



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ



INGENIERÍA BIOQUÍMICA

TÍTULO DEL PROYECTO:

Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) para el CECyT 11 Oxchuc, Chiapas.

RESIDENTE:

Esvin Adalberto Torres Hernández.

NUMERO DE CONTROL:

06270033

ENERO - JUNIO 2011

ASESOR INTERNO:

M. en C. Humberto Castañón González

REVISORES:

M. en C. Juan José Villalobos Maldonado

Dr. Arnulfo Rosales Quintero

ASESOR EXTERNO:

IBQI. Jesús Carmona de la Torre

Cargo: Coordinador de los Laboratorios Institucionales

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas Junio de 2011.

Agradecimientos.

A Dios y a mis padres por darme el don de la vida, por guiarme siempre y por permitirme concluir este proyecto.

A mi asesor M. en C. Humberto Castañón González, del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Por su apoyo y las asesorías prestadas para la elaboración y culminación de este proyecto.

A mis revisores M. en C. Juan José Villalobos Maldonado y Dr. Arnulfo Rosales Quintero, por su accesibilidad, guía y opinión de este proyecto.

A los Arquitectos Francisco Juventino Silvano Martínez y José Luis Santis Gómez por sus conocimientos y experiencias compartidas, así como por su accesibilidad y amistad brindada.

A Ing. Civil José Ángel Hernández Vallejo, por la enseñanza brindada, disponibilidad y amistad.

Al Jefe de zona de los CECyTs Estatales Ing. Raúl Estrada .Por las aportaciones y apoyos brindados durante el desarrollo del proyecto.

A el Director del plantel CECyT 11 Ing. José Manuel Ramos Morales y al docente Lic. Alfonso Gómez Santis. Por sus apoyos brindados durante la realización del proyecto dentro y fuera del plantel.

Al Presidente Municipal de Oxchuc Lic. Cecilia López Sánchez. Por la disponibilidad y aceptación del proyecto.

Agradecimiento especial a mi asesor externo. IBI. Jesús Carmona de la Torre por el apoyo y la confianza que deposito en mi, así como el asesoramiento, comentarios y correcciones hechas a este trabajo, así como su accesibilidad y sobre todo su amistad.

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR-San Cristóbal) por la oportunidad y facilidades de aprendizaje que me permitieron contribuir con este proyecto

Índice

Agradecimientos.....	2
1. Introducción.....	4
2. Justificación.....	5
3. Objetivos.....	5
4. Caracterización del área en que participó	6
5. Problema a resolver	7
6. Alcances y limitaciones	7
7. Fundamento teórico	8
8. Antecedentes.....	21
9. Antecedentes del Plantel del CECyT 11.	39
10. Procedimiento.....	40
10.1. Diagrama de flujo del procedimiento.....	40
11. Resultados	44
12. Conclusiones y recomendaciones.....	60
13. Referencias bibliográficas y virtuales	61
14. Anexos	62

1. Introducción

A pesar de que el hombre en algunas partes del mundo ha alcanzado niveles de desarrollo nunca antes logrados como especie, el abasto de agua es insuficiente y de baja calidad en algunos países; México no es ajeno a estos problemas cuando los expertos en agua estiman que aproximadamente quince millones de mexicanos no tienen acceso a una fuente de agua continua, en cantidad y calidad para el consumo; por esa razón el impacto sobre la salud, productividad y economía son significativas. El problema es mayor en lugares con alta marginación y pobreza o en ciudades densamente pobladas, estas dos situaciones ocasionan problemas sociales e impacto negativo al ambiente y a la biodiversidad de especies.

La distribución del agua en el país no corresponde al grado de desarrollo y al producto interno bruto. Actualmente en el centro de México se observa una sobreexplotación de los mantos acuíferos y un mayor producto interno bruto, contra una escasez de agua que va en aumento e inversiones millonarias que además han ocasionado provocado desabasto en pueblos mazahuas al construir a costos multimillonarios el sistema Cutzamala, mientras que en el norte donde el agua siempre ha sido escasa, se está alcanzando mayor desarrollo tecnológico y mayor producto interno bruto. En ambos casos se tiene el mayor de personas que contrastan con la situación del sureste mexicano, donde dos terceras partes del agua nacional están presentes, se tiene la mayor diversidad de especies, el menor número de ciudadanos con menos producto interno bruto.

Chiapas, Guerro y Oaxaca presentan índices elevados de marginación y pobreza que dificultan más las soluciones al problema del agua. En Chiapas la diversidad de etnias, climas, orografía y la falta de infraestructura representan un reto para las tecnologías desarrolladas en el mundo que pueden solucionar o mitigar los problemas relacionados al agua, sin embargo no es la falta de tecnologías o de recursos naturales como el agua lo que incrementa los problemas locales ya que existen evidencias de tecnologías del agua en varias culturas mesoamericanas desde hace varios miles de años, que aseguraban el abasto continuo para sus pobladores.

Afortunadamente algunas tecnologías para el agua se han rescatado. En varias comunidades rurales de Chiapas ya se utilizan y su uso empieza a ser extensivo, mientras los científicos y expertos trabajan para mejorarlas, adecuarlas a las diferentes condiciones e innovarlas, lo que representa una oportunidad para la mitigación de problemas ambientales en el proceso de desarrollo humano local.

La presente propuesta para la captación de agua y abasto de agua de lluvia surge por la necesidad de agua de mil estudiantes y vecinos del plantel del CECYT 11 ubicado en la cabecera municipal de Oxchuc, Chiapas. En esta comunidad el abasto de agua superficial para consumo y uso doméstico es imposible por indisponibilidad o contaminación y entre otras, la captación de agua de lluvia representa una alternativa viable. A continuación se presenta una propuesta para el diseño, construcción y distribución de agua a través de un sistema de captación de agua de lluvia y no detallan los aspectos financieros por políticas de la empresa que exige confidencialidad en algunos aspectos del proyecto.

El presente documento describe la metodología y los resultados para contribuir al trabajo de campo, diseño y gestión del proyecto SCALL Oxchuc, (título resumido).

2. Justificación.

Ante la escasez de agua en el municipio de Oxchuc la oportunidad de realizar este proyecto Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) puede representar parte de la solución ya que con la construcción de un SCALL, el abasto de agua puede ser permanente y de mejor calidad que al agua superficial que aportan los ríos, lagos, manantiales o incluso las ollas de agua que con los años van quedando sin uso o representan verdaderos vectores de enfermedades debidas a la insalubridad del agua , cuando a estas no se les da mantenimiento y se aplican procedimientos para la desinfección.

Con la gestión y construcción el proyecto plantea un proceso de seguimiento de al menos una año, lo que permitirá mejorar las capacidades de docentes y estudiantes de la rama de la construcción, ya que en el planten CECyT 11 se imparte la carrera técnica en construcción en un intento de hacer extensivas estas alternativas de solución a los problemas del agua.

El logro de este proyecto impactará directamente en la mejora de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras de estudiantes y docentes, con un beneficio indirecto para los vecinos del plantel y en general de la población de la cabecera municipal de Oxchuc.

3. Objetivos.

Colaborar en el proyecto para el diseño, gestión y construcción de un sistema de captación de agua de lluvia para el CECyT 11 del municipio de Oxchuc, Chiapas, México.

4. Caracterización del área en que participó

Misión.

El Colegio de la Frontera Sur es un centro público de investigación científica, que busca contribuir al desarrollo sustentable de la frontera sur de México, Centroamérica y el Caribe a través de la generación de conocimientos, la formación de recursos humanos y la vinculación desde las ciencias sociales y naturales.

Visión.

Ser un centro de investigación científica *reconocido* nacional e internacionalmente por la calidad, *pertinencia*, relevancia e impacto de sus aportaciones

En ECOSUR existe el área de Laboratorios Institucionales (LI's) que trabajan bajo un sistema de gestión de la calidad y cuenta con tres laboratorios acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación en las ramas de sanidad agropecuaria, alimentos y agua.

Desde hace ya varios años el coordinador del área de LI's, el Ing. Jesús Carmona trabaja con los temas de agua y residuos sólidos y peligrosos, y se ha dedicado a la construcción de prototipos lúdicos. En los últimos años se ha dedicado a la gestión e implementación de un sistema de manejo ambiental y sus aportaciones para la instalación de tecnologías del agua han sido reconocidas al interior de esta institución.

Con estos trabajos se quiere.

- Mostrar a la sociedad que se puede utilizar al agua de forma diferente.
- Incidir en políticas públicas con el ejemplo.
- Contribuir al cuidado del ambiente.
- Disminuir los costos de agua potable y drenaje en la USC.
- Cumplir la normatividad ambiental para agua (NOM-001 y 002-SEMARNAT-1996)
- Reusar en baños el agua residual tratada.
- Restaurar espacio de humedal natural.
- Disponer de infraestructura modelo, congruente con nuestra misión y visión.
- Implementar Sistemas de Manejo Ambiental (SMA)
- Lograr un buen desempeño ambiental de las operaciones de instalaciones de la Unidad San Cristóbal de las Casas.

5. Problema a resolver

Abastecer de agua para uso escolar de manera permanente y con calidad a 1000 alumnos y docentes del plantel CECyT 11, contribuir a la mitigación de los problemas de salud relacionados al agua y en la medida de las posibilidades, abastecer de agua para uso doméstico a las familias vecinas del plantel.

6. Alcances y limitaciones

Alcances:

De acuerdo al alcance establecido preliminarmente en este proyecto, se logró participar en los siguientes rubros:

Diseño.

Después de demostrar las capacidades personales, se permitió aportar ideas para el diseño de los elementos y subsistemas del SCALL.

Gestión.

En el área de desarrollo de esta residencia se nos brindaron las facilidades para la gestión del trabajo de campo para realizar el levantamiento base del diseño y se ha dado seguimiento en la gestión de los recursos económicos necesarios con el gobierno municipal de Oxchuc, CDI, SEDESOL, autoridades ECOSUR y del CECyT.

Participación conjuntamente con mi asesor en aspectos sociales para la realización del taller de planeación estratégica con grupo de docentes del plantel con el objeto de elaborar un programa operativo anual del proyecto.

Limitaciones:

Por el alcance del proyecto, la falta de tiempo fue un factor determinante para concluir la gestión de los recursos económicos, la construcción y el seguimiento de los aspectos sociales que contempla. Por la misma razón, tampoco se logró elaborar en Autocad los planos arquitectónicos de los elementos diseñados para el SCALL.

7. Fundamento teórico

Componentes de un sistema de captación del agua de lluvia.

A continuación se describen y se ilustran los componentes para el aprovechamiento del agua de lluvia a nivel familiar y comunitario, consta de los siguientes elementos aprecia en la fig. 1.

Área de captación

Sistema de conducción

Infraestructura de almacenamiento

Filtración y tratamiento

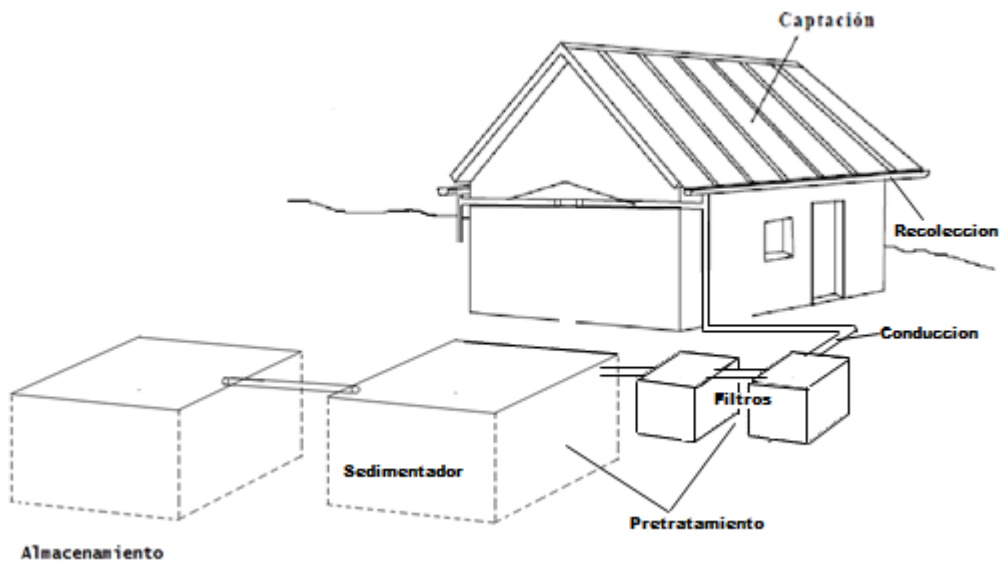


Fig. 1 Sistema de Captación de Aguas de Lluvia (SCALL)

Área de captación del agua de lluvia

El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de casas habitación, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con materiales que la impermeabilizan. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento. Además, la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en m^2 .

A continuación se describen los tipos de techos utilizados para la captación del agua pluvial.

Techos. En las zonas urbanas los techos están construidos de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio; en las zonas periurbanas y rurales, de concreto, láminas de asbesto,

lámina galvanizada, madera y paja; también se pueden utilizar las superficies impermeables (canchas, patios, estacionamientos), que no desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua e incrementen el costo del tratamiento para obtener un producto de calidad. En el caso de materiales de concreto se deben limpiar antes de impermeabilizar; si son de lámina galvanizada o asbesto se recomienda revisar si tienen algún deterioro y en su caso sustituirlas, antes de su impermeabilización. Además, se requiere asegurar y verificar que sus estructuras soporten el peso de las canaletas más el agua de lluvia (Figura 1.1).



Figura 1.1 Techos de escuelas utilizados como áreas de captación del agua de lluvia, en los Reyes, Estado de Michoacán.

B. Techos cuenca. Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia compuesta básicamente de dos secciones: el techo, que funciona como área de contribución y retardador de evaporación, abajo de éste se encuentra el tanque o cisterna de almacenamiento. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central lo cual permite que el agua de lluvia se conduzca directamente por gravedad a la cisterna. Para indicar el nivel de almacenamiento se instala un piezómetro en la pared externa del tanque. El sistema de conducción del agua consiste de una válvula de salida, continuada por una tubería para terminar en una llave para el uso público (Figura 1.2).



Figura 1.2 Techo cuenca en la comunidad del Tecongo, Aguascalientes.

C. Laderas. Cuando el área de captación de los techos es insuficiente se selecciona una superficie o ladera que requiera las mínimas actividades de movimiento de tierras (relleno, nivelación y compactación), posteriormente se recubre toda la superficie con algún material impermeable como: plástico de invernadero, geomembrana, “CONSOLID” y concreto (Figura 1.3)



Figura 1.3 (a) Ladera recubierta con concreto en forma de abanico y (b) ladera recubierta con geomembrana de PVC acondicionados como áreas para captación del agua de lluvia.



Para realizar las actividades anteriormente citadas, se deben obtener características y condiciones del sitio tales como: topografía, geología, flora, historial del sitio y curvas de nivel esto con la finalidad de determinar los volúmenes de excavación, relleno y compactación.

a. El relleno. Se realiza en capas horizontales de espesor no mayor de 20 centímetros en toda la superficie y en longitudes adecuadas. Si el material no fuese uniforme, se debe mezclar hasta obtener la debida uniformidad y controlarse el tamaño máximo de los elementos que integren dicho material.

b. La compactación. Es el procedimiento de aplicar presión al suelo suelto para reducir espacios vacíos, aumentando su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad. Es

importante controlar previamente el contenido de humedad del suelo, que debe corresponder a la humedad óptima que se determina en laboratorio (ensaye proctor). En la mayor parte de los casos, es necesario el empleo de maquinaria especializada como rodillo pata de cabra y rodillo con ruedas neumáticas que ejercen presiones superiores a 9 kg/cm^2 .

Sistema de conducción

El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC.

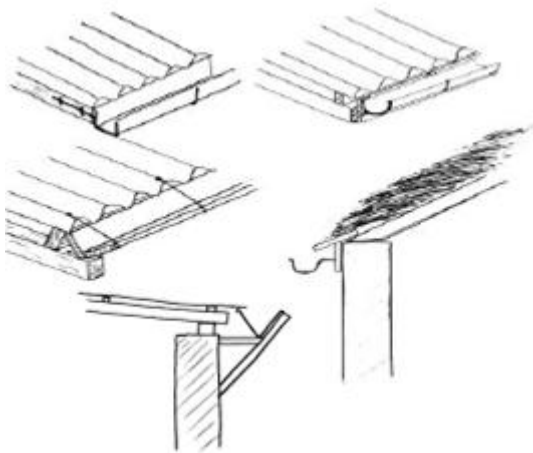


Figura 1.4 Formas de canaletas de construcción sencilla.



Figura 1.5 Forma de canaletas acordes a edificaciones.

Las canaletas se instalan en los bordes más bajos del techo, en donde el agua de lluvia tiende a acumularse antes de caer al suelo; el material debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí, debe combinar con los acabados de las instalaciones (zonas urbanas), que no contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos (figura 1.5); por lo que se recomienda se coloquen mallas (figura 1.6) que detengan basura, sólidos y hojas, para evitar la obstrucción del flujo en la tubería de conducción; así mismo, realizar en los techos labores de limpieza al inicio de la época de lluvias.

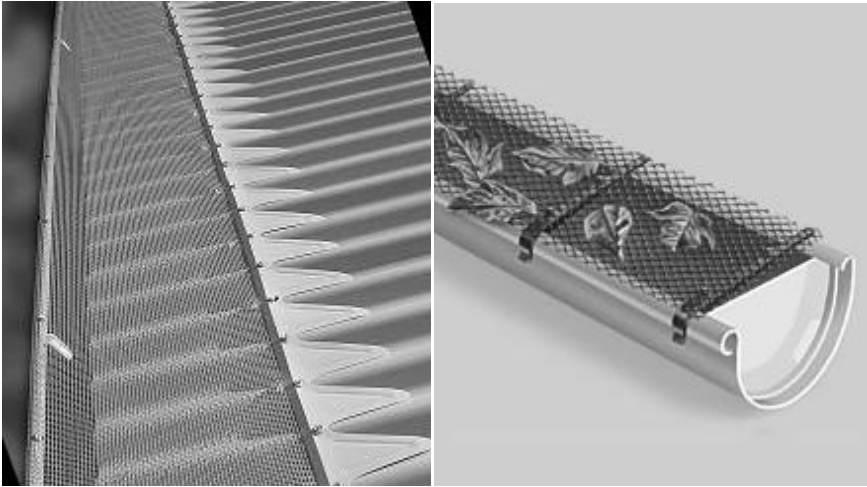


Figura 1.6 Canaletas con malla para evitar la contaminación por hojas.

Los materiales utilizados son: aluminio, lámina galvanizada, PVC y recursos maderables de cada región. Actualmente se ha visto que los arquitectos, ingenieros y dueños de casas consideran estructuras diversas para la colección del agua de lluvia. En la figura 1.7 se muestra el diagrama completo de un sistema de colección y trampa de sólidos.

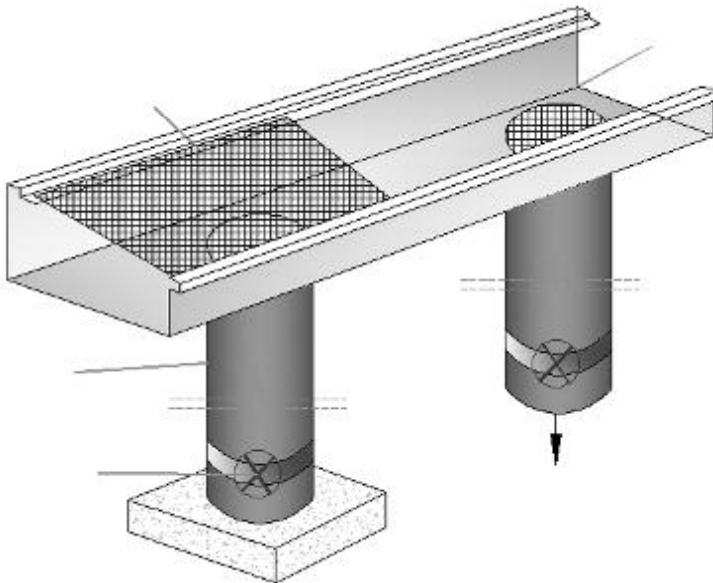


Figura 1.7 Canaleta con rejilla y válvula para el lavado de las primeras lluvias.

Estructura para el almacenamiento del agua de lluvia

Son cisternas o tanques donde se almacena el agua de lluvia captada, que puede utilizarse, previo al tratamiento para uso doméstico durante todo el año.

Los materiales más utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento son los siguientes:

Plásticos: Fibra de vidrio, polietileno y PVC

Metales: Barril de acero, tanque de acero galvanizado.

Concreto: Ferrocemento, piedra y bloque de concreto.

Madera: Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara).

A continuación se describen varios tipos de cisternas construidas con diferentes materiales:

A. Tanques o cisternas de ferrocemento.

Estas cisternas son rápidas de construir, igualmente los materiales se consiguen fácilmente para que los mismos usuarios las construyan. A continuación se presenta el proceso de construcción de una cisterna de ferrocemento (Figura 1.8):



Figura 1.8 (a) Colocación de malla electro soldada (www.bosquedeniebla.com.mx/htm/eco_cis.htm), (b) aplanado con mezcla de arena y cemento (c) tubería de PVC cortada a la mitad para conducir el agua de lluvia a la cisterna de 10 m³ con llave para el uso doméstico (CIDECALLI, 2006) y (d) cisterna con tapa de lámina corrugada en Uganda (www.dip.go.ug).

Ventajas:

Bajo costo, uso reducido de materiales, no se necesita molde, puede ser fabricado por personas de la localidad en poco tiempo, fácil de reparar y es aceptada por todos.

Desventajas:

El agua se calienta con facilidad, por lo que la cisterna siempre tiene que ser pintada de blanco, la obra no puede ser interrumpida pues las capas subsecuentes del aplanado no se adhieren suficientemente entre sí, lo cual puede ocasionar pérdidas de agua por filtración, estas cisternas no son recomendadas en zonas sísmicas, ya que pueden fracturarse, sobre todo cuando se secan.

B. Cisternas de concreto

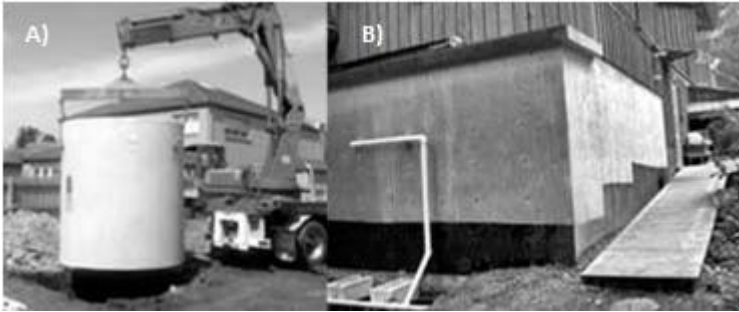


Figura 1.9 Transporte de cisterna de concreto: (a) 5 m³ y (b) 75,6 m³.

Fuente: www.rainwaterconnection.com

En Estados Unidos de América, las cisternas de concreto se fabrican bajo condiciones controladas, después son trasladadas al sitio de instalación. La capacidad de almacenamiento es de 5 a 35 m³; cuando las dimensiones son mayores se construyen en el sitio seleccionado. La calidad del agua almacenada depende de los acabados de sus paredes y del material impermeabilizante. Las cisternas pueden estar sobre la superficie del suelo, enterradas o semienterradas; sin embargo, es una tecnología costosa para los países en desarrollo

C. Cisternas de cemento-tabique

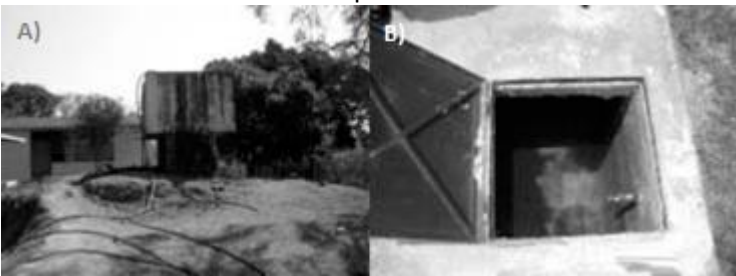


Figura 1.10 (a) Cisterna de cemento y tabique: escuela primaria de Acapulco, (b) y tapa de protección, Estado de México

Son las más simples y comunes en las zonas rurales de México y son construidas con arcilla horneada y arena cementada.

Desventajas:

Son de baja flexibilidad ya que los materiales de construcción no resisten desplazamientos y fuertes movimientos sísmicos. En dimensiones mayores la construcción, resulta con altos costos comparativos y mayor cantidad de material cementante, además necesita estructuras de soporte como cadenas, mezcla de arena con cemento para el recubrimiento de las paredes para su impermeabilización. Es preocupante observar que el tamaño de las cisternas varía de 2 a 30 m³ en la mayoría de los casos, ya que el volumen no es suficiente para hacer frente a la demanda de la familia durante todo el año.

D. Cisternas revestidas con cubierta flotante de geomembrana de PVC, polietileno de alta densidad ó polipropileno reforzado.

Dentro de las nuevas tecnologías de productos geosintéticos se encuentran las geomembranas, que son impermeables a fluidos y partículas, evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada. La geomembrana de PVC, el polietileno de alta densidad y alto peso molecular y el polipropileno reforzado ofrecen muchas ventajas: facilidad de instalación, elasticidad, resistencia a punzonamiento, de fácil colocación por ser termo fusionable (cisternas, canales y otros depósitos); algunas de sus propiedades son: 25 años de vida y elongación del 200 % sin perder su estructura molecular. La impermeabilización obtenida con 1 mm de espesor de geomembrana de PVC equivale a la impermeabilidad de 1 m de arcilla compactada. Una cisterna de concreto resulta de cuatro a cinco veces más costosa que una recubierta con estos productos geosintéticos.

Para la instalación de las geomembranas se requiere hacer lo siguiente:

- Eliminar raíces y otros objetos punzantes que puedan dañar la geomembrana.
- Verificar que la tierra excavada sea apta para terraplenes y compactación.
- Verificar la superficie sobre la cual se colocará la geomembrana.
- Definir que tipo de geomembrana se va a utilizar (PVC, polietileno, poliuretano); así como el color y espesor.
- Determinación del ancho y largo de las porciones de geomembrana.
- Ensamblaje o soldadura térmica con equipo y personal especializado, calificado y Certificado.
- El perímetro superior de la geomembrana debe anclarse alrededor de la cisterna, construyendo una cepa perimetral de 50x50x40 cm para cubrirse con tierra.
- Proteger los taludes exteriores con pasto o con algún geo-textil.
- Instalar un vertedor de demasías para prevenir los desbordamientos.

Ventajas:

- Es de tres a cuatro veces más económica que una cisterna de ferrocemento.
- La geomembrana tiene una garantía de 10 años y una durabilidad de 25 años.
- La cisterna con cubierta flotante evita la contaminación del agua de lluvia por polvo y previene la proliferación de microbios.
- Las reparaciones se realizan fácilmente y en corto tiempo.
- Se necesita una compactación mínima.
- En zonas sísmicas no ocurren desplazamientos ya que la geomembrana es flexible.

Desventajas:

En terrenos arenosos se dificulta la compactación de las paredes de la cisterna, por lo cual es necesario considerar los taludes lo que aumenta la superficie a revestir con geomembrana y por consiguiente los costos de las cisternas.

En la figura 1.11 se presentan varios tipos de cisternas revestidas y techadas con cubierta flotante de PVC

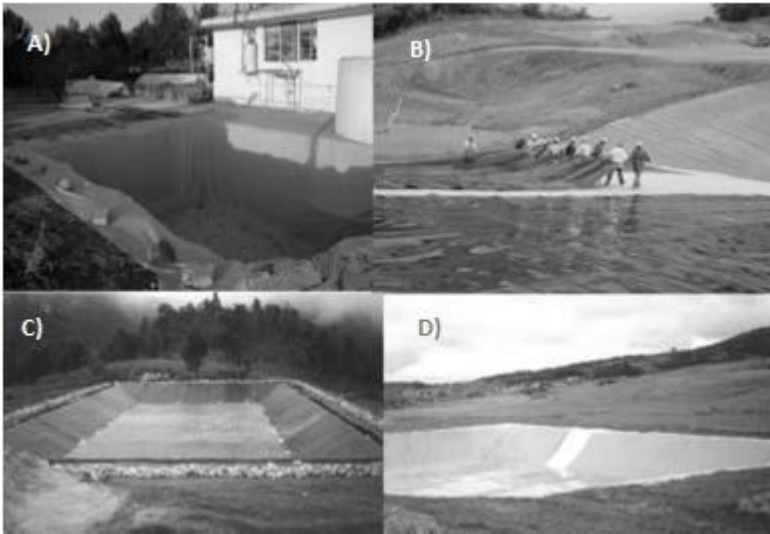


Figura 1.11 Cisternas revestidas con geomembrana y polietileno: (a) cisterna para uso doméstico COLPOS 1, (b) transporte de geomembrana para recubrimiento (www.layfieldgroup.com), (c) cisterna sin tapa, (d) cisterna revestida y con cubierta flotante de geomembrana de PVC en San Felipe del Progreso, Estado de México.

E. Cisternas de metal

Es el material más utilizado en la construcción de cisternas y tanques que almacenan agua de lluvia. El acero galvanizado no es resistente a la corrosión, pero es frecuentemente más resistente a la oxidación. En los tanques nuevos podría existir un exceso de zinc, el cual puede afectar el sabor del agua de lluvia almacenada. Estos tanques deben lavarse con agua antes de usarse (Figura 1.12).

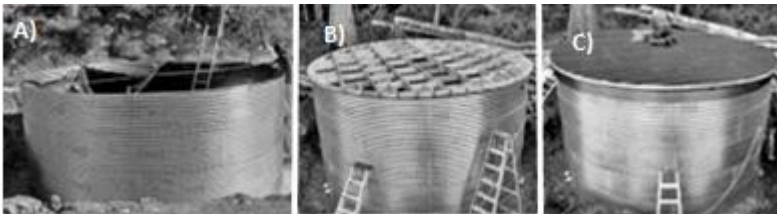


Figura 1.12 (a) Ensamblado de las hojas de lámina galvanizada con tornillos, (b) estructura para el techo del tanque y (c) Colocación de material impermeable para evitar las pérdidas del agua por evaporación. Fuente: www.rainwaterconnection.com

F. Tanque de polietileno

Es ampliamente utilizado para el almacenamiento de agua, varía en forma, tamaño y color, puede ser usado superficialmente o enterrado, fácil de transportar e instalar, durable, flexible, con acabados sanitarios para agua potable (Figura 1.13). Existen presentaciones de 0.5 a 25 m³ de capacidad.



Figura 1.13 Tanque de polietileno de 5 m³, San Felipe del Progreso, Estado de México.

G. Cisterna de madera

Las civilizaciones humanas han utilizado estas cisternas, construidas con Secoya, u otra madera para almacenar agua para diversos usos y para consumo humano. Actualmente este tipo de cisternas tienen una gran presentación estética, a veces resulta una opción deseable ya que son construidos de pino, cedro y ciprés, envuelto con cables de acero de alta tensión (Figura 1.14).



Figura 1.14 Cisterna de madera de pino con tensores para almacenar 5 m³.

Fuente: www.rainwaterconnection.com

La ventaja es que mantiene el agua a una temperatura agradable en verano, la protege de la congelación en invierno; es desmontable y móvil.

La desventaja es que debe instalarse a una altura determinada sobre el suelo para su mayor duración, debe ser construida por técnicos expertos; además es costosa.

Costos de las cisternas

En el cuadro 1.1, se presentan los costos aproximados de diferentes cisternas para el almacenamiento del agua pluvial.

Cuadro 1.1 Costos de diferentes cisternas para almacenamiento de agua.

MATERIAL	COSTOS		TAMAÑO		COMENTARIOS
	US \$ / litro		Litros		
Fibra de vidrio	0.13	0.50	2000	8000	Puede durar por varias décadas, las reparaciones son fáciles y se puede pintar.
Concreto	0.07	0.31	40,000		Tienen riesgos por grietas; el olor y el sabor del agua cambian.
Metal	0.13	0.38	600	10000	Es de peso ligero y de fácil transportación la oxidación se puede resolver con una pintura sanitaria.
Polipropileno	0.09	0.25	1200	40,000	Es de peso ligero el agua se calienta si el tanque esta expuesto a la luz del sol; los tanques blancos fomentan el crecimiento de algas.
Madera	0.50		3000	200,000	Se instalan en zonas residenciales.
Geomembrana *	0.01			4 000,000	Recomendable para zonas sísmicas
Polietileno	0.19	0.42	1200	20000	
Acero soldado con autógena	0.20	1.00	120,000	4,000,000	
Barril para almacenamiento del agua de lluvia	100		200	400	Se deben evitar barriles que Desprendan material tóxico e instalar una rejilla para evitar los mosquitos.

Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005. *CIDECALLI, 2005.

Filtración del agua de lluvia

La filtración es el proceso para separar un sólido del líquido en el que está suspendido, al hacerlo pasar, a través de un medio poroso (filtro) y por el cual, el líquido puede pasar fácilmente.

Cuando el agua de lluvia es captada de los techos, se debe instalar un tanque (Figura 1.15) para almacenar temporalmente las primeras lluvias contaminadas por basura, hojas y polvo, para utilizarla en el riego de frutales, hortalizas u otras aplicaciones que no requieran una alta calidad del agua.



Figura 1.15 Tanque de recepción de las primeras lluvias.

Fuente: www.arcsa-usa.org

El dispositivo más sencillo consiste en colocar una malla a la mitad de un bote de 19 litros y en la parte del fondo se adapta a la tubería de la línea de conducción (Figura 1.16).



Figura 1.16 Trampa de basura para las primeras lluvias (izquierda) y válvula para drenaje (derecha).

En los sistemas de captación del agua de lluvia a nivel comunitario se puede reducir la turbidez mediante la construcción e instalación de un sedimentador o bien la instalación de un filtro modular de sedimentos (Figura 1.17); su construcción consiste en un cuerpo de PVC hidráulico, con un sistema filtrante de arenas y gravas sílicas; su ubicación es en la parte superior de la cisterna cementada a la red principal justo antes de la descarga del agua pluvial.

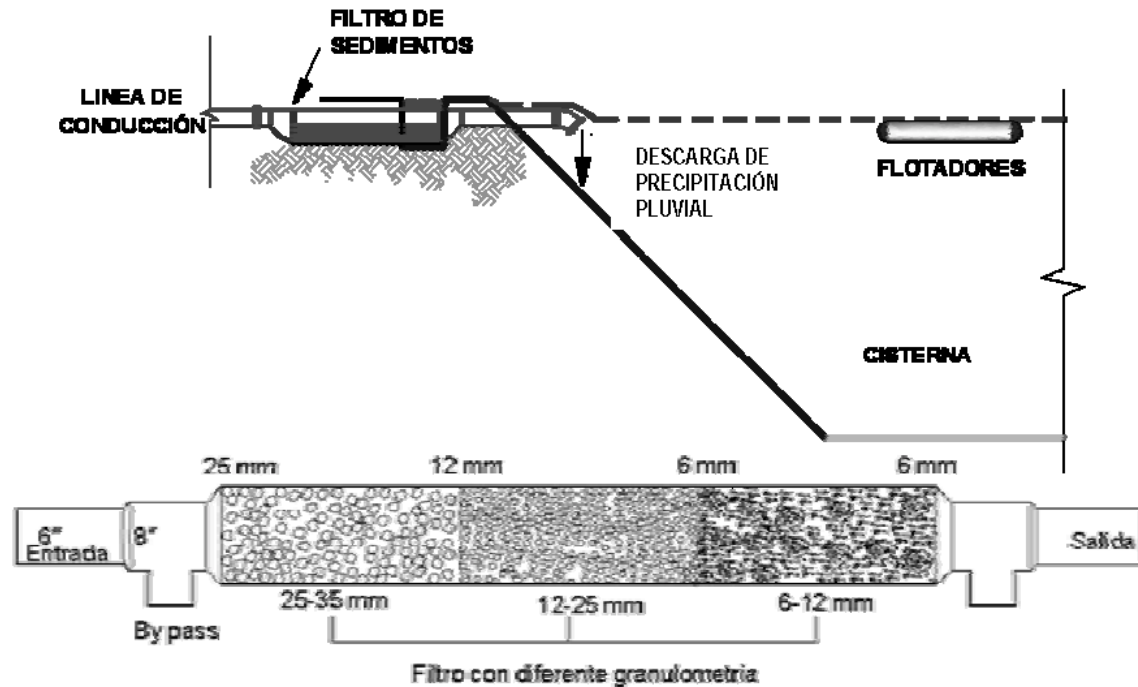


Figura 1.17 Instalación del filtro modular de sedimentos (CIDECALLI-CP, 2006).

El material filtrante debe estar siempre limpio y sus capas deben ser removidas y lavadas durante la época de lluvias.

Un sistema más complejo es la construcción de cortinas separadoras fijas y flotantes, dirigiendo el flujo del agua a las cortinas separadoras para incrementar el tiempo de retención del líquido y mejorar la calidad del producto resultante (Figura 1.18).

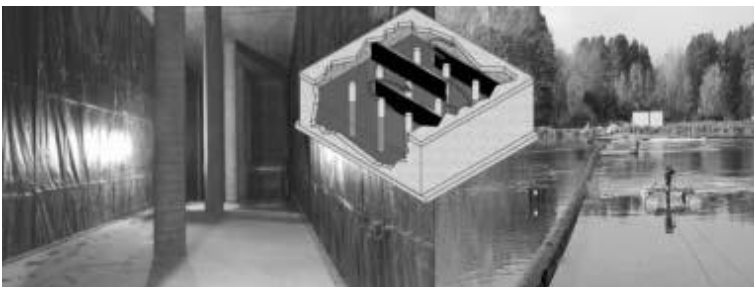


Figura 1.18 Cortinas separadoras fijas (izquierda) y flotantes (derecha).

Fuente: www.layfieldgroup.com

Sistema de distribución

El sistema de distribución del agua de lluvia captada, depende del uso que se dé al recurso: consumo humano, uso doméstico, agricultura, ganadería, y uso industrial; también de la situación geográfica y topografía de la localidad.

8. Antecedentes.

El nombre de Oxchuc significa en lengua tzeltal “Tres Nudos”.

El grupo tzeltal se instaló en las tierras del actual municipio de Oxchuc, antes de la llegada de los conquistadores españoles. Oxchuc fue un importante centro político ceremonial. A mediados del siglo XVI, los misioneros españoles, encargados de la evangelización de la zona, dieron al pueblo las bases de un gobierno colonial. Los habitantes del municipio participaron activamente en la sublevación indígena de 1712; en el Censo de Población de 1900, Oxchuc aparece como municipio; posteriormente es descendido a la categoría de agencia municipal, dependiendo de Ocosingo. En 1936 se le restituye la categoría de municipio libre.

Perfil sociodemográfico.

Grupos Étnicos

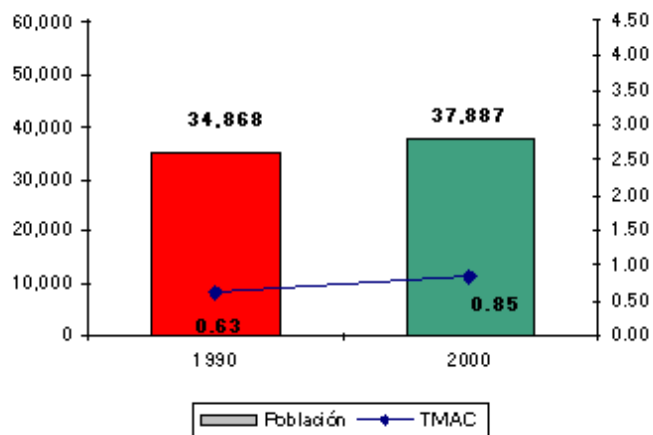
De acuerdo a los resultados que presentó el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, en el municipio habitan un total de 33,780 personas que hablan alguna lengua indígena.

Evolución Demográfica



En el período comprendido de 1990 al 2000, se registró una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) del 0.85%, el indicador en el ámbito regional y estatal fue de 2.37% y 2.06% respectivamente. (Gráfica 1).

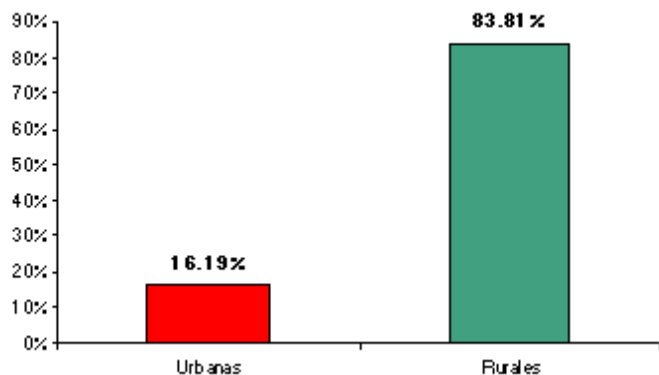
Gráfica 1
Crecimiento poblacional del municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

La dinámica demográfica municipal en este lapso, presentó un incremento de 3,019 habitantes. La población total del municipio se distribuye de la siguiente manera: 16.19% vive en 2 localidades urbanas, mientras que el 83.81% restante reside en 89 localidades rurales, que representan 97.80% del total de las localidades que conforman el municipio. Los porcentajes regional y estatal para localidades con este mismo rango fueron de 97.99% y 99.09% respectivamente. (Gráfica 2).

Gráfica 2
Distribución espacial de la población, según tipo de la localidad, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.

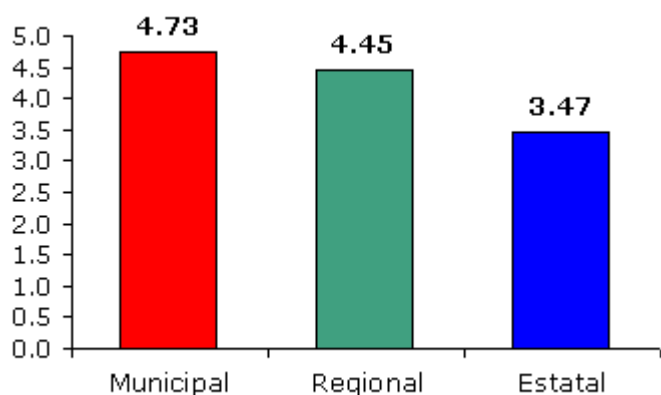


Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En el ámbito municipal se observa una densidad de población de 526 habitantes por Km², el regional es de 128 y el estatal de 52 habitantes. La Tasa Global de Fecundidad (TGF) para el año 2000, fue de 4.73 hijos por mujer en edad reproductiva, mientras que la TGF de la región fue de 4.45 y la del estado 3.47 (Gráfica 3).

Gráfica 3

Tasa Global de Fecundidad, municipio de Oxchuc, región II Altos y Estado de Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En Chiapas el saldo neto migratorio es negativo (-1.42). El 1.40% de su población total proviene de otros estados y 2.82% emigró de Chiapas en el período 1990-2000. El XII Censo General de Población y Vivienda 2000 del INEGI, hasta el momento de la presente edición no muestra datos de emigración municipal.

La inmigración es del 0.03%; quienes llegaron al municipio provienen principalmente de los estados de Guanajuato, Tabasco, México y Veracruz. el indicador regional es de 0.21% y el estatal de 3.16 por ciento.

De acuerdo a los datos publicados en el año 2000, por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) el municipio presentó un grado de marginación muy alta. Para ese mismo año existían en el estado sólo un municipio de muy baja marginación (Tuxtla Gutiérrez), 1 de baja marginación (San Cristóbal de Las Casas) 6 de media, 65 de alta y 44 de muy alta marginación. No se incluyó el municipio de Nicolás Ruiz, debido a que no fue censado, por el INEGI en el año 2000. De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 34,284 habitantes.

Religión

El 47.42% de la población profesa la religión católica, 41.08% protestante, 0.98% bíblica no evangélica y 7.60% no profesa credo.



En el ámbito regional el comportamiento es: católica 64.28%, protestante 17.97%, bíblica no evangélica 3.57% y el 12.46% no profesa credo. Mientras que en el estatal es 63.83%, 13.92%, 7.96% y 13.07% respectivamente.

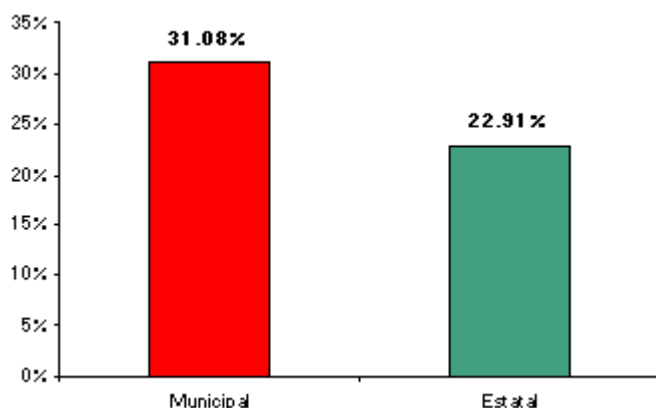
INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES

Educación

En el año 2000, el municipio presentó un índice de analfabetismo del 31.08%, indicador que en 1990 fue de 34.72%. Actualmente la media estatal es de 22.91%. (Gráfica 4).

Gráfica 4

Tasa de Analfabetismo, municipio de Oxchuc y Estado de Chiapas. Año 2000.

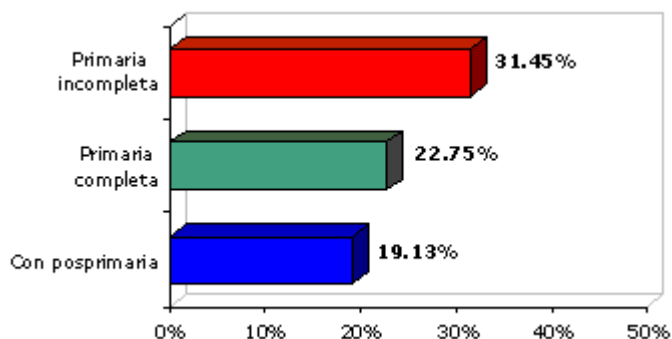


Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

De la población mayor de 15 años, 31.45% tiene primaria incompleta, 22.75% completó los estudios de primaria y 19.13% cursó algún grado de instrucción posterior a este nivel. (Gráfica 5).

Gráfica 5

Instrucción escolar de la población de 15 años y más del municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

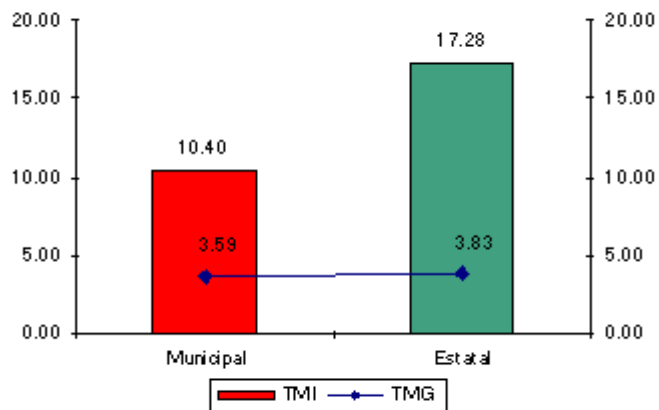
Salud

En 2000 el régimen de los servicios de salud atendió a 12,471 personas, 0.18% de los usuarios fueron beneficiados por instituciones de seguridad social y 99.82% por el régimen de población abierta

La Tasa de Mortalidad General (TMG) en el 2000 fue de 3.59 defunciones por cada 1,000 habitantes, y de 10.40 la Tasa de Mortalidad Infantil. A nivel estatal fue de 3.83 y 17.28 respectivamente (Gráfica 6).

Gráfica 6

Tasa de Mortalidad General (*) e Infantil (**), municipio de Oxchuc y Estado de Chiapas. Año 2000.



(*) Expresada por 1,000 habitantes

(**) Expresada por cada 1,000 NVR

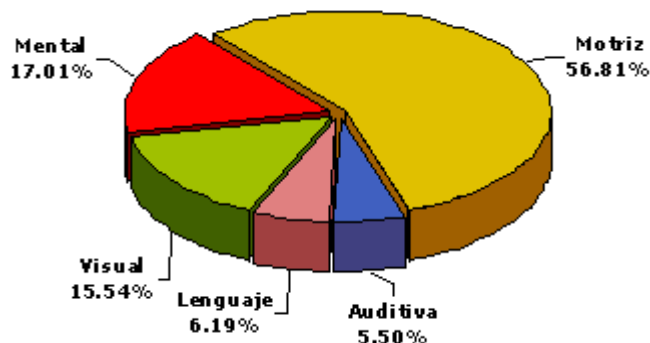
Fuente: ISECH. Anuario Estadístico de Mortalidad 2000.

Las principales causas de la mortalidad general en el municipio son: Enfermedades del corazón, accidentes, tumores malignos, diabetes mellitus, enfermedades del hígado y enfermedades infecciosas intestinales relacionadas al agua.

El 1.92% de la población total padece alguna forma de discapacidad, distribuyéndose de la siguiente manera: 56.81% presenta discapacidad motriz, 5.50% auditiva, 6.19% de lenguaje, 15.54% visual y 17.06% mental. (Gráfica 7).

Gráfica 7

Población con discapacidad, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI: Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Los porcentajes de la población discapacitada en la región y el estado son de 1.13 y 1.27 respectivamente. La suma de los distintos tipos de discapacidad puede ser mayor al 100%, debido a que algunas personas presentan más de una discapacidad.

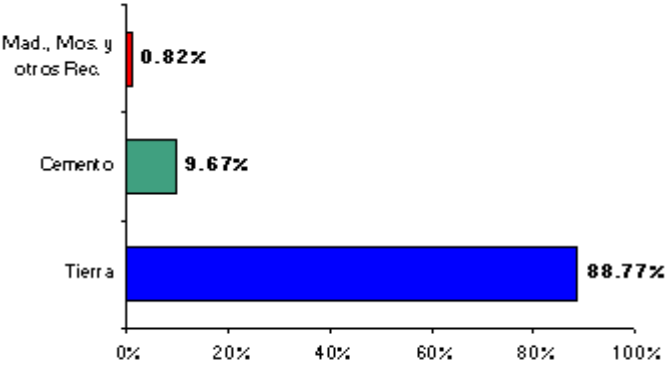
Vivienda

En el año 2000 se registraron 6,605 viviendas particulares habitadas, de las cuales 92.64% son propiedad de sus habitantes y 5.00% son no propias. En promedio cada vivienda la ocupan 5.61 habitantes; el indicador regional y estatal es de 5.12 y 4.85 ocupantes por vivienda respectivamente.



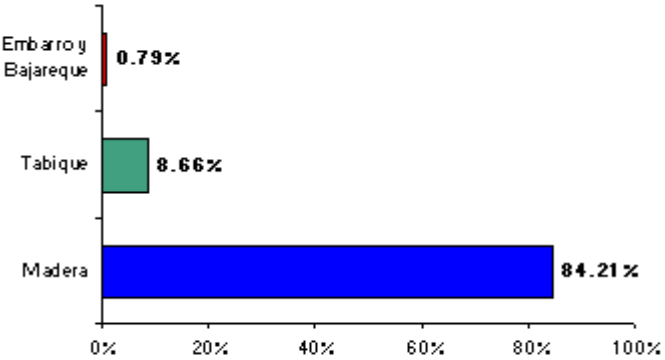
Los materiales predominantes en los pisos de las viviendas son 88.77% de tierra y 9.67% de cemento y firme. Las paredes son 84.21% de madera y 8.66% de tabique1. En techos 80.35% son de lámina de asbesto y metálica y 4.95% de losa de concreto2. (Gráficas 8, 9 y 10).

Gráfica 8
Materiales predominantes en pisos, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

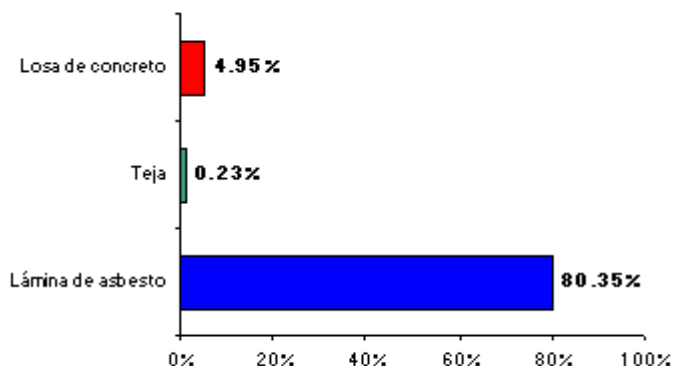
Gráfica 9
Materiales predominantes en paredes, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Gráfica 10

Materiales predominantes en techos, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.



Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, en el municipio cuentan con un total de 6,945 viviendas de las cuales 6,919 son particulares.

El 54.93% de las viviendas disponen de energía eléctrica, 24.47% de agua entubada y el 8.19% cuentan con drenaje. En la región los indicadores fueron, para energía eléctrica 82.92%, agua entubada 62.32% y drenaje 39.23%; y en el estado 87.90%, 68.01% y 62.27% respectivamente.

Medios de Comunicación

Para atender la demanda del servicio de comunicación, este municipio dispone de una oficina postal, así como con una red telefónica con servicio estatal, nacional e internacional.

Vías de Comunicación

De acuerdo al inventario de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el municipio en el año 2000 contaba con una red carretera de 109.4 km. Integrados principalmente por la red rural de la SCT (16.30 km.) red de la Comisión Estatal de Caminos (28.92 km.) y a caminos rurales construidos por las Secretarías de Obras Públicas, Desarrollo Rural, Defensa Nacional, la Comisión Nacional del Agua (64.18), entre otras. La red carretera del municipio representa el 5.1% de la región.

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Población Económicamente Activa por Sector

En el año 2000, la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada fue de 12,503 habitantes, distribuyéndose por sector, de la siguiente manera:

Sector Primario

El 87.80% realiza actividades agropecuarias. El porcentaje de este sector en los ámbitos regional y estatal fue de 54.86% y 47.25% respectivamente.

Sector Secundario

El 1.28% de la PEA ocupada laboraba en la industria de la transformación, mientras que en los niveles regional y estatal los porcentajes fueron de 14.04 y 13.24 respectivamente.

Sector Terciario

El 8.69% de la PEA ocupada se emplea en actividades relacionadas con el comercio o la oferta de servicios a la comunidad, mientras que en los niveles regional y estatal el comportamiento fue de 28.99% y 37.31% respectivamente.

En la percepción de ingresos, en el municipio, se tienen los siguientes resultados: el 51.58% de los ocupados en el sector primario no perciben ingresos y sólo 0.09% reciben más de cinco salarios. En el sector secundario, 13.13% no perciben salario alguno, mientras que 5.00% reciben más de cinco. En el terciario, 13.63% no reciben ingresos y el 8.47% obtienen más de cinco salarios mínimos de ingreso mensual. (Cuadro 2).

Cuadro 2

Población Económicamente Activa (PEA) Ocupada, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.

OXCHUC	POBLACIÓN OCUPADA		NO RECIBE INGRESOS		MÁS DE 5 SALARIOS MIN.		NO ESPECIFICADO	
		%		%		%		%
PRIMARIO	10,978	87.80	5,663	51.58	10	0.09	672	6.12
SECUNDARIO	160	1.28	21	13.13	8	5.00	23	14.38
TERCIARIO	1,086	8.69	148	13.63	92	8.47	93	8.56

Fuente: INEGI; Resultados Definitivos, Chiapas XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En este mismo rubro la región reporta los siguientes datos: 45.16% de la PEA ocupada en el sector primario no recibe salario alguno y 0.43% recibe más de cinco salarios. En el sector secundario, 13.26% no percibe ingresos por su actividad, mientras que sólo 2.00% percibe más de cinco salarios. En el terciario, 5.78% no recibe ingresos y 11.72% más de cinco salarios mínimos mensuales de ingreso, por su actividad.

La distribución de ingresos de la PEA en el estado reporta que el 40.66% del sector primario no recibe salario alguno y sólo 0.76% recibe más de cinco salarios mínimos. En el sector secundario, 6.63% no percibe ingresos y 4.46% recibe más de cinco salarios. En el terciario, 5.73% no recibe ingresos y el 11.98% obtiene más de cinco salarios mínimos.

De acuerdo al Informe de Gobierno, los recursos públicos ejercidos por las dependencias estatales y federales en el año 2000, fueron del orden de los 25.48 millones de pesos, que se destinaron principalmente en Educación, 21.82%, Desarrollo Agropecuario 25.01% y Desarrollo Regional y Urbano, 41.32%. (Cuadro 3).

Cuadro 3

Inversión pública ejercida por sector de actividad, municipio de Oxchuc, Chiapas. Año 2000.

OXCHUC	POBLACIÓN		NO RECIBE		MÁS DE 5		NO	
	OCUPADA	%	INGRESOS	%	SALARIOS MIN.	%	ESPECIFICADO	%
PRIMARIO	10,978	87.80	5,663	51.58	10	0.09	672	6.12
SECUNDARIO	160	1.28	21	13.13	8	5.00	23	14.38
TERCIARIO	1,086	8.69	148	13.63	92	8.47	93	8.56

Fuente: Secretaría de Planeación. Informe de Gobierno 2000.

Para el ejercicio 2001, el municipio contó con recursos autorizados del Ramo 33 (Aportaciones Federales para Entidades Federativas y Municipios) del orden de los 40.69 millones de pesos, de los cuales 33.04, corresponden al Fondo de Infraestructura Social Municipal (FISM) y 7.64, al Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento Municipal (FAFM).

ATRATIVOS CULTURALES Y TURÍSTICOS

Centros Turísticos

Los principales atractivos turísticos son: Oxchuc ofrece paisajes de bosque de coníferas, así como una caída de agua sobre el río Mesbiljá, Además, la iglesia de tipo colonial sirve de marco de las festividades religiosas del municipio. La celebración más importantes es: Santo Tomás Apóstol.

GOBIERNO

Principales Localidades

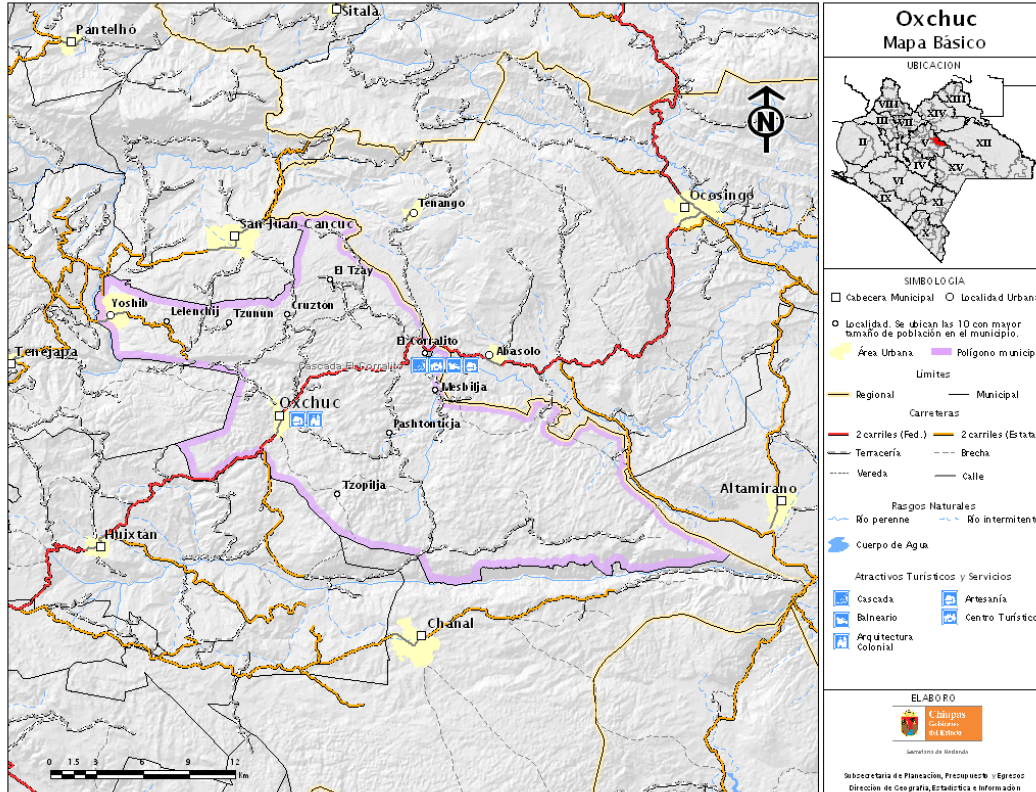
Nombre Localidad	Población			Población Ocupada				
	Abs.	Rel.		Abs.	Rel.			
	Tot.	Masc.	Fem.	Tot.	Prim.	Sec.	Terc.	NE
Oxchuc (10 Localidades)	17474	49.9	50.1	5742	85.6	1.4	10.7	2.2
Oxchuc	3156	48.7	51.3	584	33.7	7.2	55.1	3.9
Yoshib	2979	49.1	50.9	1322	97.8	0.0	2.0	0.2
Lelenchij	1958	50.8	49.2	694	72.5	0.6	26.5	0.4
Mesbilja	1727	51.4	48.6	671	89.1	0.6	4.2	6.1
El Tzayl	1619	50.3	49.7	577	95.5	0.9	2.8	0.9
El Corralito	1417	49.0	51.0	459	93.9	1.1	2.8	2.2
Tzunun	1215	50.9	49.1	368	97.3	0.3	2.2	0.3
Tolbilja	1150	50.8	49.2	302	86.4	1.7	1.0	10.9
Tzopilja	1133	51.1	48.9	421	95.0	0.7	2.4	1.9
Pashtonticja	1120	48.4	51.6	344	94.5	3.2	1.7	0.6
Resto Oxchuc	20413	50.3	49.6	6760	89.6	1.2	7.0	2.2

Localidades Urbanas 2.

Localidades Rurales 89.

MEDIO FÍSICO

Localización del municipio de Oxchuc. Se ubica en los límites del Altiplano Central y las Montañas del Norte, sus coordenadas geográficas son 16°47' N y 92°21' W.



Limita al norte con los municipios de Ocosingo y San Juan Cancuc, al este con Altamirano y Ocosingo, al sur con Chanal y Huixtán y al oeste con Tenejapa y Huixtán.

Extensión

Cuenta con una extensión territorial de 72.00 km² que representa el 1.90% de la superficie de la región Altos; su altitud es de 2,000 m.s.n.m.

Clima

Su clima es templado húmedo con abundantes lluvias en verano.

La paradoja es que tienen agua de lluvia en mayor abundancia que municipios con San Cristóbal, sin que se utilice como fuente de abasto.

Principales Ecosistemas

Flora

La vegetación es de bosques pino-encino.

Recursos Naturales

En el municipio se encuentra el Área Natural del Cañón de Tzaconejá. (Cuadro 1).

Cuadro 1

Áreas naturales protegidas, municipio de Oxchuc. Año 2000.

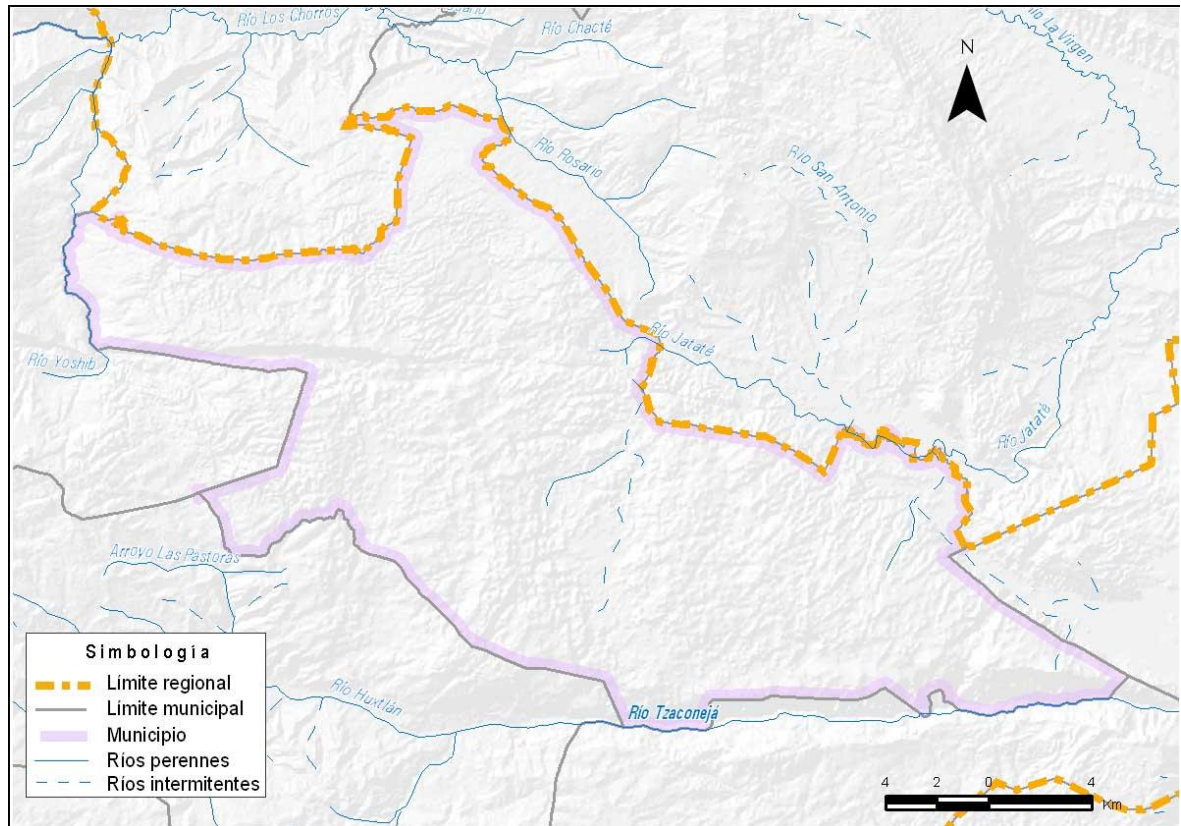
ÁREA NATURAL	LOCALIZACIÓN	SUPERFICIE (Has.)
Cañón de Tzaconejá (Parque Estatal en proyecto)	Meseta Central de Chiapas. Municipios de Oxchuc y Chanal.	3 750.00

Fuente: Instituto de Historia Natural. Departamento de Información para la Conservación.

Hidrografía

Las principales corrientes del municipio son: el río perenne Jataté, y el arroyo intermitente Nueva Galilea. ³

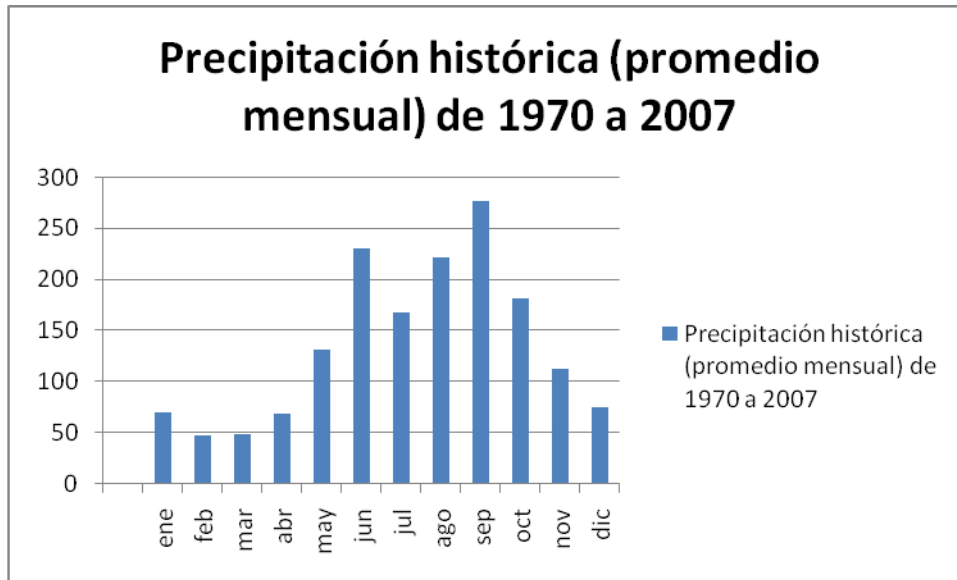
La mayor parte del territorio municipal se encuentra dentro de la subcuenca Azul y en menor proporción en las subcuencas Tzaconeja (ambas de la cuenca Río Lacantún) y Chacté (de la cuenca Grijalva - Villahermosa). ⁴



FUENTE. (COMITÉ ESTATAL DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA)CEIEG

Variables de precipitación

Los datos de precipitación fueron tomados por el programa Erik 3 facilitado por el asesor empresarial, los cuales muestran la precipitación promedio mensual de la década más reciente. Los datos sirvieron para el diseño del SCALL y determinar la precipitación promedio anual (1622.5 mm/m²).



FUENTE. ERIK 3. 2010

Nivel freático

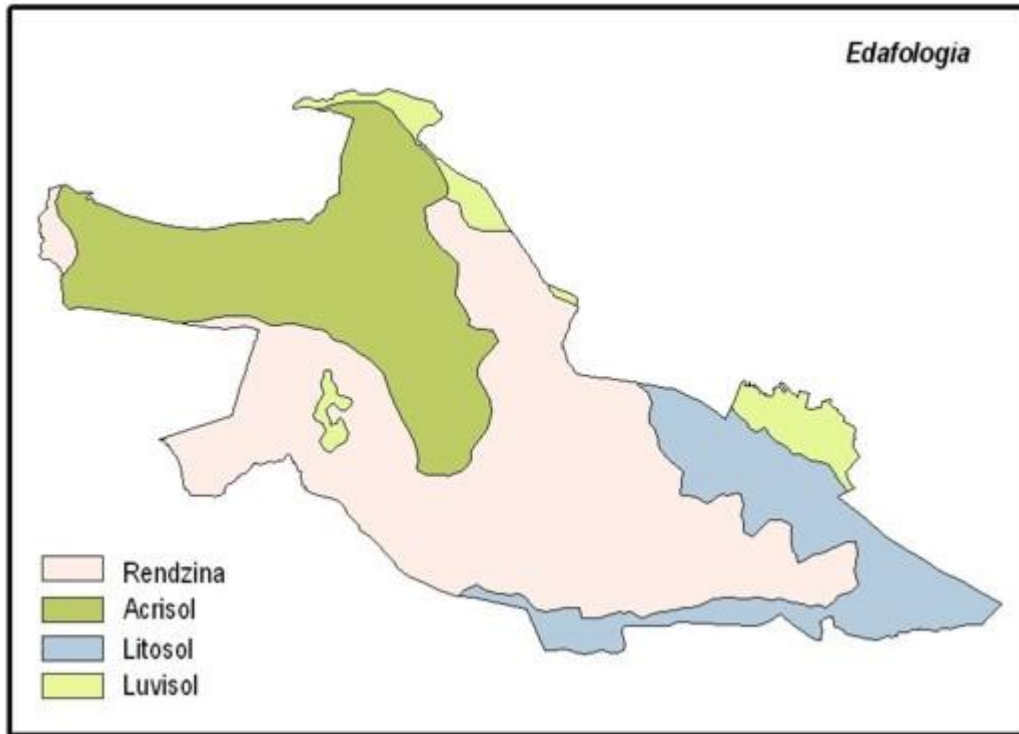
Según cartografía de INEGI escala 1:250,000 el municipio de Oxchuc tiene la connotación: “material consolidado con posibilidades bajas” en materia de hidrología subterránea.

Condiciones físicas del suelo.

El aprovechamiento de la superficie del territorio se da por agricultura temporal que abarca el 25.61% de la superficie municipal y el 5.67% de zona urbana.⁴

Los tipos de suelos presentes en el municipio son: Rendzina con el 49.56 %; acrisol con el 28.54%; litosol con el 16.23% y luvisol con el 5.67% de la superficie municipal.⁴

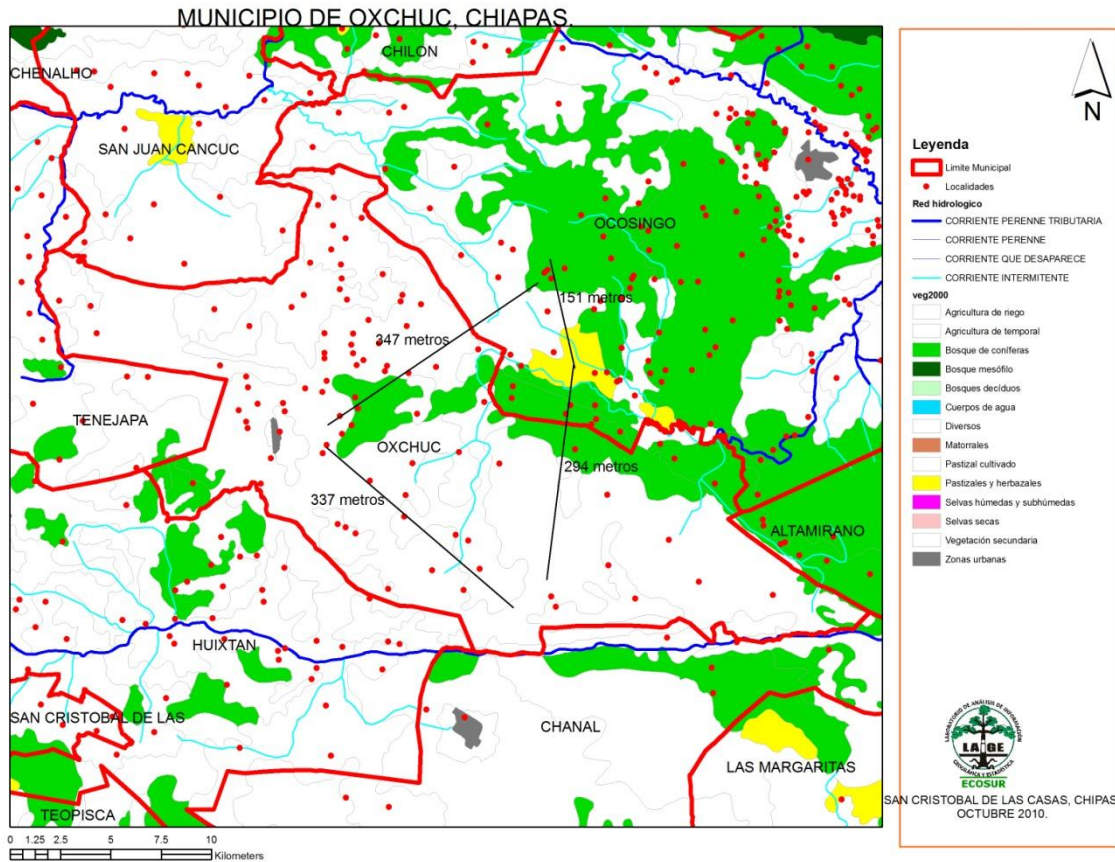
La zona de ubicación del plantel 11 del CECyT Oxchuc corresponde a un de suelo denominado Rendzina.



FUENTE. (COMITÉ ESTATAL DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA)CEIEG

Vegetación

La vegetación presente en el municipio es la siguiente: vegetación secundaria (bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) que abarca el 63.33%; bosque de coníferas (bosque de pino - encino) que abarca el 10.91% y pastizales y herbazales (pastizal inducido) que abarca el 0.01% de la superficie municipal.⁴



FUENTE. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN A Y ESTADÍSTICA DE ECOSUR) LAIGE - ECOSUR

Fuentes de contaminación

Contaminación de suelos y agua.

Este tipo de contaminación se presenta por el uso de fertilizantes y plaguicidas en las actividades agrícolas. En aplicación de plaguicidas que además de cubrir el área agrícola, contaminan sus alrededores pudiendo traer consecuencias graves a los habitantes de poblados rurales.

En la mayoría de las localidades tzeltales existe una grave carencia de servicios de drenaje y agua potable. Asimismo, los sistemas de conducción y descarga de aguas residuales carecen de las instalaciones indispensables para su adecuado procesamiento, lo que provoca la contaminación de mantos acuíferos. La población que vive dispersa en caseríos rurales, se abastece con agua de pozos y sufre la carencia de los servicios básicos.⁴

Al igual la consecuencia de la diversidad de productos orgánicos e inorgánicos contenidos en los residuos, la basura constituye una poderosa fuente de contaminación. Como resultado de la degradación natural de la materia orgánica contenida en ella, la basura se convierte en un activo foco de infección, generador de fauna nociva que puede dispersarse por medio del viento, el agua o a través del suelo.

Aun cuando el agua es un elemento básico para la vida y la salud de los seres humanos, existe una marcada falta de atención hacia la grave problemática referente a su disponibilidad y calidad para su uso y consumo, principalmente en zonas de alta marginación socioeconómica, sitios que caracterizan por elevadas tasas de morbi-mortalidad asociadas a la falta o a la contaminación de este recurso. En México, el 90 % de las enfermedades diarreicas agudas son de origen hídrico, debido a la contaminación por materia fecal de los sistemas de abastecimiento de agua, situación particularmente marcada en Chiapas.

9. Antecedentes del Plantel del CECyT 11.

El plantel del CECYT 11 inicia sus actividades de docencia el 01 de septiembre de 1996 con 127 alumnos en modalidad de Bachillerato Tecnológico bivalente y especialidad técnica en construcción. En 1998 se ofrece la especialidad técnica en computación fiscal contable.

Actualmente el CECYT 11 de Oxchuc con una matrícula 746 alumnos del turno matutino y la especialidad de computación fiscal contable ha sido sustituida por la de contabilidad a raíz del cambio de modelo educativo de educación tecnológica.

El plantel de CECYT cuenta con una plantilla de 22 docentes y 11 administrativos haciendo un total de 33 trabajadores.

Construido por COCOES CECYT el plantel 11 cuenta con un área total de 8744.62m² con 3834.032 m² de construcción, potencialmente útil para la captación de agua de lluvia.

Además de los problemas del agua, a través de la técnica de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) para desarrollar estrategias, los docentes de este plantel identificaron entre otros, los siguientes problemas relacionados con agua:

1. Existencia de sólo dos baños, lo que dificulta este servicio a los 746 estudiantes.
2. Una fosa séptica actualmente al 98% de su capacidad total.
3. Carencia total de agua en época de estiaje.
4. Se requiere impermeabilizar azoteas de algunos edificios.
5. Falta de mantenimiento de las instalaciones hidráulicas, sanitarias y del Laboratorio.
6. Mantenimiento de jardines por falta de herramientas y agua.

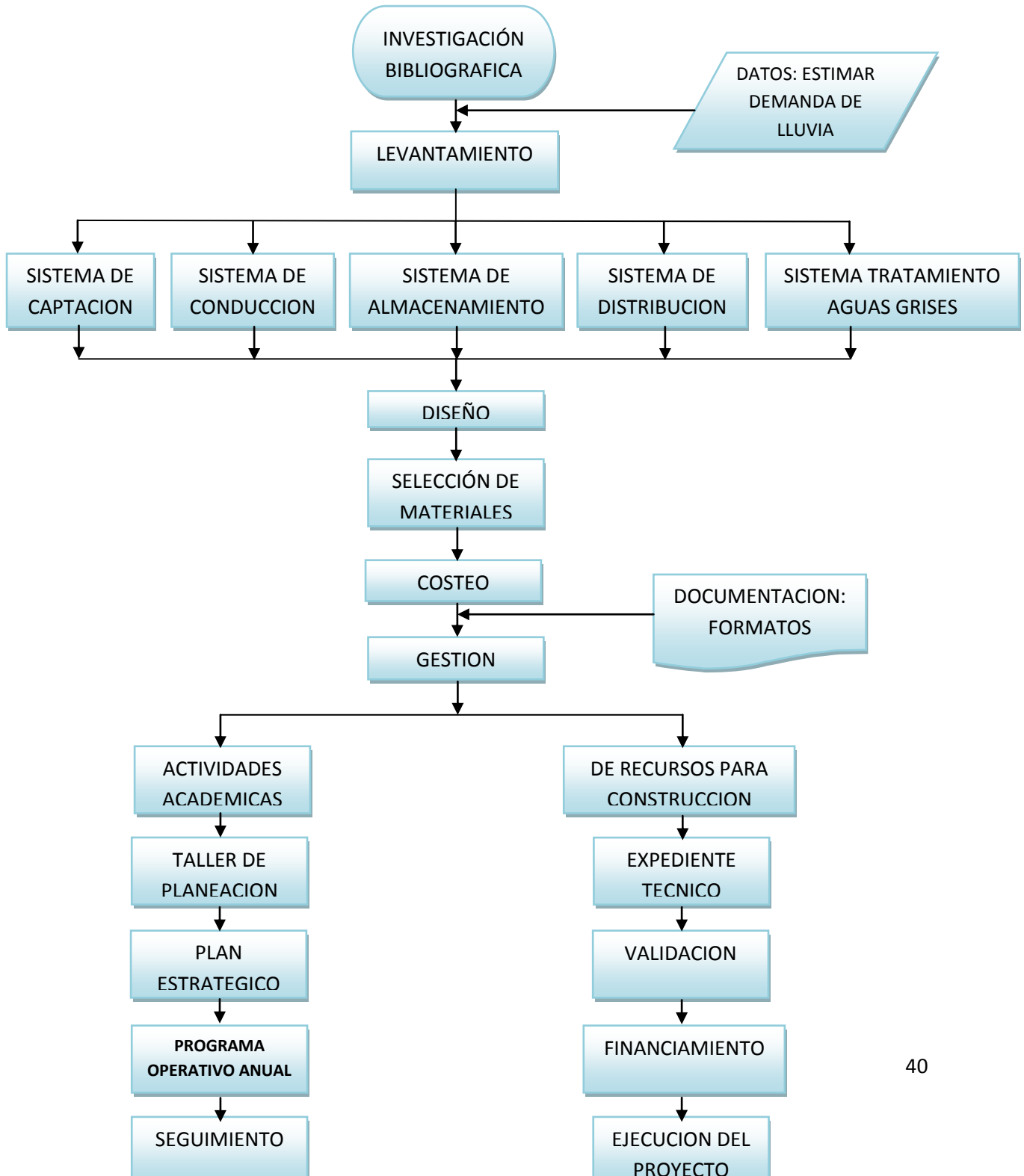
Ante estos problemas los directivos proponen e intentan gestionar

1. La construcción de baños
2. Cambio de tasas sanitarias y llaves nuevas.
3. Dar mantenimiento a la instalación hidráulica y la fosa séptica.
4. Disponer de agua y gestionar herramientas para mantenimiento de jardines.

Estos asuntos fueron considerados para elaborar el proyecto.

10. Procedimiento

10.1. Diagrama de flujo del procedimiento



Procedimiento:

a) Investigación Bibliográfica:

Se llevo acabo la investigación en la biblioteca, estación meteorológica, virtual y en el plantel del CECYT para recabar información y datos para el diseño del SCALL.

b) Demanda escolar de agua

Se realizaron cuatro visitas al plantel. La primera se realizó para determinar la demanda de uso escolar del agua y para dar a conocer a la comunidad de docentes el proyecto.

La metodología para calcular el gasto de agua en servicios sanitarios fue a través de encuesta entrevistas con las cuales se obtuvo el promedio de uso por persona de los diferentes servicios sanitarios (lavado de manos, lavado de utensilios, uso de tasa sanitaria y mingitorio).

El gasto de agua de los grifos de los lavabos, se calculo mediante mediciones directas del gasto de las llaves de los lavabos.

Se relacionó con el promedio de uso por persona, multiplicándolo por la cantidad de personas del plantel.

Se investigó con personal operativo de la institución las especificaciones de la alimentación de agua de las tasas sanitarias y mingitorios, relacionándolo con el promedio de uso de los servicios y se calculó el gasto por uso de tasas y mingitorios.

c) Levantamiento

La segunda visita se realizó el 17/03/11 en la cual se realizaron levantamiento del Sistema de Captación y Sistema de Conducción y se ubicó donde será el Sistema de almacenamiento.

Sistemas de captación y conducción

El levantamiento consistió en documentar las dimensiones del las áreas de captación disponible utilizando las azoteas de edificios del plantel, se hicieron estimaciones para determinar la longitud y ubicación del sistema de conducción. Se comparan los resultados de área requerida contra área disponible o real. Además se revisaron los tipos de material de construcción de los techos de la infraestructura.

Los resultados del área disponible comparada con la requerida se muestran en resultados Ver página 49.

Sistemas de tratamiento y almacenamiento

Antes de hacer la tercera visita se calculó la capacidad de almacenamiento en un volumen de 7560 m³. La visita se realizó el 20/04/11 se ubicó el Sistema de almacenamiento y se midió las áreas verdes necesarios para los sistemas de tratamiento y almacenamiento del agua de lluvia con respecto al volumen que tienen las cisternas y sedimentadores.

Sistema de distribución para el abastecimiento

Se elaboró el plano Arquitectónico del plantel para representar el sistema SCALL y se establecieron las rutas de las líneas de distribución para el abasto de agua de lluvia.

Tratamiento de aguas grises

Se identificó la fuente de generación de aguas grises y se realizó la cuarta visita el 04/05/11 para definir la ubicación y tamaño del humedal artificial.

d) Diseño

Para el diseño del SCALL se hicieron entrevistas con directivos del plantel para proyectar futuras construcciones, incremento de la matrícula e incluirlas en el diseño.

f) Costos

Se calculó todo el material del SCALL de los diferentes sistemas por sus unidades (pieza, kg, metro, m², m³, etc.)

Se realizó una investigación para ubicar catálogo de costos en secretaria de infraestructura estatal se consiguió el tabulador de edificación 2010, los precios que no aparecen en los tabuladores se hacen precios unitarios el cual recaba información de material, mano de obra, equipo y herramienta, seguridad, costo directo, costo indirecto, utilidad por lo se hicieron cotizaciones y se visitaron proveedores.

g) Gestión

Académica:

Taller de planeación para directivos y docentes

Técnica:

Se calcularon las dimensiones, orientación y definieron características de todos y cada uno de los elementos del SCALL, contactamos a personal del actual H. Ayuntamiento para definir el formato del expediente técnico del proyecto que servirá para la gestión de recursos económicos.

Se solicitó la validación del proyecto al encargado del COPLADEM del municipio de Oxchuc.

NOTA: no se anexa expediente técnico completo por contener información confidencial con datos propiedad de ECOSUR.

Económica:

Con los costos determinados en el expediente técnico se procedió a colaborar en la gestión del proyecto y se identificaron las posibles fuentes de financiamiento.

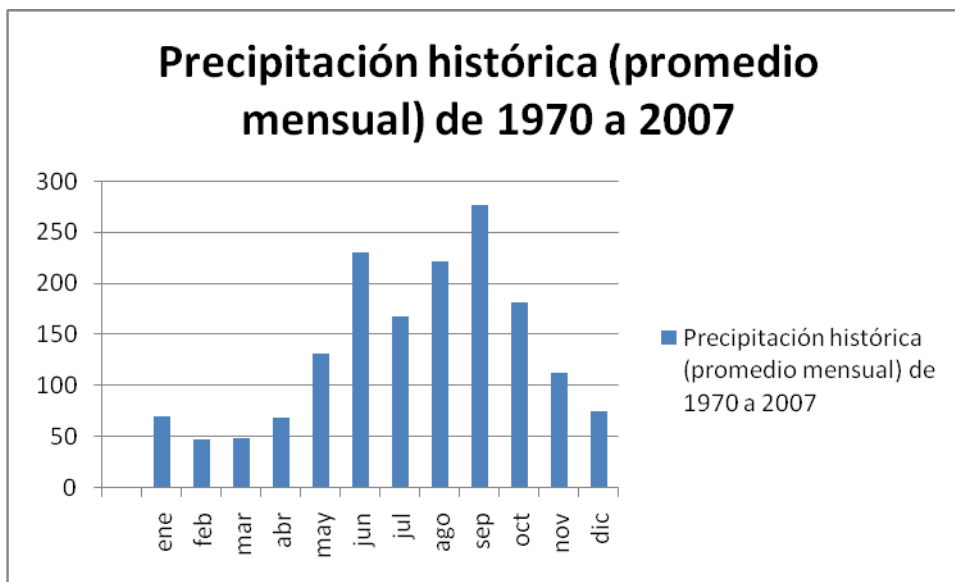
11. Resultados

a) investigación Bibliográfica.

Se revisaron un promedio de 15 documentos cuyas referencias se muestran en el apartado de Bibliografía.

Además se revisaron 2 bases de datos Erick 3 para conocer la cantidad de agua de lluvia en la cabecera municipal de Oxchuc, Chiapas.

A continuación se muestra la gráfica Precipitación histórica (promedio mensual) de 1970 a 2007.



FUENTE. ERIK 3,2010

b) Demanda escolar de agua.

Se elaboró y aplicó una encuesta (ver anexo 1 Encuesta para determinar demanda de agua escolar)

Se analizaron estadísticamente 120 encuestas de las cuales 50% fueron contestadas por mujeres y 50% por hombres debido a que el plantel en ambos sexos es similar.

Con base a la información recabada a través de una encuesta y observación directa se determinó que la demanda per cápita en el plantel es de 33.3 litros por día.

NOTA: No se anexa análisis estadístico de los resultados de la encuesta por ser información confidencial.

c) Levantamiento.

Sistema de captación.

Las áreas de captación son superficies no permeables por donde escurrirá el agua de lluvia, estas superficies son de diferentes materiales los cuales tienen diferente comportamiento para el escurrimiento de la lluvia; este, puede ocasionar pérdida de velocidad por porosidad o evaporación. Los techos de los edificios A, C y D son de concreto los cuales se requiere impermeabilizarlos con geomembrana para resolver las infiltraciones en temporada de lluvia.

Imagen. 1



Imagen.1 Techos del Edificio A, B, C.

El edificio A cuenta con salidas de aguas pluviales en las cuales se adaptaran los tubos de PVC para su conducción como se aprecia en la Imagen 2.



Imagen 2. Edificio A con salidas de agua pluvial.

Otros edificios tienen techos de lámina galvanizada en dos aguas. En estos se adaptará las canaletas y los tubos para su conducción como se aprecia en la Imagen 3.



Imagen 3. Edificio B techado de lamina tipo teja.

Debido a la demanda anual de agua y a la cantidad de área de captación requerida y a la disponibilidad de áreas de captación de todos los edificios formales y provisionales que resulta insuficiente para satisfacer la demanda anual, es necesario considerar las áreas de la Plaza cívica, canchas deportivas, la calle y estacionamiento exterior. La plaza cívica es de concreto y en ella se construirán canaletas de concreto con rejillas metálicas perimetrales

donde escurrirá el agua captada en esa área para su posterior conducción, tratamiento y recolección, imagen 4.



Imagen 4. Plaza Cívica.



Imagen 5 Cancha Deportiva 1.

El estacionamiento exterior ubicado a la derecha de la entrada principal del plantel tiene un área que se utilizará también para la captación. En este se instalarán un dren pluvial para conducir el agua hacia un desarenado y sedimentador imagen 6.



Imagen 6. Estacionamiento del plantel CECyT 11.

Este año la calle de acceso al plantel ha sido pavimentada, razón por la que también se ha considerado como área de captación, en este caso se requeriría de la construcción de un dren pluvial, rejillas, desarenador (ver anexo 2) y sedimentador (ver anexo 3) como proceso de tratamiento del agua de lluvia para posteriormente llevarla a las cisternas de almacenamiento. Habrá que hacer acciones para evitar que la gente tire basura o derrame sustancias peligrosas en la calle, esto será considerado en el seguimiento anual y dentro de las acciones sociales que contempla este proyecto. Imagen 7.



Imagen 7. Calle de Acceso al Plantel CECyT 11.

En el levantamiento del sistema se tomaron las medidas de todos los Edificios A, B, C, D y aulas. Con los datos obtenidos se calcularon los perímetros para el sistema de conducción y las áreas para el sistema de captación, además se consideraron las áreas de edificios que se construirán en un futuro, la comparación entre las áreas requeridas y la teórica se muestra en la tabla 1.

El área teórica necesaria para la captación es de 7521.099 m², que supera el área real disponible en el plantel (3835.515 m²)

INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL	AREA DE CAPTACION
Edificio A	564.764 m ²
Edificio B	139.01 m ²

Edificio C	377.892 m ²
Edificio D	420.42 m ²
Aula Provisional	113.76 m ²
Aulas	205.8 m ²
Sub-total	1821.646
Plaza cívica	466.83 m ²
Cancha Deportiva 1	291.54 m ²
Cancha Deportiva 2	588.616 m ²
calle	503.7 m ²
Estacionamiento	161.7 m ²
Sub-total	2012.386
AREA TOTAL DE CAPTACION DISPONIBLE:	3834.032 m ²
ÁREA TOTAL REQUERIDA :	7521.099 m ² ,
DIFERENCIA	3687.067 m ²

Tabla 1. Área de captación del CECyT 11 determinada durante las visitas para el levantamiento.

La diferencia se complementará cuando se disponga de áreas de captación de nuevos edificios y las áreas de las cubiertas de las cisternas ver Tabla 2.

INFRAESTRUCTURA FUTURA	AREA DE CAPTACION
Cisterna de geomembrana	1582.63 m ²
Cisterna Modulo 2	672.0 m ²
Cisterna 1 Modulo 3	112.0 m ²
Cisterna 2 modulo 2	109.8 m ²
Edificios futuros	1210.637
TOTAL	3687.067 m ²

Tabla 2.

Sistema de conducción:

El volumen de conducción es de 235.03 m³.

En el levantamiento se tomaron las medidas de los Edificios A, B, C, D, Aulas provisionales para calcular los perímetros donde se instalará el sistema de conducción ver la siguiente imagen 8. Los principales materiales del sistema son registros y tubos de PVC hidráulico de 150mm.



Imagen 8. Levantamiento de Sistema de conducción.

También se hizo levantamiento para definir la orientación y lugar donde se instalará el sistema de conducción, imágenes 9 y 10.



Imagen 9. Levantamiento en Cancha deportiva 2.



Imagen 10. Área verde para implementación de Sistema de conducción.

El agua de lluvia captada en techos y áreas de escurrimiento debe ser conducida al sistema de almacenamiento, en las Aula y edificios excepto el edificio A será conducida mediante canaletas de lámina galvanizada, para superficies de suelo de la plaza cívica, las canchas deportivas, estacionamiento y calle serán canaletas de concreto con rejilla metálica y en edificio A será de tubería de PVC hidráulico, es necesario contar filtros para reducir la velocidad del agua y al mismo tiempo sedimentar los sólidos en suspensión contenidos en el escurrimiento del agua del área de captación.

Sistema de almacenamiento

Se cuenta con áreas para futuras construcciones del SCALL estas servirán para la construcción de registros, filtros, sedimentadores, desarenadores y se instalarán las tuberías de de PVC para conducir aguas pluviales hasta el sistema de tratamiento y almacenamiento como se aprecia en la imagen 11 y 12.



Imagen 11. Áreas verdes plantel CECyT 11.



Imagen 12. Áreas verdes plantel CECyT 11.

El Sistema de almacenamiento del agua de lluvia consiste en cisternas de concreto armado, acopladas a un sistema de distribución para abastecer a la población estudiantil considerada durante los meses de sequía y los de lluvia. El volumen de almacenamiento necesario para el plantel es de 7560 m³ lo cual requiere de una cisterna de aproximadamente 60m x 60m x 2.1m sin embargo en el plantel no se dispone de áreas para construir cisterna con estas dimensiones por eso se plantea un sistema de captación en 4 módulos.

La distribución de las cisternas se muestra en la fig. 13. el modulo uno contará con cuatro cisternas, el modulo dos contará con una cisterna dividida en ocho, el modulo tres contará con dos cisternas y modulo cuatro con una cisterna de geomembrana con techo de geomembrana los cuales almacenaran el volumen que cubrirá la demanda estudiantil ver la tabla 3.

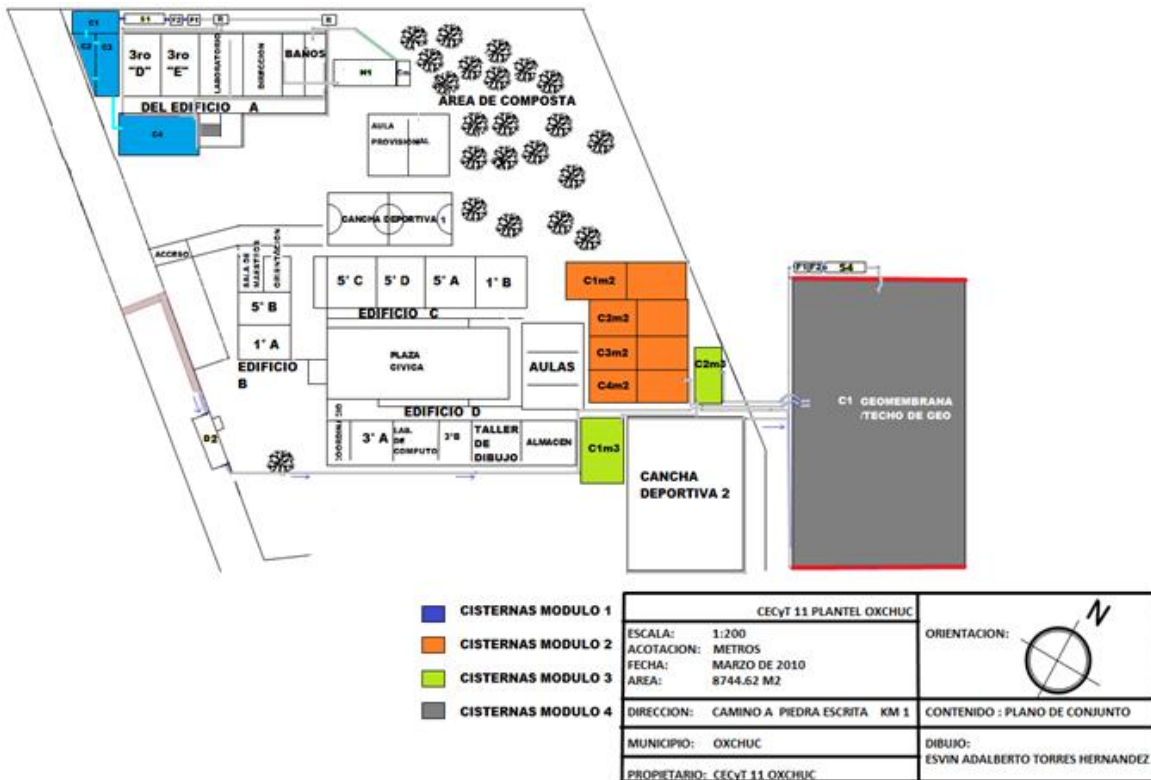


Fig.13. Ubicación de cisternas de SCALL CECyT 11.

MODULO	CISTERNA	DIMENSIONES (m)	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN ESPACIO DE CABEZA(m ³)	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (m ³)
Modulo 1	1	6.5 X 4.25 X 3.3	91.1625	8.2875	82.875
	2	9.0 x 5.0 x 3.3	148.50	13.5	135.0
	3	12.5 x 8. X 3.3	330.0	30	300.0
	4	(9.5 x 4.25 x 3.3)/2	66.61875	6.05625	60.5625
Modulo 2	1	21.0 x 32.0 x 3.3	2217.60	201.6	2016.0
Modulo 3	1	14 x 8 x 3.3	369.60	33.6	336.0
	2	12.2 x 9 x 3.3	362.32	32.94	329.38
Modulo 4	cisterna geomembrana	49.15 x 32.2 x 3.0	4747.89	447.7075	4300.1825
VOLUMEN TOTAL:					7560

Tabla 3. Cisternas de SCALL del CECyT 11.

Los materiales de construcción de las cisternas del modulo 1, 2,3 son de concreto armado indicado para este tipo de construcción y por su capacidad que tendrán es mas resistente a desplazamientos y fuertes movimientos sísmicos en comparación con las cisternas de cemento y tabique, la cisterna del modulo cuatro es de geomembrana de PVC con techado de geomembrana. Se seleccionó este producto geosintético por las siguientes ventajas: facilidad de instalación, elasticidad, resistencia a punzonamiento, colocación, es impermeable, es la más apropiada al gran volumen de almacenamiento, ubicación en el plantel y costo menor. El área de ubicación de la cisterna estará cercada con malla de acero ciclónica.

La protección del sistema de almacenamiento serán tapas de lámina galvanizada con portacandados.

Sistema de tratamiento

Antes del Sistema de tratamiento, se utilizará trampas de sólidos de gran tamaño con rejilla después seguir con el pretratamiento con los filtros de grava , granzón que quitarán la materia orgánica que arrastre el agua de lluvia en la recolección y conducción, el sedimentador quitará materia orgánica más pequeña que será lodos, polvo después pasara por un filtro de carbón activado que quitara la partícula muy pequeña que pudieran ingresar a las cisternas finalmente el tratamiento que se le dará antes del almacenamiento será con hipoclorito de calcio, que se suministrará con hipocloradores antes de ser almacenado al 3 % ppm. Esto garantizará agua segura y de calidad.

Tratamiento de aguas grises

La fuente que genera actualmente agua grises en el plantel son los baños del edificio A del CECyT (imagen 14).



Imagen 14. Baños del CECyT 11.

Los dos únicos baños cuentan con trece lavamanos y 2 tarjas imagen 15. Los cuales descargan un volumen de 2000 litros en el cual se basó para diseño del humedal (ver anexo 4) de 4m x 8m x 1.2m para tratar el agua con plantas acuáticas como Jacinto de agua, juncos y totoras (ver anexo 5). El agua tratada se reutilizará nuevamente las descargas de mingitorios y sanitarios por lo que se harán modificaciones en las tuberías de descargas para trasladar las aguas al humedal para su tratamiento y posteriormente su reutilización en descarga de baños y mingitorios.



Imagen 15. Lavabos y tarja.

Sistema de Distribución

El sistema de distribución se hizo un levantamiento de conducción del bombeo de agua de las cisternas futuras hacia los tanques de altos de almacenamiento que esta ubicado en el Edificio A ver imagen 2, por el cual se utilizará la red de distribución actual de los baños actuales.

Diseño

Con todos los datos bibliográficos, levantamientos, Sistema de captación, sistema de conducción, sistema de tratamiento y sistema de almacenamiento el diseño del SCALL se dividió en cuatro módulos debido a la distribución de las cisternas y a su gestión por etapas o en conjunto.

Cada modulo tiene su Sistema de Captación, conducción, tratamiento y almacenamiento.

Se presenta el SCALL general para el plantel CECyT 11 como se precia en la imagen 16

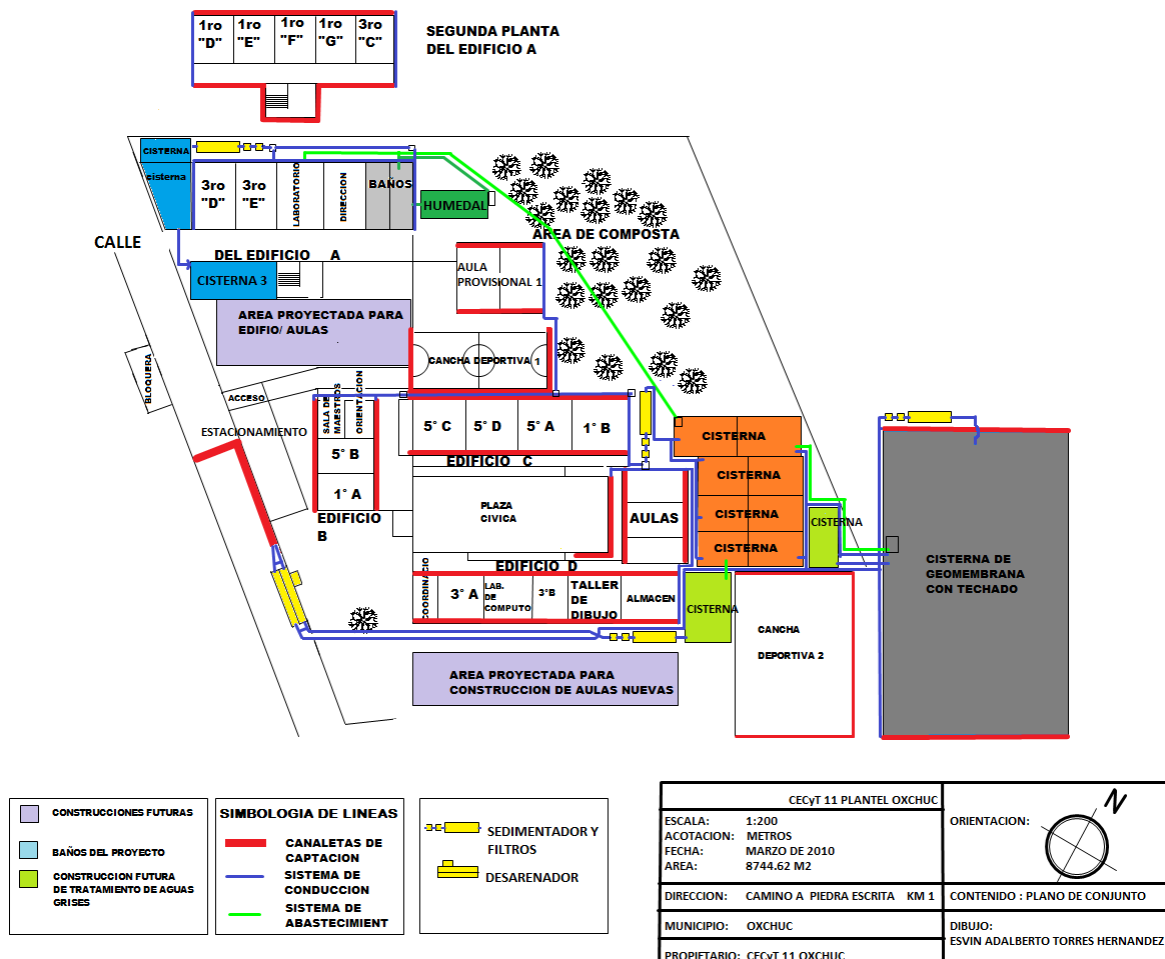


Imagen 16. SCALL CECyT 11.

Materiales para la construcción SCALL:

Con el diseño realizado del SCALL con los datos del levantamiento y observaciones realizadas en el plantel durante las diferentes visitas se define los materiales a utilizar.

Dicha propuesta considera utilizar las azoteas de cuatro edificios, dos aulas provisionales, dos canchas deportivas, la plaza cívica y la calle.

Los materiales necesarios para el SCALL para los diferentes sistemas son:

Sistema de captación: Se utilizará para impermeabilizar las azoteas con geomembrana, impermeabilizantes enfrió para mejorar la calidad del agua captada.

Sistema de recolección: se utilizara dos tipos de canales en los edificios, aulas se utilizará canaleta galvanizada y en las canchas, plaza cívica, calle y estacionamiento se utilizará canaleta de concreto.

El sistema de conducción: se utilizará tubos de PVC hidráulico de 150 mm y registros de concreto para conducir el agua de lluvia.

Sistema de tratamiento: se utilizará filtros de grava, granzón, carbón activado, sedimentadores y desarenadores para evitar que en el sistema de almacenamiento entre materia orgánica. Además se utilizará hipocloradores para garantizar almacenar agua de calidad.

Sistema de almacenamiento: La infraestructura de almacenamiento será de cisternas de concreto armado, y una cisterna geomembrana.

Sistema de distribución: Se utilizará bomba sumergible solares para llevar al tanque alto.

Tratamiento de aguas grises: El humedal que estará construida de geomembrana y piedra de río y plantas acuáticas.

Costos

El costo total del SCALL se representa tabla 4.

SCALL CECyT 11	
Modulo 1	\$1,814,420.06
Modulo 2	\$4,562,381.10
Modulo 3	\$1,615,644.82
Modulo 4	\$2,345,955.95
SUB TOTAL :	\$10,338,401.93
I.V.A (16%):	\$1,654,144.31
TOTAL:	\$11,992,546.24

Tabla 4.Costo del SCALL.

Nota. No se incluye memoria de cálculo por ser información confidencial de este proyecto

Gestión

Actividades Académicas:

Se llevo acabo el taller de planeación con un grupo de docentes comisionados para este proyecto, se utilizó la técnica de FODA para elaborar el plan estratégico y la elaboración de un programa anual de trabajo en cual conformaron un cuadro de la situación actual del plantel y se obtuvo un diagnóstico preciso que permitió elaborar estrategias, objetivos y actividades.

El producto de este taller fueron el Plan estratégico para la implementación y desarrollo de este proyecto en el plantel del CECyT 11, el Programa Operativo Anual (POA) que describe las actividades asignadas a responsables y los recursos necesarios para su realización; además de un cronograma.

De manera personal el producto de este taller fue el aprendizaje de la aplicación de la técnica de FODA para elaborar una matriz de donde resultan las estrategias defensivas ofensivas, de reorientación y de supervivencia, la elaboración de un plan anual operativo con los elementos mínimos necesarios en un esquema de trabajo en equipo y multidisciplinario con la participación de licenciados, arquitectos, ingenieros, profesores y bioquímicos.

Otro producto fue el expediente técnico y los planos arquitectónicos que se entregaron al responsable del COPLADEM.

Existe otro producto intangible que son los avances de la gestión para lograr los recursos económicos necesarios. Además de los avances mencionados se identificaron posibles fuentes para el financiamiento del proyecto; estas fueron: CDHI, ECOSUR, Presidencia municipal de Oxchuc, COPLADEM, SEDESOL y Comité de Vinculación de los CECyT estatales.

12. Conclusiones y recomendaciones

Conclusión:

Se logro colaborar en el proyecto para el diseño, gestión del SCALL para el CECyT 11.

La construcción de un SCALL tiene muchas ventajas pero se detectaron muchas desventajas como son:

- Una fuerte inversión de un costo aproximado (\$11, 992,546.24 pesos), necesidad de disponer de amplias áreas de captación de agua de lluvia y la necesidad de un diseño modular. En un principio la inversión es muy fuerte sin embargo será recuperable si se contempla que se resuelve el problema de desabasto, habrá ahorro de agua y energía por la instalación de bombas solares con un beneficio social alto.
- Seguramente la operación de un sistema completo requerirá la contratación y capacitación de un trabajador para la operación del sistema.

La solución de problema de desabasto será efectiva en función de la operación, capacitación del personal operador del sistema y del mantenimiento.

La efectividad de un SCALL es función de toda la participación estudiantil.

La efectividad de un sistema de estos tiene componente social muy fuerte.

La diferencia entre este proyecto con un sistema para almacenamiento de agua de lluvia convencionales es que esta se basa en la demanda anual de agua y que los sistemas de almacenamiento son cerrados lo que evitará la contaminación de las aguas pluviales tratadas y almacenadas.

Las consideraciones integrales de este proyecto contribuyeron en mi formación personal, aprendizaje para el diseño de nuevas tecnologías con una visión con respeto al ambiente y desarrollo sustentable.

La participación en este proyecto mejoró la seguridad de mi trabajo ya que a través de una actitud responsable pude tomar decisiones que contribuyeron al desarrollo del proyecto gracias a la confianza que mi asesor y el personal de ECOSUR me brindaron.

Además pude aplicar algunos valores como respeto, solidaridad, honestidad, humildad, lealtad y responsabilidad.

Este proyecto abre las posibilidades de desarrollo personal y económico en un futuro próximo en un tema de mi interés y ante la problemática ambiental actual.

Recomendación:

Planear el seguimiento del proyecto.

Documentar un manual de operación y mantenimiento, que incluya el rol de diferentes actores si no se cuenta con el personal contratada para la operación del SCALL.

13. Referencias bibliográficas y virtuales

- 1.-Anaya, M. (2007). Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia. México.
- 2.-Ballén S., J.A., Galarza G., M.A., and Ortiz M., R.O. Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua., (2006).
- 3.-Erik-3. (23 de marzo de 2010). Precipitaciones Anuales. Oxchuc, Chiapas.
- 4.-Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, G. d. (2005). Enciclopedia de los Municipios de México, Estados de Chiapas, Oxchuc. Recuperado el 22 de marzo de 2010, de <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/chiapas/municipios/07064a.htm>
- 5.-Mexicana, B. D. (2009). Tzeltales. Recuperado el 10 de marzo de 2010, de <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/pueblos.php?l=2&t=tzeltal&mo=&dema nda=&orden=&v=>
- 6.-Moreno, M. (2005). Calidad del agua en sistema de captación pluvial en comunidades rurales de Oxchuc, Chiapas, México. En M. Moreno. San Cristóbal de las Casas: Ecosur.
- 7.-OPS/CEPIS. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima.

14. Anexos

Anexo 1 Encuesta para determinar demanda de agua

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA EN EL PLANTEL CECyT 11

Genero femenino

Masculino

1.- Uso de servicios sanitarios

1.- ¿Cuántas veces se lava las manos en el sanitario del plantel?

1 2 3 4 5 6 si es otra cantidad favor de anotar

2.- ¿Cuántas veces utiliza la taza del sanitario del plantel?

1 2 3 4 5 6 si es otra cantidad favor de anotar

3.-En caso de ser genero masculino ¿Cuántas veces utiliza el mingitorio?

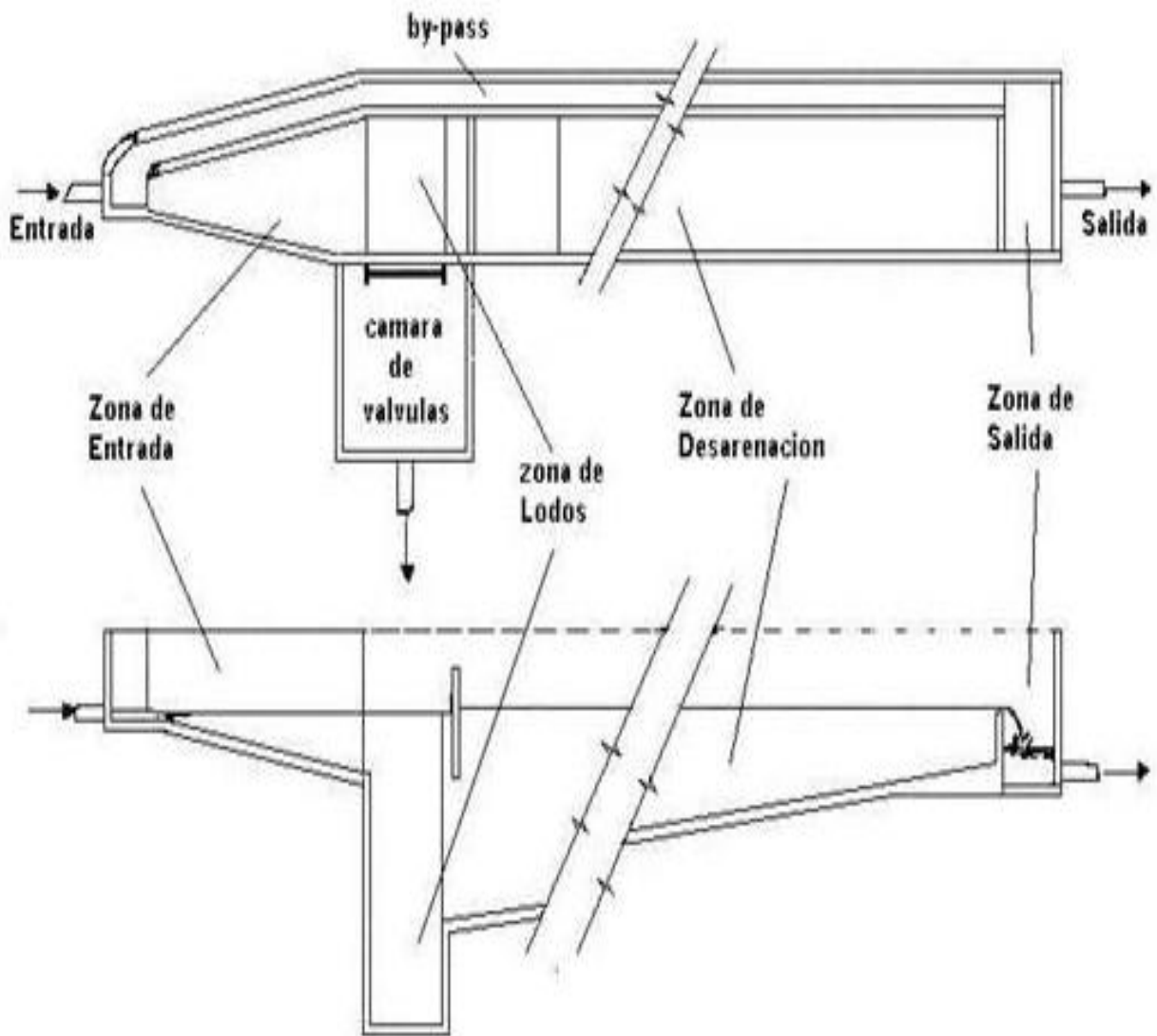
1 2 3 4 5 6 si es otra cantidad favor de anotar

2.-Uso para construcción

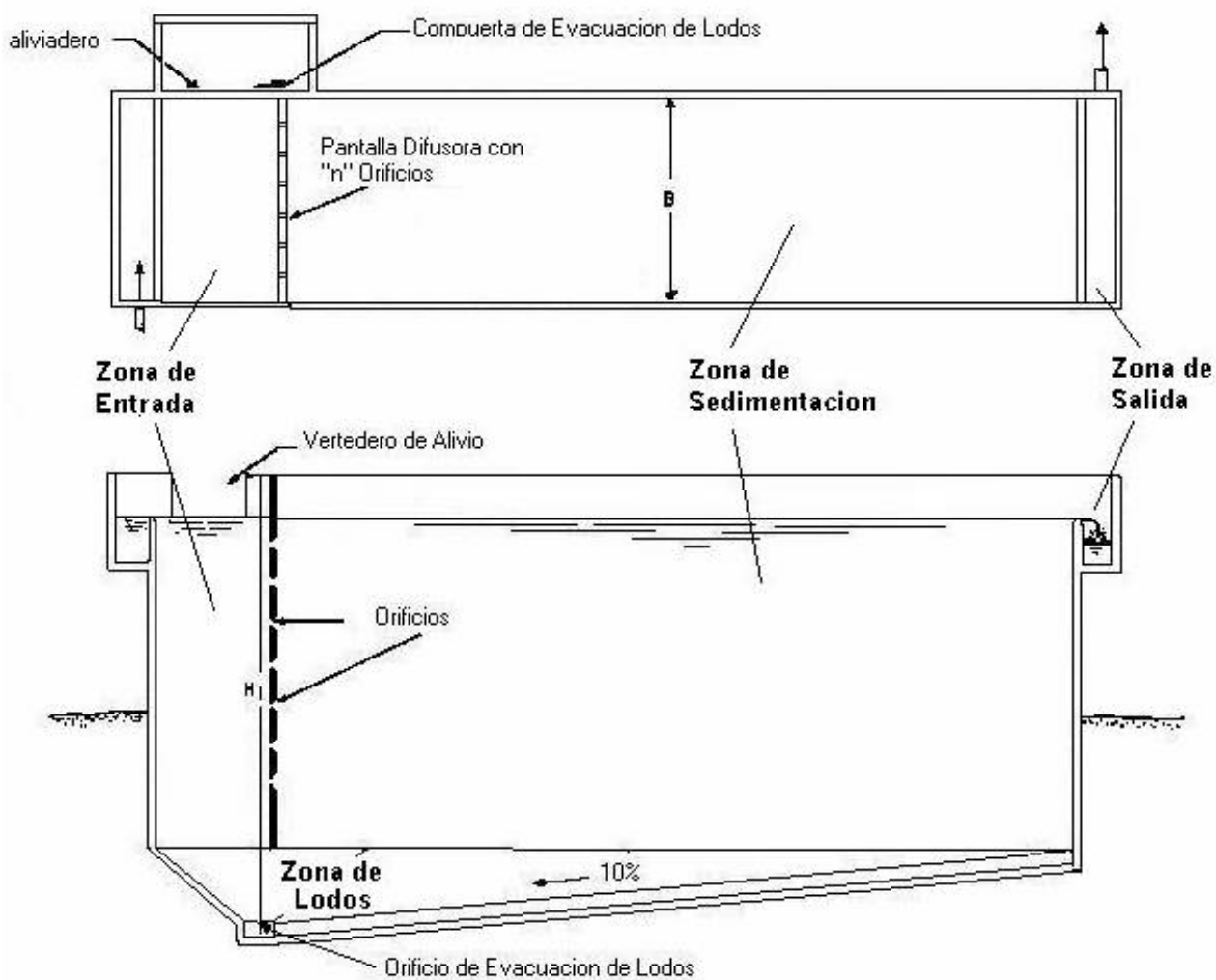
4.-Actualmente utilizas el agua para construcción

Si no ¿Cuántos litros aproximado?_____

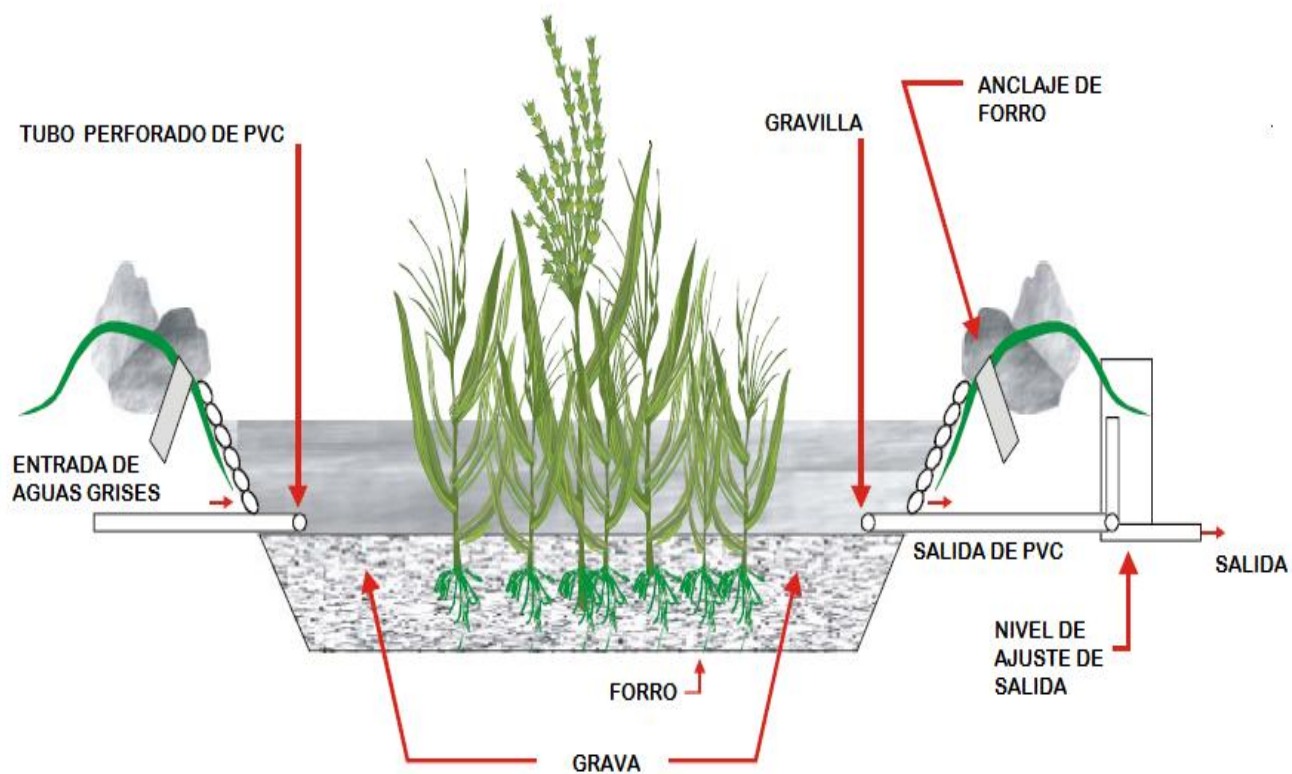
ANEXO 2 Desarenador (Planta y Corte Longitudinal).



ANEXO 3 SEDIMENTADOR (Planta y Corte Longitudinal).



ANEXO 4 Humedal



ANEXO 5 Plantas Acuáticas

