

11126
41



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"REDUCCION DEL CONSUMO DE AGUA EN UNA
CASA-HABITACION MEDIANTE SU RE-USO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

OLIVER ISRAEL GUTIERREZ RAMIREZ

ASESOR: M. EN I. VICTOR HUGO HERNÁNDEZ GOMEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2003

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**PAGINACION
DISCONTINUA**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN Y SERVICIOS ESCOLARES
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijare,
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS:

Reducción del consumo de agua en una casa-habitación
mediante su re-uso.

que presenta el pasante Oliver Israel Gutiérrez Ramírez
 con número de cuenta 2201674-2 para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de mayo de 2003

PRESIDENTE Ing. Rosa Emilia Rivera Ramon *Rosa E. Rivera R.*
 VOCAL Ing. Nicolás Calva Pavia *N. Calva P.*
 SECRETARIO M.I. Víctor Hugo Hernández Gómez *V. H. Hernández G.*
 PRIMER SUPLENTE Ing. Jorge Adolfo Péllez Galinas *J. A. Péllez G.*
 SEGUNDO SUPLENTE Ing. Maricela Serrano Fragoso *M. Serrano F.*

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

3

A mis padres Joaquín y Berta porque con nada en este mundo les podré pagar toda una vida de lucha y sacrificio durante toda mi formación profesional y sobretodo por soportar todos los altibajos que conllevaron la realización de mis estudios.

A mis hermanos Luis, Magnolia y Miriam. por todo el apoyo moral que me brindaron, ya que siempre mantuvieron la firme idea de que algún día lo lograría.

Al M en I Victor Hugo Hernández Gómez, por guiarme paso a paso en la realización de la tesis profesional y por todo el apoyo brindado durante su asesoría.

A todos los profesores de IME por los conocimientos transmitidos ya que sin ellos no hubiera llegado a concluir mi más preciada meta.

Y Lorena por todo el apoyo moral y sentimental que siempre me brindaste incondicionalmente y porque siempre estuviste presente en todo momento para alentarme.

Por todo lo anterior gracias eternamente

Oliver Israel Gutiérrez Ramírez

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C

RESUMEN

El agua es un líquido de vital importancia, sin la cual la vida sobre la tierra no podría existir, por tal motivo el hombre siempre busca formas para obtener un suministro constante. Actualmente la ZMVM se abastece por fuentes internas y externas que cubren una demanda promedio de $65 \text{ m}^3 / \text{s}$. Como fuentes externas se tienen el sistema Cutzamala, aportando $14.6 \text{ m}^3 / \text{s}$ venciendo una carga de 1100 m para recorrer una distancia de 127 Km y el sistema Lerma, el cual suministra $5.9 \text{ m}^3 / \text{s}$ venciendo una carga de 123 Km, para recorrer una distancia de 57.3 Km. Las fuentes internas son básicamente dos: un sistema de pozos que aporta $43.4 \text{ m}^3 / \text{s}$ y los aprovechamientos superficiales $1.2 \text{ m}^3 / \text{s}$

Debido al incremento desmedido de la mancha urbana, se estima que para el año 2010 (estudios del Instituto de Ingeniería UNAM) la demanda aumentara en $9 \text{ m}^3 / \text{s}$, los cuales tendrán que provenir de fuentes externas para evitar hundimientos dentro del valle como los que se observan en la delegación Iztapalapa o en el palacio de bellas artes.

La Comisión Nacional del Agua en conjunto con DDF y DGCOH, han planteado diversos proyectos pero han sido descartados por varias razones; como la falta de agua en las zonas aledañas, problemas políticos, consideraciones sociales, etc.

Las principales propuestas son:

Temascaltepec con $5 \text{ m}^3 / \text{s}$ quien fue aprobado y esta en operación requiere un sistema de bombeo para vencer una carga de 1870 m y recorrer una distancia de 142 Km; el Amacuzac con $13.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ donde vence una carga de 1700 m; también esta el Tecolutla I con $9.8 \text{ m}^3 / \text{s}$ donde vence una carga de 1266 m y una distancia de 143 Km; También se tiene contemplado re-usar las aguas negras del valle de México para obtener $7.4 \text{ m}^3 / \text{s}$ de agua para consumo humano pero desafortunadamente el tipo de tecnología por emplear es muy costosa el proyecto de Tezontepec presenta un costo menor al resto de los proyectos debido a que el agua se encuentra a una menor distancia en longitud y altitud de la ciudad de México, requiriendo bombas de menor capacidad.

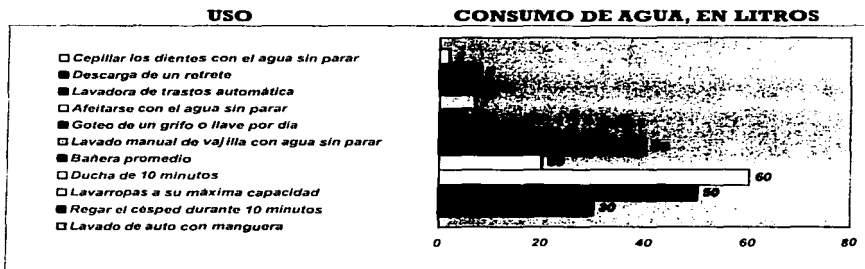
10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El re-uso de agua en una casa-habitación, es decir si se implementa un sistema de tubería alterna a la ya existente (drenaje e hidráulica) excepto el drenaje sanitario, para captar el agua que se utiliza dentro de la casa-habitación, complementado la recuperación con agua pluvial es decir, conducir el agua que se utiliza en el interior de la casa por medio de tubos de plástico hacia dos filtros para después ser distribuida nuevamente.

En la figura 3 se presenta algunas formas en las que se emplea el agua dentro de una casa-habitación la cual es alarmante como se aprecia en la grafica.

Figura 3. Consumo de agua, en litros.



La tubería alterna propuesta de ninguna manera es costosa y además de fácil instalación. En la tabla 1 se presenta la lista de material propuesto para el proyecto, así como su costo.

E

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

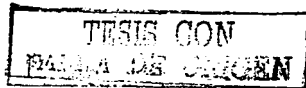
Como se aprecia, los materiales presentan bajo costo, su manipulación es sencilla y todos los tubos son de 6 m de largo.

Tabla 1. Lista del material con su costo para la realización del proyecto propuesto.

Lista del material utilizado	Cantidad Loza a dos aguas	Cantidad Loza plana	Precio promedio	Subtotal
Tubo de plástico (PVC) de 4" Ø	31 m	14.20 m.	\$ 68.80	\$343/187
Tubo de plástico (PVC) de 1 ½ y 3" Ø	10 m.	10 m.	\$ 37.00	\$61/61
Tubo de cobre de ¾ y ½ "Ø	18 m	15 m	\$ 118 / 70	\$287/178
Codos de plástico a 90 y 45° de 4 y 2"Ø	9 piezas	8 piezas.	\$ 8.50 / 3	\$77/18
Codos de cobre a 90° de ¾ y ½ "Ø	10 piezas	10 piezas	\$ 3.70/1.60	\$37/16
Coples de cobre de 1 a ¾ y ½ a ½ "Ø	8 piezas	8 piezas	\$ 3.50	\$18/18
Coples de cobre de ¾ a ¾ "Ø	8 piezas	8 piezas	\$ 3.00	\$18/18
Coples de cobre de ½ a ½ "Ø	5 piezas	8 piezas	\$ 1.0	\$5/8
Coples de plástico de 4 a 4 "Ø	3 piezas	0	\$ 6	\$6
Coples de plástico de 2 a 2 "Ø	3 piezas	3 piezas	\$ 2.50	\$7.5
The de cobre de ¾ y ½ "Ø	7 piezas	7 piezas	\$ 10.80	\$73/73
The de plástico de 4 y 2" Ø	6 piezas	4 piezas	\$ 11.0/5.80	\$66/22
Pegamento para tubería (PVC)	1 pieza	1 pieza	\$ 17.80	\$17/17
Soldadura de estaño	1 pieza	1 pieza	\$ 35	\$35/35
Pichancho	1 pieza	1 pieza	\$ 35	\$35/35
Bomba de agua ¼ HP.	1 pieza	1 pieza	\$ 560	\$560/560
Tinaco Rotopias 1100 litros equipado.	1 pieza	1 pieza	\$ 1300	\$1300
Total				\$2936/2920

El incremento del costo por el suministro del agua potable que se acaba de aprobar en la Asamblea Legislativa para el año 2003 en adelante será; para aquellos que consuman hasta 69 m³ el aumento es del 5.35 % y a los usuarios que consuman más de 70 m³ se eleva al 10 %, que de acuerdo a la tarifa vigente era de 1.40 el m³ con el nuevo incremento los precios quedaron de la siguiente manera si se consume hasta 69 m³ deberá pagar 1.475 por m³ y los usuarios que consuman más de 70 m³ la tarifa que deben de cubrir es de 2.10 por m³.

Para los principales objetivos del proyecto, son ahorrar agua potable, dejar de saturar las redes de distribución de agua y reducir el costo por el suministro de agua potable intentando crear una cultura sobre el buen usos y aprovechamiento del agua potable.



La instalación de la tubería de plástico en el perímetro de la loza (plana o a dos aguas) y la instalación de una tubería paralela para la captación de agua en el interior de la casa-habitación, sirve para conducir al agua a 6 filtros, de los cuales 3 son filtros de arena que atrapan gérmenes y sólidos y los otros 3 son de carbón activado y malla (fibra), así mismo 4 son de una longitud de 1 m de largo con un \varnothing de 5" y los 2 restantes tienen una longitud de 0.5 m con un \varnothing de 3".

Todos los filtros constan de 3 fases, con separaciones entre cada una, la tubería utilizada es de plástico tipo PVC y de cobre, de diferentes diámetros, así como también codos, tees, extensiones, pegamento para plástico y soldadura de estaño.

Una vez filtrada y distribuida en las tomas de agua en el interior de la casa-habitación previamente seleccionadas, se dejaron con 3 tomas sin conectar, para darle paso al agua potable debido a que se necesita que el agua sea apta para consumo humano. Para la selección de las llaves se considero la importancia de tener mayor higiene, el capítulo 3 describe con mas amplitud la selección de las llaves.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 1 Comparación de los resultados obtenidos con los proyectos actuales.

Estado	Ubicación	Fuente	Caudal m ³ / s	Costo por Bombeo \$/m ³	Costo por potabilización \$/m ³	Inversión millones de pesos
Operando	Externo	Cutzamala	14.5	2.10	0.160	14,250
Operando	Externo	Lerma	5.9	0.278	0.053	-
Operando	Interno	Superficie	1.2	0	0.160	-
Operando	Interno	Pozos	43.4	0.495	0.053	-
Proyecto	CNA	Temascaltepec	5	2.99	0.160	3,371.25
Proyecto	CNA	Amacuzac	13.5	4.01	0.160	15,098.22
Proyecto	CNA	Tecolutla I	9.8	4.74	0.160	8,954.25
Proyecto	Otros	Aguas negras	7.4	0	8.87 ^A	2,422.015
Proyecto	Instituto	Tezontepec	7	0.71	0.36 ^B + 0.76 ^C	1,753.254
* Proyecto	Casa- Habitación		*8.3	Despreciable	0.160	2936/2520 pesos

- Cifra correspondiente a la cantidad suministrada en la ZMVM.

B Costo aproximado de 0.905 USD / m³ por tratamiento biológico mas los tratamiento, primario, secundario, terciario y cloración.

C Costo aproximado de 0.072 USD / m³ por desinfección con luz ultravioleta y 0.05 \$ / m³ por cloración.

D Costo aproximado de 0.031 USD / m³ por desinfección con nanofiltración y 0.05 \$ / m³ por cloración.

Los resultados del costo de inversión corresponden a la loza manejada en este proyecto la cual se tomó como un estándar de 76 m², el costo por bombeo es despreciable debido a que la carga que presenta 8.3 m³ / s, es la suma de toda la ZMVM y no es un caudal que abastezca, además de que no hay comparación con el tiempo que trabajan las bombas de abastecimiento de los sistemas, a una bomba de agua casera

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1

Como resumen de los resultados obtenidos para demostrar la efectividad del proyecto se puede mencionar que:

Se puede recuperar hasta el 70 % del agua empleada en el interior de la casa-habitación considerando el complemento con agua pluvial (en algunos poblados se consume esta agua sin ningún tratamiento previo), lo cual incrementa variando el porcentaje de agua re-usada debido a que la precipitación pluvial no es constante en los estados de la republica. Se redujo considerablemente la demanda de agua y la reducción en el pago bimestral por concepto de este rubro. La calidad de filtración no cumple con la norma establecida por la secretaria de salud, debido a que la elaboración de los filtros solo se contemplo el bloqueo de sólidos, la eliminación de bacterias hasta en un 95% y la absorción de los malos olores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

Índice	Pág.
Resumen	
Introducción	VII
Capítulo 1: Antecedentes	1
1.1. Descripción del acuífero y su explotación	1
1.2. Descenso del nivel de agua en el acuífero y hundimiento de terreno	3
1.3. Balance de agua del acuífero	5
1.4. Abastecimiento y distribución	7
1.4.1. Características de las áreas de servicio	8
1.4.2. Fuentes de agua	10
1.5. Tratamiento del agua	17
1.5.1. El sistema de distribución de agua	18
1.6. Re-uso de aguas residuales municipales	19
1.7. Calidad del agua y problemas de salud	23
Capítulo 2: Fundamentos teóricos	30
2.1. Tarifas del agua en la ZMVM	30
2.2. Medidas tomadas para la disminución del consumo de agua	33
2.3. Recuperación del agua pluvial	35
2.4. Aumento de tarifas correspondiente al consumo de agua potable para uso domestico	39
2.5. Algunos métodos de depuración del agua	41

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3: Proyecto de re-uso	46
3.1. Descripción del proyecto	46
3.2. Sistema de captación y Recuperación de agua	47
3.3. Instalación de las tuberías de captación de agua pluvial para la loza a dos aguas	52
3.4. Instalación de las tuberías de captación de agua pluvial para la loza plana	60
3.5. Sistema alterno de distribución de agua	64
Capítulo 4: Análisis de los resultados	67
4.1. Resultados del proyecto de re-uso de agua	67
Conclusiones	79
Bibliografía	81
Paginas Web	82

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GLOSARIO

Acuífero: Conjunto de terrenos que contiene agua a un nivel determinado.

Cuenca: Territorio cuyas aguas fluyen todas a un mismo río, lago o mar

Lacustre: Capa de arcilla perteneciente a un lago.

Mioceno: Pertenecce a periodo de la era terciaria, que sigue inmediatamente a oligoceno.

Acuitardo: Capa que se crea por la arcilla en un terreno húmedo.

Freático: Capa de agua subterránea formada al filtrarse las aguas de la lluvia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

La Ciudad de México es el centro cultural, económico e industrial de la República Mexicana. Con una población que se acerca a 20 millones de habitantes, equivalente a la del territorio entero de los estados de Texas o de Florida. Desde las áreas rurales fluyen en forma constante a la región grupos migratorios conformados por personas en busca de trabajo y de los beneficios económicos que suelen generarse en los centros de poder político. Muchos de estos inmigrantes se establecen de manera ilegal en los límites urbanos, con la esperanza de que el gobierno les proporcione, eventualmente, servicios públicos. Según el Diccionario de la Real Academia Española el agua es una "sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales"

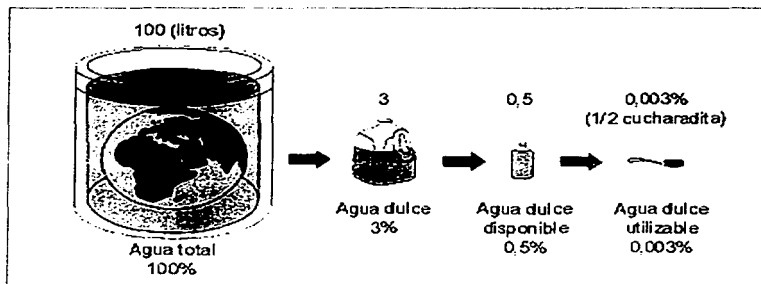
El agua es el elemento más importante de nuestro planeta, el cual ha permitido la aparición, y el mantenimiento de la vida en la forma en que la conocemos. Es comprensible que, tanto las grandes religiones, como las primeras explicaciones filosóficas del origen del Cosmos, resalten al agua como fuente de vida y medio de purificación y regeneración.

La mayoría de los científicos e investigadores afirman que la Tierra es un planeta acuático. Y esto es cierto el 71% de su superficie se encuentra cubierta por el agua. Esta preciada envoltura resulta esencial para toda forma de vida, sin embargo solamente una pequeña cantidad de la misma se encuentra disponible para el consumo humano y distribuida de manera muy poco uniforme en las distintas latitudes del planeta. Pero aunque el volumen de agua a escala mundial pueda ser suficiente, el mismo se distribuye de manera poco uniforme alrededor del planeta. Ello hace que aparezcan notables desigualdades entre regiones y / o países.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹El 97% del volumen de agua en la Tierra se halla en los mares y los océanos, como sabemos, no es apta para consumo humano, (no sin someterlo a tratamientos costosos). El 3% restante figura 1, se compone de agua dulce, de la cual el 2,997% resulta de muy difícil acceso para el consumo, ya que se sitúa en los casquetes polares y en los glaciares. Esto significa que tan solo el 0,003% del volumen total del agua de nuestro planeta es accesible para el consumo humano, ya que se encuentra en los lagos, la humedad del suelo, el vapor de agua, y en las corrientes fluviales y subterráneas aprovechables.

Figura 1. Distribución del agua en el planeta



El abastecimiento de agua y el sistema de drenaje para la creciente población de la Ciudad de México representa un gran reto. ²De la misma forma que el problema de la contaminación del aire, que demandó una atención muy importante hace 10 años, la situación del abastecimiento de agua en la ciudad se aproxima a una crisis. El continuo crecimiento urbano, junto con el escaso financiamiento, ha limitado la capacidad del gobierno para extender la red de abastecimiento de agua a las áreas que carecen del servicio, para reparar fugas y para tratar las aguas residuales.

¹ Investigación (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA)

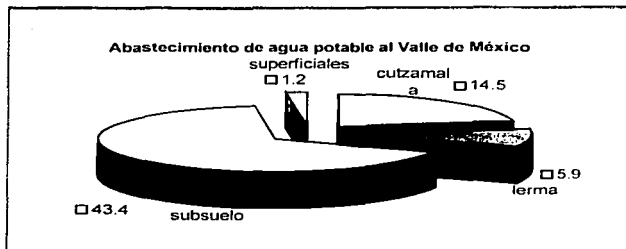
² Departamento del Distrito Federal, 1998

Al igual que la Ciudad de México, muchas de las principales ciudades del mundo enfrentan perspectivas inciertas para asegurarse un abastecimiento de agua permanente y confiable. La sustentabilidad del abastecimiento de agua en zonas urbanas está sujeta a muchos factores: la capacidad física del sistema hidrológico, la vulnerabilidad del sistema a la contaminación, la capacidad de tratamiento, la distribución y el desecho de aguas residuales, sin descontar los diversos aspectos sociales, económicos e institucionales que influyen en la capacidad de una sociedad para administrar sus recursos.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se abastece figura 2 por fuentes internas y externas al valle que cubren una demanda promedio de $65 \text{ m}^3 / \text{s}$.³ Como fuentes externas se tienen al sistema Cutzamala aportando $14.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ (22.31 % de abastecimiento total de agua) venciendo una carga de 1100 m, su recorrido es de 127 Km hasta la ciudad de México y el sistema Lerma, el cual suministra $5.9 \text{ m}^3 / \text{s}$ (9 %) venciendo una carga de 123 m, para recorrer una distancia total de 57.3 Km. Las fuentes internas son básicamente dos: un sistema de pozos el cual suministra $43.4 \text{ m}^3 / \text{s}$ (66.8 %) y los aprovechados superficiales que suministran $1.2 \text{ m}^3 / \text{s}$ (1.89 %), como se aprecia los pozos son los que más suministran agua, proporcionan un 75.8 % de la demanda total promedio el cual ha venido padeciendo una considerable sobreexplotación.

³ Comparación energética de las opciones para el suministro del agua a la zona Metropolitana del Valle de México. Tesis profesional. M. I. Víctor Hugo Hernández Gómez UNAM, 2000.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2. Abastecimiento de agua potable al Valle de México

Fuente: CNA, "Sistema Cutzamala, fuentes para millones de mexicanos". Revista informativa 1997 caudal en m^3/s . Valor promedio

⁴ Los niveles de agua del subsuelo se han venido abatiendo en el transcurso de los últimos 100 años, lo que ha provocado un hundimiento del suelo de la región; como consecuencia, el nivel de la superficie del área metropolitana ha sufrido un descenso de hasta 7.5 m, (7.5 cm / año) promedio. Esto propicia condiciones para que existan más inundaciones en la ciudad, lo que a su vez provoca daños a la infraestructura especialmente a las redes de agua potable y drenaje. Estas dificultades, combinadas con el manejo inadecuado de desechos peligrosos, provocan que el acuífero y el sistema de distribución sean vulnerables a la contaminación, con los consecuentes riesgos para la salud pública.

⁵ El creciente problema ha llevado, recientemente, al desarrollo de nuevas leyes, al despliegue de nuevos esfuerzos para la conservación de los recursos acuíferos, al desarrollo de programas educativos y a la búsqueda de soluciones innovadoras, como la privatización del servicio de agua y su tratamiento. Será difícil revertir las tendencias pasadas y establecer nuevas estrategias de conservación, que incluyan la correcta medición del consumo, su cobro y el cumplimiento de los reglamentos.

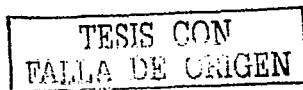
^{4,5}Departamento del Distrito Federal, 1998. Comisión Estatal de Agua y Saneamiento.

Un estudio de esta naturaleza no se propone identificar proyectos específicos. Los temas y las recomendaciones presentadas sólo tienen el propósito de ofrecer una guía general propuesta en el presente trabajo, mientras que los responsables de establecer y poner en práctica las políticas en torno al agua, tratan de llevar a cabo los distintos programas para administrar la cantidad y la calidad de los recursos acuíferos en la ZMVM.

Es muy importante tener un buen uso y racionalización del agua ya que este problema es de suma importancia para todos los usuarios, por lo que es necesario desarrollar una buena cultura sobre el agua, y esto inicia en casa debido a que la mayor parte de nuestra educación se obtiene por la familia. El hombre utiliza el agua en su domicilio para distintos usos como: aseo personal; lavado de trastes, ropa, banquetas y automóviles; riego de pasto y para su consumo. Por tal motivo el agua es de vital importancia para el ser humano, por lo que es necesario, contar con técnicas que se puedan emplear en los domicilios para no demandar (evitando el desperdicio) grandes cantidades de agua al sistema de distribución.

Como ejemplo del consumo de agua en casa habitación se puede mencionar:

1. - En el baño diario si se calcula los litros necesarios para que un individuo cubra sus necesidades se habla de un promedio de 20 a 30 lt en un tiempo promedio de 10 a 15 minutos por cada miembro que habite dentro de la casa por día.
2. - Por cada vez que se entra al sanitario se aplica una descarga al tanque del retrete, en la actualidad existen tanques con capacidad de 6, 8, 10 y 12 lt.
3. - El lavado de vehículos, el riego de pasto aunque este no se aplica diario y el lavado de banquetas con un promedio de consumo de 80 lt por semana.
4. - El lavado de ropa y trastes esto sin contar que ya existen aparatos que nos brindan una mayor comodidad pero básicamente se demandan mayor cantidad de agua con un gasto promedio de 180 lt por cada semana



Estos son solo algunos ejemplos, si se diera mayor importancia a aplicar un re-
uso dentro de una casa-habitación se lograría una importante reducción en la cantidad de
agua potable solicitada a la red y a su vez una disminución económica considerable de la
cuota que se debe de pagar por el consumo de la misma.

Para la realización del trabajo se emplea la metodología siguiente: se analizo cual
es la demanda y las fuentes de abastecimiento actuales y posibles dando principio a
sugerir técnicas para poder dar un re-uso al agua dentro de una casa-habitación.

Por tal motivo en el capítulo I se presenta una visión de todo lo relacionado con el
abastecimiento de agua a toda la ZMVM, su calidad para consumo humano y diversos
usos en una casa-habitación.

En el capítulo II se exponen todos los factores teóricos que involucran el proyecto
propuesto, así como cálculos de los costos del agua domiciliaria, el estimado en
desperdicio, los dispositivos que se pueden emplear para disminuir la contaminación del
agua para darle un segundo uso a bajo costo.

En el capítulo III se presenta el desarrollo del proyecto describiéndolo a fondo,
costos y beneficios.

A demás de re-usar el agua, se incluye como complemento la recuperación del
agua pluvial. Con este proyecto se obtuvo un ahorro aproximado en la demanda de agua,
de la toma domiciliaria del 70 % la cual se discute en el capítulo IV.

Y por ultimo en el capítulo IV se presentan todos los resultados obtenidos del
proyecto, ahorro de agua en m^3 y su correspondiente costo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

En este capítulo se menciona una breve reseña histórica sobre la geología de la cuenca del valle de México a demás un panorama general de los diversos usos del agua potable y su costo.

1.1 Descripción del acuífero y su explotación.

La compleja geología de la Cuenca de México ha proporcionado a lo largo de la historia abundantes recursos de agua a sus habitantes a pesar de la escasez de agua superficial.

⁸ "La Cuenca del Valle de México se localiza en la parte central del Cinturón Volcánico y tiene un área aproximada de 9000 km². El valle, situado a una altitud cercana a los 2,400 m sobre el nivel del mar, es él más alto de la región y se encuentra rodeado por montañas que alcanzan elevaciones superiores a los 5000 m. La temperatura promedio anual es de 15 ° C. La mayor parte de los 700 mm de agua de lluvia que caen anualmente en la región se concentra en unas cuantas tormentas intensas, las cuales se presentan por lo regular de junio a septiembre; durante el resto del año las precipitaciones pluviales suelen ser escasas o nulas". Esta cuenca es una depresión cerrada de manera natural, que a fines del siglo XVIII fue modificada artificialmente para controlar las inundaciones en la ciudad. Las fuentes de recarga del agua subterránea en la cuenca se derivan, en gran medida, de las precipitaciones infiltradas y de la nieve derretida en las montañas y cerros que la rodean; este flujo se desplaza en forma de una corriente subterránea hacia las zonas menos elevadas. En su estado natural, la cuenca tenía una serie de lagos, desde los de agua dulce en el extremo superior, hasta los salados del extremo más bajo, en los que se concentraba la sal debido a la evaporación. La corriente de agua subterránea originaba numerosos manantiales al pie de las montañas, así como pozos en el valle

⁸ La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SAHR)



Tres principales zonas hidrológicas han sido definidas para el Valle de México: la zona lacustre, el pie de monte o zona de transición y la zona montañosa. La zona lacustre corresponde a las elevaciones de menor altura. La región pie de monte se encuentra por lo general entre el lecho de los antiguos lagos y las montañas de mayor pendiente. Aquí, las capas de arcilla lacustre se intercalan con las de sedimento y arena; en las áreas más cercanas a la base de las montañas, el pie de monte está compuesto en gran medida por basalto fracturado de flujos volcánicos. La formación de basalto es altamente permeable, con una buena capacidad de almacenamiento, y es considerada como el componente principal del acuífero en explotación; se encuentra expuesta cerca de la porción superior del pie de monte y se extiende por debajo de los depósitos aluviales del valle. El pie de monte, conocido también como zona de transición, es importante para la recarga natural del acuífero.

El modelo conceptual de la porción sur de la cuenca ha permitido identificar dos unidades permeables más profundas: un acuífero intermedio y otro profundo. Ambos están pobremente caracterizados, pero se les considera independientes del acuífero principal. El acuífero intermedio se compone de depósitos volcánicos del Mioceno. La formación subyacente de calizas del Cretácico puede también ser un acuífero. En los lugares donde la formación de calizas se encuentra expuesta, las $\frac{3}{4}$ partes exterior de la porción sur de la cuenca es donde generalmente se efectúa la explotación de agua subterránea.

Históricamente, el principal acuífero abastecedor de agua estuvo sujeto a la presión artesiana, de manera que todos los pozos del fondo del valle llevaban el agua a la superficie sin necesidad de bombeo. Los gradientes hidráulicos naturales provocaban que el agua ascendiera sobre los pozos arcillosos. La proliferación de pozos en los últimos cien años ha cambiado las condiciones hidrológicas naturales. Ahora, los gradientes y el flujo en las capas superiores de los depósitos se encuentran, generalmente revertidos, hacia las zonas de mayor extracción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 Descenso del nivel de agua en el acuífero y hundimiento de terreno.

En sus orígenes, en el siglo XIV, la ciudad azteca de Tenochtitlán utilizaba un elaborado sistema de acueductos para llevar agua de manantial desde la parte más alta de la porción sur de la Cuenca de México hasta la ciudad.

Tras vencer a los aztecas en 1521, los españoles reconstruyeron estos acueductos y continuaron utilizando agua de manantial hasta mediados del siglo XIX. El descubrimiento en 1846 de agua potable subterránea proveniente de los pozos artesianos, provocó un furor por la perforación de pozos.

Hacia estos años, la extracción creciente de agua de pozo, combinada con los métodos artificiales de drenado del valle, provocó que muchos manantiales naturales se secaran, que los lagos menguaran y que el agua del subsuelo perdiera presión, con la subsiguiente consolidación de las formaciones de arcilla lacustre sobre las que se asienta la ciudad. El consecuente hundimiento del terreno ha constituido un serio problema para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) desde principios del siglo XX. En 1983 ya se había demostrado que dicho hundimiento estaba asociado a la extracción de agua subterránea, por lo que muchos pozos del área urbana fueron clausurados.

Uno de los primeros signos de disminución en el nivel del agua subterránea fue el desecamiento de los manantiales naturales en los años treinta, hecho que coincidió con la explotación intensiva del acuífero principal por medio de pozos profundos (de 100 a 200 m de profundidad). Aunque los niveles de agua subterránea se han medido durante décadas, estas mediciones fueron confiables para proyectos muy específicos y, por lo tanto, no resultaron un indicador acertado del descenso antes mencionado. En 1983 comenzó el muestreo sistemático de los niveles de agua en el acuífero. Desde entonces, el promedio anual de descenso del agua subterránea va de 0.1 a 1.5, m por año en las diferentes zonas de la ZMVM. Los niveles del agua durante el período que va de 1986 a 1992 muestran un descenso neto de 6 a 10 m en las zonas de más intensa extracción de esta región.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando el acuífero somero fue explotado en forma extensiva, hacia 1850 y los últimos años del mismo siglo, el hundimiento del terreno ya tenía lugar. Cerca de 1895, el hundimiento había alcanzado un promedio de 5 cm por año. Con el creciente bombeo efectuado en el período que va de 1948 a 1953, el hundimiento había llegado a los 46 cm por año en algunas áreas. De acuerdo con la Gerencia de Aguas del Valle de México GRAVAMEX, el hundimiento neto en los últimos 100 años ha hecho descender el nivel del suelo de la ZMVM un promedio de 7.5 m. El resultado ha sido un daño extensivo a la infraestructura de la ciudad, que abarca los cimientos de los edificios y el sistema de alcantarillado.

Por el lugar que ocupa en el fondo del valle, la Ciudad de México siempre ha estado sujeta a las inundaciones. Como se ha visto, uno de los problemas más serios causados por el hundimiento es el descenso del nivel de la Zona Metropolitana respecto al lago de Texcoco, el punto bajo natural de la porción sur de la cuenca. En 1900, el fondo del lago era 3 m más profundo que el nivel medio del centro de la ciudad. Alrededor de 1974, el fondo del lago ya se encontraba dos metros más arriba. Estos cambios han agravado el problema de las inundaciones y han orientado la evolución del complejo sistema de drenaje creado para controlarlas. A principios del siglo XIX, el drenaje de la ciudad era conducido mediante gravedad por el llamado Gran Canal del Desagüe, para finalmente desembocar por el túnel de Tequizquiac, al extremo norte del valle. Hacia 1950, el hundimiento de la ciudad era ya tan serio que hubieron de construirse diques para encausar la corriente de agua pluvial; asimismo, fue necesario bombear para elevar el agua del drenaje subterráneo al nivel del Canal del Desagüe.

El aumento relativo del nivel del lago continuó amenazando a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con inundaciones, lo que llevó a la necesidad de trabajar en el sistema de drenaje profundo y en las excavaciones para hacer más hondo el lago de Texcoco.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En 1953, debido al severo hundimiento del centro de la ciudad, se clausuraron muchos pozos, al tiempo que se inició la construcción de otros nuevos en las regiones meridionales de Chalco, Tláhuac y Xochimilco. La velocidad normal de bombeo, $12.2\text{m}^3/\text{s}$, ha provocado en esta región hundimientos y descenso de los niveles del agua. Se han formado varios lagos en las depresiones creadas por la caída de los niveles del terreno en el área de bombeo. Al continuar los trabajos de bombeo, estos lagos continúan expandiéndose.

1.3 Balance de agua del acuífero.

Es común recurrir a un balance de agua para determinar el volumen de agua disponible para ser utilizada, asimismo, cuando se considera necesario, se intenta hacer un balance de agua subterránea. En general, este balance representa un cálculo más o menos exacto, debido a que la entrada principal a un depósito superficial es por la precipitación pluvial y esto pueden medirse.

Las estimaciones del comportamiento de un sistema de agua subterránea se hacen menos precisas debido a que todos los datos que intervienen en los cálculos (propiedades de los medios, geología del subsuelo y definición de los sistemas de flujo) poseen un margen de error esencial que los hace inciertos. Finalmente, casi todos los sistemas de agua subterránea responden a las presiones con mucha mayor lentitud que los sistemas de agua superficial, de modo que los balances de agua no se emplean muy a menudo, excepto para consideraciones a largo plazo. Otra complicación consiste en que el balance de agua para el acuífero puede ser del todo distinto al correspondiente al sistema de agua subterránea en su conjunto; gran parte del agua que ingresa al agua subterránea puede no llegar al acuífero principal en cuestión.

Por mucho, la mejor manera para determinar el balance del agua de un acuífero, es utilizar registros de bombeo para el largo plazo y de niveles de agua subterránea. Los descensos en los niveles de agua demuestran que el volumen de agua que está saliendo del sistema es mayor que el que ingresa, lo que indica un estado de sobreexplotación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 1

Mediciones de campo han probado que el nivel freático de la porción superior del acuífero principal que abastece a la Ciudad de México ha descendido, aproximadamente, 1 m por año; Según estos cálculos la sobreexplotación del acuífero está ocurriendo desde principios de este siglo, por lo menos.

Cuánto tiempo podría durar esta clase de explotación es una pregunta que ha sido puesta a debate.

Los mejores cálculos acerca de la cantidad de agua subterránea almacenada provienen de investigaciones realizadas en la porción sur de la Cuenca de México (generalmente en la Sierra de Guadalupe), donde se han efectuado numerosos estudios geológicos. Al estimar el volumen de agua subterránea almacenada, es importante considerar las contribuciones de la capa de arcilla superior, así como el hecho de que esta capa (el acuitardo) no actúa como una capa confinante en un 30 % de su extensión, ahí donde los niveles del agua han descendido por abajo del límite de esta capa. Sobre la base de las mediciones de campo y los modelos de esta región, el total del volumen saturado del acuífero en la parte sur de la cuenca ha sido estimado en 1,189.3 billones de m^3 . La explotación anual en esta región se estima de $27.9m^3/s$. Esta cifra de extracción equivale a una pérdida de agua subterránea que oscila entre 3.45 y 5.69 billones de m^3 anuales. La diferencia estima, en que los cálculos consideren, o no, que el agua que se queda en el acuitardo contribuye al volumen de agua del acuífero principal. ⁷A esta velocidad de extracción, el volumen calculado de almacenamiento es de 212 a 344 veces el volumen de explotación anual

Aunque esta clase de balance de agua se usa comúnmente para calcular las variaciones en los volúmenes de agua subterránea, no representa una base confiable para desarrollar cifras de extracción a largo plazo. En la ZMVM, el hundimiento es el castigo a la sobreexplotación.

⁷ Comisión Nacional del Agua (1997)



El daño que esto representa para el sistema de drenaje y otras obras públicas han sido señaladas con anterioridad. Además, el acuífero es vulnerable a la contaminación que acompaña la consolidación, desecación y fracturamiento de las capas de arcilla del acuitardo. Una aproximación simple a través de un balance de agua no aporta información adicional. El volumen real disponible en el acuífero principal sería de igual manera menor al estimado, debido a la probable disminución de la porosidad con respecto a la profundidad. También hay límites prácticos y económicos para el bombeo a profundidad.

1.4 Abastecimiento y distribución

La administración de los recursos hidráulicos subterráneos de la ZMVM es un problema vasto y complejo; integrar los conocimientos adquiridos con el tiempo acerca de estos recursos a la información institucional no es tarea fácil para ninguna ciudad de gran magnitud. Las distintas dependencias para la administración de agua del Distrito Federal y el Estado de México se han encargado, por lo general, de conservar los datos obtenidos para la operación, mantenimiento y planeación de sus respectivas áreas de servicio. Esta información no siempre se encuentra en los documentos que estas instancias generan y que se ponen a disposición del público. La ZMVM, es abastecida por fuentes internas y externas que cubren una demanda promedio de $65 \text{ m}^3 / \text{s}$. Como fuentes externas se tienen el sistema Cutzamala aportando $14.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ (22.31 %) de abastecimiento total de agua y venciendo una carga de 1100 m, su recorrido es de 127 Km hasta la ciudad de México. Por otro lado tenemos al sistema Lerma, el cual suministra $5.9 \text{ m}^3 / \text{s}$ (9 %) y venciendo una carga de 123 m, para recorrer una distancia total de 57.3 Km. Las fuentes internas son básicamente dos: a) un sistema de pozos el cual suministra $43.4 \text{ m}^3 / \text{s}$ (66.8 %) y b) los aprovechados superficiales que suministran $1.2 \text{ m}^3 / \text{s}$ (1.89 %), como se puede apreciar el sistema que más suministra agua es el sistema de pozos, incluyendo el sistema Lerma que nos proporcionan un 75.8 % de la demanda total promedio.

^a Comparación energética de las opciones para el suministro del agua a la zona Metropolitana del Valle de México. Tesis profesional. M. I. Víctor Hugo Hernández Gómez. UNAM, 2000.

A demás la CNA ha planteado diversos proyectos los cuales son: el Temascaltepec, Tezontepec, el Amacuzac y el Tecolutla I, también se tiene contemplado el re-uso de las aguas negras del Valle de México para consumo humano siendo este el mas caro debido a la tecnología requerida.

1.4.1 Características de las áreas de servicio

La administración de los servicios de agua y de desagüe en la ZMVM corresponde, en forma por igual, al Distrito Federal y al Estado de México; dentro de sus respectivos límites jurisdiccionales, cada entidad es responsable del abastecimiento de agua potable, así como de recolectar y disponer de las aguas residuales. Por su parte, la CNA tiene la responsabilidad de llevar el agua en bloque a las áreas de servicio, operar la mayoría de los pozos profundos de abastecimiento y organizar aquellos aspectos relativos a los trabajos hidráulicos que tengan por objeto el suministro de agua desde las cuencas vecinas.

El Distrito Federal tiene una extensión cercana a los 1,504km², mientras que el distrito entero se considera parte de la ZMVM, un área menor-aproximadamente 667 km² recibe servicio del sistema de distribución de agua y del sistema de recolección de aguas residuales. Aunque la Dirección General de Construcción y Operaciones Hidráulicas (DGOH) es responsable de abastecer de agua potable, recolectar las aguas residuales y disponer de ellas en toda su jurisdicción.

La parte sur del DF está poblada de manera dispersa y el abastecimiento de agua para esta área no está integrado al sistema de distribución. Muchos de los habitantes de esta porción del DF dependen de camiones tanque que transportan el agua que luego es repartida en pipas de agua, o bien de la que puedan obtener de los pozos y manantiales locales. Una parte de esta zona no cuenta con sistema de drenaje. Las autoridades han tratado de restringir aquí la urbanización debido a las dificultades que existen para llevar los servicios básicos, pero también porque se trata de una zona natural de recarga del agua subterránea.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se sabe que del 100 % del agua que se extrae se divide la siguiente manera:

- El 63% del agua que se extrae anualmente se utiliza para riego.
- El 23% se destina a la generación de energía eléctrica, extracción y refinamiento de hidrocarburos y enfriamiento de plantas industriales.
- El restante 7% se utiliza para uso doméstico o consumo humano.

1.4.2 Fuentes de agua

Actualmente, el uso de agua en la ZMVM es de aproximadamente $65 \text{ m}^3/\text{s}$, casi el 66.8 % del agua utilizada, se obtiene de distintas baterías de pozos que se encuentran explotando el acuífero de la Cuenca de México. En conjunto, el Distrito Federal y el Estado de México tienen 1,089 pozos registrados, a profundidades que van de 70 a 200 m. Esta cifra no incluye los pozos de mayor profundidad, operados por la Comisión Nacional del Agua. Existe también un gran número de pozos no registrados, muchos de los cuales se encuentran en el Estado de México. Los pozos se localizan por lo general en cuatro campos diferentes, ubicados en el interior y en los alrededores de la ZMVM. Se les conoce como campos de pozos del Sur (Xochimilco), Metropolitano, Este (región de Texcoco) y Norte. Se han reportado tasas de extracción ligeramente mayores ($45 \text{ m}^3/\text{s}$). Fuentes de abastecimiento de agua relativamente menores, pero importantes en el ámbito local, se derivan de las aguas superficiales de la cuenca, en gran medida represas de pequeños ríos y manantiales superficiales. El agua traída de las cuencas del Cutzamala y el Lerma contribuye con un 31.31 % del abastecimiento total promedio.

Excepto en el caso del río Magdalena y la presa Madín, las mismas fuentes de agua en bloque dan servicio a las áreas metropolitanas del Distrito Federal y el Estado de México

⁹(Departamento del Distrito Federal, 2000; Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, 2000).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El agua promedio superficial de la Cuenca del Valle de México contribuye sólo con el 1.9 % ($1.2\text{m}^3/\text{s}$) al abastecimiento de agua de la ZMVM.

El río Magdalena proporciona el agua para el Distrito Federal, mientras que la presa Madin, en el río Tlalneantla, abastece al Estado de México. Cuando se encuentran disponibles, se emplean los pequeños arroyos y manantiales naturales, fuentes que también ingresan directamente al sistema de distribución.

Hacia la década de los años treinta, el continuo hundimiento del suelo, junto con la toma de conciencia de que las reservas de agua subterránea de la Cuenca de México comenzaban a agotarse, forzó a las autoridades a explorar nuevas fuentes de abastecimiento de agua fuera de esta región. En 1941 se inició la construcción de un acueducto de 15 Km, para trasladar agua desde los pozos de la cuenca del río Lerma. En 1982 se dio comienzo al proyecto Cutzamala, para repartir agua superficial desde la cuenca del río del mismo nombre, a una distancia de 127 km y con una elevación neta de 1,100 m. En la actualidad, el proyecto Lerma-Cutzamala es un sistema combinado para trasladar agua tanto del río Cutzamala como de la cuenca del río Lerma; con 31.31 % del total.

Debido al constante crecimiento de la población demanda cada vez mas agua, ¹⁰se estima que para el año 2010 la demanda aumentara en $9\text{ m}^3/\text{s}$ y con el fin de evitar mas hundimientos dentro del Valle de México, la CNA ha planteado proyectos ajenos a los sistemas actuales pero han sido aplazados por falta de presupuesto y autorización los cuales son: Temascalpetec (este ya se construyo) que aportara $5\text{ m}^3/\text{s}$ e requiriendo un sistema de bombeo para vencer una carga de 1570 m y recorrer una distancia de 142 Km, de longitud; El Amacuzac aportaría $13.5\text{ m}^3/\text{s}$ donde vencería una carga de 1700 m; y el Tecolutla I que puede aportar de $9.8\text{ m}^3/\text{s}$ venciendo una carga de 1266 m a una distancia de 143 Km. En la (tabla 1.1) se muestra los costos de los sistemas que operan para el abastecimiento de agua a la ZMVM presentando 3 rubros, consumo energético, potabilización e inversión.

¹⁰(Instituto de Ingeniería UNAM)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si se pudieran llevar a cabo los proyectos antes citados se estaría hablando de un incremento de $28.3 \text{ m}^3/\text{s}$ sumados a los $65 \text{ m}^3/\text{s}$, da como resultado $93.3 \text{ m}^3/\text{s}$ de demanda promedio total cubriendo la estimada en 10 años.

Tabla 1.1. Costos de los sistemas en 1998.

SISTEMA	BOMBEO $\$/\text{m}^3$	TRATAMIENTO $\$/\text{m}^3$	INVERSIÓN $\$/\text{m}^3$
CUTZAMALA	2.10	0.160	3.89
LERMA	0.278	0.053	-
SUPERFICIE	0	0.160	-
POZOS	0.495	0.053	-

Fuente: Comparación energética de las opciones para el suministro del agua a la zona Metropolitana del Valle de México. Tesis profesional. M. I. Victor Hugo Hernández Gómez, 2000.

En el sistema de aguas (superficiales) solo se contempla el costo por bombeo subterráneo ya que es mucho menor el costo por trasladar el agua sobre la superficie debido a que se emplea el movimiento por diferencias de altura.

Descripción del sistema Cutzamala

El sistema Cutzamala se encuentra cerca de valle de Bravo, capta el agua de 7 presas de almacenamiento y de derivación para conducirla a la planta potabilizadora de los Berros, ¹¹ubicada en la cuenca alta del río Cutzamala el sistema cuenta con: un vaso de regulación y un acueducto de 127 Km, que incluye 19 Km de túneles y 7.5 Km de canales, una planta potabilizadora con capacidad de $24 \text{ m}^3/\text{s}$ y 6 plantas de bombeo para vencer un desnivel de hasta 1100 metros (cuya operación requiere de una energía total promedio de 1650 millones de kilowatts / hora) y 24 Km de túneles dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México que corresponden a los ramales norte y sur, de 12.6 y 11.5 Km respectivamente para la distribución del agua a los municipios conurbanos del Estado de México y al Distrito Federal.

¹¹Comisión Nacional del Agua "Sistema Cutzamala, agua para millones de mexicanos" SEMARNAP, 1997.

¹²El costo de traer agua potable del sistema Cutzamala a la ZMVM es de 2.16 \$/m³ donde el 92.92 % corresponde al transporte y el 7.08 % restante a la potabilización. Para el costo de inversión, se divide la inversión entre el valor presente de la producción, dando como resultado 3.89\$/m³. Por lo que el costo total es de 6.15\$/m³.

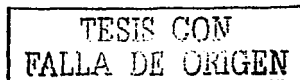
Descripción del sistema Lerma:

El sistema Lerma se encuentra localizado en el Valle de Toluca, Estado de México. ¹³El sistema capta agua del acuífero del río Lerma y de pozos aledaños, cuenta con 230 pozos, dos plantas de re-bombeo, o tres cárcamos de bombeo y cuatro acueductos. Además de los pozos mencionados, existen 90 adicionales exclusivos para el riego y 19 para abastecer el agua potable a las poblaciones cercanas al lugar, la captación de agua esta organizada por medio de ramales los cuales a su vez forman circuitos.

¹²El costo por traer agua potable del sistema Lerma a la ZMVM es de 0.331\$/m³ donde el 83.9 % corresponde al transporte y el 16.1 % restante a la potabilización.

¹³Comparación energética de las opciones para el suministro del agua a la zona Metropolitana del Valle de México. Tesis profesional. M. I. Víctor Hugo Hernández Gómez. UNAM, 2000

¹³Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Los Acuíferos del Alto Lerma". Comisión Hidrológica de la cuenca del Valle de México. 1970.



¹⁴Descripción de las fuentes superficiales:

La cuenca del Valle de México se divide en 11 zonas las cuales son: Zona I Xochimilco, Zona II Churubusco, Zona III Cd. De México, Zona IV Cuatitlán, Zona V Pachuca, Zona VI Teotihuacan, Zona VII Texcoco, Zona VIII Chalco, Zona IX Apan, Zona X Tochac y Zona XI Tecomulco. La obtención de agua de todas estas Zonas se realiza por medio de ríos como son: río san Jorge, río san Miguel, Barranca del muerto, río Milpa alta, río Amecameca, Barranca Juchitepec por mencionar algunos. Todos monitoreados para cuidar que cumplan con la norma para consumo humano, por la Red Nacional de Monitoreo el Alto Panuco, la cual cuenta con 30 estaciones de monitoreo.

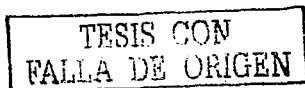
El costo de usar agua potable de los abastecimientos superficiales dentro del Valle es de 0.16 \$/m³, de los cuales el 100% corresponde al proceso de potabilización.

Descripción de las fuentes Subterráneas.

No existen datos suficientes para determinar el comportamiento de las aguas subterráneas en el Valle y por lo tanto, no se conoce con precisión su distribución y el volumen de agua que podría aprovecharse, sin alterar el equilibrio de estos acuíferos. La principal fuente de recarga son la precipitación pluvial. Los macizos montañosos sirven como receptores de recarga natural, que transmiten el flujo infiltrado hacia las partes baja de la cuenca Otro tipo de recarga no natural es la filtración de las fugas en la red de distribución de agua potable. ¹⁵El costo de suministrar agua potable a la ZMVM es de 0.548 \$/m³, donde el 90.32 % corresponde a la extracción y el 9.68 % restante a la potabilización.

¹⁴Gerencia regional de agua en el Valle de México, "diagnostico de la región XIII, Valle de México, informe final". Tomo I y 2. 1997.

¹⁵Comisión Nacional del Agua.



¹⁶Descripción de los proyectos futuros de abastecimiento de agua.

Tecolutla I. Utilizaría parte de la infraestructura del sistema hidroeléctrico Necaxa para el aprovechamiento de 9.8 m³/s; para ello se contemplo construir una nueva obra de toma de la presa Necaxa y mediante tres plantas de bombeo en cascada, elevar el agua 985 m a través de una acueducto de 24.5 Km integrado por 2.5 Km de tubería de acero en los tramos de alta presión, 7 Km de tubería de concreto presforzado de 2.5 m Ø y 15 Km de canal revestido de concreto. Los caudales del río Tecolutla se conducirán hasta la actual presa de la laguna previamente sobreelevada.

Amacuzac. La cuenca del Amacuzac, ha sido considerada como posible fuente de abastecimiento para la Ciudad de México desde los primeros estudios de planeación. Dada su cercanía al Valle de México y los importantes escurrimientos generados a considerable altura sobre el nivel del mar sé ha propuesto repetidamente como un proyecto de alta viabilidad.

Temalcaltepec. En operación, consiste en la construcción de una presa de almacenamiento con una cortina de 71 m de altura y longitud de 650 m. La obra de toma de agua permitirá enviar los caudales hasta el cárcamo de la planta de bombeo, mediante una tubería de acero de 3 m Ø y 160 m de longitud. Se ha planeado modular la planta de bombeo con cuatro equipos de 4 m³/s cada uno, para una capacidad de bombeo de 16 m³/s con una carga de 270 m

En la (tabla 1.2) se presenta el costo de inversión en millones de pesos para los proyectos que se tiene contemplados por la CNA. Y en la (tabla 1.3) el origen de agua en bloques.

¹⁶CNA. "Factibilidad del proyecto integral para el abastecimiento de agua potable a la Zona Metropolitana del Valle de México". 1998

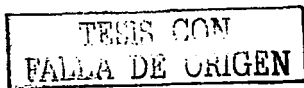


Tabla 1.2 Costos de inversión de los proyectos de abastecimiento en 1998.

PROYECTO	GASTO TRANSFERIBLE m ³ /s	INVERSIÓN MILLONES DE PESOS	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN AÑOS	CARGA m
TEMALCATEPEC	5.0	3,371.25	4	1570
AMAGUZAC	13.5	15,098.22	6	1700
TECOLUTLA I	9.8	8,984.25	5	1266
AGUAS NEGRAS	7.4	1,783	10	0

Fuente: CNA, "Factibilidad del proyecto integral para el abastecimiento de agua potable a la zona metropolitana del Valle de México". 1998.

Tabla 1.3 Origen y cantidad del agua en bloque proporcionada a las áreas de servicio del Distrito Federal y del Estado de México. Todos los valores están en m³ / s

Fuentes de agua en bloque	Distrito Federal	Estado de México	Total
Cuenca del Valle de México	22.7	20.3	43.0
Campos de pozos	0.2	-	0.2
Río Magdalena	-	0.5	0.5
Presa Madín	0.5	0.2	0.7
Manantiales y arroyos			
Fuentes Importadas			
Río Cutzamala	7.6	3.0	10.6
Campos de pozos del Lerma	4.3	1.0	5.3
Abastecimiento total de agua	35.3	25.0	60.3

Fuente: Departamento del Distrito Federal, 1998; Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Según la Comisión Nacional del Agua, la cantidad de agua potencialmente disponible de estas cuencas suma 43.7 m³/s, cifra que iguala el total de extracción del acuífero.

1.5 Tratamiento del agua

Dos plantas para tratamiento de agua procesan las fuentes de agua superficial en la Cuenca de México antes de enviarla a la (ZMVM) En el Distrito Federal opera la planta del Río Magdalena, la cual aplica un proceso a base coagulación / floculación, sedimentación por gravedad, filtración de arenas rápidas y desinfección con cloro. La CNA opera una planta de aguas superficiales en la presa Madín, que abastece al área de servicio del Estado de México y emplea un proceso de tratamiento similar al de la planta Magdalena.

La CNA se encarga de dar tratamiento al agua importada del río Cutzamala en la planta llamada Los Berros. Éste consiste en cloración, floculación, sedimentación por gravedad y filtración de arenas rápidas. Por lo general, dicha planta tiene una capacidad de 24 m³/s de agua. Los tratamientos se efectúan cerca de la fuente de extracción, antes de que el agua penetre al sistema Lerma-Cutzamala para ser transportada a la (ZMVM)

El tratamiento de las fuentes de agua subterránea consiste en aplicarles el procedimiento de cloración para obtener un valor de cloro residual total de 2.0 mg / lt, antes de que ingresen al sistema de distribución. De manera adicional, existen 326 estaciones de re-cloración a lo largo del sistema de distribución, que tienen por objeto mantener el cloro residual en el ámbito conveniente. El Distrito Federal posee 3 plantas de tratamiento, diseñadas originalmente para influir en los niveles de tratamiento avanzado del agua subterránea, incluyendo la extracción de gases disueltos, coloración, turbidez, hierro, reducción de la dureza, filtración y cloración. Estas antiguas plantas se encuentran en malas condiciones y de acuerdo con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal (DGCOH), ahora sólo aplican la desinfección con cloro. Sin embargo, existen otras plantas piloto que realizan tratamientos avanzados de agua subterránea, en forma experimental.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.1 El sistema de distribución de agua

¹²El área de servicio del Distrito Federal abarca casi 11,000 Km de líneas de distribución y 243 tanques de almacenamiento, con una capacidad total de 1.5 millones de m³. El agua proviene de todas las fuentes individuales que entran al sistema de distribución común. El Distrito Federal construye en la actualidad una línea de transmisión de agua (el Acueducto Periférico), destinada a transportar agua desde el sistema Cutzamala que entra al sistema de distribución por el oeste a las porciones sur y este del DF.

El sistema del Estado de México tiene aproximadamente 800 Km de líneas de distribución y 32 tanques de almacenamiento, con una capacidad de 440,000 m³. El Estado de México opera una línea de transmisión de agua de 49 km (el Microcircuito) para transportar el agua que ingresa por la parte oeste del área de servicio (incluyendo el agua importada desde el sistema Lerma-Cutzamala) a la parte este de la zona (Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, 1998) En la actualidad se trabaja para elevar la capacidad de esta línea de transmisión, aumentar el volumen de agua proveniente del sistema Cutzamala-Lerma a 7.3 m³/s más y ofrecer servicio al área este del sistema.

Las áreas de servicio del Distrito Federal y del Estado de México comparten el agua de todas las fuentes, excepto la del río Magdalena (que surte sólo al Distrito Federal) y la de la presa Madín (que sólo surte al Estado de México) Las áreas de servicio de agua del Distrito Federal y del Estado de México dentro de la ZMVM están divididas en cinco distritos cada una; El agua entra al sistema de distribución por "puntos de ingreso" ubicados en uno o más sitios de cada distrito de servicio. El agua subterránea es extraída de los distritos y entra directamente al sistema de distribución. También se recolectan otras cantidades de agua procedentes de las baterías de pozos ubicadas fuera de las áreas de servicio, así como de algunas fuentes de agua superficial en el interior de la cuenca y del Sistema Lerma-Cutzamala.

¹²(Departamento del Distrito Federal, 1998)

1.6 Re-uso de aguas residuales municipales.

Por re-uso del agua se entiende la práctica de recuperar las aguas degradadas para emplearlas, después de aplicarles un nivel de tratamiento adecuado, nuevamente en nuestros hogares. Las aguas residuales municipales, que incluyen el agua generada en residencias, establecimientos comerciales, y a menudo en instalaciones industriales, son la fuente de agua de re-uso de que se dispone más a menudo, luego de aplicárseles un grado satisfactorio de tratamiento.

¹⁸Otras fuentes de abastecimiento de agua degradada han sido tomadas en cuenta para su re-uso por ejemplo, la captación de agua de lluvia y el flujo que regresa de la irrigación agrícola. Sin embargo, la calidad de estas otras fuentes es menos predecible que la del agua municipal tratada, por lo que la conveniencia o no de su re-uso no es tan segura. El gobierno identifica las posibles aplicaciones del re-uso de las aguas municipales recuperadas, junto con los problemas de mayor importancia asociados a cada una de ellas.

Las actividades de re-uso del agua en la ZMVM comenzaron de manera oficial en 1984, con el Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua (DDF, 1988) Los proyectos para el re-uso del agua formaron parte de un programa más amplio destinado a reducir la pérdida de agua y mejorar los ingresos económicos por este concepto. Durante el periodo 1990-1992, el programa se concentró en varias actividades para el re-uso del agua en la ZMVM, que incluyeron la protección de las zonas naturales de recarga del acuífero, la recarga del acuífero con agua de lluvia y aguas residuales municipales recuperadas, así como el uso de aguas residuales recuperadas de los sectores industriales y de servicios. Este programa nacional abarcó el establecimiento de nuevos reglamentos para la descarga de aguas residuales en el Distrito Federal; en 1990, se establecieron las disposiciones para un programa industrial de "pre-tratamiento" un importante requisito previo para las actividades de recuperación y re-uso. Sin embargo, existe poca información disponible relativa a la duración y el éxito de los programas de pre-tratamiento industrial en la ZMVM.

¹⁸ Fuente (National Research Council, 1994)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹⁹En el área de servicio del Distrito Federal, los 2.62 m³/s de aguas residuales tratadas y re-usadas, se distribuyen de la manera siguiente: 83 % para la irrigación del paisaje urbano y depósitos en áreas recreativas; 10 % para uso industrial; 5% para irrigación agrícola; 2% para usos comerciales, como, por ejemplo, dentro de una casa-habitación el lavado de automóviles, descarga en el tanque del retrete, lavado de calles, riego de céspedes, etc. El Estado de México ha implementado un programa específicamente diseñado para aumentar el uso de aguas residuales municipales (tabla 1.4). Las finalidades del programa incluyen: el desarrollo de estudios de viabilidad para la construcción de sistemas de tratamiento adicionales, así como de una red de distribución que reparta las aguas residuales recuperadas para su re-uso; La promoción de proyectos de re-uso del agua entre los sectores privado y público.

Tabla 1.4 Aplicaciones para la re-utilización de aguas residuales municipales y principales problemas relacionados con cada uso.

Aplicaciones para el re-uso de aguas residuales	Problemas
<p>Irrigación Agrícola <i>Irrigación de Cosechas; Viveros</i> Comercialización de las cosechas y aceptación del público</p>	<p>Contaminación del agua superficial y subterránea si no se manejan correctamente.</p>
<p>Irrigación del Paisaje urbano <i>Parque; Patio de Escuela; Valla de Carretera; Campo de Golf; Cementerio; Cinturón verde; Residencial</i></p>	<p>Efecto en la calidad del agua, particularmente en las sales, en la tierra y las cosechas. Problemas de salud pública relacionadas con agentes patógenos (bacterias, virus y parásitos) Control del área de uso que Abarca la zona de influencia. Puede ser muy costoso para los Usuarios.</p>
<p>Re-utilización industrial <i>Enfriamiento; Alimentación de Calentadores; Agua Procesada; Construcción pesada</i></p>	<p>Componentes del agua residual recuperada relacionados con escamaduras, corrosión, crecimiento biológico y obstrucción. Problemas de salud pública, particularmente la transmisión atomizada de agentes patógenos al entrar el agua.</p>
<p>Usos urbanos no potables <i>Protección contra Incendios; Aire Acondicionado; Agua para inodoros</i></p>	<p>Problemas de salud pública causados por elementos patógenos que se transmiten en forma atomizada. Efectos de la calidad del agua en descalcación, corrosión.</p>

Capítulo 1

<p>crecimiento biológico y Obstrucción. Conexiones cruzadas en las tuberías.</p>	
<p>Recarga de agua subterránea <i>Relleño de agua subterránea; Control de la intrusión de sal; Control de los hundimiento</i></p>	<p>Productos químicos orgánicos en las aguas residuales recuperadas y sus efectos tóxicos. Sólidos, nitratos y agentes patógenos totales disueltos en las aguas residuales recuperadas.</p>
<p>Usos Recreativos / ambientales <i>Represas, lagos y estanques; Agrandamiento de pantanos; Aumento del flujo de la corriente; Pesquerías; Fabricación de hielo</i></p>	<p>Problemas de salud debidos a bacterias y virus; Toxicidad que afecta la vida acuática</p>
<p>Re-uso como agua potable <i>Mexclada con agua del acuífero; Abastecimiento de agua de tubo a tubo</i></p>	<p>Componentes de las aguas residuales recuperadas, en especial restos de productos químicos y sus efectos tóxicos; Aspecto y aceptación del público; Problemas de salud relacionados con la transmisión por agentes patógenos, especialmente de virus.</p>

Fuente: Metcalf y Eddy, Inc. 1991.

²⁰Las industrias del Distrito Federal re-usan 2.4 m³/s de aguas residuales, principalmente para procesos de enfriamiento. Esta cantidad representa un aumento de 25 % con respecto al nivel de re-uso en 1990 y del doble con relación a 1988. Muchas industrias tienen el potencial para re-usar el agua.

⁴⁰Departamento del Distrito Federal, 1998.

La industria privada ha mostrado ya interés en los beneficios del re-uso. Por ejemplo, 26 empresas privadas del área de Vallejo, en la ZMVM, iniciaron en 1989 un programa de re-uso.

En este proyecto se contempla el poder darle un segundo uso al agua en una casa-habitación, por ejemplo, en el baño diario se usa un promedio de 20 lt de agua en un tiempo de 10 a 15 minutos promedio por cada individuo, además él jalarle al retrete implica un consumo de 6 lt suponiendo que se cuente con el tanque de 6 lt, (en algunas casas todavía hay tanques de 8, 10 y 12 lt), el lavado de ropa implica otro consumo de agua potable, sin tomar en cuenta que ya existen lavadoras que lavan, enjuagan y secan. Los proveedores de productos para el hogar cada vez inventan aparatos más sofisticados que implican mayor consumo de agua, por tratar de hacernos la vida más sencilla y lujosa. Desgraciadamente toda el agua que se emplea en estos aparatos es dirigida al drenaje o simplemente tirada. En el capítulo 3 se da una visión más explicada afondo sobre el ahorro de agua mediante su re-uso y comparando los resultados obtenidos.

1.7 Calidad del agua y problemas de salud

Debido a las impresionantes dimensiones y la gran densidad de población de la ZMVM, así como al hecho de que casi tres cuartas partes del área dependen del acuífero para el abastecimiento de agua potable, la protección de la calidad del agua subterránea es de la mayor importancia. Los desechos originados por la actividad doméstica, industrial y comercial, contienen diversos gérmenes patógenos y contaminantes tóxicos que si no se manejan en forma adecuada pueden llegar a representar un peligro. La posibilidad de que esos contaminantes se filtren en el agua subterránea depende de muchos factores, tales como la composición de los suelos (materiales geológicos),

Como responsable de certificar la calidad del agua para el consumo humano, la Secretaría de Salud ha promulgado una serie de normas (tabla 1.5) que establecen los requerimientos para los sistemas de abastecimiento de agua, el transporte de agua potable y los distintos procedimientos de muestreo.

Tabla 1.5 Parámetros incluidos en normas de la Secretaría de Salud en 1994 para certificar la calidad del agua potable para uso humano

Contaminante	Norma mg/l
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Dureza del calcio en CaCO_3	300.00
Demanda de oxígeno químico	3.00
Cromo (VI)	0.05
Cobre	2.00
Cianuro	0.07
Fluoruro	1.50
Hierro	0.30
Plomo	0.025
Dureza del magnesio en CaCO_3	125.00
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos, en N	10.00
Nitritos, en N	0.05
Selenio	0.05
Sulfato	400.00
Alcalinidad total en CaCO_3	400.00

Zinc	5.0
Extractivos de carbón-cloroformo	0.30
Extractivos de carbón-alcohol	1.5
Nitrógeno orgánico en N	0.10
Fenoles	0.001
Color, Pt-Co Unidades	20
Cloro libre (agua con sobredosis)	0.2 1.50
Sustancias activas al azul de metileno	0.50
pH (potencial de Hidrógeno)	6.9-8.5
Sabor y olor	20
Turbiedad, NTU (escala Silica)	5
Coliformes fecales, no detectable NMP/100 ml	0

Fuente: Publicada en los Artículos 211-213 de la Ley general de salud, Diario oficial de la Federación, 18 de enero de 1996

La calidad del agua potable la impone la Secretaría de Salud por medio de la norma NOM-127-SSA1-1994 la cual señala los parámetros máximos que debe de contener el agua.

Como resultado, la calidad del agua potable en la ZMVM se observa mediante muestreos que permiten establecer niveles de químicos inorgánicos, químicos orgánicos y parámetros bacteriológicos y físicos. La DGCOH-DDF mantiene en Xotepingo un laboratorio central de control, el cual se encarga de realizar los análisis de calidad, para evaluar las instalaciones que abastecen el agua, tales como pozos, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento. También se realizan muestreos del agua en tomas domiciliarias en las colonias de las 16 delegaciones que conforman el Distrito Federal. El análisis de la calidad del agua se efectúa en 1 o 4 niveles de muestreo, dependiendo de la estimación que se haga sobre el tipo de agua de la zona. Al muestreo más simple se le conoce como nivel A, y se utiliza para detectar contaminación bacteriológica y obtener información sobre residuos libres de cloro, acidez, conductividad eléctrica, temperatura y turbiedad. Muestra las características físicas y químicas prevaletentes en el Distrito Federal, tales como alcalinidad total, cloruros, color, demanda de oxígeno, dureza total y nitrógeno amoniacal.

Estudios realizados en las delegaciones del DDF y en los Municipios Metropolitanos del Estado de México en busca de que se cumpla la norma establecida del cloro libre en las tomas domiciliarias, los resultados se presentan en las tablas 1.6 y 7.

Tabla 1.6 Porcentaje de cumplimiento de norma de cloro libre (0.2 mg/ lt) en el sistema de distribución de las colonias que conforman las 16 delegaciones del Distrito Federal. Las muestras fueron tomadas en 2001 en las llaves de agua de los consumidores

Delegaciones del Distrito Federal	Número de muestra	Porcentaje de cumplimiento de norma de cloro libre
Álvaro Obregón	7,060	95
Atzacapozálco	5,520	99
Benito Juárez	3,107	96
Coyoacán	6,979	97
Cuajimálpa	1,337	97
Cuauhtemoc	2,555	96
Gustavo Madero	12,419	94
Iztacalco	3,572	96
Iztapalapa	19,210	87
Magdalena Contreras	1,709	93
Miguel Hidalgo	2,952	95
Milpa Alta	1,110	95
Tláhuac	4,023	87
Tlalpan	4,148	95
Venustiano Carranza	3,414	95
Xochimilco	4,215	89

Fuente: AIC-ANIAC, 2001.

Tabla 1.7 Porcentaje de las muestras con residuos de cloro, en tomas domiciliarias de agua de los distritos metropolitanos del Estado de México. Los resultados son promedios obtenidos en 2001.

Municipios conurbados del Estado de México	Porcentaje de cloro libre detectado
Atizapán de Zaragoza	81.4
Huixquilucan	89.4
Naucalpan	88.9
Nicolás Romero	80.9
Tlalnepantla	89.8
Cuautitlán Izcalli	76.1
Cuautitlán	16.6
Coacalco	100.0
Tultitlán	55.8
Ecatepec	96.7
Nezahualcóyotl	97.4
Tecámac	93.7
Chicoloapan	100.0
Chimalhuacán	83.3
La Paz	47.3
Chalco	56.0
Ixtapaluca	72.2

Fuente: AIC-ANIAC, 2001.

Para nosotros darle un segundo uso al agua seria viable y barato pues el método de tratamiento de agua para consumo humano es muy caro, para la elaboración de este proyecto se considera que el agua de re-uso no es apta para consumo humano es decir no cumple con la norma de calidad de agua que se presento en la tabla 1.5.

Pero en este caso no se trata de una gran industria para re-uso del agua si no se trata de una casa-habitación por aqui se comienza a cuidar el agua de una manera racional debido a que mucha gente no sabe que tanto trabajo y dinero cuesta tener agua en su domicilio con una calidad optima para su consumo.

Se han intentado diferentes formas de concienciar a la gente del buen uso de tan vital liquido por ejemplo, anuncios de televisión y radio, propagandas y espectaculares pero nada parece dar resultado esperando que este trabajo brindar una cultura de uso adecuado del agua para así lograr la disminución de consumo de agua originando un ahorro económico para el gasto familiar.

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se presenta todos los factores teóricos que involucran al proyecto, como el costo de agua domiciliaria y los dispositivos de tratamiento de control o de disminución de la contaminación del agua.

2.1 Tarifas del agua en la ZMVM.

Un aspecto importante del servicio de agua es el monto no registrado de pérdidas debidas a fugas en el sistema de distribución. El estimado de 15 % de pérdidas ha sido empleado por la Comisión Nacional del Agua en México, para fines de planeación; sin embargo, esta misma Comisión, ²¹ acepta que las pérdidas de agua por filtraciones en la ZMVM fluctúan de manera muy amplia y que éstas podrían llegar a ser del 40 % en algunas porciones del área de servicio.

A los usuarios no domésticos sin medidores, incluida la industria, se les cobra con base en el diámetro de la tubería. Por ejemplo, una cuota bimestral de \$ 84 se carga por las tuberías menores de 13 mm de \varnothing , y la tarifa aumenta rápidamente conforme aumenta el diámetro de la tubería, hasta alcanzar los \$669,235 en el caso de tuberías mayores a los 300 mm de \varnothing (Departamento del Distrito Federal, 1992). ²² Los cargos más altos se cobran a usuarios como la Cervecería Moctezuma. El DDF ha puesto especial énfasis en instalar medidores a los usuarios que consumen más de 240 m³ por bimestre. En la (tabla 2.1) se presenta las características que conforman a la ZMVM relacionado con el servicio de consumo de agua, muestra el área total en km² aproximadamente de las dos entidades, como también el sistema de drenaje, la población y el consumo de agua por diferentes rubros. Esto nos da una visión de los servicios con los que se cuenta en materia del agua.

²¹ Comisión Nacional del Agua.

²² Departamento del Distrito Federal, 1998.

Tabla 2.1 Características de la ZMVM y del servicio de consumo de agua en el Distrito Federal y en la zona conurbada del Estado de México.

	Distrito Federal	Estado de México
Área total de la ZMVM (km ²)	1,504	2,269
Área servida por los sistemas de distribución de agua de drenaje (Km2)	667	620
Población de la ZMVM (millones)	8.3	6.8
Consumo diario de agua per cápita (litros)	364	230
Consumo de agua por rubro %		
Doméstico	67	80
Industrial	17	17
Servicios urbanos y comerciales	16	3

Fuentes: Departamento del Distrito Federal, 1998; Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, 1998; INEGI, 1999.

En la (tabla 2.2) se presentan las tarifas que se tienen para el cobro del agua por metro cúbico para uso exclusivo del sector industrial y comercial según el DDF.

Tabla 2.2 Tarifas de agua para los usuarios no domésticos (industrial y comercial) en el Distrito Federal, 1998.

Consumo bimestral (metros cúbicos)	Costo por metro cúbico (\$)
Menos de 30	\$1.2
de 30 a 60	\$2.0
de 60 a 120	\$2.3
de 120 a 240	\$3.0
de 240 a 420	\$3.5
de 420 a 660	\$4.2
de 660 a 960	\$4.9
Por encima de 960	\$5.8

Fuente: Departamento del Distrito Federal, 1998.

Los usuarios domésticos representan alrededor del 67 % del total del consumo de agua, y constituyen aproximadamente el mismo porcentaje de los usuarios industrial y comercial. ²³Las tarifas del agua de uso doméstico oscilan entre \$1.4 y \$3.20 por m³-la última cifra representa el consumo más elevado. La creciente unificación del esquema de tarifas ofrece incentivos para la conservación donde los niveles de consumo son más altos. Sin embargo, sólo cerca de la mitad de los usuarios de tipo domésticos tienen medidor en el Distrito Federal; muchos de estos medidores no funcionan, por lo que llevar a cabo el cobro de las cuentas ha sido irregular. Un importante número de usuarios de tipo doméstico y no doméstico paga una cuota fija por el servicio de agua.

²³Departamento del Distrito Federal, 1998.

En la (tabla 2.3) se aprecia el costo de agua para uso domestico, como se puede apreciar en las tablas 2.2 y 2.3 el costo para uso industrial y comercial en comparación con el uso domestico, es mas elevada a pesar de que en ocasiones se llega a igualar el consumo de agua en uso domestico.

Tabla 2.3 Tarifas de agua para usuarios domésticos en el Distrito Federal, 1998.

Consumo bimestral m ³	Costo por m ³
Hasta 10	Sin cargo (\$)
de 10 a 20	0.4
de 20 a 30	0.5
de 30 a 60	1.2
de 60 a 120	1.4
de 120 a 240	1.9
de 240 a 420	2.2
de 420 a 660	2.5
de 660 a 960	2.8
Más de 960	3.2

Fuente: Departamento del Distrito Federal, 1998.

2.2 Medidas tomadas para la disminución del consumo de agua.

Después de una mejora en los diseños por parte de los fabricantes de accesorios para baño, cocina, accesorios domésticos y todo lo relacionado con la utilización del agua en una casa-habitación se ha logrado reducir el volumen que puede almacenar, el tanque del retrete, en la actualidad son de 6 lt, pero esto no ha sido suficiente ya que el desperdicio del agua se realiza de acuerdo a las actividades del mismo usuario.

Hablando de las regaderas ahora son más pequeñas y se han reducido la cantidad de orificios de salida dejándolas en 6 orificios además que se debe de aumentar la presión de agua para tener la sensación de una buena cantidad de agua durante el baño por citar algunos ejemplos: en las festividades santas (sábado de gloria), el lavado de automóviles con manguera, lavado de patio con manguera, lavado de ropa, el baño diario, el aseo en casa. Las actividades antes mencionadas se pueden llevar a cabo con agua re-usada debidamente filtrada con unos sencillos pasos que se pueden hacer en casa-habitación. Considerando para el proyecto una casa-habitación cuya familia es de 4 integrantes adultos, si por cada uno de ellos que entre al sanitario 4 veces al día promedio y suponiendo que tengan un tanque con capacidad de 6 lt da como resultado 96 lt en un solo día, además esta no es la única actividad que se realiza con el agua, el baño diario implica 20 lt de agua en un tiempo promedio de 10 a 15 minutos dando como resultado 80 lt, el lavado de ropa una vez a la semana con una lavadora automática de 120 lt por lo regular se usa 2 veces en el proceso del lavado esto es 240 lt promedio semanal.

Tabla 2.4 calculo estimado del desperdicio de agua (promedio) por día en una casa-habitación compuesta por 4 integrantes

USO	LITROS POR DÍA	LITROS POR MES	CONSUMO ANUAL
Cepillar los dientes con el agua sin parar	24	720	8640
Descarga de un retrete	96	2880	34560
Lavadora de trastos automática	10	300	3600
Afeitarse con agua sin parar	7	210	2520
Goteo de un grifo o llave por día	5	150	1800
Lavado manual de vajilla con agua sin parar	15	450	5400
Bañera promedio	80	320	3840
Ducha de 10 minutos	80	2400	28800
Lavarropas a su máxima capacidad	120 por semana	480	5760
Regar el césped durante 10 minutos	30	240	2880
Lavado de auto con manguera	30	240	2880

LITROS TOTALES CONSUMIDOS	POR DÍA	POR MES	CONSUMO ANUAL	EN METROS ³
	377	11790	144085	144.085

En la tabla 2.4 se presenta el consumo de agua de una familia integrada por 4 habitantes, para su realización fue necesario realizar una encuesta a amas de casa cuya familia esta compuesta por cuatro integrantes.

El consumo da un total de 2759 lt por semana promedio con un gasto anual de 144085 lt = 144.085 m³ que reflejado en pesos equivale a 144.085 * 1.40 el m³ = \$201.719 por el pago del suministro aunque estas cifras son un promedio.

2.3 Recuperación del agua pluvial.

El gobierno ha puesto en marcha diferentes proyectos para la recuperación del agua pluvial de los cuales el más importante es el que esta llevando a cabo en la delegación Iztapalapa debido a los problemas que tiene con el suministro del liquido

²⁴La cuenca del valle de México va hacia la inviabilidad y en 10 años el problema no será la seguridad publica, si no el agua, advirtió el jefe delegacional en Iztapalapa Rene Arce Islas, en la ultima etapa de su administración, inicio obras publicas para la captación de lluvia y canalización a pozos naturales o artificiales, para su retorno al subsuelo, la intención es la recarga de mantos acuíferos y frenar problemas graves como hundimientos, inundaciones, grietas y carencia de agua en la zona. A principios de febrero del 2002 arranco con 39 obras con una inversión total de 33 millones 317 mil 68 pesos que beneficiaran a una población de 60 mil habitantes, de las zonas del Cerro de la Estrella, Cerro del peñón y sierra de Santa Catarina.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos con obras hidráulicas como las que ha iniciado en su demarcación si se empiezan con todos los cerros que rodean a la ciudad, canalizando en agua de lluvia hacia lugares donde se pueda filtrar, en ves de enviarla al drenaje, donde se mezcle con aguas negras para después ser expulsadas hacia el estado de Hidalgo comenzaría a resolver el problema.

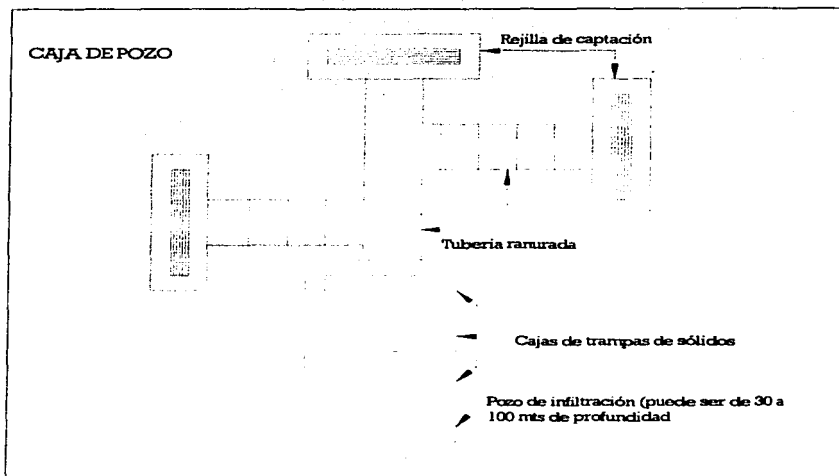
Las obras para la recarga del acuífero en Iztapalapa iniciaron a principios de este año y presentan avances de mas del 60 % no son obras complicadas. Primero se necesito un estudio técnico que permita saber si se puede filtrar agua y lo otro es buscar los lugares adecuado.

En algunas partes la capacidad de absorción es de tal magnitud que no necesitamos más que retener el agua para que se filtre como el caso de la Sierra de Santa Catarina. Con esquemas de ingeniería proporcionados por la Dirección General de Construcción y Obras Hidráulicas, Iztapalapa realiza diversos tipos de obras para la recarga del acuífero.

En el Cerro de la Estrella perforaron un total de 16 pozos con 30 m de profundidad para la infiltración de agua de lluvia la cual es captada a través de rejillas en las calles donde, de manera natural desciende el agua del cerro, canalizadas a través de tuberías ranuradas para evitar la sobresaturación hasta unas cajas de trampas de sólidos para caer en el pozo de infiltración como se muestra en la (figura 2.1).

**Fuente: Boletín emitido por el jefe delegacional de Iztapalapa, octubre 2002*

(Artículo extraído del periódico informativo el grafico Octubre del 2002)

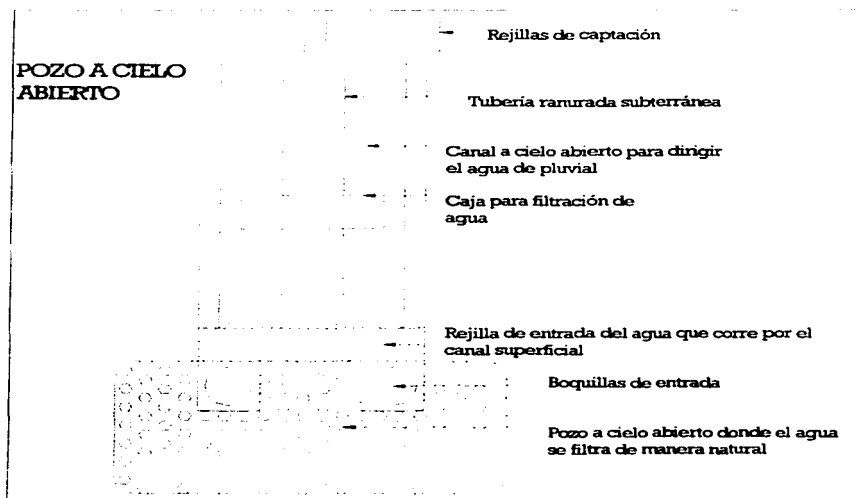
Figura 2.1 Proyecto en la delegación Iztapalapa (CAJA DE POZO)

El mayor problema para la población en cuando el agua de lluvia corre al subsuelo de manera paralela al sistema de drenaje y agua potable para evitar su contaminación, la idea es no desperdiciarla y mucho menos ensuciarla. Un pozo por obra de captación el propósito del jefe delegacional en Iztapalapa, lograr la autorización de la DGCOH para que, antes de que concluya su administración, por cada uno de los 50 pozos que hay en la demarcación, haya una obra de captación de agua de lluvia.

Como se muestra en la figura 2.2. Con cisternas similares, construyen dos obras en Cerro del Peñón y 13 en la Sierra de Santa Catarina, además de 7 pozos a cielo abierto en el mismo sitio y un resumidero natural (cuevas) en el Cerro de la Estrella. Algunos pozos a cielo abierto tienen capacidad de captación de hasta 25 millones de lt de agua de lluvia.

Las obras que realizan en Iztapalapa además de buscar la recarga en los mantos acuíferos, evitara los encharcamientos severos mucha del agua de lluvia baja con arenas y otros materiales que arrastra en su camino, y cuando llega a las partes bajas las inunda por que el drenaje no tiene capacidad para recibirla.

Figura 2.2 Proyecto en la delegación Iztapalapa (POZO A CIELO ABIERTO)



El problema es muy complicado, esto es como una gotita en el desierto, pero es, sobre todo, para decir si se puede hacer como una política de gobierno. Así, en un futuro en lugar de hacerlo nosotros sea la DGCOH la que realice en toda la ciudad.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

²⁵Inversión:

Asignación: 33 mil 68 pesos

Población beneficiada: 60 mil habitantes

Cerro de la Estrella: 16 pozos de 30 m de profundidad y un resumidero natural (cuevas)

Cerro del Peñón, 2 pozos de 100 m de profundidad.

Sierra de Santa Catarina: 10 pozos de 60 a 100 m de profundidad, 3 cajas pozos y 7 pozos a cielo abierto

En total son 39 obras para captar agua

2.4 Aumento de tarifas correspondiente al consumo de agua potable para uso domestico.

²⁶La propuesta de subir la tarifa domestica en el consumo de agua en el Distrito Federal ya es muy fuerte entre diputados del PVEM, PRI Y PAN, en la Asamblea Legislativa Del distrito Federal (ALDF). Y los acuerdos para lograrlo ya están avanzados, a pesar de la resistencia del PRD.

Entre los argumentos en contra, está en que delegaciones como Iztapalapa, Tláhuac, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero el servicio de agua es deplorable donde también se discute la iniciativa de Ley del Agua. Que los cortes al servicio de agua "duran ahí días, y hasta semanas, y cuando llega sale de color café y apesta".

²⁵Fuente: Delegación Iztapalapa

²⁶Alfredo Magaña (periódico el grafico octubre 2002)
(Artículo extraído del periódico informativo el grafico Octubre 2002)

Esa medida seguramente sería vetada por el jefe de gobierno del DF, Andrés Manuel López Obrador, por que su política de ingresos del DF protege a los sectores económicamente débiles. Sin embargo para el diputado Arnoldo Ricalde presidente de la Comisión de preservación del Medio Ambiente y Recursos Económicos de la ALDF la otra parte del problema son las otras delegaciones Miguel Hidalgo, Tlalpan, Contreras y Álvaro Obregón, donde el agua potable es de buena calidad, cristalina y el servicio nunca se interrumpe.

Agrega que tampoco falta el agua en Cuauhtemoc, Benito Juárez, Coyoacán y Cuajimálpa " en estas zonas si estamos de acuerdo en subir la tarifa" sostiene el legislador del PVEM. Revela que por parte del PRI también están de acuerdo: su coordinadora parlamentaria Maria de los Ángeles Moreno quien presenta la iniciativa de Ley del Agua está de acuerdo con el aumento del vital liquido. Es decir que quienes tiene mejor servicio y consumen mayor liquido, deben pagar más, explica el Legislador pevenista. En la fracción panista existe la misma idea, de acuerdo con el presidente Vicente Fox, quien ha dicho que elevar el costo del agua es un asunto de seguridad nacional.

Costo real

Desde el ultimo gobierno priísta no aumenta el costo del agua en el DF, solo ajustes ala inflación.

Antes de diciembre puede ser mas cara en zonas de Cuajimálpa, Álvaro Obregón, Tlalpan, Coyoacán y Miguel Hidalgo.

En Iztapalapa, Tláhuac, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero se mantendría su costo.

La redistribución del valor del liquido serviría para costear nuevas obras.

La medida entraría en vigor varios meses antes de las próximas elecciones.

2.5 Algunos métodos de depuración del agua.

Debido a que hoy en día se vive en la gran mayoría de las ciudades un alto índice de contaminación ambiental trae como consecuencia que el agua tenga que ser tratada en plantas potabilizadoras y purificadoras, para disminuir el grado de contaminación ya que toda el agua debe ser apta para consumo. Pero puede contener tierra común o cieno, a tal punto que parezca sucia, o ser desagradable su olor, o ser limpia como el cristal y sin embargo puede llevar gérmenes mortíferos capaces de causar enfermedades y en ocasiones la muerte, como son terribles epidemias de cólera y fiebre tifoidea.

Hablar de filtración exige no sólo hablar de los elementos necesarios para tal fin, sino también mencionar los principios sobre los que se sustenta cada sistema o forma de filtrar el agua. Dicho de otro modo podemos hablar de la *retención* de ciertos elementos (filtración) y de un *agregado o eliminación o modificación de ciertas sustancias* (postfiltración). Por otra parte la retención de elementos puede dar lugar a un proceso posterior bioquímico (filtro biológico), existe también un sistema de postfiltración en el cual interviene la sustracción física de sales minerales. Este proceso por intercambio de iones es el que permite eliminar ciertas sales minerales con la finalidad de "ablandar" o reducir la dureza del agua. Existe de tal modo una similitud en el fenómeno, pues mientras los filtros retienen materia en suspensión, los intercambiadores de iones retienen materia disuelta en el agua. Se dice que el término correcto para identificar este proceso sería *desmineralización*.

Existen varios tipos de filtros como son:

Filtros de arena que atrapan gérmenes.

Durante largo tiempo los hombres de ciencia no pudieron comprender muy bien como unas partículas tan grandes como los granos de arena podían tamizar y eliminar cosas tan diminutas como las invisibles bacterias. Pero después descubrieron que cada grano de arena esta cubierto por una envoltura viscosa y que las bacterias quedan adheridas a esa envoltura. Por lo que hacer pasar el agua a través de un banco de arena puede desposeerla de casi todos los gérmenes ya que el 95 % de estos pueden eliminarse así.

Eliminación de algas.

Cuando se almacena agua en depósitos superficiales, se debe de enfrentar el problema de las plantas llamadas alga, que pueden impregnar el agua de sabor desagradable. Pero cuando bebemos agua, normalmente no queremos que tenga ningún sabor ni olor, por más agradable que pueda ser. Por eso se tratan de eliminar las algas del abastecimiento de agua.

Las algas que se encuentran en los depósitos son organismos celulares diminutos, que en su mayor parte cumplen una función beneficiosa: la de introducir oxígeno en el agua, reducen también el contenido de bióxido de carbono. Sin embargo, esas plantas tienen muy corta vida, después de su muerte se descomponen y crean problemas difíciles para el tratamiento los científicos de las plantas hídricas combaten las algas químicas introduciendo en el agua sulfato de cobre en cantidades mínimas durante todo el año, esto se hace comúnmente poniendo los cristales de sulfato en una bolsa de arpillera y remolcándola con una lancha por todo el embalse. Este procedimiento mata las algas antes que prolifere tanto como para causar problemas

Cloración y aireación.

La primera etapa del tratamiento del agua es la cloración, o adición del cloro. Al igual que el oxígeno, el cloro es un gas químicamente activo que se combina fácilmente con muchas otras sustancias, formando distintos compuestos. Los científicos de las plantas hídricas usan cloro para dos propósitos esenciales matar las bacterias nocivas y destruir las sustancias orgánicas indeseables. Este material orgánico que llega a un depósito superficial de agua puede provenir de hojas muertas, algas, desechos humanos, cantidades diluidas de aguas residuales y de otras fuentes.

Usos de filtros de carbón

El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, desodorizar y decolorar el agua, principio que es posible extender a otros sólidos, líquidos o gases que tomen contacto con un elemento adsorbente.

Carbón activado se denomina a cualquier clase de carbón vegetal o de hueso que es sometido a un proceso de pulverización o granulación y que se caracteriza por poseer una superficie específica (alrededor de 500 a 1500 m² por gramo). Esa superficie se caracteriza por una infinita cantidad de poros muy finos. Estos poros son los que retienen (adsorben) ciertos componentes que están presentes en el agua. En algunos casos, un gramo de carbón activado es capaz de adsorber hasta 0,93 gramos de gases y líquidos, lo que refleja a las claras la capacidad que posee.

En la mayoría de las plantas de tratamientos de agua se agrega carbón activado junto con las sustancias químicas que actúan como coagulantes, el carbón activado no se usa como coagulante, si no para absorber los sabores y olores desagradables, luego el filtro rápido de arena lo elimina, junto con la combinación de coagulantes y sedimentos. En las plantas pequeñas suele hacerse pasar el agua a través de un filtro de carbón, pero este puede agotarse con el correr del tiempo y debe reemplazarse.

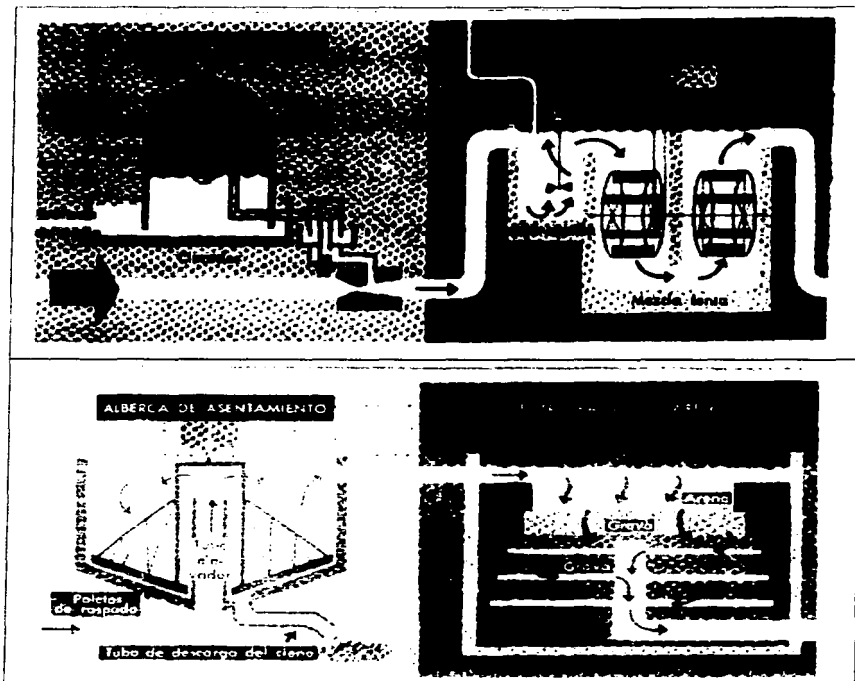
Filtración rápida.

El agua queda preparada entonces para el filtrado rápido de arena, en ese momento, la mayor parte de las sustancias indeseables del agua ya se ha eliminado. El filtro da, simplemente, el toque final a la operación. Retiene cualquier sustancia suspendida que no se haya asentado. Como es lógico suponer el agua puede pasar por este tipo de filtro más rápidamente que por el lento de arena, que recibe el agua sin tratamiento. La arena utilizada en el filtro rápido es relativamente gruesa. Por lo general se le coloca con un espesor de 75 cm, sobre una capa de grava, el ϕ de las partículas de grava oscila entre 2 y 75 mm; las de mayor tamaño están en el fondo, una vez que el agua a pasado a través de la arena y la grava, sale por las cañerías. La arena del filtro puede reemplazarse con carbón de antracita finalmente molido. Muchos piensan que este último material da mejor resultado, pero la arena tiene la ventaja de ser generalmente más barata.

Una buena filtración de agua realizada por los métodos que ya se describieron nos da la facilidad de poder, re-usar el agua pluvial y la recolectada dentro de la casa-habitación por eso es muy importante el saber como funciona un filtro realizado en casa, para el proyecto se contempla el uso del filtro de arena que atrapa gérmenes y el filtro de carbón activado y malla.

Por ello los científicos han ideado diversos métodos de filtración y purificación del agua, el agua para su proceso de potabilización debe de ser sometida a una serie de procesos para dar una idea más concreta en las (figuras 2.3 y 4) se muestra la serie de procesos a los que es sometida el agua

Figuras 2.3 y 4 Proceso de tratamiento en una planta potabilizadora.



El agua queda potabilizada para ser distribuida por los ramales subterráneos y así hacerla llegar a las tomas domiciliarias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 3

PROYECTO DE RE-USO.

El presente capítulo describe el proyecto de re-uso de agua en una casa-habitación, se presentan tanto los sistemas que lo integran como los costos; Debido a la existencia de 2 tipos de loza para el tema de la captación del agua pluvial este capítulo se dividió en 2 temas: Loza plana y Loza dos aguas.

3.1 Descripción del proyecto.

El proyecto a realizar es el de recuperar la mayor parte posible del agua empleada en una casa-habitación para darle un segundo uso en nuestras actividades cotidianas, originando una disminución en la demanda de agua.

Con base en lo anterior el proyecto consiste en instalar tuberías paralelas a las que ya se cuenta en una casa-habitación para su recuperación y transportación a un tanque de almacenamiento pasando por métodos de tratamientos como el de filtración y posteriormente redistribuirla a determinadas tomas de agua; por ejemplo a la caja del retrete, a la regadera, a piletas, a la toma del lavabo, riego, lavado de ropa, de patio, del automóvil, etc.

Para recuperar el agua en el interior de la casa-habitación se colocan tubos de plástico en las salidas de desagüe de la cocina, el cuarto de servicio y el baño, ya que aquí es por donde fluye la mayor cantidad de agua. En el baño solo se contempla recuperar el agua de la regadera que cae al piso y se deja la instalación de drenaje para el retrete tal como esta, debido a que los filtros que se proponen no están diseñados para tratar este tipo de agua.

Una vez instalado los tubos, se dirige el agua a través de los filtros para el proceso de filtración donde se hace llegar a un tanque de almacenamiento y finalmente a su distribución.

El objetivo principal del proyecto es la reducción del consumo de agua potable y a su vez la cuota bimestral o anual.

En la actualidad el costo por consumo de agua es bajo para el usuario debido a que esta subsidiada, pero es alto para las autoridades encargadas del suministro y como ya se describió con anterioridad en el tema (2.4) el aumento de tarifas de agua domiciliaria es inminente debido a que los incrementos que presentan los recibos de pago en el servicio de agua son solo los ajustes a la inflación que año con año se presentan.

Para complementar al re-uso del agua de una casa-habitación, es necesario contar con la recuperación (o captación) del agua pluvial, esto es adaptarse a los tipos de lozas con los que se cuenta en las viviendas para esto se exponen dos ejemplos del tipo de loza, ya que es necesario instalar en la periferia de los techos unos tubos de plástico para captar y guiar al agua, a una serie de filtros los cuales fueron seleccionados (capítulo 2) de la siguiente manera: 3 son de arena que atrapan gérmenes y sólidos, estos son los primeros que reciben el agua recuperada y son diseñados para retener partículas suspendidas y retención de sólidos esto se explica a detallan el capítulo 2. Los siguientes 3 filtros, que están compuestos por carbón activado y malla (fibra) están diseñados para absorción de los malos olores y bacterias hasta en un 90 %, la función de la fibra es la retener los posibles sólidos que pudieron haber pasado por los filtros anteriores.

3.2 Sistema de captación y recuperación de agua.

Es de vital importancia ubicar los posibles lugares donde se pueda instalar las tuberías alternas para la recuperación de agua pluvial y los sitios de donde se pueda obtener un re-uso de agua, ejemplo; el baño, la cocina, el cuarto de servicio.

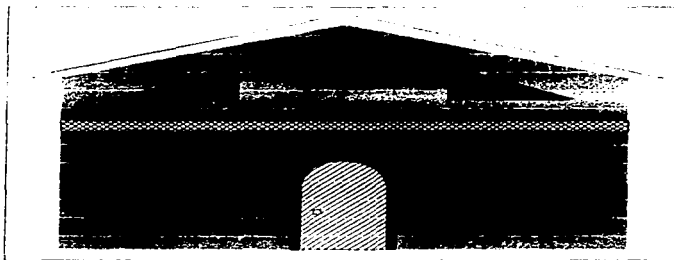
Para la recolección de agua pluvial es necesario adaptarse al tipo de techo o loza que exista en una casa-habitación es decir si se cuenta con una loza a "dos aguas" es más fácil la recolección de agua ya que esta escurre por cada uno de los lados inclinados de la loza.

Se instala una tubería por cada lado para dirigir el agua captada hacia los filtros de arena que atrapan gérmenes y sólidos para que su destino sea llegar a un tanque de almacenamiento para su redistribución.

Si se cuenta con loza "plana" es necesario dejar dos salidas para desahogo de agua conectándola a un embudo que la conduce a un tanque de almacenamiento después de haber pasado por los sistemas de filtración. En ambos casos de lozas se cuenta con la captación, filtración, almacenamiento y redistribución en determinadas tomas de agua necesarias dentro de una casa-habitación.

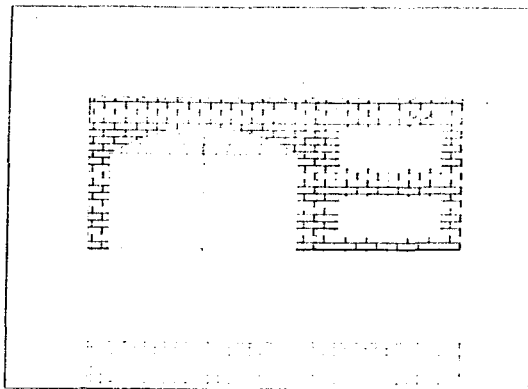
Se considera a la loza del tipo "dos agua o tipo Europeo" como la más eficiente para la captación de agua de lluvia, ya que a la inclinación que presentan las superficies, ocasiona que el agua resbale por cada uno de las caras tal como se muestra en la (figura 3.1), a diferencia de la loza plana que implica tener que estar barriendo sobre la loza cuando hay agua acumulada (cuando no se construye bien), ya que la loza bien construida tiene una pendiente de al menos 3 cm lo que origina la salida del agua.

Figura 3.1 Ejemplo de loza (a dos aguas o tipo Europeo).



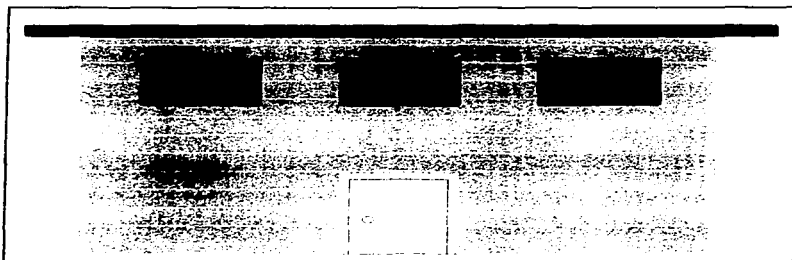
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.1 continuación.



En la (figura 3.2) se presenta la loza de tipo "plana" se considera que la mayoría de las viviendas del país cuenta con este tipo de loza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.2 loza plana.

Para los dos tipos de loza, es fácil la implementación de una tubería suficiente para recolectar el agua de lluvia, en cada caso se instaló de manera diferente debido a la geometría que presenta en cada tipo de loza. También se colocaron tuberías paralelas a las ya existentes en los puntos seleccionados, en el interior de la casa-habitación modelo, con el propósito de recuperar toda el agua que sea posible.

Evaluación de los puntos estratégicos para la colocación de los tubos con el propósito de captar agua pluvial en la loza.

Se considera; el lugar donde se observa mayor acumulación de agua pluvial para su recolección. Para la casa-habitación que se emplea como modelo para este proyecto, con loza a dos "aguas o tipo Europeo" los tubos de plástico se colocaron en los cantos izquierdos y derecho con el designio de captar y dirigir el agua que resbala por cada una de las superficies que están inclinadas para ser conducidas por el canal hacia los filtros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para la instalación de los tubos de plástico de la loza plana, se creó un cerco a través de las aristas y se dejaron dos salidas para insertar los tubos de plástico los cuales conducen el agua captada hacia los filtros. Por estética y apariencia toda la tubería que se maneja va colocada en la fachada posterior de la casa-habitación.

La colocación de la tubería paralela del interior, (considerando que no en todas las tomas de agua es apropiada la colocación de la tubería de plástico debido a que los filtros no son suficientes para purificar el agua para consumo humano), se enfoca la atención en las zonas donde se origina el mayor consumo de agua dentro de la casa-habitación como son: el patio, la cocina, el baño y cuarto de servicio, y los lugares seleccionados para la colocación de los tubos de plástico son: la coladera del cuarto de servicio, la coladera de la regadera, excluyendo la tubería del retrete, y salidas de la tarja de la cocina y el lavabo.

Después de haber sido recuperada, filtrada y almacenada, se procede a la distribución en el interior de la casa-habitación esto conlleva a la conexión de las tomas seleccionadas las cuales son: las dos tomas de la regadera, el tanque del retrete, una toma del lavabo, y la llave del lavadero. Las tomas restantes se deja para darle paso al agua potable como es el caso de las dos tomas de la tarja de la cocina y una toma del lavabo esto se debe a que se necesita agua potable para lavar los alimentos y trastes.

El número de filtros empleados quedó de la siguiente manera: Se instalaron 3 filtros de arena que atrapan gérmenes y sólidos, en cada una de las tuberías paralelas, este tipo de filtro consta de 3 fases, el primero se utiliza grava grande, segundo grava pequeña y por último arena. Con una dimensión de 1 m de largo por 5" de \varnothing , con una malla separadora entre fase y fase, y un sello de plástico en cada extremo para impedir el derrame de agua. El otro tipo de filtro usado es el de carbón activado y malla (fibra), igualmente consta de 3 fases el primero de malla, el segundo de carbón activado y el último de malla, con una dimensión de 1 m de largo por 5" de \varnothing , con separaciones entre malla y el carbón, sellos de plástico en ambos extremos.

3.3 Instalación de las tuberías de captación de agua pluvial para la loza a dos aguas.

Después de haber ubicado todos los lugares mas apropiados donde se puede instalar una tubería paralela en el interior de la casa-habitación y la captación de agua pluvial, cuidando de no afectar el inmobiliario se procede a instalar la tubería para la captación de agua pluvial, utilizando una serie de materiales para el proyecto que a continuación se enlista en la (tabla 3.1).

Tabla 3.1 Lista de material y cantidad utilizada en la elaboración del proyecto.

Lista del material utilizado	Cantidad de material utilizado	Costo promedio	Total
Tubo de plástico (PVC) de 4" Ø	31 m	\$ 66.50	\$343
Tubo de plástico (PVC) de 1 ½ y 3" Ø	10 m.	\$ 37.00	\$61
Tubo de cobre de ¾ y ½ "Ø	15 m	\$ 115 / 70	\$287
Codos de plástico a 90 y 45" de 4 y 2"Ø	9 piezas	\$ 8.50 / 3	\$77
Codos de cobre a 90" de ¾ y ½ " Ø	10 piezas	\$ 3.70/1.60	\$37
Coples de cobre de 1 a ¾ y ¾ a ½ " Ø	5 piezas	\$ 3.50	\$18
Coples de cobre de ¾ a ¾" Ø	5 piezas	\$ 3.00	\$15
Coples de cobre de ½ a ½" Ø	5 piezas	\$ 1.0	\$5
Coples de plástico de 4 a 4"Ø	3 piezas	\$ 6	\$6
Coples de plástico de 2 a 2" Ø	3 piezas	\$ 2.50	\$7.5
The de cobre de ¾ y ½ " Ø	7 piezas	\$ 10.50	\$73
The de plástico de 4 y 2" Ø	6 piezas	\$ 11.0/5.50	\$66
Pegamento para tubería (PVC)	1 pieza	\$ 17.50	\$17
Soldadura de estaño	1 pieza	\$ 35	\$35
Pichancha	1 pieza	\$ 35	\$35
*Bomba de agua ½ HP.	1 pieza	\$ 560	\$560
*Tinaco Rotoplas 1100 litros equipado.	1 pieza	\$ 1300	\$1300
Total			\$2936

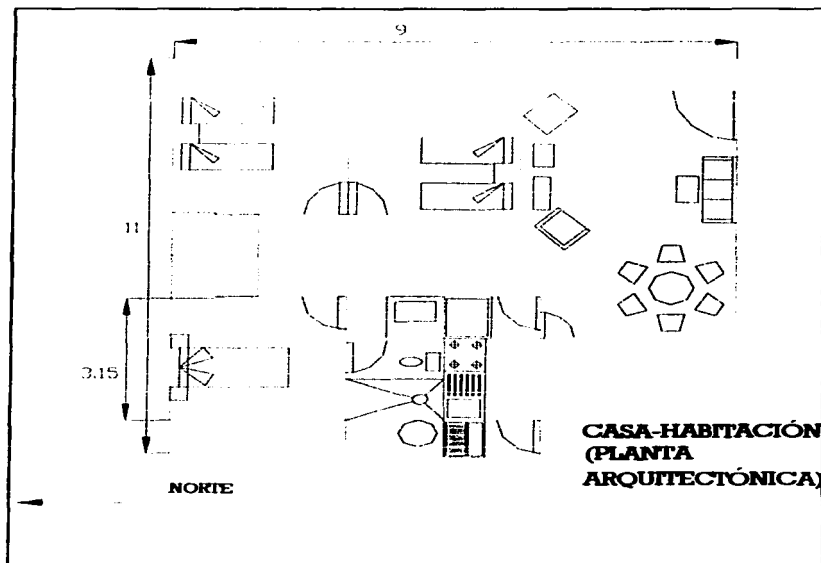
* En la mayoría de las casas ya se cuenta con estos aditamentos.

El costo aproximado de la lista de materiales es de \$ 2936 debido al bajo costo de los tubos de plástico es el que más se utiliza y la tubería de cobre solo se usa para la conexión hidráulica, cada tramo de ambos tubos se venden por m o tramos completos de 6 m, y todos los accesorios restantes que se emplean para la instalación de las materiales de construcción tuberías alternas, se puede conseguir en cualquier tlalpaleria o centro de distribución de. Siempre, cuidando de mantener el costo en lo más económico posible para la instalación del proyecto, solo utilizando lo más indispensable.

Todas las cantidades para la elaboración del proyecto son un estimado de acuerdo con las dimensiones de la casa-habitación que se utiliza como modelo, para este caso es la loza a dos aguas.

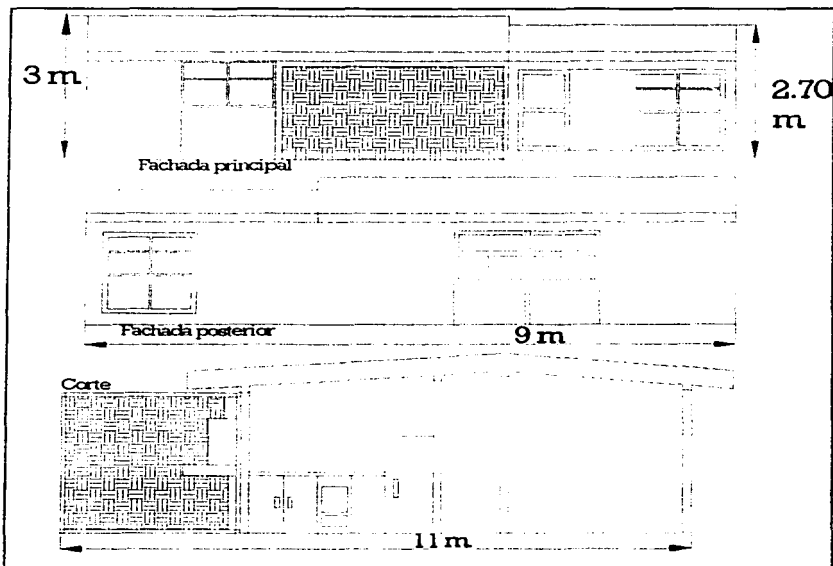
La (figura 3.3), muestra el plano de la casa-habitación modelo con loza a dos aguas, compuesta por una sola planta, sala-comedor, cocina, baño, cuarto de servicio y patio. Las cotas se dan en metros, solo se exponen las dimensiones más importantes debido a que solo interesa lo largo y ancho de la casa-habitación modelo, y las dimensiones de la cocina y baño.

Figura 3.3 Plano arquitectónico de la casa-habitación modelo, utilizada para la elaboración del proyecto en la reducción de consumo de agua.



En la (figura 3.4) se presentan las fachadas principal, posterior y su corte con la finalidad de mostrar la ubicación, para la colocación de los tubos que descienden de la loza para la recuperación del agua pluvial, con las medidas de la altura se estima la longitud de metros de tubería de plástico empleados para la instalación.

Figura 3.4 Vistas de las fachadas de acuerdo al plano arquitectónico loza a dos aguas.



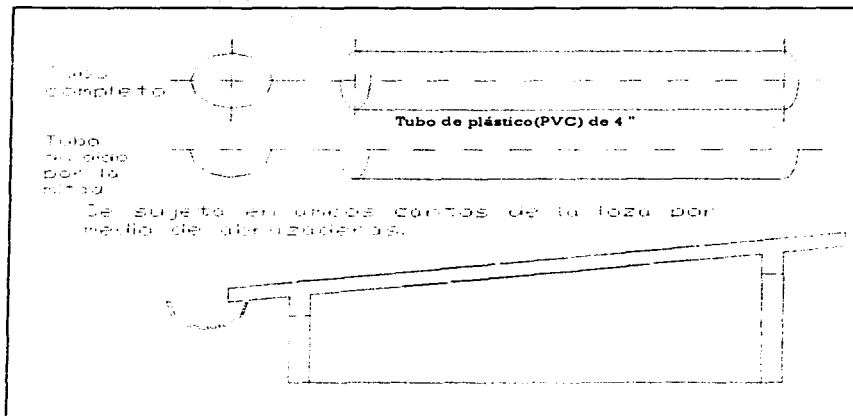
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las dimensiones de las tres vistas son, la altura 3.00 m, largo 11 m y ancho 9 m ya que de esta depende, para la distribución y colocación de los tubos. A continuación se describe la instalación de los tubos de plástico y los filtros para la captación de agua pluvial.

Captación de agua pluvial:

El tubo PVC de 4" se parte por la mitad dejándola en media luna, para que sirva de canal en la captación de agua como se muestra en la (figura 3.5), se utilizo la loza tipo dos "aguas o Europeo", proceso seguido se asegurara a la loza por medio de anclas, tomando en cuenta el perímetro de la loza.

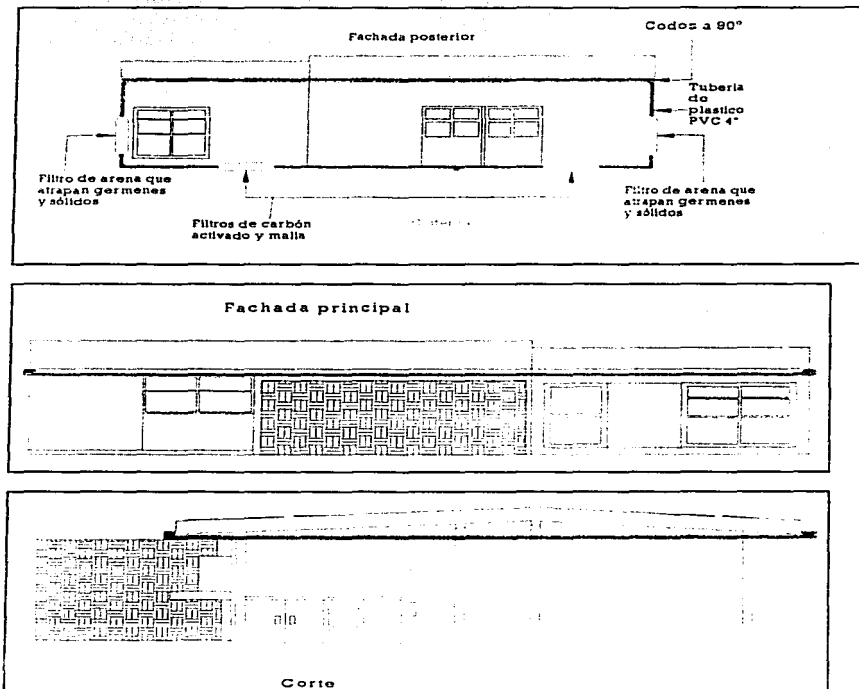
Figura 3.5 Vista y colocación esquemática del tubo de plástico para la captación de agua pluvial (PVC) 4".



Se utilizan los codos de 90° de 4" de \varnothing y se colocan en ambos extremos del tubo que esta dividido por la mitad, de modo que el agua seguirá el camino que conduce a los tubos que descienden de la loza.

Previamente se les coloco los filtros (figura 3.6) todo instalado en la parte posterior de la casa-habitación para darle una mejor vista y estética.

Figura 3.6 Vista posterior y principal de la fachada ya con la colocación de tubos y filtros.

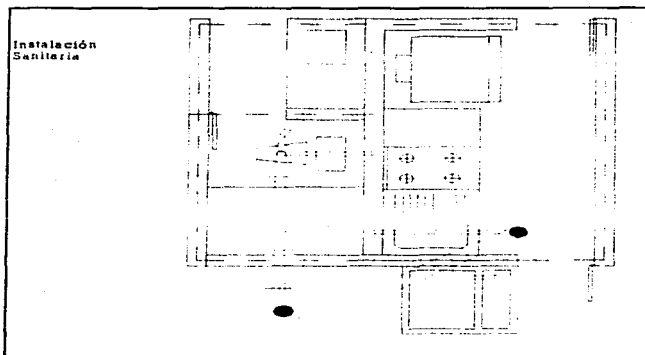


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Expuestas las tres formas de cómo quedan instalados los tubos de plástico y los filtros para la captación del agua pluvial, en cada una de las vistas, ahora para la recuperación de agua en el interior de la casa-habitación que se tiene como modelo.

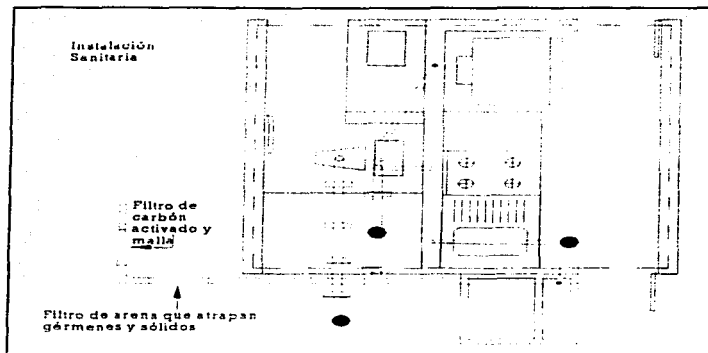
Se muestra la forma ordinaria de cómo realizar una instalación sanitaria dentro de la casa-habitación, para tomar como ejemplo se muestra en la (figura 3.7), se contempla contar con todos los accesorios que debe de llevar como mínimo.

Figura 3.7 Instalación sanitaria.



Para recuperar el agua que se emplea en el interior de la casa-habitación modelo colocando tuberías de plástico paralela a la ya existente, en los lugares ya seleccionados, como se muestra en la (figura 3.8), el cuarto de servicio, el baño y la cocina son los lugares en los cuales se instalo la tubería de plástico paralela, para la captación y después su distribución.

Figura 3.8 Instalación sanitaria ya con la tubería paralela, para la recuperación de agua.



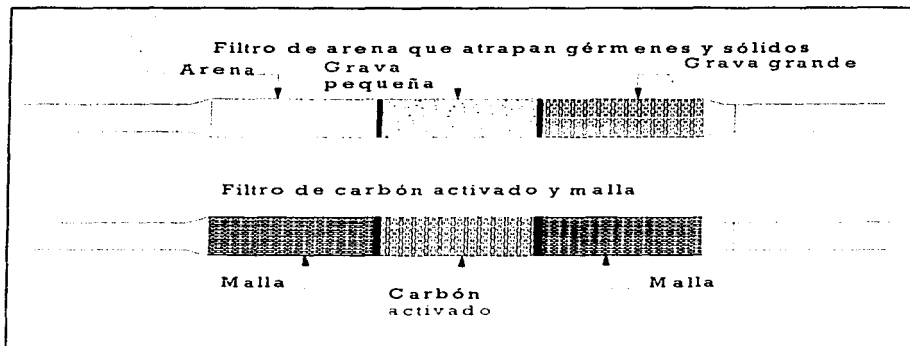
El tubo de plástico que se emplea para la instalación de la tarja y el lavabo es de $1\frac{1}{2}$ " , el drenaje del retrete es de 3" siendo la única salida que se deja libre hacia el drenaje ya que los filtros, por su composición no son adecuados para tratar agua negra. Así misma la tubería que capta al agua es de 2" con el fin de darle una fluencia más eficiente, para esta instalación se utiliza tubo de plástico de $1\frac{1}{2}$ y 3", codos a 45 y 90° del mismo \varnothing , pegamento para tubo (PVC), segueta, los filtros son compuestos de la misma forma de la instalación para captar agua de lluvia, es decir 1 filtro de arena que atrapa gérmenes y sólidos, y otro filtro de carbón activado y malla(fibra).

Los filtros de esta instalación tienen las siguientes características: una longitud de 50 cm por 3" \varnothing de, dividido en tres fases y con mallas separadoras entre cada compuesto del filtro, con sellos de plástico en ambos extremos como se muestra en la (figura 3.9), para esta instalación solo se utilizan 2 filtros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

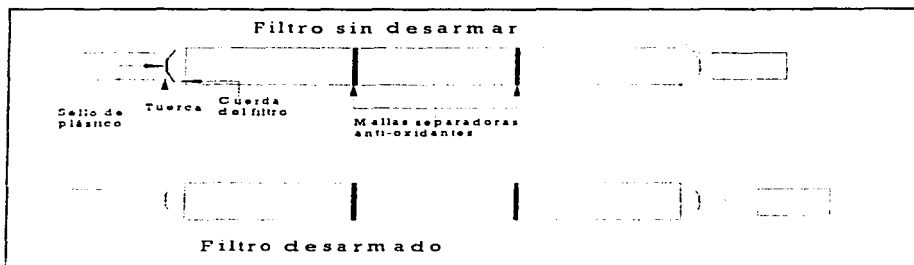
Figura 3.9 Vista de los filtros diseñados y utilizados para el proyecto.

La estructura de los 2 tipos de filtros empleados, se debe tener en cuenta la limpieza periódica para garantizar una buena filtración.



Para el desarme de los filtros se contempla que sea lo más sencillo, lo cual asegura una fácil limpieza, en poco tiempo, como se muestra en la (figura 3.10), al retirar las tuercas que lo aseguran a los extremos de los tubos de plástico y cuidando de no dañar los sellos de plástico se retira el filtro y se procede a su desarme.

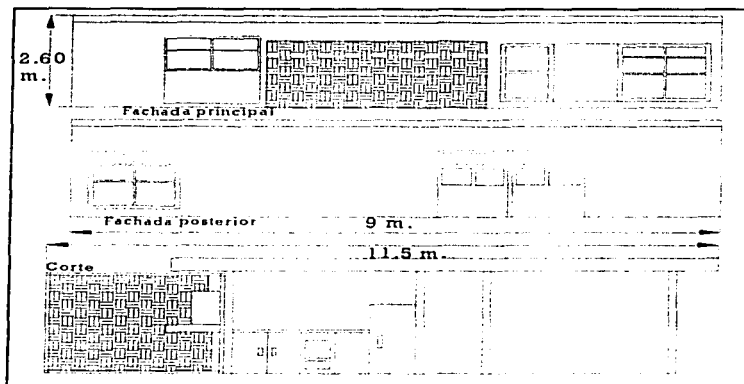
Figura 3.10 Vista de los filtros desarmados.



3.4 Instalación de las tuberías de captación de agua pluvial para la loza plana.

Para la loza plana que es más común en México, se utiliza los mismos planos arquitectónicos, solo se cambia el tipo de loza, en este caso será plana como se muestra en la (figura 3.11).

Figura 3.11 Vistas de las fachadas de acuerdo a plano arquitectónico de loza plana.



Una vez efectuados los cambios para el tipo de loza se procede a la colocación de tubos para la captación de agua pluvial, para este tipo de loza es más sencillo la captación de agua, debido a que se puede formar un cerco alrededor de todo el perímetro de la loza, es decir, elevar la altura por medio de una hilera de tabiques y dejar solo dos salidas colocando posteriormente un tubo ascendente de PVC para la captación de agua pluvial.

Se utilizan los mismos métodos para la loza de tipo dos "aguas" para la filtración y recuperación de agua dentro de la casa-habitación modelo, solo se modifica la instalación de los tubos de plástico para la captación de agua pluvial.

Tabla 3.2 Lista de material y cantidad utilizada en la colocación de los tubos de plástico en la loza plana.

Lista del material utilizado	Cantidad de material utilizado	Costo promedio	Total
Tubo de plástico (PVC) de 4" Ø	14.20 m.	\$ 66.50	\$157
Tubo de plástico (PVC) de 1 ½ y 3" Ø	10 m.	\$ 37.00	\$61
Tubo de cobre de ¾ y ½ "Ø	15 m.	\$ 70	\$175
Codos de plástico a 90 y 45° de 4 y 2"Ø	6 piezas.	\$ 3	\$18
Codos de cobre a 90° de ¾ y ½ "Ø	10 piezas	\$1.60	\$16
Coples de cobre de 1 a ¾ y ¾ a ½ "Ø	5 piezas	\$ 3.50	\$18
Coples de cobre de ¾ a ¾ "Ø	5 piezas	\$ 3.00	\$15
Coples de cobre de ½ a ½ "Ø	5 piezas	\$ 1.0	\$5
Coples de plástico de 4 a 4"Ø	0	\$ 6	\$6
Coples de plástico de 2 a 2" Ø	3 piezas	\$ 2.50	\$7.5
The de cobre de ¾ y ½ "Ø	7 piezas	\$ 10.50	\$73
The de plástico de 4 y 2" Ø	4 piezas	\$ 5.50	\$22
Pegamento para tubería (PVC)	1 pieza	\$ 17.50	\$17
Soldadura de estaño	1 pieza	\$ 35	\$35
Pichancha	1 pieza	\$ 35	\$35
*Bomba de agua ½ HP.	1 pieza	\$ 560	\$560
*Tinaco Rotoplas 1100 litros equipado.	1 pieza	\$ 1300	\$1300
Total			\$2520

* En la mayoría de las casas ya se cuenta con estos aditamentos.

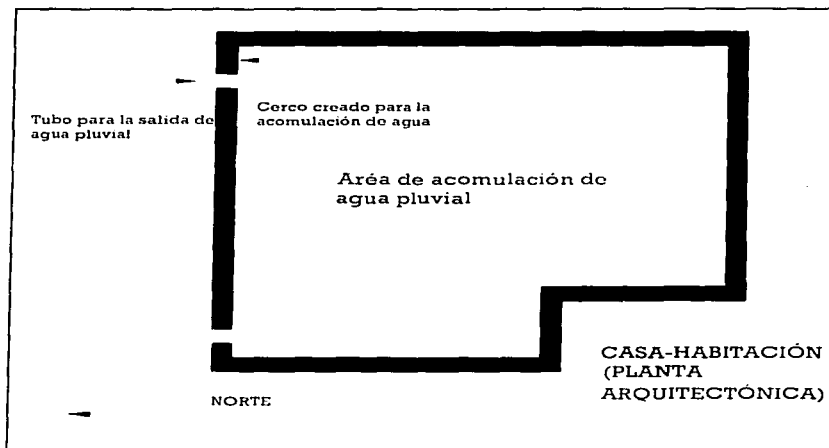
La cantidad aquí utilizada es mucho menor a diferencia de la loza a dos aguas, esto se debe a que el cerco que se creo a través del perímetro de la loza ahorra considerablemente la cantidad de tubo de 4" que se utilizo a si mismo los codos y los coples, el costo aproximado de todo el material es de: \$ 2520.

Comparando costos del material utilizado para los dos tipos de lozas la diferencia es \$ 416 lo cual se debe a que la cantidad de material utilizado que es menor para la loza plana, el costo del material para los dos tipos de lozas puede varia dependiendo al lugar donde se compre y, al tamaño y la forma geometria que se forme con las lozas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

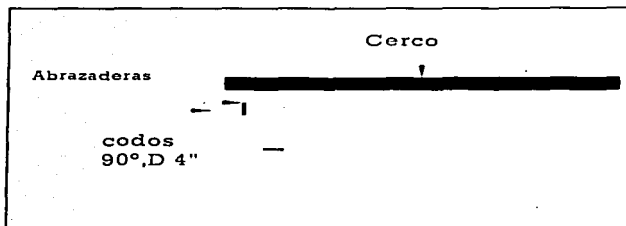
Para la captación del agua pluvial en la loza plana se creó un cerco, con una hilera de tabiques colocados por el perímetro que forma la loza, como se muestra en la (figura 3.12) con la intención de impedir el derrame de agua por cada uno de los lados, solo se considero dejar dos salidas en el cerco de tabiques que a su vez permite que el agua acumulada salga y sea conducida a través de los filtros.

Figura 3.12 Vista superior de la loza plana para la captación de agua pluvial dejando 2 salidas para ser recuperada y filtrada.



Los tubos de plástico ascendentes quedan fijados por medio de abrazaderas de media luna en la pared posterior como se muestra en la (figura 3.13), en este ejemplo no es necesario seccionarlos por la mitad ya que se necesita que el tubo este completo y se debe a que la forma de captación de agua difiere entre cada una de las lozas.

Figura 3.13 Vista del tubo fijado a la pared posterior por medio de abrazaderas.



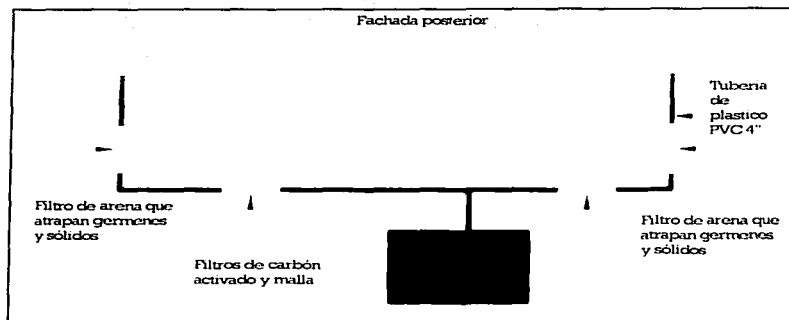
Una vez que ya se estableció la forma en la que quedó fijado los tubos de plástico que guían al agua captada por el cerco hacia los filtros es hora de captar el agua dentro de la casa-habitación la cual no se vio afectada ni modificada en las formas de construcción y accesorio que la componen.

Todos los demás métodos como son la recuperación, filtración, bombeo y distribución en el interior de la casa-habitación quedan de la misma forma como ya se expuso en el ejemplo de la loza a "dos aguas" ya que solo se vio afectada en el tipo de loza dejando sin alterar la construcción y las medidas.

En el ejemplo de la (figura 3.14) se presenta la forma de la distribución de los tubos en la fachada posterior, en este ejemplo se requirió de menos tubo de plástico de PVC de 4 " y 2 codos a 90 ° de 4 " .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.14 Colocación de tubos de plástico de PVC de 4" para la captación y filtración de agua pluvial.



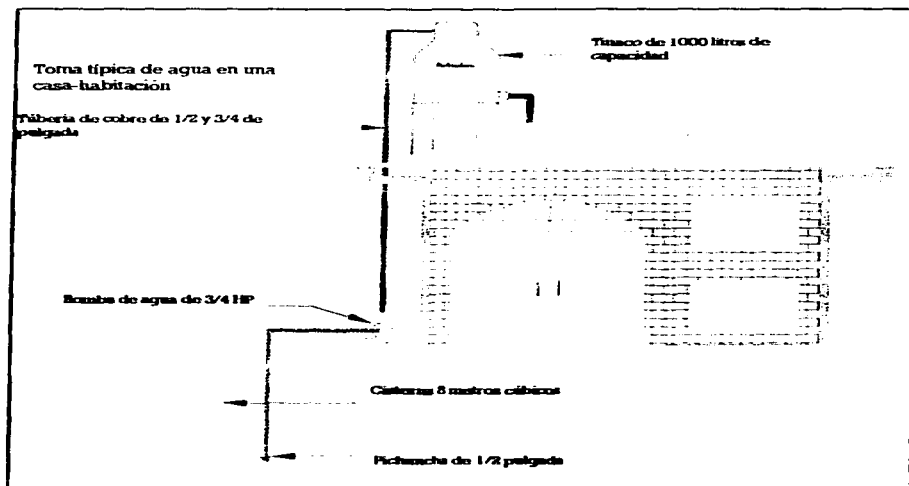
3.5 Sistema alternativo de distribución de agua.

Una vez que se instalo las tuberías paralelas, para la recuperación de agua pluvial y agua en el interior de la casa-habitación, posteriormente almacenada y previamente filtrada, se procede a ser distribuida al tinaco principal, que de ahí será distribuida a las tomas que ya fueron seleccionadas, para esta instalación se usa el tubo de cobre, la soldadura de estaño, soplete, los codos y théis. Para dar una forma mas explicita en la figura 22 se presenta la forma de la instalación hidráulica.

Las tomas que no fueron seleccionadas para ser conectadas al agua recuperada, se conectan de forma independiente ya que son las que llevan agua potable al interior de la casa. Para realizar esta instalación es necesario el apoyo técnico de un plomero calificado ya que él esta capacitado para este tipo de tarea, es preciso identificar la ubicación para colocar los tubos descendentes de cobre y como se llevara acabo la instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.15 Forma ordinaria de la instalación hidráulica.

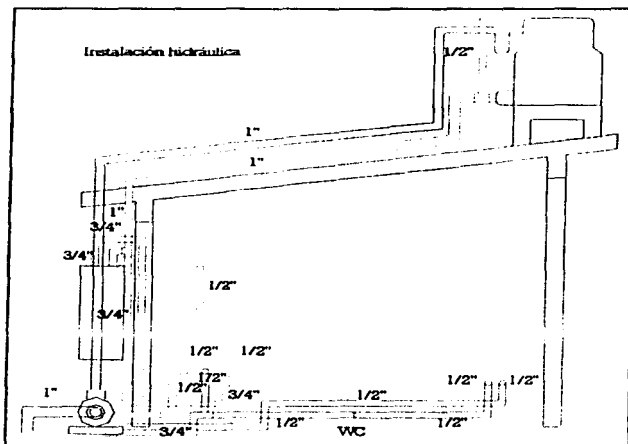


Debido a lo sencillo de la instalación de los tubos de plástico de PVC para este ejemplo de loza para la captación de agua pluvial, se le atribuye al cerco creado en su perímetro, uno de los inconvenientes que existe es que, a diferencia de la loza a dos aguas, el líquido cae por sí mismo y la loza plana el usuario tendrá que subir a barrer el agua estancada y dirigirla hacia los tubos instalados, solo si no se cuenta con una buena caída.

Tiempo estimado de la instalación completa, 1 semana.

Terminada ya la instalación de la tubería hidráulica para la casa-habitación en la (figura 3.16) se muestra dicha instalación ya terminada con las tomas seleccionadas para la caída de agua recuperada y las tomas que se dejan para el paso de agua potable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.16 Instalación hidráulica del proyecto.

Después de la bomba todavía interviene un filtro más de agua, el cual viene incluido en la compra del tinaco marca Rotoplas (sugerido por sus características) de 1100 lt de capacidad, una vez terminada la instalación de la tubería hidráulica sólo resta cuidar el mantenimiento de los filtros para obtener un funcionamiento óptimo.

Para prevenir que se introduzcan objetos que puedan tapan el flujo de agua en la recuperación de agua pluvial es necesario que se cuente con una red en cada uno de los extremos de los tubos de PVC antes de llegar a los codos de 90°.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En el siguiente capítulo se exponen el análisis de todos los resultados obtenidos en la instalación del proyecto.

4.1 Resultados del proyecto de re-uso de agua.

Como ya se planteo el proyecto en el capítulo 2 los usos y sus beneficios del re-uso de agua pluvial y en el interior de una casa-habitación por medio de filtración es una alternativa muy viable.

Del total de litros consumidos en la semana completa no todo se puede recuperar, la implementación del proyecto de re-uso esta diseñado para recuperar del 60 al 70 % del agua potable total consumida, descartando los litros empleados en la descarga del retrete de 6 lt, da un estimado de 672 lt del total de 2639 lt que se consumen promedio en una semana, por una familia cuyo número de integrantes es de 4 personas.

El cálculo estimado en el re-uso de agua empleada durante una semana completa en la casa-habitación da un total del 70 % de agua recuperada y re-utilizarla sin contar el agua pluvial, ya que para realizar el cálculo estimado de agua recuperada es necesario contar con los datos de la (tabla 4.1) donde se aprecia la lista completa de la precipitación pluvial media a nivel republica en el periodo de (1941 - 1996) por lo que se toma el ejemplo del Distrito Federal en la cual cuenta con una precipitación anual de 705 mm de altura por m^2 , es decir que si la área de la loza de la casa-habitación modelo a dos agua y loza plana es de $76 m^2$ se obtiene un total de $53.58 m^3$ de agua.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para sacar el volumen de agua en m^3 es necesario calcular el volumen de la loza completa ya que se cuenta con el largo * ancho * altura, según las dimensiones del perímetro de la loza arroja como resultado un total de $53.58 m^3$ equivalente a 53580 lt en un año, (en un mes 4465 lt), esta cantidad es promedio ya que en el transcurso del año la precipitación pluvial varía de acuerdo al mes y a la estación en la que se encuentre por ejemplo: en los meses de Junio a septiembre las lluvias se incrementan. Tomando la cantidad de 1116.25 lt por semana que se pueden captar por medio de los tubos en la loza, sumados a los lt recuperados en el interior de la casa-habitación y descartando los lt del agua del retrete da como resultado 3083 lt recuperados en una sola semana queda entendido que el cálculo de la precipitación pluvial puede variar, así como los lt que se recuperen por los meses en los que no hay lluvia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.1 Lamina de Lluvia Normal Mensual (Precipitación Media en mm).

Estado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oci	Nov	Dic	Anual
Aguascalientes	13.3	6.3	3.4	7.5	16.4	70.8	101.4	103.3	76.9	33.2	12.5	11.1	456.1
B. C. N.	38.1	30.3	37.5	15.3	4.3	1.2	1.4	5.2	9.8	9.2	22.7	34.1	205.1
B. C. S.	14.5	4.7	2.3	1.0	0.6	1.0	19.3	41.7	52.0	18.5	5.9	14.0	175.5
Campeche	27.6	19.2	18.4	13.9	60.1	157.3	189.4	200.3	207.2	120.9	54.7	33.7	1102.7
Coahuila	13.5	12.2	6.3	20.2	36.1	37.1	33.2	40.3	56.2	30.2	34.2	13.2	310.8
Colima	23.5	7.6	4.0	2.5	9.1	112.8	168.4	203.4	223.2	100.8	25.2	14.8	895.3
Chiapas	83.8	59.4	49.8	56.5	133.1	270.5	272.9	265.2	342.1	230.0	111.6	107.5	1982.4
Chihuahua	17.6	9.6	6.9	8.2	10.3	35.4	111.4	100.8	71.1	29.4	9.3	18.7	428.7
Distrito Federal	7.8	4.7	8.9	22.6	50.7	123.9	155.1	141.7	122.6	50.4	10.5	6.1	705.0
Durango	22.0	10.2	5.9	5.3	11.4	60.4	119.5	120.0	95.3	36.4	13.7	27.4	527.5
Guanajuato	13.2	7.1	8.4	15.7	36.5	105.3	125.3	122.7	98.5	41.7	12.2	10.8	597.4
Guerrero	10.8	3.0	2.7	9.6	50.4	204.9	227.7	226.9	263.4	108.4	26.5	6.2	1140.5
Hidalgo	21.6	18.1	22.3	41.7	69.4	128.4	120.7	111.5	161.0	80.5	37.3	22.5	835.0
Jalisco	16.2	8.3	7.1	7.0	26.2	149.9	212.0	187.3	144.8	63.7	17.0	14.1	851.6
México	14.2	6.8	9.4	24.9	65.1	163.7	193.4	183.0	166.8	75.4	21.1	9.4	933.2
Michoacán	15.0	4.8	4.2	10.9	33.6	140.7	190.1	172.5	162.2	66.3	16.4	9.7	826.4
Morelos	10.4	3.3	4.3	13.8	53.6	182.5	173.9	157.4	183.3	66.2	13.7	4.4	866.8
Nayarit	20.6	9.1	4.8	4.3	8.7	136.9	275.3	264.5	212.7	74.8	15.2	18.6	1045.5
Nuevo León	21.4	18.1	16.1	37.7	62.1	75.1	55.2	85.2	131.7	62.4	19.0	17.9	602.0
Oaxaca	31.4	28.0	22.3	31.1	88.9	257.3	265.3	247.6	288.2	143.2	61.2	3835	1503.0
Puebla	30.6	25.5	26.0	44.4	83.3	181.0	187.6	174.1	222.2	123.4	59.9	35.4	1193.4
Querétaro	12.7	6.0	8.5	21.2	42.6	105.2	112.2	101.5	100.9	43.6	13.1	8.0	575.5
Quintana Roo	63.3	39.3	31.5	30.7	101.1	177.5	140.9	131.9	204.4	159.7	89.5	81.8	1251.6
San Luis Potosí	20.5	17.5	16.8	36.6	69.3	156.3	149.6	150.4	209.0	95.4	37.3	25.9	984.6
Sinaloa	31.5	14.6	13.1	9.0	11.1	60.3	191.0	196.3	159.6	61.6	22.0	35.1	805.2
Sonora	26.3	15.3	11.1	4.3	3.7	20.1	121.2	111.9	55.6	26.5	12.6	27.5	436.1
Tabasco	187.3	120.4	84.1	71.8	126.3	248.7	210.0	246.7	381.3	346.4	212.4	197.3	2432.7
Tamaulipas	193.5	15.8	15.9	35.8	70.3	129.3	108.9	105.6	154.5	72.4	25.0	19.9	772.9
Tlaxcala	7.9	6.6	11.4	32.8	73.1	129.7	125.7	124.0	107.2	51.4	16.4	6.9	693.1
Veracruz	42.0	35.0	32.9	44.4	76.8	208.8	237.1	195.8	292.3	155.2	82.7	56.5	1489.5
Yucatán	35.7	35.3	30.4	30.8	81.8	164.4	172.5	168.5	190.1	111.3	52.1	45.5	1118.4
Zacatecas	17.4	8.4	5.9	7.6	19.0	79.7	119.0	111.7	84.7	35.3	13.4	17.9	520.0
Nacional	27.3	18.2	15.2	19.2	40.8	104.6	140.4	136.1	142.0	72.5	31.1	30.0	777.4

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Periodo 1941-1996.

Con los resultados de la (tabla 4.1) se aprecia la cantidad de precipitación pluvial, y los estados que más presentan mayor acumulación pluvial son: Campeche, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Ahora bien si todo este calculo se llevara a nivel nacional el ahorro es ya considerable para esto se presenta en la (tabla 4.2) el número de viviendas cuyos habitantes son 4, esto para darse un estimo a nivel nacional en cantidad de habitantes y viviendas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.2 Número de viviendas a nivel nacional de 4 integrantes promedio

ENTIDAD FEDERATIVA, DISPONIBILIDAD DE SERVICIO EN LA VIVIENDA Y CONEXION DE AGUA	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS Y SUS OCUPANTES	TOTAL	CONECTADA A LA RED PUBLICA
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS			
VIVIENDAS OCUPANTES	21513235	16600934	13688180
CON CONEXION DE AGUA	85373479	72654361	58606370
VIVIENDAS OCUPANTES	11698386	11651191	10411370
CON ADMISION MANUAL DE AGUA	48939128	48868861	43228061
VIVIENDAS OCUPANTES	4473608	3906925	2467880
SIN ADMISION DE AGUA	21341293	18593035	11854194
VIVIENDAS OCUPANTES	2321254	306142	70464
	11381103	1477856	340261

ENTIDAD FEDERATIVA, CLASE DE VIVIENDA Y NUMERO DE OCUPANTES	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	DISTRIBUCION 1	SEGUN 2	NUMERO 3	DE 4	CUARTOS 5
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	21513235	2049485	4005408	4759969	4716130	3121955
1 OCUPANTE	12889935	269114	308982	265391	223131	126830
2 OCUPANTES	3639774	313371	576299	601155	552294	334482
3 OCUPANTES	3706832	423759	156961	827226	809585	498737
4 OCUPANTES	4682744	408614	836610	1011768	1094003	728817
5 OCUPANTES	3817204	277275	619355	828991	875068	631576
6 OCUPANTES	2335642	165610	393959	527020	514488	359988
7 OCUPANTES	1224623	83581	211448	253171	267208	180187
8 OCUPANTES	738801	48314	128783	173233	157063	105732
9 Y MAS OCUPANTES	1078680	59847	172111	241114	227794	158619
1 AGUASCALIENTES	199398	8729	19049	40257	56896	40687
1 OCUPANTE	9339	791	1342	2062	2485	1542
2 OCUPANTES	22026	583	2726	4970	6222	4061
3 OCUPANTES	31296	1284	3472	6942	9151	5968
4 OCUPANTES	42384	1437	4086	8566	12538	8759
2 BAJA CALIFORNIA	559402	42473	76555	121937	139307	93153
1 OCUPANTE	42029	8490	8940	9171	7817	4094
2 OCUPANTES	76331	7579	13172	17974	18184	10763
3 OCUPANTES	106559	8903	17177	24645	28314	16331
4 OCUPANTES	130359	7899	16719	28589	34418	22712
3 BAJA CALIFORNIA SUR	104341	19005	17135	24285	25268	13916
1 OCUPANTE	7897	2538	1753	1445	1199	547
2 OCUPANTES	14250	2484	2820	3309	2996	1529
3 OCUPANTES	20880	3154	4042	4800	4827	2387
4 OCUPANTES	25063	2398	4010	6195	6564	3448
4 CAMPECHE	150125	31260	39321	34200	26729	13809
1 OCUPANTE	8739	3629	2540	1485	1185	556
2 OCUPANTES	19200	4836	5239	3813	2860	1438
3 OCUPANTES	27417	6183	6998	5657	4690	2309
4 OCUPANTES	33606	6121	7908	7330	6301	3450
5 COAHUILA DE ZARAGOZA	531629	27183	63988	24446	13566	109294
1 OCUPANTE	30523	3646	6079	6603	6606	4372
2 OCUPANTES	87225	4276	10075	14272	16873	12195
3 OCUPANTES	97733	6453	14631	19444	25662	18227
4 OCUPANTES	126587	6153	16701	23859	33740	26385

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Continuación tabla 4.2

ENTIDAD FEDERATIVA, CLASE DE VIVIENDA Y NUMERO DE OCUPANTES	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	DISTRIBUCIÓN 1	SEGÚN 2	NÚMERO 3	DE 4	CUARTOS 5	
6 COLIMA		124714	10906	23620	33579	26850	16071
	1 OCUPANTE	10180	2145	2987	2427	1466	745
	2 OCUPANTES	18956	1752	4042	4972	3413	1683
	3 OCUPANTES	23115	2050	4984	6673	5208	2560
7 CHILAPAS		28149	2937	4767	5475	4047	4950
	1 OCUPANTE	77895	131365	262831	181931	106810	50415
	2 OCUPANTES	35414	13463	11571	5317	2704	1141
	3 OCUPANTES	80001	17747	29733	16569	8807	3726
8 CHIHUAHUA		121303	24148	42415	27191	15336	6619
	1 OCUPANTE	150221	24839	48760	35014	22503	10318
	2 OCUPANTES	733379	59244	104642	143519	177150	129329
	3 OCUPANTES	49534	8121	9749	10140	9867	6373
9 DISTRITO FEDERAL		102266	9436	15815	20797	24567	16896
	1 OCUPANTE	144376	13519	23042	28868	34778	23975
	2 OCUPANTES	179510	12597	24456	33901	45765	32768
	3 OCUPANTES	2103752	142333	256523	401364	509158	379689
10 DURANGO		164160	20312	25963	38079	39552	24056
	1 OCUPANTE	306469	22787	41520	66890	80776	53143
	2 OCUPANTES	413887	34019	55792	63668	103945	71697
	3 OCUPANTES	508823	31077	63368	94784	128877	96352
11 GUANAJUATO		322288	13910	44025	72614	80244	57547
	1 OCUPANTE	18890	2012	3737	4452	4015	2502
	2 OCUPANTES	38504	1958	5839	9053	9580	6411
	3 OCUPANTES	54124	3057	8750	12336	13419	9053
12 GUERRERO		68410	2982	9652	14949	17501	12713
	1 OCUPANTE	918822	51846	148620	235151	219918	134448
	2 OCUPANTES	39924	5758	10168	9620	7230	3799
	3 OCUPANTES	98440	8179	23170	26879	20003	10837
13 HIDALGO		133623	9956	26122	36847	30284	16515
	1 OCUPANTE	171283	9800	28380	45340	41801	24685
	2 OCUPANTES	651149	130383	211831	153378	86566	37139
	3 OCUPANTES	45160	18997	15490	7372	3701	1374
14 JALISCO		80693	16987	29325	17502	8954	3507
	1 OCUPANTE	99483	21813	32039	23237	13283	5156
	2 OCUPANTES	117489	22362	35181	28605	18030	7680
	3 OCUPANTES	491482	41085	108255	122962	102398	62366
15 MÉXICO		28481	5773	8822	6048	4097	2071
	1 OCUPANTE	56894	6300	15658	15162	10557	5754
	2 OCUPANTES	79883	8179	19525	19610	16305	9222
	3 OCUPANTES	105294	8057	21910	25074	23354	14760
16 QUERÉTARO		1378666	51287	160551	347070	366514	241045
	1 OCUPANTE	86124	8673	17464	23290	18635	241045
	2 OCUPANTES	173965	7604	26291	50188	44260	25848
	3 OCUPANTES	221006	9249	30230	62024	58624	34597
17 VERACRUZ		275769	9538	32053	72022	79269	48276
	1 OCUPANTE	2743144	244462	394692	568499	582348	420756
	2 OCUPANTES	113260	23246	29259	22012	18290	11345
	3 OCUPANTES	281170	34955	65365	61129	55228	35209
18 YUCATECA		475226	59331	104598	97895	96576	63275
	4 OCUPANTES	661437	85895	120624	132562	149263	106867

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continuación tabla 4.2

ENTIDAD FEDERATIVA, CLASE DE VIVIENDA Y NÚMERO DE OCUPANTES	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	DISTRIBUCIÓN SEGÚN	NÚMERO DE CUARTOS			
		1	2	3	4	5
16 MICHOACÁN DE OCAMPO	846333	56525	107124	238425	185119	10132
1 OCUPANTE	49825	8195	14471	12114	19966	10312
2 OCUPANTES	106113	8863	27633	30450	19966	10312
3 OCUPANTES	133648	10432	30326	38106	28106	14365
4 OCUPANTES	181578	9978	31506	45178	37289	19985
17 MORELOS	364035	41084	69756	79862	74236	3424
1 OCUPANTE	24962	5718	6521	1848	3913	2267
2 OCUPANTES	46902	6437	11053	10867	9028	5363
3 OCUPANTES	63433	8317	13890	14379	12845	7985
4 OCUPANTES	80333	8508	15533	19100	17874	1327
18 NAYARIT	219181	15149	45914	57573	49519	37025
1 OCUPANTE	17286	2822	5156	4380	2798	1204
2 OCUPANTES	29296	2198	6860	8341	6361	3158
3 OCUPANTES	40449	3279	9447	10776	8918	4550
4 OCUPANTES	47554	2923	9875	12419	11282	6145
19 NUEVO LEÓN	878600	41581	97585	152344	224891	188534
1 OCUPANTE	48889	5381	8580	9427	10183	7057
2 OCUPANTES	106372	6073	14845	21361	27299	20612
3 OCUPANTES	153269	10070	20680	28985	40406	29798
4 OCUPANTES	206839	9451	23179	38498	56843	44857
20 OAXACA	738087	111322	250051	175235	101006	52914
1 OCUPANTE	49082	16498	17902	6227	3798	1704
2 OCUPANTES	91569	17479	35770	19493	10129	7585
3 OCUPANTES	114294	19815	40122	26057	14985	7585
4 OCUPANTES	136661	19323	43952	35500	20737	11298
21 PUEBLA	1028692	114636	244940	236721	180951	133108
1 OCUPANTE	55195	13054	16132	10243	7584	4699
2 OCUPANTES	115615	16711	32682	24644	18944	12800
3 OCUPANTES	157931	21461	39171	33736	27600	20536
4 OCUPANTES	201559	21358	44737	42829	37576	30424
22 QUERÉTARO DE ARTEAGA	295143	20968	49433	65292	66901	45399
1 OCUPANTE	14564	2828	3478	3026	2720	1609
2 OCUPANTES	33372	3298	7392	7651	7015	4522
3 OCUPANTES	47618	4518	9227	9347	10582	6837
4 OCUPANTES	61630	4069	9658	13883	14379	10231
23 QUINTANA ROO	210482	54489	49391	39322	35962	19668
1 OCUPANTE	18160	9031	3487	2037	2189	951
2 OCUPANTES	30377	10761	6723	4443	4862	2436
3 OCUPANTES	39679	11967	9198	6543	6632	3486
4 OCUPANTES	54127	10028	10347	8632	8445	4875
24 SAN LUIS POTOSÍ	489828	31972	80686	115780	116001	78004
1 OCUPANTE	28704	5063	6877	6069	5188	3145
2 OCUPANTES	58139	4891	12109	14276	12921	8041
3 OCUPANTES	77356	5652	13719	18472	18793	11879
4 OCUPANTES	94965	5440	14752	21642	23967	16574
25 SINALOA	572816	48271	97196	129072	144152	86690
1 OCUPANTE	31665	6136	11306	71714	6190	2965
2 OCUPANTES	84254	6506	11619	16199	15963	8774
3 OCUPANTES	99166	9993	18865	23166	24501	13367
4 OCUPANTES	127489	10099	22912	28839	33061	19205

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continuación tabla 4.2

ENTIDAD FEDERATIVA, CLASE DE VIVIENDA Y NÚMERO DE OCUPANTES	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	DISTRIBUCIÓN		NÚMERO DE CUARTOS	DE 4	CUARTOS 5
		1	2			
26 SONORA	1 OCUPANTE	527427	82169	10576	133171	93842
	2 OCUPANTES	34668	7429	7253	7186	3919
	3 OCUPANTES	66189	9568	11193	14111	10478
	4 OCUPANTES	96995	8267	16901	20048	16185
27 TABASCO	1 OCUPANTE	123025	8144	19176	23563	32590
	2 OCUPANTES	410389	57129	71989	100160	52038
	3 OCUPANTES	20647	6782	4809	4277	2918
	4 OCUPANTES	35128	8785	10215	11524	3720
28 TAMAULIPAS	1 OCUPANTE	69235	11674	14200	17689	15691
	2 OCUPANTES	87949	11486	14985	21963	22956
	3 OCUPANTES	67789	79283	12788	143029	154109
	4 OCUPANTES	50161	12930	12505	9070	8109
29 TLAXCALA	1 OCUPANTE	97656	13753	21688	20928	20782
	2 OCUPANTES	131447	17785	26880	27792	29787
	3 OCUPANTES	155969	16022	27907	32238	38161
	4 OCUPANTES	193288	16915	37026	48207	39813
30 VERACRUZ LLAVE	1 OCUPANTE	8075	1636	2332	1820	1127
	2 OCUPANTES	18385	2222	5125	4633	3165
	3 OCUPANTES	27574	3287	6265	6950	5448
	4 OCUPANTES	39592	3465	7632	9678	8468
31 YUCATÁN	1 OCUPANTE	1597311	260178	362469	330815	314219
	2 OCUPANTES	105945	34155	26408	17567	14970
	3 OCUPANTES	208373	40297	51640	41315	38808
	4 OCUPANTES	294180	53759	68617	89005	88416
32 ZACATECAS	1 OCUPANTE	355529	53041	76495	71448	76788
	2 OCUPANTES	371242	50268	91397	78127	69852
	3 OCUPANTES	25437	6717	6333	4506	3976
	4 OCUPANTES	48952	7857	13226	3706	9015
33 ZACATECAS	1 OCUPANTE	60800	8988	14011	12012	12307
	2 OCUPANTES	74518	8841	16466	14608	15865
	3 OCUPANTES	298217	12408	43746	74849	75079
	4 OCUPANTES	17762	1844	3907	4539	3624
	1 OCUPANTE	38634	2105	7066	10184	9140
	2 OCUPANTES	49847	3307	9075	12581	11711
	3 OCUPANTES	58333	2646	9083	14888	14756
	4 OCUPANTES					9027

Fuente: INEGI, censo 2002.

Según los datos de la (tabla 4.2) se muestra el número de viviendas totales a nivel nacional y la cantidad de casas en la cual esta integrada por 4 personas. También muestra el numero de viviendas en las cuales si se cuenta con el servicio de agua entubada, con admisión manual de agua y sin admisión de agua, con estos datos sirve para darse una idea de la carencia en la distribución de agua potable entubada.

En la (tabla 4.3) se muestra el número de habitantes totales a nivel nacional por estado, a las cuales ha de abastecerse de agua potable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.3 Número de habitantes por Estados de la Republica Mexicana.

Estados Unidos Mexicanos (2002)	Total	Precipitación anual (mm)
Aguascalientes	944 285	456 1
Baja California	2 487 367	205 1
Baja California Sur	424 041	175 5
Campeche	690 689	1 102 7
Coahuila	2 298 070	310 8
Colima	542 627	895 3
Chiapas	3 920 892	1 982 4
Chihuahua	3 052 907	428 7
Distrito Federal	8 605 239	705 0
Durango	1 448 651	527 5
Guanajuato	4 663 032	597 4
Guerrero	3 079 649	1 140 5
Hidalgo	2 235 591	835 0
Jalisco	6 322 002	851 6
México	13 096 686	933 2
Michoacán	3 985 667	826 4
Morelos	1 555 296	866 8
Nayarit	920 185	1 045 5
Nuevo Leon	3 834 141	602 0
Oaxaca	3 438 765	1 503 0
Puebla	5 076 686	1 193 4
Querétaro	1 404 306	575 5
Quintana Roo	874 963	1 251 6
San Luis Potosí	2 299 360	984 6
Sinaloa	2 536 844	805 2
Sonora	2 216 969	436 1
Tabasco	1 891 829	2 432 7
Tamaulipas	2 753 222	772 9
Tlaxcala	962 646	693 1
Veracruz	6 908 975	1 459 5
Yucatán	1 658 210	1 118 4
Zacatecas	1 353 610	520 0

Fuente: INEGI, censo 2002.

Los estados con mas población son: Estado de México, Distrito Federal, Veracruz y Puebla, es decir; que estas ciudades la demanda por el suministro de agua potable es muy grande simplemente el Estado de México cuenta con 13 096 686 habitantes y el Distrito Federal con 8 605 239 los cuales son abastecidos de agua potable por medio de los pozos subterráneos que a su vez ocasiona un hundimiento de la superficie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La cantidad que se requiere para poder hacer un contrato de agua es de \$6000.40 según datos de S.A.P.A.S.E. en el Estado de México los requisitos que se piden es tener un contrato de compra-venta a nombre del actual propietario, esto implica un gasto algo elevado para los usuarios de nivel medio económico y entonces que pasa con lo nivel económico más bajo.

De los gastos generados para la implantación del proyecto son precios accesibles y además se pueden encontrar en cualquier tlapalería o distribuidora de materiales de construcción a continuación se presenta una lista de precios promedio en el mercado del material utilizado y expuesto en el capítulo 3.

Tabla 4.4 Lista de material utilizado en la elaboración del proyecto los costos son un valor promedio y todos es por pieza con excepción de los tubos de cobre y de plástico que se venden por tramos de 6 m cada uno.

Lista del material utilizado	Cantidad	Cantidad	Precio	Subtotal
	Loza a dos aguas	Loza plana	promedio	
Tubo de plástico (PVC) de 4" Ø	31 m	14.20 m.	\$ 66.50	\$343/157
Tubo de plástico (PVC) de 1 ½ y 3" Ø	10 m.	10 m.	\$ 37.00	\$61/61
Tubo de cobre de ¾ y ½ "Ø	15 m	15 m	\$ 115 / 70	\$287/175
Codos de plástico a 90 y 45° de 4 y 2" Ø	9 piezas	6 piezas.	\$ 8.50 / 3	\$77/18
Codos de cobre a 90° de ¾ y ½ " Ø	10 piezas	10 piezas	\$ 3.70/1.60	\$37/16
Coples de cobre de 1 a ¾ y ¾ a ½ " Ø	5 piezas	5 piezas	\$ 3.50	\$18/18
Coples de cobre de ¾ a ¾ " Ø	5 piezas	5 piezas	\$ 3.00	\$15/15
Coples de cobre de ½ a ½ " Ø	5 piezas	5 piezas	\$ 1.0	\$5/5
Coples de plástico de 2 a 2" Ø	3 piezas	0	\$ 6	\$6
Coples de plástico de 4 a 4" Ø	3 piezas	3 piezas	\$ 2.50	\$7.5
Tho de cobre de ¾ y ½ " Ø	7 piezas	7 piezas	\$ 10.50	\$73/73
Tho de plástico de 4 y 2" Ø	6 piezas	4 piezas	\$ 11.0/5.50	\$66/22
Pegamento para tubería (PVC)	1 pieza	1 pieza	\$ 17.50	\$17/17
Soldadura de estaño	1 pieza	1 pieza	\$ 35	\$35/35
Pichancha	1 pieza	1 pieza	\$ 35	\$35/35
Bomba de agua ½ HP.	1 pieza	1 pieza	\$ 560	\$560/560
Tinaco Rotoplas 1100 litros equipado.	1 pieza	1 pieza	\$ 1300	\$1300
Total				\$2936/2520

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

²⁸Tomando en cuenta que el alza de tarifas para usos residenciales se aprobó con un aumento del 5.35 % en un consumo bimestral mínimo de 69 m³ y un 10 % para aquellos que consuman más de 70m³, es decir que los resultados en consumo de menos de 69m³ quedo con el costo de 1.475 el m³ y para el costo en el consumo de 70 m³ son de 2.10 por m³.

Se puede decir que el incremento del costo por m³ es mínimo pero a la larga se estima que, si repercutirá a la economía del usuario cuyo nivel socio-económico es medio y desafortunadamente esta clase que es la más predomina en México son los que más sufren el alza de tarifas.

²⁹De acuerdo al INEGI la cantidad de Mexicanos hasta el 2002 era de 97 483 412, como se muestra en la (tabla 4.3), esta cifra demuestra que la demanda por el suministro de agua potable aumenta considerablemente.

En la (tabla 4.5) se presenta el ahorro de agua estimado a nivel republica, incluyendo el re-uso y la captación de la precipitación pluvial. Para obtener los resultados de la tabla se considero los datos de la tablas 4.1 y 4.2 a demás de lo siguiente; se tomo el valor de agua re-usada en el interior de la casa-habitación que se toma como modelo para el proyecto, que es de 144.085 m³ al año que multiplicado por la cantidad de casas que hay por estado habitada por 4 integrantes, tomando como una medida estándar el perimetro de la loza 76 m² por el resultado de la suma de todos los meses en m³ de la captación de agua pluvial que a su vez multiplicado por la cantidad de casas que son habitadas por 4 integrantes el resultado de ambas multiplicaciones es el que aparece en el resultado anual , es decir el re-uso + la captación pluvial por estado de la republica para dar un estimado promedio de la recuperación de agua total.

²⁸Asamblea Legislativa, Diciembre 2002.

²⁹INEGI, censo 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.5 Ahorro de agua anual estimado a nivel republica en m³.

Estado	Total m ³ de agua pluvial + el resto al año.	Total de viviendas formada por 4 integrantes	Total de ahorro de agua en m ³ al año.
Aguascalientes	178,7476	42384	7523032
B. C. N.	159.67	130359	20779875
B. C. S.	157.424	25063	3953813
Campeche	227.89	35606	7666704
Coahuila	167.70	126557	21247021
Colima	212.12	28149	5973357
Chiapas	294.74	150221	41218388
Chihuahua	176.66	179510	31756216
Distrito Federal	197.66	508823	100688439
Durango	184.17	68410	12604199
Guanajuato	189.48	171283	32464123
Guerrero	230.76	117489	27157069
Hidalgo	207.54	105254	21828100
Jalisco	208.80	275769	57612280
México	215	661437	142245333
Michoacán	206.89	161578	33607415
Morelos	209.96	80333	16872741
Nayarit	223.54	47654	10652812
Nuevo León	189.84	206530	39206264
Oaxaca	258.31	136661	35341217
Puebla	234.78	201550	47302873
Querétaro	187.82	61630	11562711
Quintana Roo	240	54127	10794151
San Luis Potosí	218.91	94965	20789262
Sinaloa	205.28	127489	26162654
Sonora	177.22	123025	21805566
Tlaxcala	328.91	87949	28925106
Tamaulipas	202.82	156069	33686964
Tlaxcala	196.76	39502	7780229
Veracruz	255	355529	90629674
Yucatán	229.08	74518	17190184
Zacatecas	183.6	58333	10878229

Realizando una comparativa con los sistemas actuales y los proyectos futuros, con los resultados obtenidos para el abastecimiento a la ZMVM en la (tabla 4.6) se exponen los datos obtenidos. Los resultados están en m³/año lo cual fue necesario pasarlos a m³/s.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los estados que conforman a la ZMVM son: Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal y Tlaxcala por lo tanto se tiene:

Hidalgo $21828100 \text{ m}^3 / \text{año}$ (1 año / 365 d)(1 d / 24 h)(1 h / 3600 s) = $0.669 \text{ m}^3 / \text{s}$
 Estado de México $142245333 \text{ m}^3 / \text{año}$ (1 año / 365 d)(1 d / 24 h)(1 h / 3600 s) = $4.36 \text{ m}^3 / \text{s}$
 Distrito Federal $100688459 \text{ m}^3 / \text{año}$ (1 año / 365 d)(1 d / 24 h)(1 h / 3600 s) = $3.08 \text{ m}^3 / \text{s}$
 Tlaxcala $77802229 \text{ m}^3 / \text{año}$ (1 año / 365 d)(1 d / 24 h)(1 h / 3600 s) = $0.23 \text{ m}^3 / \text{s}$,
 la suma de todos los caudales da como resultado $9.8 \text{ m}^3 / \text{s}$.

Tabla 4.6 Comparación de los resultados obtenidos con los proyectos actuales.

Estado	Ubicación	Fuente	Caudal m^3 / s	Costo por Bombeo $\$/\text{m}^3$	Costo por potabilización $\$/\text{m}^3$	Inversión millones de pesos
Operando	Externo	Cutzamala	14.5	2.10	0.160	14,250
Operando	Externo	Lerma	5.9	0.278	0.053	-
Operando	Interno	Superficie	1.2	0	0.160	-
Operando	Interno	Pozos	43.4	0.495	0.053	-
Proyecto	CNA	Temascaltepec	5	2.99	0.160	3,371.25
Proyecto	CNA	Amacuzac	13.5	4.01	0.160	15,098.22
Proyecto	CNA	Tecolutla I	9.8	4.74	0.160	8,954.25
Proyecto	Otros	Aguas negras	7.4	0	8.87 ^B	2,422.015
Proyecto	Instituto	Tezontepec	7	0.71	0.36 ^D + 0.76 ^C	1,753.254
* Proyecto	Casa- Habitación		*8.3	Despreciable	0.160	2936/2520 pesos

* Cifra correspondiente a la cantidad suministrada en la ZMVM.

B Costo aproximado de 0.905 USD / m^3 por tratamiento biológico mas los tratamiento, primario, secundario, terciario y cloración.

C Costo aproximado de 0.072 USD / m^3 por desinfección con luz ultravioleta y 0.05 \$ / m^3 por cloración.

D Costo aproximado de 0.031 USD / m^3 por desinfección con nanofiltración y 0.05 \$ / m^3 por cloración.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Para el proyecto se considera el tratamiento de floculación, sedimentación, cloración de igual manera que las técnicas de depuración que utilizan los sistemas Cuzamala-Lerma por ello el costo de potabilización es igual a los sistemas antes citados (*recordando que el proyecto de re-uso no contempla que sea para consumo humano*). Los resultados del costo de inversión corresponden a la loza manejada en este proyecto la cual se tomó como un estándar de 76 m^2 , el costo por bombeo es despreciable debido a que la carga que presenta $8.3 \text{ m}^3 / \text{s}$, es la suma de toda la ZMVM y no es un caudal que abastezca, además de que no hay comparación con el tiempo que trabajan las bombas de abastecimiento de los sistemas a una bomba de agua casera. El proyecto propuesto es una opción muy viable de acuerdo con la comparativa de la (tabla 4.6) ya que los costos de inversión no se compara con los sistemas de los proyectos futuros y el caudal proporcionado es bastante competitivo con los otros sistemas.

De los sistemas de filtración que emplearon en el proyecto fueron seleccionados por la eficacia que demuestra en los tratamientos de las grandes plantas potabilizadoras, por ejemplo; el filtro de arena que atrapa gérmenes y sólidos. Esta compuesta de grava y arena, la función de la grava es de retener los gérmenes y bacterias, parece increíble que el simple hecho de hacer pasar el agua a través de un banco de arena puede desposeerla de casi todos los gérmenes y bacterias, sin embargo el 95 % de estos puede eliminarse así, ya que cada grano de arena esta cubierto por una envoltura viscosa y que las bacterias quedan adheridas a esa envoltura. La arena utilizada en el filtro es relativamente gruesa. Por lo general se le coloca con un espesor de 75 cm, sobre una capa de grava, el diámetro de las partículas de grava oscila entre 2 y 75 mm; las de mayor tamaño están en el fondo, una vez que el agua a pasado a través de la arena y la grava, sale por los tubos de plástico.

Ahora ya que paso el agua por los filtros de arena, siguen los filtros de carbón activado y malla, estos son los encargados de absorber los olores desagradables y la malla se encarga de atrapar sólidos que haya podido pasar el primer filtro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Realizados todos los análisis del proyecto se concluye que:

Como resultados se obtuvo:

Un bajo costo de manutención en las tuberías paralelas, ya que es muy sencillo el cambio de tubos averiados, el aseado de los filtros se puede llevar a cabo sin ningún problema ya que el retiro de los filtros es muy accesible y fácil. Solo se retira las dos tuercas que sujetan en ambos extremos ya una vez suelto se retira.

Se recupero hasta el 70 % del agua empleada en el interior a demás de contar con el agua de la precipitación pluvial la cual puede variar, lo cual incrementa el porcentaje de agua recuperada y re-usada, a demás el alza de tarifas para el uso domiciliario ya se aprobó quedando con un incremento del 5.35% en consumo de menos del 69 m³ y para consumo de mas de 70 m³ quedo de un 10%.

Se redujo considerablemente el consumo de agua y la reducción en el pago bimestral por consumo de agua. La calidad de filtración no cumple con la norma establecida por la secretaría de salud, debido a que la elaboración de los filtros solo se contemplo el bloqueo de sólidos, la eliminación de bacterias hasta en un 95 %, y la absorción de los malos olores. Tiempo estimado de la instalación completa es de una semana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Como ya se planteo de la instalación de una tubería paralela a la ya existente dentro de una casa-habitación y la captación de agua pluvial por medio de tubos de plástico instalados alrededor del perímetro de la loza cual sea el caso del tipo de loza con la que se cuente es una de las alternativas más viables en la recuperación y re-uso de agua, debido al bajo costo en su instalación y a la fácil manipulación del material que se utiliza.

El hablar de que se puede recuperar hasta un 70 % del agua que se utiliza a la semana dentro de una casa-habitación, para después ser utilizada y distribuida nuevamente en el interior de la casa-habitación previamente seleccionados, el agua recuperada no cumple con la norma que establece la Secretaría de Salud (NOM-127-SSA1-1994) la cual contiene los parámetros de potabilización para consumo humano solo se puede emplear para: lavado de autos, riego de césped, descarga de la caja del retrete, baño, lavado de ropa, etc. En si cosas que no tengan que ver con el consumo humano.

Los resultados que se obtuvieron de la instalación de los tubos de plástico fueron los siguientes:

Bajo costo de mantenimiento en las tuberías alternas, ya que es muy sencillos el cambio de tubos averiados, el aseado de los filtros se puede llevar a cabo sin ningún problema ya que el retiro de los filtros es muy accesible y fácil. La vida útil de los filtros es de: el plástico de PVC tiempo indefinido según sea el trato, los componentes interiores, se recomienda el lavado del carbón activado cada 3 meses así mismo la malla, la grava solo se enjuaga con agua limpia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se logro recuperar hasta el 70 % del agua empleada en el interior a demás de contar con el agua de la precipitación pluvial, lo cual puede variar el porcentaje de agua recuperada, debido a que la precipitación pluvial no es constante durante todo el año, además el alza de tarifas para el uso domiciliario ya se aprobó quedando con un incremento del 5.35% en consumo de menos del 69 m³ y para consumo de mas de 70 m³ quedo de un 10%.

Comparados los resultados obtenidos a nivel republica y los resultados obtenidos en el caso de los estados que conforman a la ZMVM con los ya existentes y los proyectos futuros el caudal que aporta 8.3m³ / s, es comparado con lo que aporta el sistema Lerma 5.9 m³ / s, los superficiales 1.2 m³ / s, y los proyecto Temascaltepec 5 m³ / s, Aguas negras 7.4 m³ / s y Tezontepec 7 m³ / s. El costo por bombeo es despreciable a causa de la poca carga que esto representa , a demás el costo de potabilización es de \$ 0.160 debido a que su (potabilización) por así llamarlo recordando que el agua no es apta para consumo humano, las técnicas empleadas en la depuración del agua se asemeja a las manejadas en algunas plantas potabilizadoras como las del sistema Lerma-Cutzamala.

Redujo considerablemente el consumo de agua y la reducción en el pago bimestral por consumo de agua. La calidad de filtración no cumple con la norma establecida por la secretaria de salud, debido a que la elaboración de los filtros solo se contemplo el bloqueo de sólidos, la eliminación de bacterias hasta en un 90 %, y la absorción de los malos olores. Tiempo estimado de la instalación completa es de una semana

Cabe señalar que la efectividad para el ahorro de agua en una casa-habitación depende mas que nada en la conciencia que tenga el usuario y al buen uso que se le de, ya que de nada sirve la implementación de nuevas forma para reducir el consumo de agua, ya sea por fabricantes de accesorios para baño y cocina en la mejora de sus diseños, como las autoridades correspondientes en el cuidado del agua, este ultimo buscando nuevas alternativas para la creación de nuevas fuentes de abastecimiento para satisfacer la demanda que día a día se incrementa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

También cabe señalar que el diseño de pozos a cielo abierto es muy buena opción para alimentar el manto acuífero que cada año presenta un hundimiento mayor, un ejemplo muy citado es el que se construye en la delegación Iztapalapa, con el objeto de evitar grandes encharcamientos y un buen sistema de abastecimiento del agua.

Esperando que esta investigación sirva para un bien común y en crear una conciencia, sobre el uso adecuado y buena distribución del agua potable ya que de la misma, depende toda vida que hasta ahora conocemos no echemos en saco roto el problema que ahora a todos nos atañe, poniendo un grano de arena se lograra una buena respuesta.

Como se presenta, el proyecto es una muy buena opción para re-utilizar agua potable, dejar de saturar las tomas domiciliarias y disminuir la cuota que se debe de cubrir por el consumo de la misma, expuestos todos los pormenores queda ya en el usuario la implementación de este proyecto, además de que no es muy caro y es sencilla su instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Comisión Nacional del Agua (1998)**, Costos estimados para proyectos de infraestructura hidráulica; Subdirección General de Programación, Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral. México.
- [2] **Juan Martínez del Cerro (2002)**, Iniciación al calculo de Costos en Edificación. Programa del libro de texto universitario. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [3] **Comisión Federal de Electricidad (1952)**, Contribución de la CFE a la solución del problema de abastecimiento de agua a la ciudad de México. México noviembre.
- [4] **Los Filtros y sus usos (octubre de 1998)**, El mundo del estudiante. Nueva enciclopedia temática, tomo 2.
- [5] **Víctor Hugo Hernández Gómez (2000)**, Comparación Energética de las Opciones Para el Suministro del Agua a la ZMVM. Tesis profesional.
- [6] **S.A.P.A.S.E. (2002)**, Manual de la distribución del agua en el área metropolitana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PAGINAS WEB**Paginas web consultadas**

www.lanic.utexas.edu/la/mexico/water

www.inegi.gob.mx

www.smn.cna.gob.mx/productos/normales/precme.html

www.farn.org.ar/docs/p12

www.centros5.pntic.mec.es/ies.de.juandevillanueva/calidaddelagua

www.ioswafiltracion.com/