de oxígeno, muy superior si hacemos una comparación con sistemas convencionales. Por lo tanto, la eficiencia del proceso resulta de la reducción de los requerimientos de oxígeno para la mezcla. El puente gira a una velocidad suficiente como para remover la mezcla antes que la sedimentación ocurra.

El sistema de aireación puede ser diseñado para los requerimientos de oxígeno solicitados, mientras que los grandes volúmenes de aire para mezcla han regido en los sistemas convencionales.

El diseño requiere pocos difusores por los menores requerimientos de aire, reduciendo en ductos más económicos que los de sistemas convencionales.

### Planta de Tratamiento Modular Tipo Paquete de Película Fija (Bio-Reel).

El Bio-Reel es un reactor de película fija que se encarga de desarrollar microorganismos para combatir los contaminantes contenidos en el agua; está formado por un gran número de espirales tubulares corrugados, los cuales se localizan concéntricamente unas a otras y enrolladas en la misma dirección y en un carrete giratorio. El carrete, está sumergido en el reactor del agua residual y solo una parte de la espiral emerge sobre la línea de agua.

Durante la rotación, en sentido opuesto a la dirección en que está enrollada, la parte emergente de cada tubo capta el aire, que durante la rotación queda atrapado en la parte superior de las mangueras como una burbuja. La inercia impuesta en la burbuja de aire por la fuerza flotante, en la parte superior de la región central del carrete, mueve la burbuja de aire hacia adelante y hacia abajo hasta llegar al centro del carrete durante la rotación continua. Al llegar a la última espiral, la más interna del carrete, las burbujas de aire emergen y suben por la parte exterior de las mangueras.

El líquido contenido en el tubo, es desplazado por la burbuja de aire, creando un flujo continuo de agua residual a través de la espiral tubular. Los nutrientes son transferidos hacia la biomasa adherida a las paredes del tubo para la reducción de DBO<sub>5</sub> y para la nitrificación del agua amoniacal ( NH<sub>3</sub>-N ).

### Fosa Séptica.

Este será un proceso que se aplicará exclusivamente a localidades muy pequeñas, en las que no se justifique un tratamiento de mayor sofisticación. Sobre todo se aplicará a aquellas localidades que no cuenten con alcantarillado sanitario.

El objetivo que se tiene al tratar las aguas residuales de cada población es el de cumplir, primordialmente, con dos requisitos importantes:

- a). Que se revierta el efecto negativo actual sobre el entorno ecológico.
- b). Que la concentración de contaminante, sea remozado hasta llegar a estar por debajo de los límites máximos permisibles, establecidos por la norma técnica ecológica o condiciones particulares de descarga dispuestas por el organismo federativo competente.

Para la formulación y selección de opciones de proceso de tratamiento de las aguas negras se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- La calidad de las aguas negras por tratar.
- Las condiciones del cuerpo receptor después del tratamiento.
- La eficiencia y las características del proceso de tratamiento.
- La calidad y la cantidad de agua de dilución de que se disponga.
- Las condiciones existentes para la evacuación de lodos.
- La disponibilidad de materiales y la vida útil de las estructuras y equipo.
- La disponibilidad de personal capacitado para la operación.
- La disponibilidad de elementos para mantenimiento preventivo y correctivo.
- Las condiciones topográficas del lugar y del área para ubicar el tratamiento.
- La carga hidráulica disponible para el funcionamiento.
- Los costos de construcción y de operación y mantenimiento.

Estas condiciones no pueden considerarse aisladamente y resulta imposible establecer criterios fijos para adoptar un tratamiento determinado, por que el proceso de tratamiento que se elija dependerá de todos los aspectos mencionados y de la manera como estén combinados.

Otro criterio a considerar es el del tamaño de las poblaciones que aportarán aguas residuales, quedando de la siguiente manera:

- Para poblaciones mayores a 35,000 habitantes preferentemente se harán tratamientos con lodos activados.
- Para poblaciones de 2100 a 34999 habitantes preferentemente se harán tratamientos con lagunas de estabilización.
- Para poblaciones de 1201 a 2099 habitantes preferentemente se harán tratamientos con tanques Imhoff.
- Para poblaciones menores a 1200 habitantes preferentemente se harán tratamientos con fosas sépticas colectivas o bien con lagunas aeróbicas.
- Cuando no se cuenta con terreno disponible tendrá que recomendarse alguna planta tipo compacta, de las que se venden en el mercado nacional.

Se formularán las opciones para cada ciudad en función de las condiciones descritas, para posteriormente seleccionar la más adecuada.



## Selección de Alternativas de Tratamiento.

Ya con los criterios para la elección del proceso de tratamiento aplicable a cada ciudad, se procedió a analizar cada ciudad como se describe a continuación.

Cd. Hidalgo, Mich.- Esta ciudad es la segunda en importancia, por el volumen de aportación de agua negra a las cuencas analizadas, sin embargo el tipo de agua que aporta es de características eminentemente domésticas, lo que permite pensar en un tratamiento biológico, que son de los tratamientos más económicos existentes. Por otra parte, conociendo el sitio propicio para ubicar el tratamiento, se pudo observar que el área disponible es grande, con una topografía en lomerío, lo que permitirá un buen funcionamiento hidráulico de cualquier tratamiento biológico. Como sabemos, un tratamiento biológico desecha una gran cantidad de lodos, para lo cual si hay área disponible para su tratamiento y disposición. Otro aspecto importante por considerar es el volumen de la corriente en la cual se diluirá el agua tratada, que en este caso es alto, ya que el río Taximoroa, que más adelante se llama río Tuxpan es una corriente con volumen constante todo el año. Esto último nos permite definir un tratamiento secundario ya que además, la distancia para llegar al embalse de "El Bosque" es de 45 km, trayecto en el cual todavía habrá una depuración del caudal que lleve el río Tuxpan. Para determinar el tipo de proceso, que como ya se dijo será biológico y secundario, habrá que considerar el tamaño de la población que para el año 2010 tendrá 69608 habitantes, poniéndola en una categoría de Ciudad media en la que pueden utilizarse dos tipos de tratamiento; uno que son lagunas de estabilización, que no son del todo recomendables por la cercanía de la ciudad con el sitio de tratamiento, que la expondría a los olores desagradables que produce el proceso de oxidación del agua en las lagunas. El segundo proceso que es el que se considera más recomendable es el de lodos activados convencional que es un proceso más eficiente, menos agresivo a los sentidos por la emisión de olores y por la calidad de agua que emitirá.

Lo que también refuerza la opción de este tipo de tratamiento es la accesibilidad a grandes centros urbanos como México, Toluca y Morelia, y la disponibilidad de personal capacitado para la operación dentro de la misma ciudad.

Tuxpan.- Es un poblado pequeño que por estar en la rivera del río Tuxpan vale la pena sanear. El tipo de agua que vierte es doméstico, con un alto volumen de dilución representado por la corriente del río Tuxpan, lo que permite determinar que se recurrirá a un tratamiento biológico. El área de que se dispone para ubicar el tratamiento es media y plana, sin embargo por el tamaño de la población que se tiene, 8980 habitantes, se requiere de poco espacio para unas lagunas de estabilización, que es el tratamiento más económico que existe, sin una producción de lodos constante. Por lo que se refiere a lodos si hay área disponible, pero por la conformación plana del terreno, su manejo no sería sencillo.

Anganguero.- Esta localidad es la más alejada con respecto al embalse al cual llegará el agua que contamina, 55 km de distancia. El agua que desecha es de características domésticas en un cuerpo receptor de volumen medio. El número de habitantes es pequeño, 5161 habitantes. Aquí se tuvieron algunas dificultades para localizar un predio adecuado para ubicar la planta de tratamiento, ya que un primer sitio que está en las afueras del poblado, antes de cruzar las vías del ferrocarril es muy pequeño y tiene mucha pendiente. Se hicieron recorridos para localizar un terreno propicio, el cual se encontró a 2.5 km. de distancia aproximadamente, junto a la carretera y sin área suficiente para tratar lodos. Visualizando otros aspectos, la topografía del terreno encontrado es plana y en la localidad no se dispone de personal para operar una planta de tratamiento con procesos especiales, así pues se decidió por un proceso basándose en lagunas de estabilización.

Para este poblado habrá que considerar un cuidadoso tratamiento preliminar, ya que se tiene un grave problema con la basura arrojada al Río Puerco que cruza la población, éste derivado de la falta del servicio de limpia y recolección de basura y de la ya añeja costumbre de utilizar un río como tiradero.

Un detalle muy relevante es la descarga de las aguas que inundan las minas, al propio río Puerco, contaminando las aguas con metales. Se consideró que estas descargas tendrán que ser tratadas por la empresa minera, ya que esto es producto de las alternativas geológicas que han producido con la explotación de minerales. Con el contenido de metales el tratamiento de estas descargas tendrá que ser químico y muy especial.

El drenaje de Anganguco es altamente contaminante de su propio entorno físico, ya que todas las descargas son hechas a arroyos naturales, que a su vez descargan al río Puerco que cruza la ciudad. Se plantea una solución de colectores interceptores para evitar la contaminación del río. También se sugiere introducir el servicio de limpia y recolección de basura como medida urgente para poder sanear este río.

Ocampo.- Esta cabecera municipal ya tiene avances en lo que se refiere a interceptar las aguas negras que van al denominado río Limpio, ya que recientemente se concluyó la construcción de un colector marginal que capta las descargas y las lleva hasta un canal que hace las veces de colector marginal y saca las aguas negras hasta cerca del río Puerco. Sin embargo hay que considerar que esta descarga, que es de tipo doméstico, debe ser saneada porque es lo que se pretende para toda la cuenca; así pues, se propone continuar con tubería hasta un sitio ya definido para planta de tratamiento, donde tenemos área disponible con topografía semiplana, propicio para una planta basándose en lagunas estabilización, que además es adecuada para el tamaño de población que se tiene.

El Paso.- Es de tipo rural y recientemente le construyeron el alcantarillado, junto con un emisor, por lo cual, lo único que se requiere es que las viviendas se conecten a la red y que se les proponga un tratamiento. Como el tipo de agua que se espera es doméstico y de un caudal muy pequeño, dado que la población es de tipo rural y apenas alcanzará los 766 habitantes se considera que con una laguna acrobática será suficiente y adecuado tratar el agua de desecho; además de que con este sistema no se requerirá de mantenimiento continuo y es sumamente económico. Por otro lado se tiene todavía una distancia de 37 km. para llegar al embalse, lo que permite esperar una depuración en el trayecto que recorrerá el agua.

#### Criterios de Diseño.

Se dejarán asentadas las referencias, criterios y parámetros por considerar en la elección del proceso y en el dimensionamiento de las unidades de proceso de cada opción, así mismo se determinarán las condiciones de operación de cada sistema de tratamiento.

Una vez definido el tipo de proceso de cada ciudad se establecen los criterios de diseño que quedarán como sigue:

### Lodos Activados Convencional:

a) Tanque de Aireación. Se diseña con tiempos de retención de 6 a 8 horas, en función de la concentración inicial de la materia orgánica y de la eficiencia deseada.

El sistema de aireación será mediante difusores

El tiempo de retención celular (TRC) es aproximadamente igual a la edad de lodos, que se establece entre 15 y 40 días, por lo que no será necesaria una estabilización posterior de los lodos de desecho.

Las cargas orgánicas de diseño están en el rango de 0.4 a 0.64 kg DBO/m<sup>3</sup> día.

El factor de carga o relación de alimento a microorganismo está entre 0.05 y 0.15 kg DBO/kg SSVTA (kg de sólidos volátiles en suspensión en el tanque de aireación).

La eficiencia de la planta normalmente está asociada a las condiciones de operación, estas pueden controlarse en el ámbito de la recirculación y purga de lodos, por lo que conviene establecer un sistema que permita la variación del flujo de recirculación en un rango del 20 al 30% del caudal influente.

b) Sedimentador Secundario. Se diseña con una carga (CHS) máxima de 30 a 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. La composición de los lodos secundarios normalmente no permite concentraciones en la recirculación superior a los 10,000 mg/l, por lo que es poco frecuente y recomendable operar reactores con una concentración de sólidos suspendidos de licor mezclado superior a los 5,000 mg/l.

c) Desinfección. Para que la desinfección sea eficiente se debe contar con un tiempo de contacto de 10 a 30 minutos, con una dosificación de 5 a 15 mg/l de cloro, para poder asegurar que el efluente contará con una concentración de cloro libre residual de 0.5 mg/l. Para poder aplicar el cloro adecuadamente se requerirá conocer el gasto de entrada al proceso, para lo cual se deberá contar con un dispositivo de medición de caudal (medidor de propela en línea).

El volumen del tanque de contacto estará dado por:

$$V = Qt$$

donde:

V= Volumen

Q= Caudal/Reactor

t = Tiempo

Aun cuando la dosis de cloro se determina con la definición del punto de quiebre (práctica de laboratorio al momento de arranque de la planta), se supuso una dosis intermedia con respecto al rango de recomendación, resultando de 12 mg/l de cloro.

d) Lechos de Secado. Para tratar adecuadamente los lodos se elimina el agua, aumentando con ello la concentración de lodos.

El secado de lodos en lechos de arena es uno de los métodos más económicos de eliminación de agua, pero para determinar la viabilidad de este proceso habrá que analizar los siguientes factores:

1. Características de los lodos (los gelatinosos requieren más área).
2. Disponibilidad de terreno.
3. Condiciones climáticas (de lo cual dependerá la evaporación).

En este proceso de secado de lodos actúan dos mecanismos de pérdida de humedad.

- Percolación de agua a través del lecho de arena. La proporción de agua eliminada por este mecanismo va del 20 al 55%. El tiempo de percolación será de 1 a 3 días, resultando una concentración del 15 al 20% de sólidos.

- Evaporación de agua por las grandes áreas de contacto y por el largo tiempo de exposición a las condiciones climáticas. La velocidad de evaporación es más lenta que la percolación y depende de la temperatura, humedad relativa y de la velocidad de los vientos.

La velocidad de secado de lodos también dependerá de su espesor y propiedades físico-químicas, ya que al alcanzar la humedad crítica el agua no emerge a la superficie del lodo con la misma rapidez de la evaporación.

Es recomendable disponer los lodos en lechos de 20 a 30 cm de espesor, dejándose secar hasta que el contenido de sólidos sea del orden del 30 al 50%.

El tiempo entre la entrada de lodos y su levantamiento, en estado ya adecuado, va de 20 a 75 días, siendo posible reducir estos tiempos adicionando coagulantes químicos:

#### Ecuaciones de Diseño y Constantes Cinéticas.

$$Q_0, F_0 \text{ -----} \rightarrow \quad V, M_a, F \text{ -----} \rightarrow \quad Q_e, F, M_a$$

En donde:

- Q = gasto inicial
- F<sub>0</sub> = sustrato inicial
- V = Volumen
- M<sub>a</sub> = Microorganismos activos
- F = sustrato
- Q<sub>e</sub> = gasto de efluente

Las siguientes ecuaciones son aplicables a los diferentes tipos de procesos biológicos, como: el convencional, de aireación escalonada, de aireación a pasos, de altos gastos y de aireación homogénea o extendida.

#### a) Criterios de Carga.

$$F / M = \frac{S_0}{\theta X_{va}} \text{ -----} (1)$$

Donde:

- F/M = Relación alimento a microorganismo.
- S<sub>0</sub> = Concentración de DBO5 en el influente.
- θ = V/Q = Tiempo de retención hidráulica.
- X<sub>va</sub> = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el aereador.

La ecuación (1) puede quedar de la siguiente forma:

$$F/M = \frac{DBO * Q}{SSVLM}$$

b) Tiempo medio de residencia celular,  $\theta_c$ .

$$\theta_c = \frac{V_x}{Q_w X_w} + Q_e X_e \quad \text{-----} \quad (2)$$

$Q_w$  = Gasto del exceso de lodos (gasto de purga).

$X_w$  = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el exceso de lodos.

$Q_e$  = Gasto de efluente tratado.

$X_e$  = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el efluente.

c) Tasa de Utilización Específica.

$$U = \frac{(F/M)E}{100} \quad \text{-----} \quad (3)$$

$E$  = Eficiencia del proceso

$U$  =  $S_0 - S_c / \theta_x$

$$1/\theta_c = Y (F/M)(E/100) - K_d \quad \text{-----} \quad (4)$$

$Y$  = Relación de la masa celular a la masa de sustrato consumido.

$k_d$  = Coeficiente de declinación endógena.

Seleccionar el tipo de reactor, de flujo pistón o completamente mezclado.

d) Producción de Lodos y Control.

## Purga de lodos

$$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S) \quad (10-3)$$

$P_x$  = Lodos en exceso diario, medidos como SSV.

$Y_{obs}$  = Rendimiento observado =  $Y / (1 + kd\theta_c)$

## Tiempo de residencia celular

$$\theta_c = \frac{V_x}{Q_w X_e} + Q_e X_e \quad (6)$$

$Q_w$  = Gasto del exceso de lodos extraídos en el tanque de aireación

Si  $X_e = 0$ ,  $Q_w = V/\theta_c$

Si el exceso se retira de la recirculación y  $X_e = 0$

$$Q_{wr} = \frac{V_x}{\theta_c X_r} \quad (7)$$

$X_r$  = Concentración de lodos en la recirculación

Empleando la relación F/M

$$P_x = Q_{wr} X_r * 10^{-3} \quad (8)$$

## e) Requerimientos de Oxígeno.

$$lb \text{ O}_2/\text{día} = a(S_f - S_e) * Q_f + b * X_v * a * V$$

El suministro de oxígeno debe ser adecuado para:

- Satisfacer la DBO de las aguas residuales
- Satisfacer la respiración endógena de los organismos
- Proporcionar una mezcla adecuada
- Mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto de 2 a 4 mg/l en el tanque de aireación.



#### f) Requisitos de Nutrientes.

Para que un proceso biológico funcione adecuadamente se requieren cantidades adecuadas de nutrientes, aproximadamente 5% por peso de nitrógeno y un 1% de fósforo. Otras sustancias importantes son: Na, K, Ca, Mg, PO<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub> y Mn, Zn, B, Mo, V y Co.

#### Rango de factores de diseño

Convencional completamente mezclado

- Carga
- Edad de los lodos  $\theta_c$  (día) 10-30
- Tiempo de referencia  $\theta$  (hr) 10-30
- Eficiencia(%) 85-95
- Concentración en el reactor (mg SSVLM/l) 2000-4000
- Relación de recirculación ( R ) 0.2-0.3

#### Constantes Cinéticas.

- k = Tasa específica de crecimiento
- $k_m$  = Constante de saturación de sustrato
- Y = Constante de producción de lodos
- $k_d$  = Constante de declinación

Rango de valores de las constantes cinéticas  
(base : DBO<sub>5</sub> ) para aguas domésticas .... (Ramalho)

k (día <sup>-1</sup> )	_____	0.017 - 0.030
Y (mg SSLM producidos/mg DBO <sub>5</sub> removido)	_____	0.730
$k_d$ (día <sup>-1</sup> )	_____	0.075
a (lb O <sub>2</sub> /lb DBO <sub>5</sub> removido )	_____	0.520

Datos de Proyecto.

LOCALIDAD	POBLACIÓN DE PROYECTO	DOTACIÓN l/h/d	APORTACIÓN l/h/d	CAUDAL MEDIO l/s	DBO inf. mg/l	DBO efl. mg/l
CD. HIDALGO	69,608	250	200	161.13	108	30
TUXPAN	8,980	150	120	12.47	192	30
ANGANGUEO	5,161	150	120	7.17	72	30
OCAMPO	3,352	150	120	4.66	144	30
EL PASO	766	150	120	1.06	-	30
<b>S U M A</b>	<b>87,867</b>			<b>186.49</b>		

El caudal mínimo se calculará en la siguiente expresión

$$Q_{\text{mínimo}} = 0.5 * Q_{\text{medio}}$$

El caudal máximo se calculará con la fórmula de Harmon

$$Q_{\text{máximo}} = M * Q_{\text{medio}}$$

$$M = 1 + 14 / (4 + P^{0.5})$$

P = población servida en miles

En la siguiente tabla se presentan los caudales mínimo y máximo para cada localidad.

LOCALIDAD	CAUDAL MÍNIMO l/s	CAUDAL MÁXIMO l/s
CD. HIDALGO	80.57	343.89
TUXPAN	6.24	37.42
ANGANGUEO	3.59	23.18
OCAMPO	2.33	15.85
EL PASO	0.53	4.10
<b>S U M A</b>	<b>93.26</b>	<b>424.44</b>

### 3.3. PROCESOS DE TRATAMIENTO Y SU EFICIENCIA.

Dentro de los elementos con que se cuenta en una planta de tratamiento para llevar a cabo el control del proceso y definir si las condiciones con las que está saliendo el agua del efluente son las adecuadas, se encuentran en primera instancia, los parámetros de control que son analizados periódicamente en el laboratorio de campo, los cuales dispondrán información concerniente a la eficiencia de tratamiento que posea cada proceso con respecto al tiempo.

La obtención de dicha información permite al responsable de la planta realizar ajustes de operación, con la finalidad de acondicionar la calidad del efluente hacia rangos permisibles por normas y criterios.

La bibliografía dicta, ciertas eficiencias de remoción de parámetros críticos, los cuales son congruentes con la calidad esperada en el efluente del sistema de tratamiento. Por tanto, a continuación se disponen las características generales del agua tratada a efecto de conocer los alcances que tendrán las plantas de tratamiento.

#### Características del Efluente.

A continuación se cita una guía de los valores de la calidad esperada tanto del agua tratada como de los subproductos generados:

. pH influente-efluente	.....	6 a 8
. DBO SOL efluente	.....	30 mg/l
. SST	.....	30 mg/l
. Oxígeno Disuelto reactor	.....	2 - 4 mg/l
. Oxígeno Disuelto efluente	.....	1 - 2 mg/l
. SSV reactor	.....	1500-3000 mg/l
. Cloro residual	.....	1 - 5 mg/l
. Coliformes (optativo)	.....	200 NMP/100 ml
. Fosfatos (optativo)	.....	5 mg/l

#### . LODOS (subproducto):

. Efluente Sedimentados	.....	2 - 3 % sólidos
. Efluente Lechos de Secado	.....	20 - 30 % sólidos

En el siguiente cuadro se resumen los principales parámetros para el dimensionamiento de las plantas y el proceso de tratamiento más adecuado por aplicar a cada ciudad:

CIUDAD	POBLACION 2010	APORTACION LT/HAB/DIA	GASTO MEDIO L/S	TIPO DE TRATAMIENTO
CIUDAD HIDALGO	69,608	200	161.13	LODOS ACTIVADOS
TUXPAN	8,980	120	12.47	LAGUNA DE ESTABILIZACION
ANGANGUEO	5,161	120	7.17	LAGUNA DE ESTABILIZACION
OCAMPO	3,352	120	4.66	LAGUNA DE ESTABILIZACION
EL PASO	766	120	1.06	LAGUNA AEROBIA

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez que se identificaron, y se recabo información acerca de las poblaciones que se asientan en la cuenca de la Presa Tuxpan, se procedió a estimar la población de proyecto, en base a la población actual y aplicando los métodos de proyección de población. Teniendo la población futura en la cuenca para el horizonte de proyecto, se determinó el caudal total a tratar y resultó ser de 186.49 l/s, correspondiente a las localidades de Cd. Hidalgo, Tuxpan, Anganguero, Ocampo y El Paso. Después de analizar las diferentes alternativas para cada una de las localidades, se concluye que el tratamiento más adecuado para Cd. Hidalgo será basándose en lodos activados en proceso convencional; en tanto que para Tuxpan, Anganguero y Ocampo se utilizarán lagunas de estabilización (una anaerobia y una facultativa); finalmente, para El Paso se utilizará una laguna aeróbica.

Las localidades con descargas más voluminosas son Cd. Hidalgo y Tuxpan, representando el 93.09% del caudal total descargado en la cuenca; por esta razón se concluye que solo con tratar el caudal de estas dos ciudades se tendría prácticamente solucionado el problema de contaminación de las aguas. Esta recomendación se refuerza con el hecho de que la ubicación de las descargas de Cd. Hidalgo y de Tuxpan es pegada al cauce principal, que es el río Tuxpan, en tanto que las de Anganguero, Ocampo y El Paso tienen un largo recorrido por arroyos de gran pendiente, lo cual permite una depuración natural. Por otra parte como la calidad de las aguas residuales es de características domésticas, se puede confiar en la depuración biológica natural.

Para la cuenca de la presa Tuxpan se tienen otros problemas que también afectan las aguas que van al sistema Cutzamala, siendo los de mayor relevancia: la deforestación y la basura.

La acelerada deforestación trae consigo la erosión del suelo, que llega en forma de azolve a los vasos, reduciendo considerablemente su capacidad, además de que se alteran los ciclos hidrológicos, reduciendo paulatinamente las lluvias. Por otra parte también se ve disminuida la infiltración, que es el aporte a los mantos acuíferos que también se verán afectados.

Para solucionar la problemática de la deforestación se recomienda llevar a cabo acciones inmediatas para reforestar las áreas taladas y para controlar el escurrimiento de azolve con presas de gaviones, que iniciarían la infiltración, que con la humedad remanente aceleraría el proceso de crecimiento de los nuevos árboles. También es necesario cuidar minuciosamente los bosques existentes, evitando que se continúe la tala.

Por lo que respecta a los desechos sólidos se recomienda hacer estudios profundos para tener una recolección eficiente y para habilitar sitios para el tratamiento de basuras (rellenos sanitarios).

## FUENTES DE CONSULTA Y BIBLIOGRAFIA

Para recopilar la información documental existente se acudió a las siguientes fuentes:

Proyecto de alcantarillado sanitario de Cd. Hidalgo, Mich., información digitalizada en discos, Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cd. Hidalgo, 1993.

Proyecto de alcantarillado sanitario de Tuxpan, Mich., información en un plano, Presidencia Municipal de Cd. Hidalgo, 1993.

Planos de planimetría de las localidades de Angangueo, y Ocampo.

Cartas de INEGI de topografía 1:50,000 y 1:250,000.

Datos estadísticos de los censos de población de 1960 a 1990.

Enciclopedia de los municipios de México, del Edo. de Méx., y del Edo. de Michoacán, Secretaría de Gobernación, 1990.

Gerencia Regional de Aguas del Valle de México de la Comisión Nacional del Agua

Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Gobierno del Estado de México.

Comité de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Michoacán.

Organismo Operador de agua Potable y Alcantarillado de Ciudad Hidalgo, Mich.

Organismo Operador de agua Potable y Alcantarillado de Tuxpan, Mich.

Organismo Operador de agua Potable y Alcantarillado de Zitacuaro, Mich.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI

Ingeniería Sanitaria, tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Metcalf - Eddy. Ed. Labor, S.A.

Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Fair - Geyer - Okun. De. Limusa. Tomo II.

Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos. Libro II. 3.2.2. Manual de Diseño de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento. C.N.A. 1994.

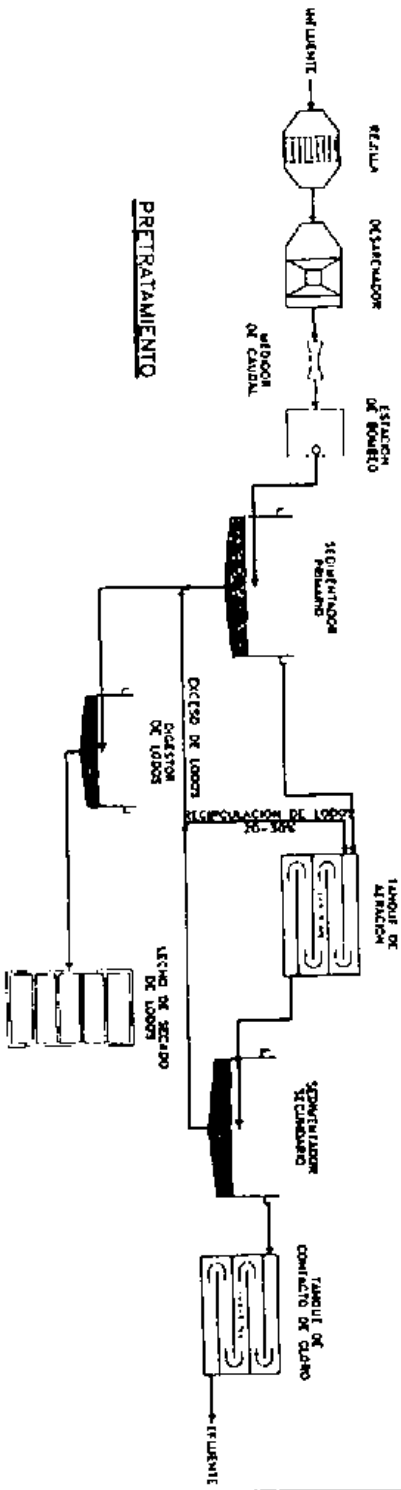


ANEXOS

PLANO I  
CUENCA DE LA PRESA TUXPAN



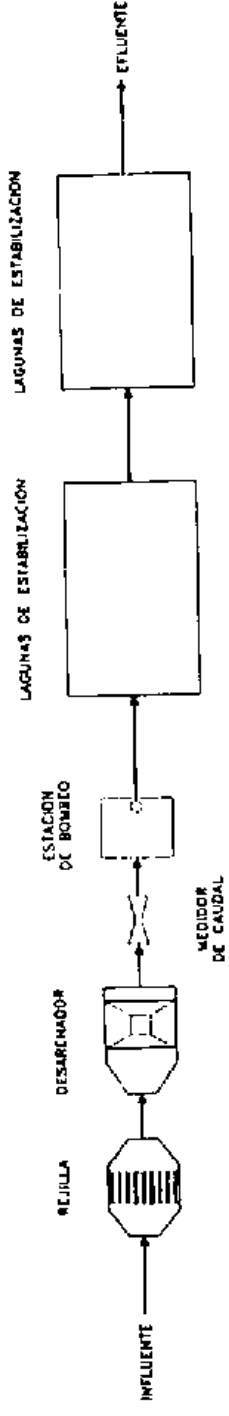
PLANO 2  
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TRATAMIENTO  
CON LODOS ACTIVADOS



**TRATAMIENTO SECUNDARIO**

**INSTITUTO NACIONAL ESTUDIOS Y GESTIÓN**  
 DE OBRAS PÚBLICAS Y OBRAS SOCIALES  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12  
 MINISTERIO DE SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL  
 DIVISION DE FLUJO DE PROCESO  
 DE TRATAMIENTO DE Lodos Activos Convencional  
**TESIS PROFESIONAL**  
 NOMBRE DEL ALUMNO: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DEL TUTOR: \_\_\_\_\_

PLANO 3  
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TRATAMIENTO  
CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN



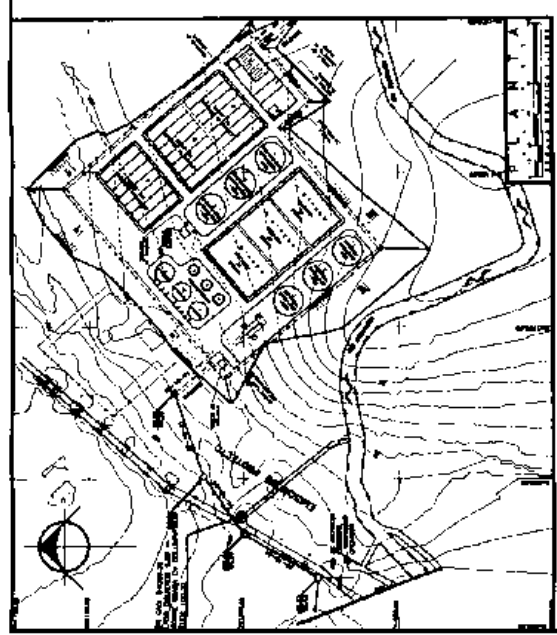
PRETRATAMIENTO

TRATAMIENTO SECUNDARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
INGENIERIA DE SANIDAD PUBLICA Y AMBIENTAL PROGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACION	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
TITULO:	NOMBRE DEL(A) AUTOR(A):

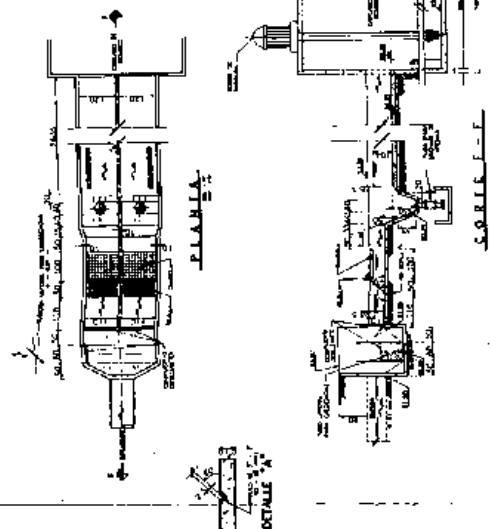
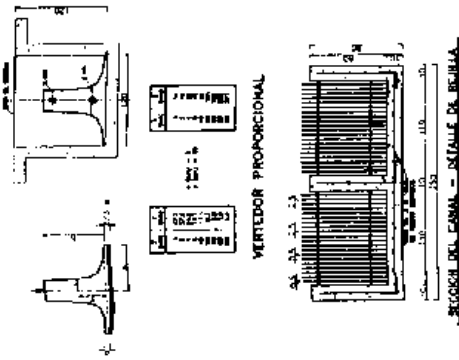
PLANO 4  
ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS  
CONVENCIONAL, CIUDAD HIDALGO MICHOACÁN



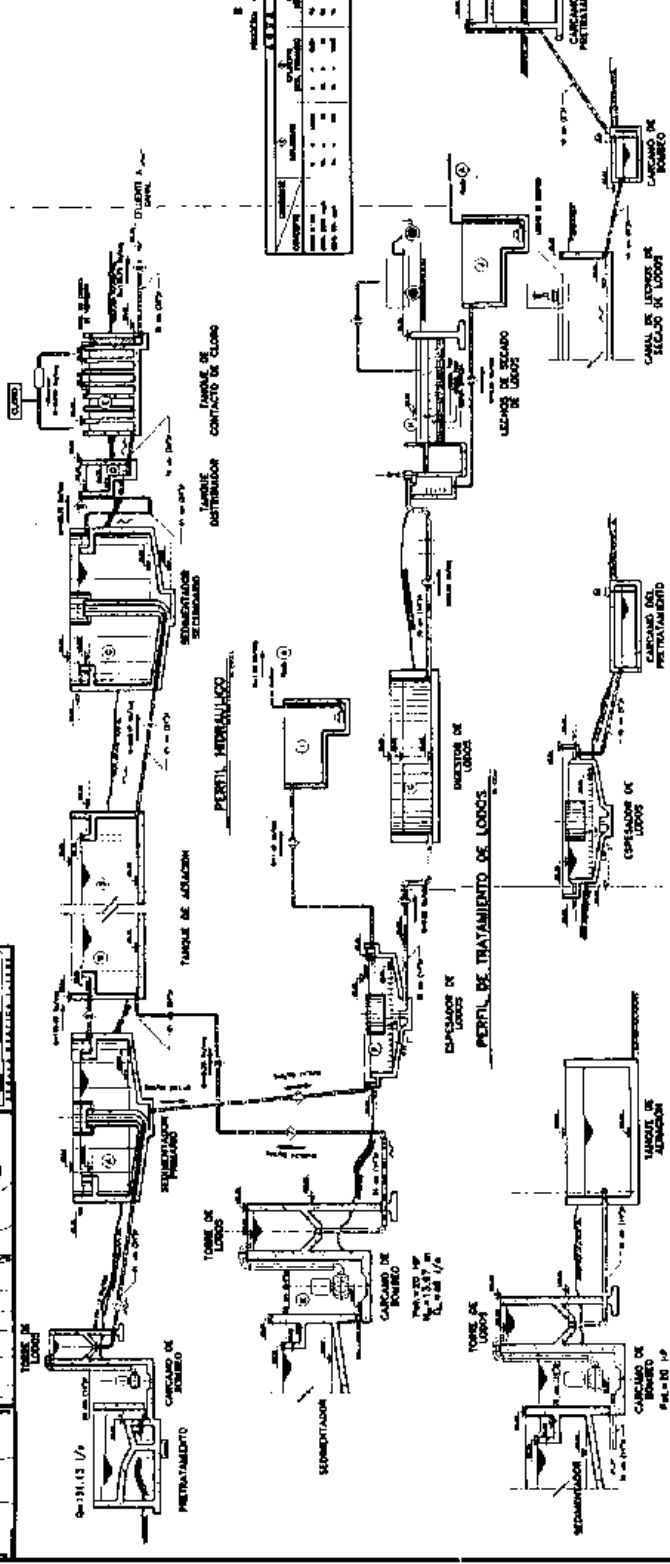


**DATOS DE PROYECTO**

1. Nombre del Proyecto	Plantilla de Tratamiento de Aguas Residuales
2. Ubicación	Ciudad de México, D.F.
3. Fecha de Proyecto	1965
4. Escala	1:100
5. Autor	Ing. Carlos A. Martínez
6. Revisor	Ing. Juan P. López
7. Aprobado por	Ing. Juan P. López
8. Fecha de Aprobación	1965
9. Observaciones	



**PRETRATAMIENTO**



- LISTA DE UNIDADES**
- 1. SEDIMENTADOR PRIMARIO
  - 2. TANQUE DE ADIEXION
  - 3. TANQUE DE SEDIMENTACION PRIMARIA
  - 4. SEDIMENTADOR SECUNDARIO
  - 5. TANQUE DE AERACION
  - 6. TANQUE DE SECADO DE Lodos
  - 7. ESPESADOR DE Lodos
  - 8. COMPACTADOR DE Lodos

**BALANCE DE MASA**

ANÁLISIS COMPLEMENTARIO CON RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

UNIDAD	DESCRIPCION	Q <sub>1</sub> (m³/d)	Q <sub>2</sub> (m³/d)	Q <sub>3</sub> (m³/d)	Q <sub>4</sub> (m³/d)	Q <sub>5</sub> (m³/d)	Q <sub>6</sub> (m³/d)	Q <sub>7</sub> (m³/d)	Q <sub>8</sub> (m³/d)	Q <sub>9</sub> (m³/d)	Q <sub>10</sub> (m³/d)
1	Sedimentador Primario	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	Tanque de Adiexión	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	Tanque de Sedimentación Primaria	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
4	Sedimentador Secundario	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5	Tanque de Aeración	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	Tanque de Secado de Lodos	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
7	Espesador de Lodos	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
8	Compactador de Lodos	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

**SIMBOLOGIA**

1. Sedimentador Primario

2. Tanque de Adiexión

3. Tanque de Sedimentación Primaria

4. Sedimentador Secundario

5. Tanque de Aeración

6. Tanque de Secado de Lodos

7. Espesador de Lodos

8. Compactador de Lodos

**NOTAS:**

1. El presente proyecto fue elaborado en el año 1965.

2. El presente proyecto fue elaborado en el año 1965.

3. El presente proyecto fue elaborado en el año 1965.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**UNIDAD Toluca, MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL**

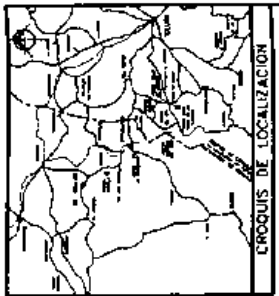
PLANO-1

**PERFIL DE AGUA INFILTRADA DE LECHOS DE SECADO A PRETRATAMIENTO**

**PERFIL DE RECIRCULACION DE AGUA SOBRESADANTE DEL ESPESADOR A PRETRATAMIENTO**

**PERFIL DE RECIRCULACION DE Lodos**

PLANO 5  
ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON  
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, TUXPAN MICHOACÁN



**ESQUEMA DE LOCALIZACION**

**DATOS DE PROYECTO**

Nombre del Proyecto	...
Fecha de Proyecto	...
Escala	...
Autores	...
Cliente	...
Ubicación	...
Estado	...
Municipio	...
Comarca	...
Proyecto	...

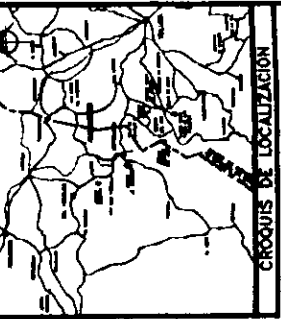
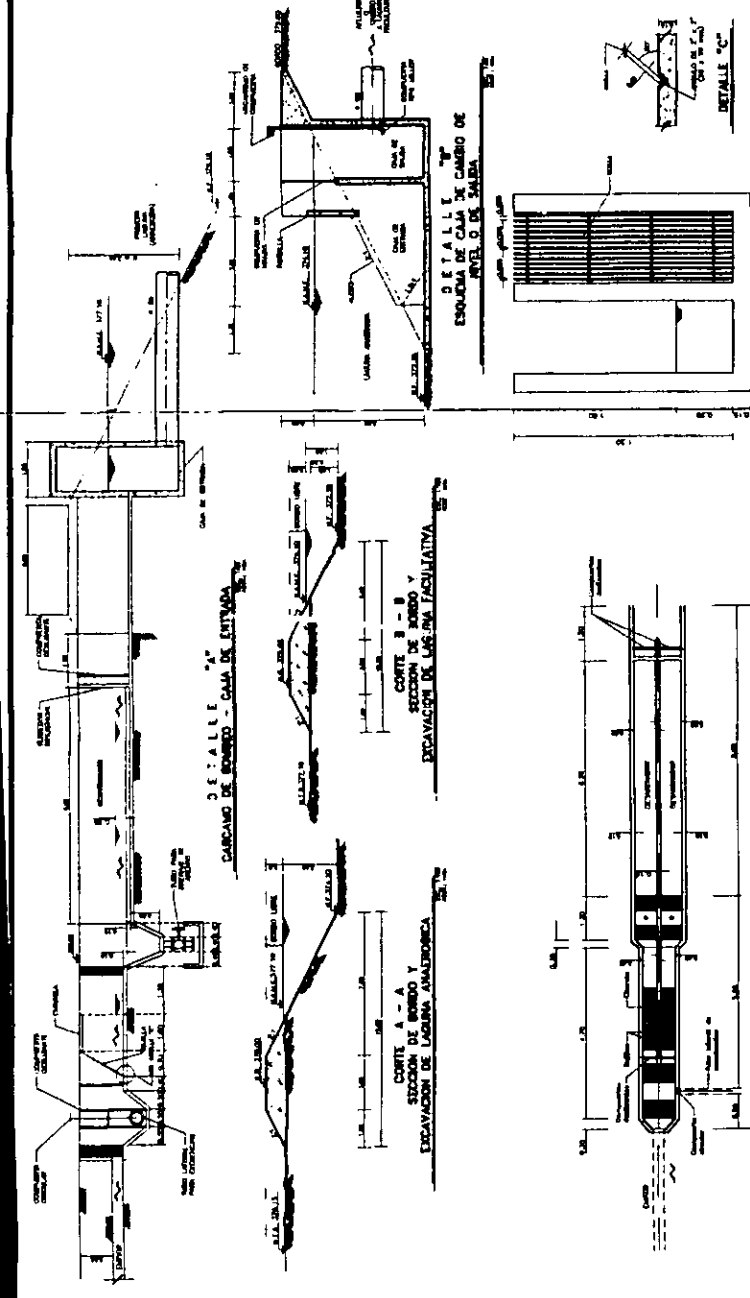
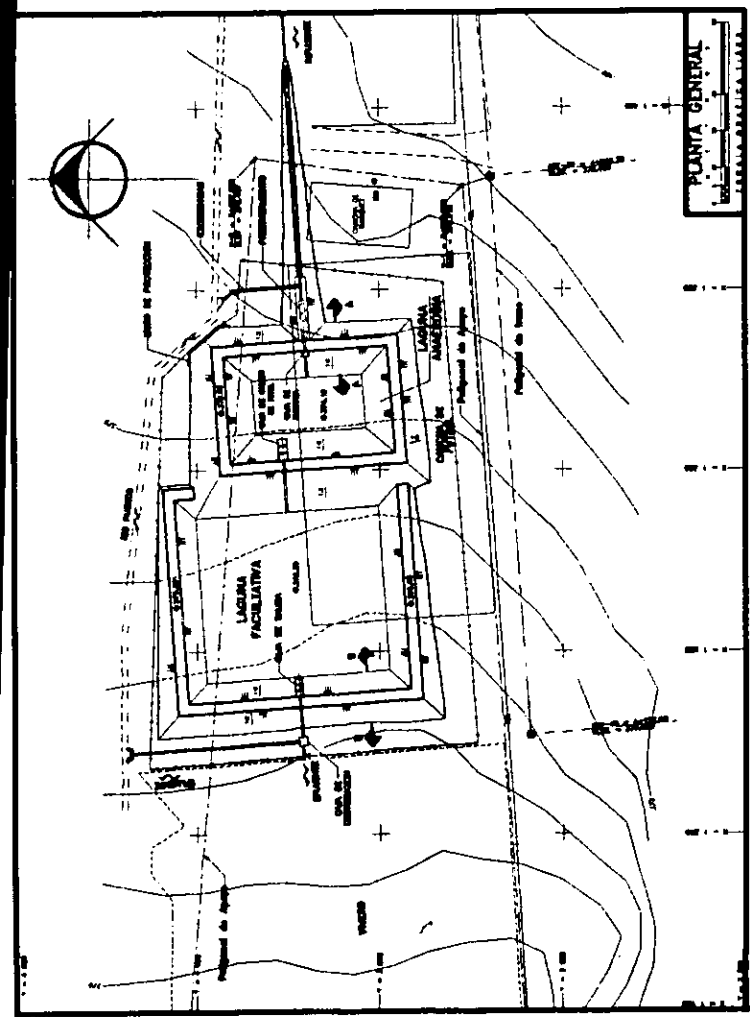
**CANTIDADES DE OBRA**

DESCRIPCION DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación de zanjas	m <sup>3</sup>	42,134
Asfalto 300 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 150 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 75 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 30 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 15 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 7.5 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 3.75 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 1.875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.9375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.46875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.234375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.1171875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.05859375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.029296875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0146484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00732421875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.003662109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0018310546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00091552734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000457763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0002288818359375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00011444091796875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000057220458984375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000286102294921875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00001430511474609375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000007152557373046875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000035762786865234375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000178813934326171875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000894069671630859375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000004470348358154296875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000022351741790771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000111758708953857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000558793544769286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000002793967723846430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000013969838619232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000069849193096160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000349245965480803818359375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000001746229827404019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000873114913702009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000004365574568510047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000021827872842550238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000109139364212751193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000545696821063755966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000272848410531877828152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000013642420526593891263671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000068212102632969456328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000341060513164847281640763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000017053025658242364038152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000008526512829121182019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000042632564145591009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000213162820727955047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000001065814103639775238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000005329070518198876193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000266453525909593891263671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000013322676295479795966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000666133814798989797928152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000033306690739949489891263671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000166533453699747449456328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000008326672684987372238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000004163336342493686193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000020816681712468430966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000001040834085623421548328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000005204170428117107241640763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000260208521405535362019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000130104260702767681009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000006505213035138384047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000003252606517569192019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000016263032587845901009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000813151629392295047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000004065758146961475238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000020328790734807376193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000101643953674036881009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000005082197683701844047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000002541098841850922019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000001270549420925461009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000063527471046273047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000317637355231365238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000001588186776156826193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000079409338807841009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000003970466940392019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000198523347019601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000992616735098047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000004963083675490238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000002481541837745193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000001240770918872576193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000062038545943864047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000031019272971932019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000155096364859601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000775481824298047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000003877409121490238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000001938704560745193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000969352280372576193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000004846761401864047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000002423380700932019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000121169035046601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000605845175233047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000003029225876165238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000015146129380826193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000757306469041009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000037865323452019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000018932661722601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000094663308613047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000473316543065238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000002366582715326193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000011832913576630966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000591645678831548328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000295822839415741640763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000147911419707876193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000073955709853881009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000003697785492694047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000001848892746347019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000092444637317047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000462223186585238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000002311115932926193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000011555579664630966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000577778983231548328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000288889491615741640763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000144444745807876193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000722223729039381009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000361111864519601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000180555932258047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000902779661290238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000451389830645193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000002256949153226193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000001128474576630966160763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000056423728831548328152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000028211864415741640763671875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000014105932207876193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000000070529661039381009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000000035264830519601009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000000176324152598047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000000881620762990238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000000440810381495193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000000002204051907476193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000000011020259537381009545857221875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000000005510129768694047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000000002755064883347019091771484375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000000000137753244167047729286109375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.000000000000000000000000000000000000000688766220835238646430546875 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.0000000000000000000000000000000000000003443831104176193232152734375 mm	m <sup>2</sup>	1,600
Asfalto 0.00000000000000000000000000000000000000017219		

PLANO 6  
ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON  
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, OCAMPO MICHOACÁN



PLANO 7  
ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON  
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, ANGANGUEO MICHOACÁN



**CARACTERISTICAS DE LAS LAGUNAS**

CONCEPTO	LAGUNA ANALITICA	LAGUNA FACULTATIVA
Superficie (m <sup>2</sup> )	320	1800
Área de la superficie de agua (m <sup>2</sup> )	0.113	0.228
Área del fondo (m <sup>2</sup> )	0.048	0.225
Volumen (m <sup>3</sup> )	370.00	616.00
Tiempo de retención (días)	3.96	7.61

**DAIOS DE PROYECTO**

Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	3.00

**CANTIDADES DE OBRA ESTIMADAS**

DESCRIPCION DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación de terreno	m <sup>3</sup>	1800.00
Replanteo e instalación de tubería de 100 mm	m	300.00
Concreto reforzado de 40 mm	m <sup>3</sup>	42.72
Concreto de 40 mm	m <sup>3</sup>	23.34
Muros	m <sup>2</sup>	30.00
Acero de refuerzo	kg	180.78
Acero de 10 mm	kg	7.00
Medición de computación	m <sup>2</sup>	187.25

**NOTAS:**

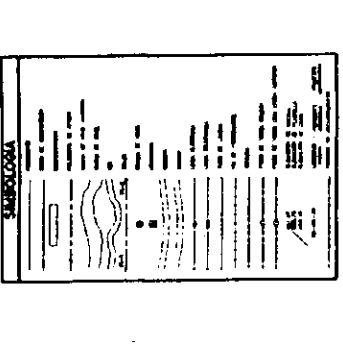
1. Ver especificaciones técnicas de los materiales a utilizar en el proyecto.
2. El proyecto es un estudio preliminar y no garantiza la exactitud de las mediciones.
3. El proyecto es un estudio preliminar y no garantiza la exactitud de las mediciones.

**CANTIDADES DE OBRA ESTIMADAS**

DESCRIPCION DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación de terreno	m <sup>3</sup>	1800.00
Replanteo e instalación de tubería de 100 mm	m	300.00
Concreto reforzado de 40 mm	m <sup>3</sup>	42.72
Concreto de 40 mm	m <sup>3</sup>	23.34
Muros	m <sup>2</sup>	30.00
Acero de refuerzo	kg	180.78
Acero de 10 mm	kg	7.00
Medición de computación	m <sup>2</sup>	187.25

**CANTIDADES DE TIERRA**

DESCRIPCION DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación de terreno	m <sup>3</sup>	1800.00
Replanteo e instalación de tubería de 100 mm	m	300.00
Concreto reforzado de 40 mm	m <sup>3</sup>	42.72
Concreto de 40 mm	m <sup>3</sup>	23.34
Muros	m <sup>2</sup>	30.00
Acero de refuerzo	kg	180.78
Acero de 10 mm	kg	7.00
Medición de computación	m <sup>2</sup>	187.25



**CANTIDADES DE TIERRA**

**SECCION CONSTRUCTIVA**

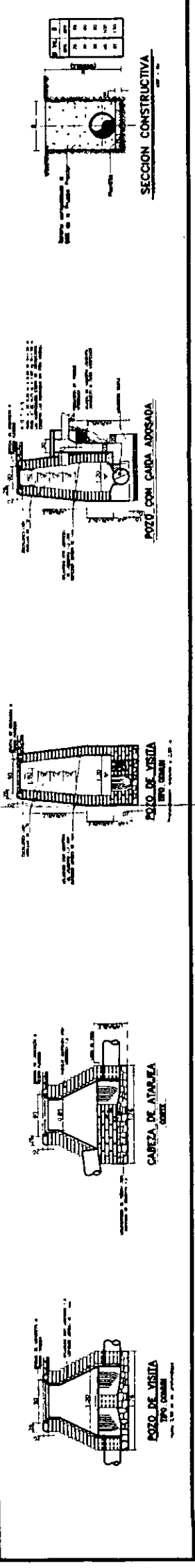
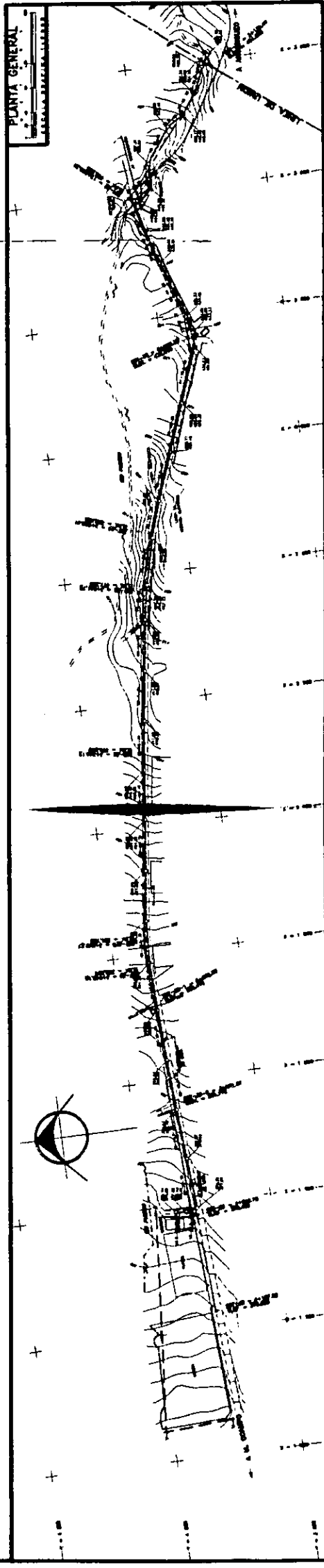
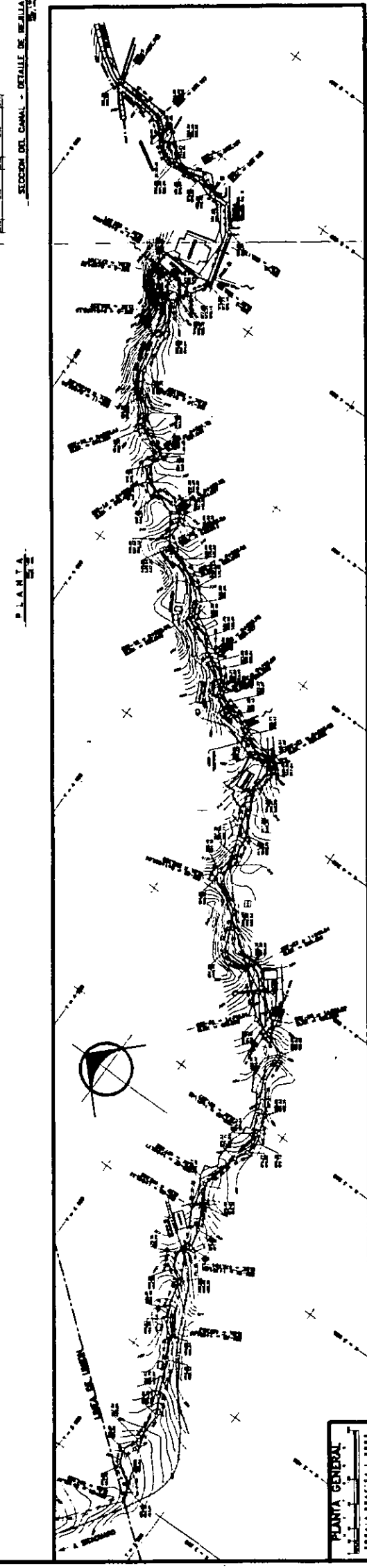
**POZO DE VISITA**

**POZO CON CARGA AJORNADA**

**CABEZA DE ATAMPA**

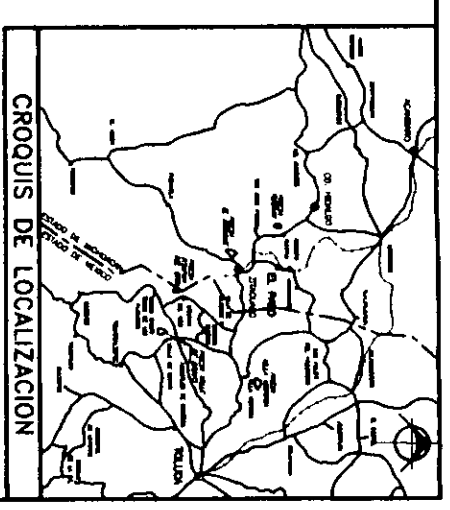
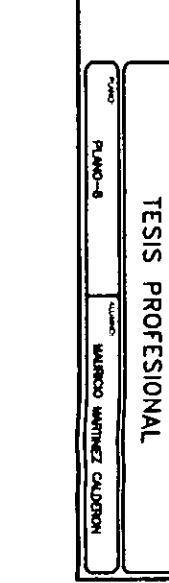
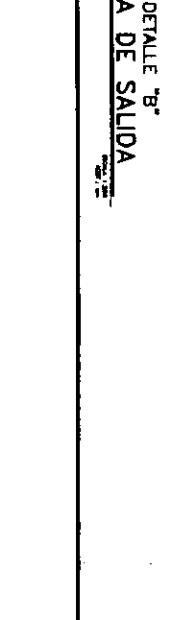
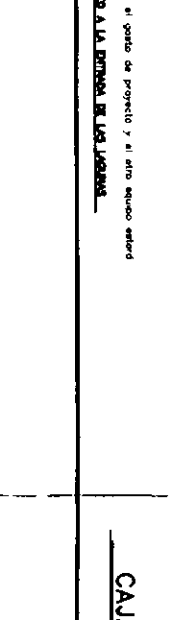
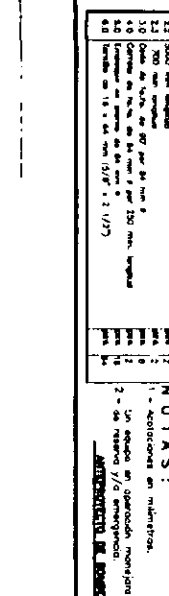
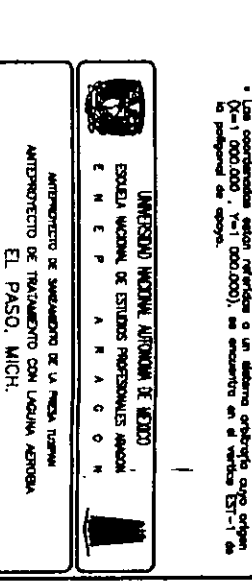
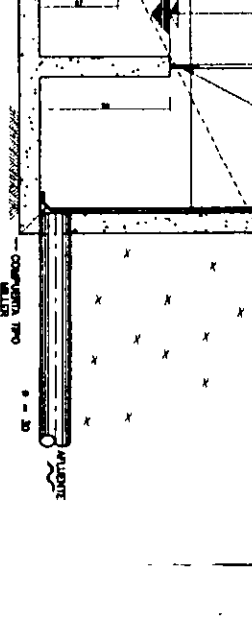
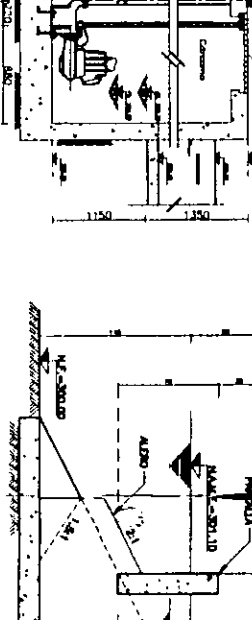
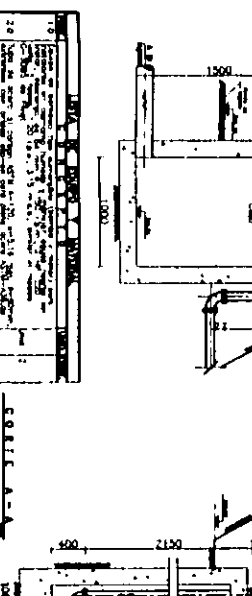
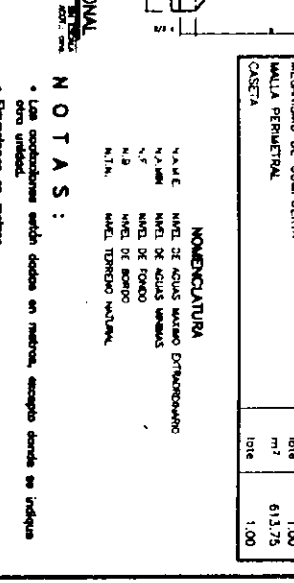
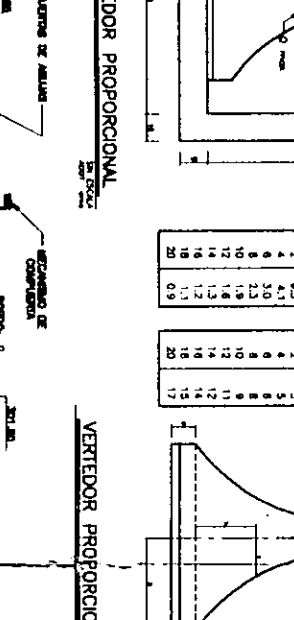
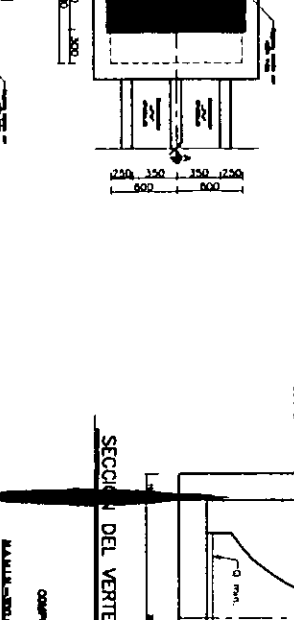
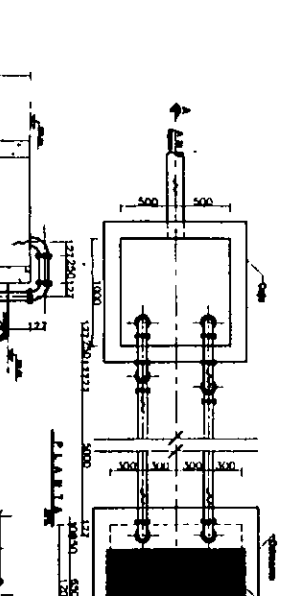
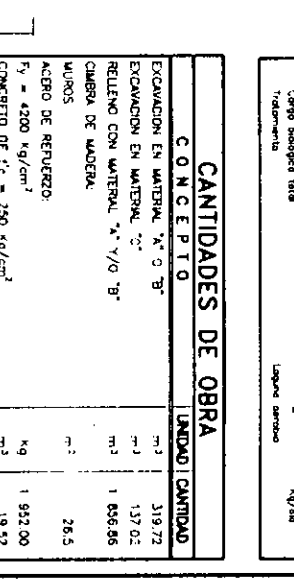
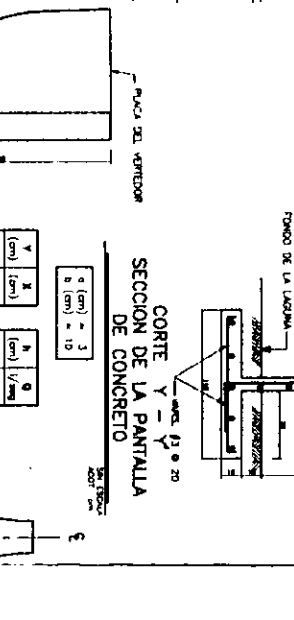
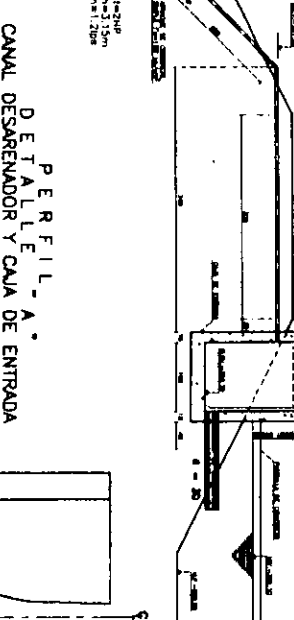
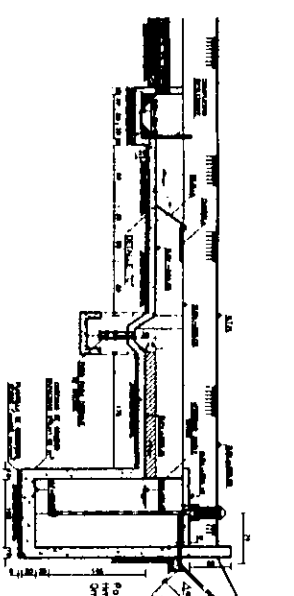
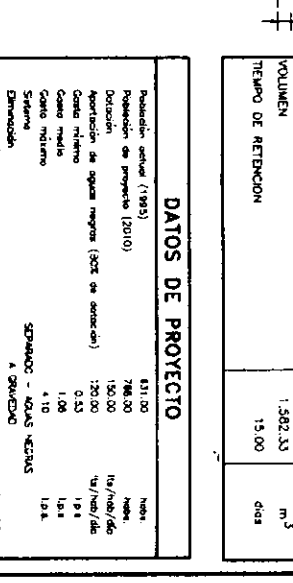
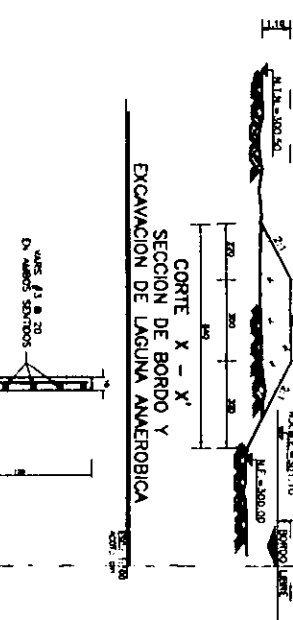
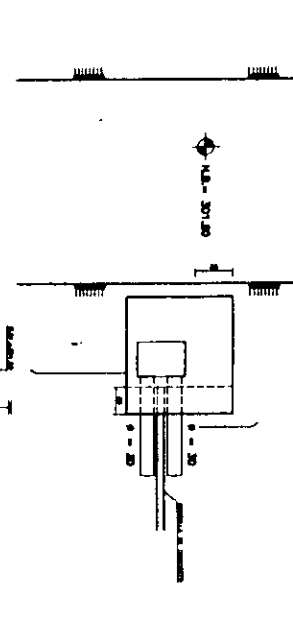
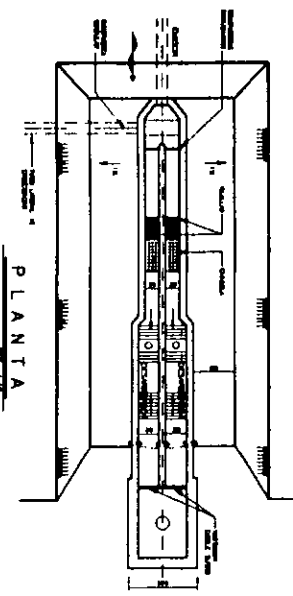
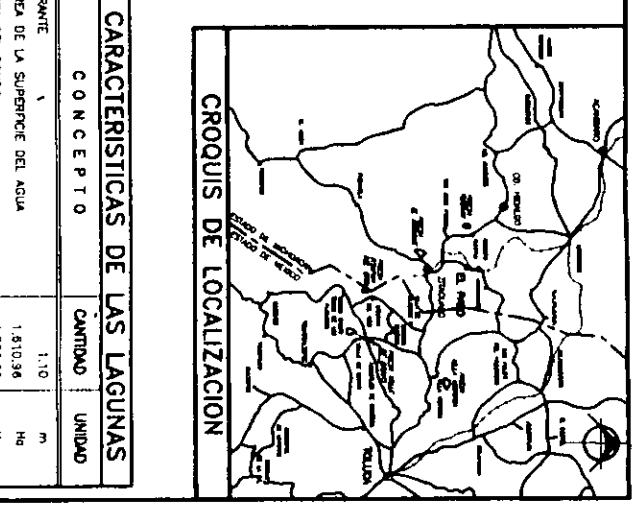
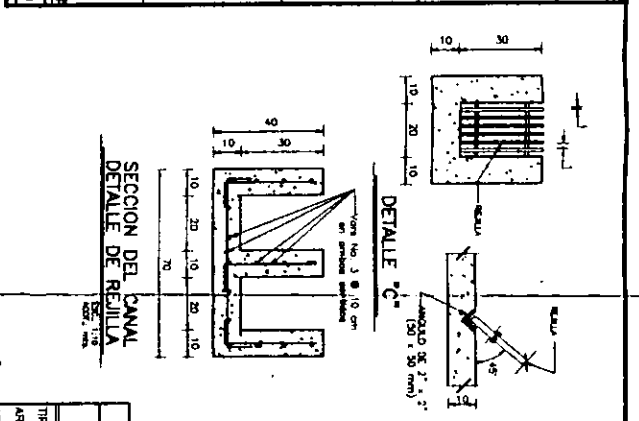
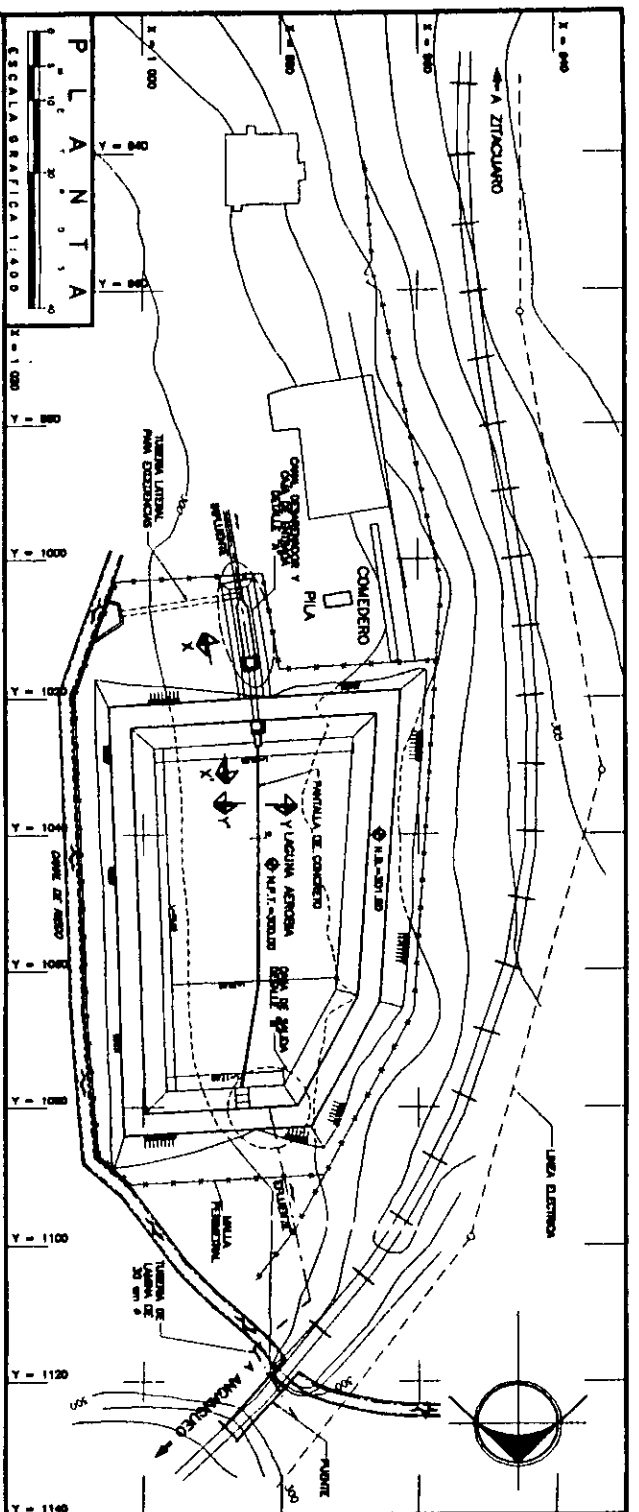
**POZO DE VISITA**

**POZO CON CARGA AJORNADA**



PLANO 8  
ANTEPROYECTO DE TRATAMIENTO CON  
LAGUNA AEROBIA, EL PASO MICHOACÁN





CARACTERISTICAS DE LAS LAGUNAS		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
TRIBUTANTE	1.10	m
AREA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA	1,810.36	Hq
AREA DEL FONDO	1,268.00	Hq
VOLUMEN	1,582.33	m <sup>3</sup>
TIEMPO DE RETENCION	15.00	dias

DATOS DE PROYECTO			
Produccion actual (1983)	811.00	kg/dia	kg/dia
Produccion de proyecto (2010)	788.00	kg/dia	kg/dia
Duracion	120.00	1a/mes/dia	1a/mes/dia
Aportacion de aguas negras (30% de afluencia)	120.00	1a/mes/dia	1a/mes/dia
Carga media	0.33	1a/mes/dia	1a/mes/dia
Carga maxima	1.00	1a/mes/dia	1a/mes/dia
Sistema	4.10	kg/dia	kg/dia
Eliminacion	4.10	kg/dia	kg/dia
Carga biologica anterior	4.10	kg/dia	kg/dia
Carga biologica total	4.10	kg/dia	kg/dia
Tratamiento	4.10	kg/dia	kg/dia

CANTIDADES DE OBRA			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACION EN MATERIAL "A" 0' 3"	m <sup>3</sup>	319.72	m <sup>3</sup>
EXCAVACION EN MATERIAL "B"	m <sup>3</sup>	137.02	m <sup>3</sup>
RELLENO CON MATERIAL "A" 1/0' 3"	m <sup>3</sup>	1,856.86	m <sup>3</sup>
CUBIERTA DE MADERA	m <sup>2</sup>	26.5	m <sup>2</sup>
MUEROS	m	26.5	m
ACERO DE REFUERZO:	kg	1,922.00	kg
fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	192.00	kg
CONCRETO DE f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	19.52	m <sup>3</sup>
MECANISMO DE COMPRESION	m <sup>2</sup>	1.00	m <sup>2</sup>
MALLA PERIMETRAL	m <sup>2</sup>	613.75	m <sup>2</sup>
CASITA	1016	1.00	1.00

NOMENCLATURA	
V.A.E.	MATERIAL DE AGUA MUYO DIFUSIONABLE
V.A.M.	MATERIAL DE AGUA MUYO DIFUSIONABLE
V.A.	MATERIAL DE AGUA MUYO DIFUSIONABLE
M.B.	MATERIAL DE BORDO
M.T.M.	MATERIAL TIPO MADERA

**NOTAS:**

- Las cantidades están dadas en metros, excepto donde se indique otro unidad.
- Elaboradas en metros.
- Las cantidades están referidas a un sistema ortogonal cuyo origen es (0,0,0,0), (0,0,0,0), se encuentran en el vertice Est-1 de la planta de aguas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES AMBIO  
 E N E P A M A G O N  
 ANTIPOYECTO DE TRATAMIENTO CON LAGUNA ANEROBICA  
 EL PASO, MICH.  
**TESIS PROFESIONAL**  
 WALTER WATNER CALDERON  
 PLANO-8

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	EXCAVACION EN MATERIAL "A" 0' 3"	m <sup>3</sup>	319.72
2	EXCAVACION EN MATERIAL "B"	m <sup>3</sup>	137.02
3	RELLENO CON MATERIAL "A" 1/0' 3"	m <sup>3</sup>	1,856.86
4	CUBIERTA DE MADERA	m <sup>2</sup>	26.5
5	MUEROS	m	26.5
6	ACERO DE REFUERZO:	kg	1,922.00
7	fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	192.00
8	CONCRETO DE f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	19.52
9	MECANISMO DE COMPRESION	m <sup>2</sup>	1.00
10	MALLA PERIMETRAL	m <sup>2</sup>	613.75
11	CASITA	1016	1.00

**NOTAS:**

- Las cantidades están dadas en metros, excepto donde se indique otro unidad.
- Elaboradas en metros.
- Las cantidades están referidas a un sistema ortogonal cuyo origen es (0,0,0,0), (0,0,0,0), se encuentran en el vertice Est-1 de la planta de aguas.