



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“USO EFICIENTE DEL AGUA POTABLE PARA UNA MEJOR
DISTRIBUCIÓN Y SUMINISTRO EN EL MUNICIPIO DE
CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O Q U I M I C O
P R E S E N T A
A N G E L R A Y G O Z A T R E J O

ASESOR DE TESIS: MC. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MARTINEZ



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

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

"Uso Eficiente del Agua Potable para una mejor Distribución y Suministro
en el Municipio de Cuautitlan Izcalli, Estado de México"

que presenta el pasante: Angel Raygoza Trejo
con número de cuenta: 08958740-3 para obtener el título de :
Ingeniero Químico

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de Marzo de 2007.

PRESIDENTE	<u>IQ. Gloria Borjón Apan Ruíz</u>	
VOCAL	<u>Dr. Adolfo Obaya Valdivia</u>	
SECRETARIO	<u>MC. Francisco Javier López Martínez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>IQ. Graciela Delgadillo García</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MC. Rosalva Euricides Sámano Osuna</u>	

“AGRADECIMIENTOS”

“No se a que horas sucedió todo, ni cuanto tiempo tarde en realizar mi sueño”

Permítanme abusar un poco de su tiempo, para decirles lo que siento por cada uno de ustedes.

Quiero expresar este gran episodio de mi vida, un inmenso mar de agradecimientos, que quizás no sean suficientes para volcar toda mi gratitud que ustedes representan cada vez que los veo, los saludo, los nombro, que además me dan la oportunidad de platicar, aprender de ustedes, y tantos momentos, que con el simple hecho de nombrarlos me motivan a seguir escalando esta gran montaña que es la vida misma, en la cuál cada uno de nosotros formamos parte y en la cuál tenemos que entrelazarnos formando un gran eslabón para lograr escalar esta gran vida.

Me aterra la cuantía de las formas canónicas usadas para transmitir el agradecimiento, al cabo de una búsqueda prolongada extraigo tres formas: “Gracias, Muchas Gracias, Muchísimas Gracias”

En esta diversidad de formas se alojan mis sentimientos, los más profundos y los superficiales, que hoy se vuelven uno solo.

Quiero hacer un alto en mí transitar por la vida de solo unos segundos, para reflexionar este enorme momento, y justamente en el proceso de análisis y reflexión, concluyo que fueron un mundo de ayudas las que he recibido para lograr este objetivo.

“No hay espejo que mejor refleje la imagen de un hombre, que sus palabras y sus hechos”

De verdad no quiero saturarlos con tantas palabras, pero mi deseo es nombrar a cada ser humano que con su sabiduría, su amor, su paz, su bondad, su paciencia me ha enseñado este largo y sinuoso camino, espero de verdad no omitir a nadie, y si lo hago no se molesten pues cuando los vea con una sonrisa les expresare mi sentimiento.

A DIOS:

Que con el simple hecho de darme cada mañana, me da la oportunidad de corregir mis errores y realizar el mejor día de mi vida.

A MI PAPA:

ANGEL RAYGOZA MOSQUEDA: A pesar de siempre no estar de acuerdo en todo, me has enseñado que el sentido de la responsabilidad y compromiso son valores que el hombre debe tener.

A MI MAMA:

GLORIA TREJO VIAY: Que te puedo decir, que siempre has estado conmigo, a pesar de todos los problemas, que siempre has tenido el amor y la bondad.

A MIS HERMANOS:

VERONICA RAYGOZA TREJO: Tus regaños, me han enseñado que eres un ser humano, dispuesto a ayudar, a cambio de recibir nada.

DANIEL RAYGOZA TREJO: A pesar de pelear (metafóricamente), y nunca estar de acuerdo, tu crecimiento me ha enseñado que los hechos siempre deben de hablar.

BEATRIZ RAYGOZA TREJO: Lo que te puedo decir, es que tomes la vida con calma, y que tienes un mundo de posibilidades, gracias por preocuparte, y regañarme.

A MI FAMILIA:

CLAUDIA LILIANA ISLAS CRUZ: Una mujer que a pesar de ser como soy, y a saber que no tengo derecho a nada, me brinda todo su apoyo.

CLAUDIA ANGELICA RAYGOZA ISLAS: Hija, solo te ruego y te exijo que te cuides mucho, tienes un mundo lleno de oportunidades.

ELIZABETH RAYGOZA ISLAS: Hija, tienes una dulzura en tu ser, pero debes saber que se tienen que hacer las cosas para poder caminar y crecer, cuídate mucho.

JOSE ANGEL RAYGOZA ISLAS: Hijo, eres noble, solo cuídate mucho.

A MI ABUELITO MARGARITO

ERES UN ORGULLO PARA MÍ SER, GRACIAS

A TODOS MIS TÍOS, TÍAS Y FAMILIARES

En especial a los que ya no están, que su luz nos guíe para encontrar el camino.

Tía Amelia: Un regalo de Dios muy especial, te admiro y te quiero, siempre de pie a pesar de todo.

A MIS MAESTROS:

En este tenor hago un reconocimiento total a todos mis maestros desde el kinder hasta la Universidad, pero tengo que hacer una pequeña reflexión para aquellos que me motivaron:

HUMBERTO PARRA CRUZ: Respetado maestro de 6 año de la Escuela Primaria Federal Basilio Badillo, todo un Caballero.

ARTURO ADUNA: Maestro con clase y elegancia, poeta siempre, cada clase era un evento especial, Secundaria Federal No 21.

GONZALO PEDRAZA, (q.e.d.): Un maestro que me intuyo en la QUIMICA y de ahí brincar a lo que es hoy mi carrera INGENIERIA QUIMICA, Bachilleres No. 5.

RICARDO PARAMONT HERNANDEZ GARCIA: Un maestro lleno de inquietudes, que me motivo a involucrarme en la carrera, comprendiendo lo que es un balance parcial y global de masa y energía, además de la simulación de procesos.

ARIEL BAUTISTA: Quien mejor que él para entender que la instrumentación es el mejor control de un proceso.

RAFAEL GARCIA NAVA: Mis respetos maestro, usted siempre motivándonos a ser los mejores, y a comprender que ser un INGENIERO QUIMICO es TODO.

JESUS PEREZ SAAVEDRA: La sencillez de poder dar una cátedra de análisis, conjuntada con la sensibilidad del ser humano, siempre dispuesto.

FERNANDO OROZCO FERREYRA: Maestro que me hizo entender la transferencia de masa, desde el grano de café, hasta el sistema más complejo, gracias MAESTRO.

GUADALUPE PEREZ CABALLERO: Que le puedo decir MAESTRA, usted un ser humano, una persona que busca la superación, y que la promueve, que tiene una verdadera sensibilidad de explicar la reacción química y su intimidad.

A MI ASESOR, FRANCISCO JAVIER LOPEZ MARTINEZ: Paco, te quiero decir con todo mi corazón GRACIAS por tu paciencia y apoyo total, después de no se cuántos intentos. SIMPLEMENTE GRACIAS.

TODOS DE LA FESC-1

GRACIAS MAESTROS

A MIS AMIGOS

En la vida uno busca ó encuentra los verdaderos amigos, y no por despreciar a los demás, simplemente porque están donde deben de estar cada uno.

AURELIO ENDOQUI: La música es tu arma, y mira que arma tienes, gracias por la buena música.

MARIO MORALES MORENO: Algo me hizo ser tú amigo, ó que me dejaras ser tú amigo, y es que una vez andando de pinta, por la noche en BACHILLERES PLANTEL 5, lo recuerdas, éramos de la tarde, me dijiste esto: “que si era correcto andar de pinta mientras tus papas estaban trabajando para darte la oportunidad de estudiar”.

GRACIAS POR ELLO.

PABLO CASTRO ROJAS: Amigo querido, recuerdo que tú siempre peleaste no dejarse de nadie, y que no había porque ser menos, respeto mucho tu facilidad de hacer INGENIERIA.

RUBEN BRIZUELA: Quizás tengo el defecto de no tener muchos amigos, y la verdad después de conocer a mis anteriores amigos, no esperaba encontrar un amigo especial, gracias y siempre cuídate.

A TODOS MIS PRIMOS

ARTURO, JOSÉ, ALFREDO, RAÚL, CARLOS, BETO, JAIME, MARGARITO, ESTEBAN, PEDRO, SERGIO, PEDRO HERNÁNDEZ, ROSA, ELVIA, SOCORRO, NORMA, SALVADOR, ELISEO, HÉCTOR.

“A todos ustedes los respeto y admiro, de alguna u otra manera conviví y crecí con ustedes, de verdad si me falta alguien una disculpa.”

A MI GLORIOSA Y QUERIDA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN CAMPO 1

SIEMPRE ORGULLOSAMENTE

U.N.A.M.

Mi Máxima Casa de Estudios, una Facultad que quiero mucho, y que espero regresar, un poco lo que me regalo en su Campus 1.

**“LA VERDADERA SUPERACION SE DA CON
LA AYUDA DE TODOS”**

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a todas las personas antes mencionadas, por creer en mí.

A mi familia, a mis hermanos, a mis hijos, a mi esposa, y a todo aquel que cree en mí aunque sea un granito de arena, y principalmente a DIOS por permitirme lograr este gran objetivo.

GRACIAS A TODOS

INDICE GENERAL

1.0.- Introducción	11
1.1.- Ciclo hidrológico	16
1.2.- Crecimiento urbano en el municipio de Cuautitlan Izcalli.	18
2.0.- El agua potable en el municipio de Cuautitlan Izcalli.	19
2.1.- Fuentes de abastecimiento.	19
2.2.- Distribución y transporte de agua potable a los núcleos urbanos en el municipio.	19
2.3.- Sistemas de almacenamiento y captación pluvial	20
3.0.- Medición del flujo del caudal de agua potable	21
3.1.- Macro medición	21
3.2.- Micro medición	24
4.0.- Prevención, Detección y reparación de fugas	30
4.1.- Prevención de fugas	30
4.2.- Fugas visibles y no visibles	31
4.3.- Causas de las fugas.	34
4.4.- Métodos para detección de fugas	34
4.5.- Beneficios de la detección de fugas.	35
4.6.- Reparación de fugas	38
5.0.-Sistema tarifario	40
5.1.- Definición de objetivos para el diseño de una política tarifaría adecuada.	41
5.2.- Facturación y Recaudación.	42
6.0.- Reglamentación	44
6.1.- Tipos de reglamentación.	44
7.0.- Comunicación y educación al cuidado del agua	46
7.1.- Comunicación del agua.	46
7.2.- Educación al cuidado del agua	47

8.0.- Uso eficiente de agua en las casas habitación	48
8.1.- Uso interiores	48
8.2.- Uso exteriores	50
8.3.- Detección de fugas en red interior	52
9.0.- Uso eficiente de agua en la industria	53
9.1.- Transferencia de calor	53
9.2.- Generación de energía	53
9.3.- Aplicación de procesos	53
9.4.- Recirculación	54
9.5.- Reutilización	54
9.5.- Reducción de consumo	55
10.- Uso y manejo eficiente en el abastecimiento y suministro de agua con la automatización de los sistemas.	56
10.1.-Automatización del sistema de abastecimiento y suministro.	56
11.- Reutilización del Agua Tratada	58
11.1.- Planta de tratamiento de aguas residuales del municipio	58
11.2.- Sistemas de tratamiento	60
11.3.- Reutilización del agua tratada en el municipio	61
12.0.-Diagrama de trabajo para el programa de uso eficiente de agua potable.	62
13.0.- Conclusiones finales.	63
14.0.- Lista de Tablas, Figuras y Símbolos.	64
15.0.- Bibliografía, hemerografía, e Información digital.	66

**“USO EFICIENTE DEL AGUA POTABLE PARA
UNA MEJOR DISTRIBUCION Y SUMINISTRO
EN EL MUNICIPIO DE CUAUTITLAN IZCALLI,
ESTADO DE MÉXICO”**

OBJETIVOS

Objetivo General.- Establecer los parámetros adecuados para el programa de uso eficiente del agua que garantice un mejor suministro del líquido al municipio de Cuautitlan Izcalli.

Objetivos Específicos.-

Información de 5 técnicas de uso eficiente de agua potable, medición, detección y reparación de fugas, sistema tarifarios, reglamentación, comunicación y educación al cuidado del agua.

Uso eficiente de agua en las casas interior y exterior.

Uso eficiente de agua en las industrias.

Automatización del sistema de abastecimiento y suministro de agua.

Reutilización de las aguas tratadas en el municipio

HIPÓTESIS

El uso eficiente del agua potable permitirá un mejor abastecimiento y distribución de agua en el municipio de Cuautitlan Izcalli

1.0.- INTRODUCCION

La preocupación por uso adecuado del agua en ciudades no es nueva, en 1890 Thomas Crapper construyo en Inglaterra el primer excusado de bajo consumo para reducir el problema de la contaminación provocada por las aguas residuales.¹

Los principales problemas de abastecimiento que afrontan los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras del AGUA, no se rehúsa este recurso, los sistemas de facturización y cobranza son deficientes, existe poca conciencia humana.

En épocas recientes, se empezaron a conjugar acciones de uso eficiente hasta constituirse en verdaderos programas. Estos se manifestaron como tales al principio de los años 70 en el ámbito urbano, cuando grandes sequías azotaron el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica.

En un principio fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la creciente escasez de agua las han convertido en un programa de mediano y largo plazos². En México, el departamento del distrito federal, implanto su programa de uso eficiente de AGUA en 1984³.

El buen uso del agua potable constituye uno de los problemas básicos de la humanidad.

Los ríos y lagos han sido y son utilizados como fronteras, como medio para el transporte, como fuente de suministro de agua potable y como lugares para la construcción de núcleos urbanos en su proximidad⁴.

Una de las preocupaciones fundamentales de las autoridades encargadas de dotar de agua a una población, es verificar si el servicio fundamental, la fuente de abastecimiento es capaz de satisfacer el consumo de esa población tanto en el presente como en el plazo de previsión, que se estima en 30 años.

El cálculo de la población puede hacerse sobre la base del aumento anual “%P”, la población actual “po”, y el numero de años “n”, que se fije para la prevención. La población futura esta dada por la fórmula:

$$P_n = P_o [(100) (\%P) / 100] N \text{ ----- ecuación 1}$$

Donde: %P = Porcentaje de población anual
 Po = Población actual
 N = Numero de años
 Pn = Población futura

A falta de información podrían tomarse los siguientes valores de la tabla 1 para la ecuación 1⁵.

TABLA 1 Tipos de Ciudad

Tipo de Ciudad	P%
Grandes ciudades	2.7
Pequeñas ciudades	3.0
Pueblo y aldeas	2.2

El uso del agua a nivel mundial puede clasificarse por orden de importancia de acuerdo con la tabla 2.

TABLA 2 Uso del agua a nivel mundial

Necesidades	%
Agricultura	66
Industria	24
Urbano	8
Otros recreativos	2

A continuación se muestra algunos ejemplos del orden de magnitud del consumo de agua.

Las aplicaciones del agua en las industrias son numerosas, por ejemplo. Para la producción de 2 toneladas de papel se requiere 25 TM de agua.

En la agricultura para producir 1 tonelada de maíz se requieren 1,000 Litros de agua⁶

Dentro de las mediciones volumétricas unas de las magnitudes físicas más importantes de la hidrodinámica es el gasto masivo (R_m) o flujo masivo, o simplemente flujo, que se define como la cantidad de masa que atraviesa una determinada sección transversal de una tubería por unidad de tiempo. Operacionalmente se escribe:

$$R_m = m / T \text{ ----- Ecuación 2}$$

Donde R_m = Gasto másico
 m = Cantidad de masa
 T = Unidad de tiempo

Si el flujo es incomprensible (densidad = CTE), es más apropiado usar el gasto volumétrico o flujo de volumétrico (R_v), que se define:

$$R_v = V / T \text{ ----- Ecuación 3}$$

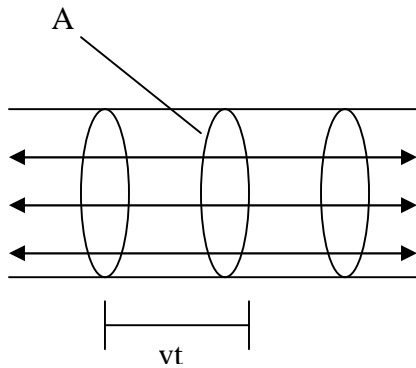
Donde: R_v = Flujo volumétrico
 V = Volumen de agua
 T = Unidad de tiempo

La relación entre ambos gastos se puede obtener recordando que la masa = (densidad por volumen)

$$R_m = (\text{densidad por } V) / T \text{ Ecuación 4}$$

Otra relación para el cálculo del gasto volumétrico se tiene en la siguiente figura 1.

Figura 1



De la figura 1 el cálculo del gasto del volumétrico por un tubo se tiene que:

- A = es el área de la sección transversal del tubo
- v = es la velocidad en el fluye el caudal
- t = tiempo

Sea v la velocidad del gasto volumétrico en un tiempo t, entonces cualquier partícula de fluido recorre un área en un tiempo, así el gasto volumétrico que pasa por el área a de la tubería será:

$$\text{Gasto volumétrico} = V = (A) (v t) \quad \text{Ec. 5}$$

Sustituyendo la ecuación 5 en la ecuación 3

$$Rv = \frac{V}{t} = \frac{(A)(v t)}{t} = (A) (v) \quad \text{Ecuación 6}$$

Que representa otra expresión para el gasto volumétrico⁷

“El agua es un recurso natural indispensable, ninguna forma de vida puede existir sin ella”.

Aunque la cantidad de humedad presente en la zona de contacto entre las capas superiores de la corteza terrestre y los límites inferiores de la atmósfera es constante, hay una gran variación en la disponibilidad de agua de una parte del planeta a otra. A las personas que viven en regiones con un abundante suministro de agua les es difícil entender los problemas de aquellos que habitan donde el agua escasea.

Las grandes demandas de este recurso en lugares de civilizaciones modernas han llevado a un mayor énfasis en su conversión⁸.

“Si deseamos la continuidad de la vida como la conocemos, es necesaria la creación de una nueva cultura que reconozca y respete un valor del agua”.

De esta nueva cultura dependerá la supervivencia de las futuras generaciones y especies del planeta⁹.

Uno de los puntos más importantes para recuperar caudal sería recuperar el que se pierde por fugas no visibles, de hecho el 40% de pérdida de agua potable es por fugas no visibles

Para localizar fugas de agua en redes de distribución de agua, existen varias técnicas, por electro acústica, ultrasonido y por el método de hidrógeno, con estos sistemas se puede localizar fugas de AGUA producidos por roturas o por un mal estado de las conducciones, tanto en redes, en interiores de vivencia, edificios, lo que supone un importante ahorro de este bien, por otro lado evita los problemas derivados de las fugas como son: pérdidas en hundimiento, humedades y otras afecciones al asentamiento estructural.¹⁰

1.1.- Ciclo hidrológico

El agua es el origen de la vida y sustancia esencial para su desarrollo. Regula la distribución y la densidad de la vegetación sobre la superficie de la tierra y con esto, ejerce un control sobre la vida misma. Por ello no es casual que las grandes civilizaciones hayan florecido siempre sobre las grandes riberas de los principales ríos.

El agua en la naturaleza es un ente dinámico, cambia constantemente de lugar, de estado y de composición. Puede encontrarse como agua salada en los océanos, como agua dulce en algunas fuentes naturales o en forma químicamente muy pura, en las grandes masas nubosas continentales.

Continuamente una gran cantidad de agua se transforma en carbohidratos mediante procesos fotosintéticos que realizan las plantas y otra cantidad semejante es generada, mediante la respiración de los organismos aerobios.

El ciclo mostrado en la figura 2 indica los diferentes estados y caminos por los que transita el agua en su constante movimiento.



Figura 2 “EL CICLO DEL AGUA”

El concepto de ciclo indica claramente el carácter limitado de los recursos. Como puede observarse, la cantidad de agua existente en la Tierra siempre es la misma y se halla en constante movimiento debido a la acción de la energía solar y a la fuerza de la gravedad. De esta forma, se repite una y otra vez un proceso que llamamos:

"CICLO DEL AGUA".

Paralelamente ocurren otros ciclos más, menos evidentes pero igualmente importantes, uno de ellos es el ciclo hidrogéocímico, proceso mediante el cual el agua, en su continuo movimiento, transporta desde el interior de los continentes hasta el fondo del lecho oceánico, enormes cantidades de materiales disueltos y en suspensión.

En efecto, el ciclo del agua realiza en su movimiento un proceso extractivo sobre los materiales de la corteza terrestre, semejante al que realiza el solvente sobre una muestra colocada en un sistema Soxhlet.

En esta analogía la corteza terrestre constituye la muestra o material extractable, el agua el solvente extractable, el mar el hervidor en donde se concentra el extracto y el sol, la fuente de energía que mantiene activo el proceso.

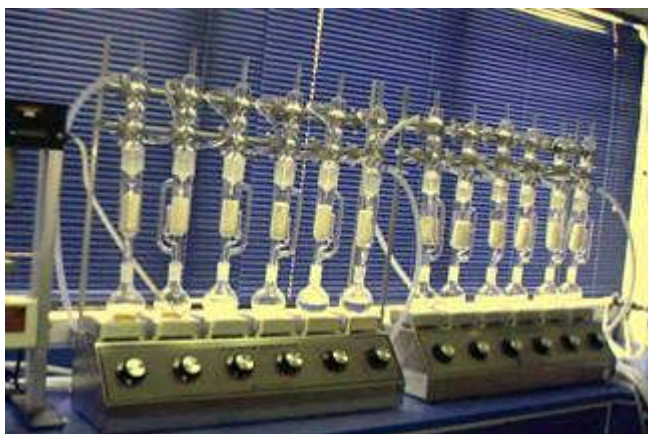


Figura 3 “Equipo Soxhlet, equipo de laboratorio utilizado para obtener extractos de productos naturales en química orgánica”. (11)

Cada sifoneo en el soxhlet representa un ciclo completo en la naturaleza, es decir, una llovizna equivalente al chapuzón que recibiría la tierra, si toda el agua existente en los ríos, lagos y mares del mundo, lloviese de repente sobre los contaminantes durante un solo evento de precipitación.

1.2.- Crecimiento urbano en Cuautitlan Izcalli

Es muy conocida de todos, la tendencia histórica de la emigración de la población rural a las ciudades y más recientemente la emigración de países pobres a países ricos, en que la mayoría de este flujo humano se dirige a las grandes ciudades.

Este tipo de crecimiento desaforado trae, otras consecuencias, grandes desequilibrios de todo tipo, como se indica en la tabla 3:

Tabla 3 Tipos de consecuencias debido al crecimiento desequilibrado

ENTRADA	SALIDA
<ul style="list-style-type: none">➤ Productos alimentarios➤ Materias primas en general➤ Combustible➤ Energía➤ Agua Potable➤ Crecimiento Urbano Desequilibrado	<ul style="list-style-type: none">➤ Residuos alimenticios➤ Residuos urbanos en general➤ Residuos hospitalarios➤ Residuos industriales➤ Residuos de la construcción➤ Aguas residuales➤ Contaminación atmosférica

Por estas causas el crecimiento urbano genera graves alteraciones en su medio ambiente “aun previniendo la evolución”, aunque estos se pueden minimizar considerablemente mediante una planificación apropiada. (4)

En el municipio de Cuautitlan Izcalli el consumo de agua por habitante en un día pueden alcanzar 250 litros.

Y de la tabla 4 siguiente los habitantes del municipio de Cuautitlan Izcalli según el INEGI son:

Tabla 4 Crecimiento Urbano en Cuautitlan Izcalli

AÑO	HABITANTES
2000	453,298
2005	498,021

Como dato importante el consumo de agua promedio por casa-habitación es de 250 litros por persona. Dato extraído de la CAEM, Comisión del Agua del Estado de México. (12)

2.0.- EL AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE CUAUTITLAN IZCALLI

Se puede afirmar que todo lo que vive sobre la faz de la tierra depende de agua, el hombre requiere para sus necesidades básicas, usos recreativos, para utilizarla en la transformación de energía, procesos de manufactura y para la agricultura entre otros.

Por desgracia, no siempre es posible satisfacer las necesidades humanas y con frecuencia su escasez no permite disponer de la cantidad necesaria y otras veces su exceso produce inundaciones originando grandes daños materiales y algunas veces pérdidas humanas.

Tomando en cuenta las mas recientes estadísticas a nivel mundial, que nos hacen prever condiciones de carestía y desabasto, en fechas no muy lejanas, hoy en día en el municipio de cuautitlan Izcalli cuenta con una red de distribución de aproximadamente 449,000 metros, con un caudal de 1,521.1 litros por segundo, permite abastecer de este importante recurso al municipio, no sin omitir que mediante trabajos de uso eficiente y una cultura de agua se lograra como medida preventiva el que se pueda tener acceso a este gran recurso.

2.1.- Fuentes de abastecimiento

Dentro de las fuentes con que cuenta el municipio para el abastecimiento de agua se tiene 48 pozos profundos, 6 derivaciones federales y una estatal (cutzamala) de donde se surte un total de 1521.1 litros por segundo.

2.2.- Distribución y transporte de agua potable a los núcleos urbanos en el municipio

El agua se distribuye por medio de 6 tanques reguladores, 7 rebombeos, y directamente de algunos pozos, todo este proceso cuenta con un sistema de cloración el cual permite garantizar la calidad del agua para consumo humano, este cloro es inyectado desde la salida del agua de los pozos, estos a su vez suministran agua a los tanques y de ahí a las redes de tubería, el cloro ocupado en la desinfección del caudal puede ser hipoclorito de sodio y/o gas cloro.

Para el transporte se cuenta con una red de distribución primaria, secundaria y las tomas domiciliarias, es hasta ahí donde llega el servicio a la comunidad. (13)

2.3.- Sistemas de almacenamiento y captación pluvial

Dentro de los sistemas de almacenamiento esta agua se almacena en tanques de una capacidad de 16,500 Metros Cúbicos y la captación pluvial es por drenaje pluvial el cual se descarga en los cuerpos de agua del municipio.

Es sabido que disponer de agua es un paso inicial para combatir la pobreza y promover el desarrollo, este preciado líquido repercute en la salud humana, la producción de alimentos, el mejoramiento del entorno ecológico y el bienestar económico y social.

Sin embargo, en México hay 13 millones de personas sin acceso a agua potable y 24 millones que no cuentan con drenaje y alcantarillado. La mayoría vive en comunidades dispersas y con baja población.

En un proyecto del centro internacional de demostración y capacitación en aprovechamiento del agua de lluvia (cidecalli), se pretende atender esta situación, a travez de la construcción de un prototipo de cisternas revestidas con geomembranas de pvc (polivinilo), de alta resistencia, que durante los temporales de lluvia almacenen agua llovida, que luego sería tratada y debidamente conducida para ser utilizada en el riego de cultivos y hasta para la ingesta humana. (14)

México ha prestado atención a las fuentes de agua superficiales, como son los ríos y lagos, y a las subterráneas.

Se está estudiando y evaluando en sistemas de tecnología de punta para el almacenamiento de este gran recurso en el municipio.

3.0.- MEDICION DEL FLUJO DEL CAUDAL DE AGUA POTABLE

En la ciudad de Turín en Italia, en promedio se consume el 71% de la producción total de agua en las casas habitación, el 12% en la industria, el 15% en el comercio y el 2% en el sector servicios.

Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y educación.

La medición de los caudales de agua suministrado en las ciudades es necesaria medirla en dos niveles: macro medición y micro medición.

La macro medición se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. Esta actividad es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas operadores de agua potable y alcantarillado.

La micro medición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua.

3.1.- Macro medición

Es fundamental en la operación de un organismo operador, pues permite desarrollar las siguientes actividades. (15)

- Obtener la dotación real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.
- Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción, y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.
- Obtener caudales, presiones y niveles en puntos significativos de los sistemas de agua potable.
- Generar información que permita evaluar el equilibrio en el suministro de agua en las diferentes zonas de presión, así como la homogeneidad de presiones en la red de distribución.
- Evaluar las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento del sistema.
- Generar información para la planeación y ejecución de los programas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en las líneas de conducción, redes de distribución, instalaciones y equipos electromecánicos, plantas de potabilización y tanques de almacenamiento.

- Evaluar el tiempo de saturación de los sistemas en función del desarrollo demográfico, socioeconómico y cultural de las comunidades.
- Determinar los volúmenes de agua no facturados.
- Determinar los componentes de las pérdidas en el sistema público de producción y distribución de agua.
- Facilitar la generación de datos útiles para la evaluación del sistema de macro medición existente, incluyendo el grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los usuarios, grado de precisión y sensibilidad de los equipos, eficiencia de mantenimiento, plan de sustitución, grado de eficiencia de lecturas y procesamiento de datos.
- Generar información para la formulación, implantación y control de las políticas tarifarias de los organismos operadores.
- Generar datos estadísticos de las mediciones que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua.
- Implantar el sistema de información operacional y el proyecto de control de la operación.

Un problema muy común relacionado con la macro medición es la poca utilización de los datos obtenidos, es decir existe poca relación entre la medición y la operación de los sistemas. (16)

En la figura 4 se presenta los dispositivos de medición, en donde tenemos la etapa de procesamiento de datos, estos se deben validar, almacenar, procesar y recuperar en la forma adecuada para satisfacer las necesidades del área de operación, de otras áreas del mismo organismo o aún de áreas externas al mismo, por ejemplo informes rutinarios para el control del sistema, informes para llevar a cabo los trabajos de operación y mantenimiento, proyectos de ahorro y optimización de la operación, reportes gerenciales, etc.

Otro aspecto importante para hacer un uso eficiente de los macro medidores es el programa de mantenimiento que puede ser de dos tipos: preventivo y correctivo.

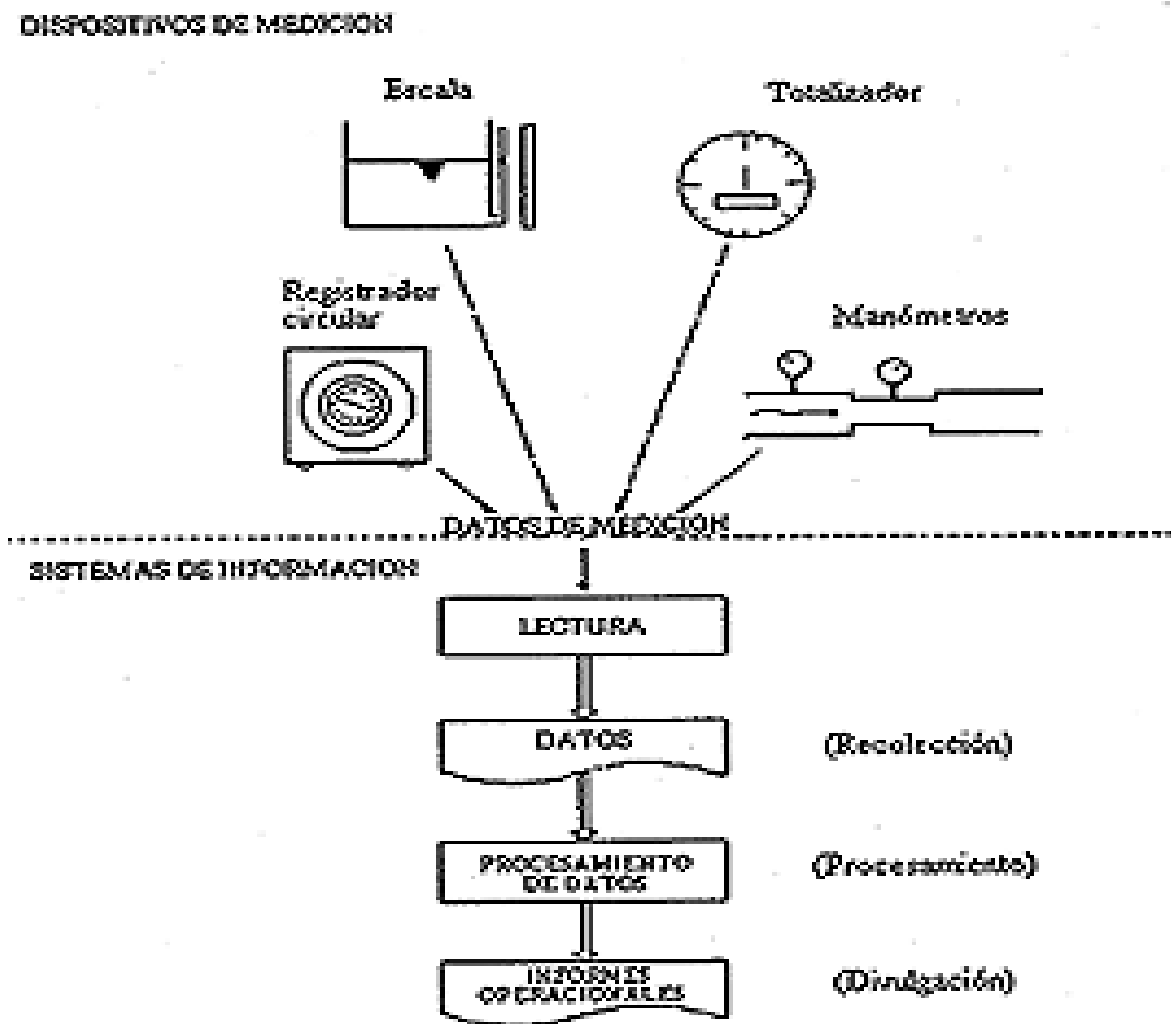
El primero de ellos permite obtener mediciones constantes y de buena calidad, evaluando técnicamente los medidores y haciendo las sustituciones periódicas de los accesorios que pudieran tener desperfectos por el uso.

Dado que el mantenimiento correctivo es accidental, no es posible establecer una programación para ello.

Una forma eficiente de controlar los macro medidores son los sistemas de automatización, que permiten concentrar en un sitio determinado en forma automática la información de los medidores, procesarla y ligarla a la operación del sistema de agua potable y alcantarillado.

De esta manera el operador puede tener una visión amplia de la red, lo que le permitirá tomar decisiones correctas con respecto al sistema. Esto último puede reforzarse si el sistema de automatización puede recibir comandos del operador y traducirlos en órdenes ejecutables a control remoto. (3)

Figura 4 Tratamiento de los datos de medición a través del sistema de información



3.2.- Micro medición

Esta acción puede influir en la reducción del consumo de agua domiciliario hasta en un 25% en áreas que no contaban con medición. (17).

Ver Tabla 5.

Tabla 5 Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal según Grishman y Fleming.

Técnica	Ventajas	Desventaja	Reducción del consumo
Medición	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de implantar - Mayor potencial de ahorros 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de capital - Requiere cambios en la estructura tarifaria 	25% en áreas que no tienen medición
Reparación de fugas	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el agua no contabilizada 	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos pueden sobrepasar los del agua ahorrada 	9% aproximadamente
Tarifas	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden inducir fuertemente al ahorro 	<ul style="list-style-type: none"> - Objeción de los usuarios - Requiere de estructuras bien diseñadas para ser efectivas 	10%
Dispositivos ahorradores	<ul style="list-style-type: none"> - Baratos - Ahorros rápidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere la cooperación del usuario 	Al menos 10% del consumo residencial
Reglamentación	<ul style="list-style-type: none"> - Gran potencial de ahorro - Reduce aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible resistencia de constructores 	Sobre un 10% del uso residencial
Restricciones al uso residencial	<ul style="list-style-type: none"> - Efectivo en los exteriores de las casas, especialmente en sequías 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere la cooperación del usuario - Difícil de establecer 	10 a 20% del uso residencial
Educación	<ul style="list-style-type: none"> - Puede cambiar malos hábitos - Resultados a largo plazo - Promueve la participación voluntaria 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere un esfuerzo bien planeado y coordinado 	5%

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (18), se hizo un estudio para evaluar el impacto de la micro medición en los usuarios.

Primero se colocaron medidores ocultos y se midió el consumo en tres sectores socio económicamente diferente, después se colocó el medidor en forma visible a los mismos usuarios y se midió el consumo respectivo.

Se encontró que las clases socio económicamente alta y baja son poco sensibles a la medición, pero que la clase media redujo sus consumos en un 50%. En total la reducción del consumo fue del 25%.

Algunas de las ventajas de instalar medidores son:

- Racionalización del uso de los recursos hidráulicos.
- Optimización de los recursos disponibles en el sistema actual, es decir se pueden postergar inversiones, o incrementar la cobertura de agua potable.
- Posibilidad de ofrecer un servicio continuo, lo cual evita molestias a los usuarios y riesgos a la salud.
- Reducción de costos de operación.
- Apoyo a las acciones de control de fugas.
- Generación de información sobre el comportamiento de la demanda de las diferentes categorías y tipos de consumidores.

La micro medición puede resultar una acción cara desde la etapa de instalación hasta la de mantenimiento, por lo que conviene planear con mucho cuidado la administración de esta actividad.

Antes de instalar los medidores debe realizarse un análisis sobre el tipo y uso del predio y su probable consumo, de manera que se pueda dimensionar razonablemente la capacidad del medidor, pues existen dos riesgos: que se subdimensionen, es decir que su capacidad sea inferior al consumo real del predio, con lo cual se obtendrán mediciones erróneas y su vida útil será menor por el desgaste acelerado de sus piezas.

La otra posibilidad es que se sobredimensionen, lo cual implica una inversión inicial mayor que la necesaria, y registros de flujos mínimos con errores debido a su menor sensibilidad en ese rango.

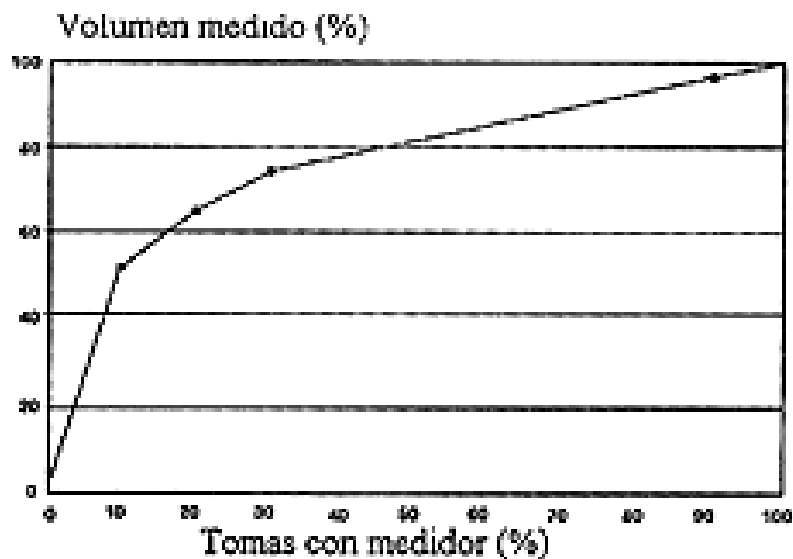
Una vez dimensionados conviene decidir dónde se instalarán los medidores, para ello deben considerarse variables técnicas, financieras, económicas y sociales, como las que se enumeran a continuación:

- a) Tamaño de los sectores
- b) Costos de instalación, mantenimiento, lectura y facturación
- c) Equipo de transporte
- d) Calidad del agua
- e) Cantidad del agua
- f) Consumos elevados
- g) Costos de operación
- h) Nivel de medición actual

Lo ideal es medir en el 100% de las tomas domiciliarias, esto sería posible si el Organismo Operador tuviera recursos para la instalación de medidores a cada usuario.

De acuerdo a estudios hechos en varios organismos operadores de agua potable y alcantarillado, (15), se ha determinado que al 10% de las conexiones con medidores corresponde el 51% del consumo total, esto es considerando a los mayores consumidores; que al rango del 10 al 20% de tomas con medidores corresponde un 14% del volumen medido, mientras que en el rango del 90 al 100% de conexiones sólo se mide un 3%, Ver Figura 5.

Figura 5 Relación de tomas con medidores/volumen medido



Con relación a los costos se estima que con el 30% de las tomas domiciliarias, se puede alcanzar a medir un 75% del volumen, con un costo del 36% del total.

Se puede definir entonces una estrategia para instalar micro medidor, existen tres posibilidades:

Medición selectiva. Consiste en localizar a los grandes consumidores y empezar la medición con ellos, hasta alcanzar el radio definido para la población.

Medición sectorial. Ocurre cuando se hace la medición de un predio con varios consumidores, prorrateando el consumo medido entre todos ellos.

Para que esta opción sea justa deberá tratarse de que la población tenga hábitos de consumo semejantes, que se conozca la cantidad real de tomas, que se estime el porcentaje de pérdidas en la distribución y que se tomen en cuenta hidrantes y otras derivaciones.

Medición combinada. Es una mezcla de los dos sistemas propuestos. Se aplica en zonas donde los consumos no son homogéneos.

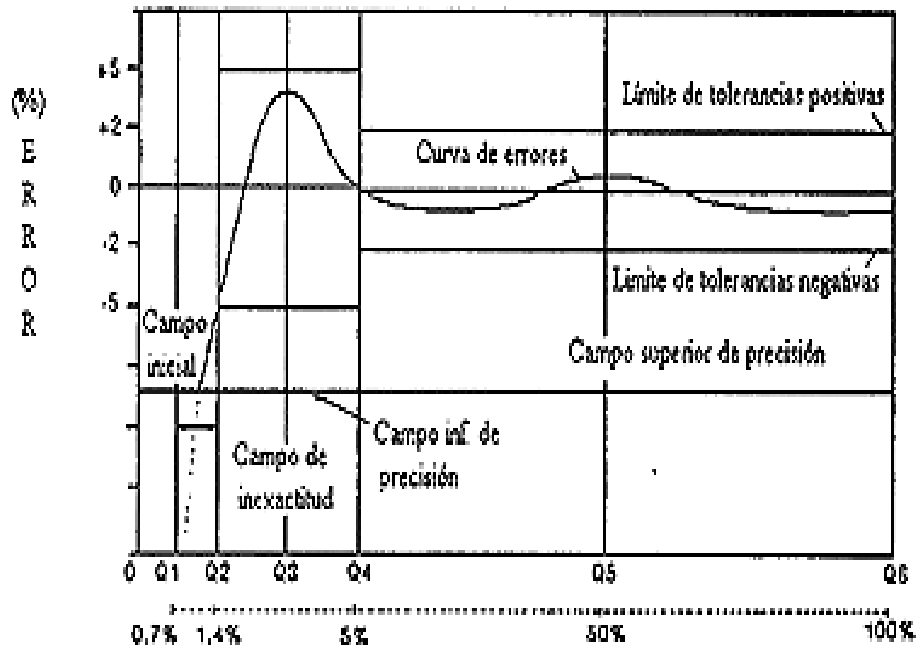
Por ejemplo en una zona abastecida por un sólo tanque se puede poner un macro medidor a la salida del mismo, colocar micro medidores a los grandes consumidores y de la lectura del macro medidor, restar los grandes consumidores, las pérdidas y los volúmenes públicos y el resto prorratearlo entre los que no tienen medidor.

Como en el caso de los macro medidores, será más eficiente el funcionamiento de los medidores domiciliarios si se establecen programas de mantenimiento adecuados.

El mantenimiento preventivo tiene como principal objetivo asegurar los registros de los medidores dentro de los rangos de exactitud, ver Figura 6.

Esta actividad se justifica sólo cuando los costos para su ejecución son iguales o menores a los ingresos que se obtendrán con su empleo.

Figura 6 Rangos de exactitud de medidores



Características principales de la curva de exactitud

Un método práctico para determinar el funcionamiento real de los medidores, es construir sus curvas características y en ellas analizar su funcionamiento, esto puede hacerse colocando aguas abajo del medidor que se desea estudiar, un medidor calibrado, o haciendo pruebas volumétricas con un recipiente graduado y un cronómetro.

Los medidores de mayor capacidad (7m³/h o superior) deberán tener prioridad en el programa de mantenimiento preventivo, y cada organismo operador debe establecer su propio programa de acuerdo a su capacidad de personal de campo y de su taller de medidores, existen programas de cómputo para establecer el periodo adecuado de mantenimiento a estos dispositivos (19).

El mantenimiento correctivo es una respuesta a las informaciones de los lecturistas y de los usuarios, que deben transformarse en órdenes de servicio con objeto de garantizar su pronta ejecución.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (20), hizo un estudio del funcionamiento de medidores en una ciudad con 17,420 tomas, de las cuales el 17.8% cuentan con medidor.

El tamaño de la muestra se determinó por medio de la teoría de muestreo estratificado simple aleatorio, con un nivel de confianza del 95%. Se encontró que el 43% funcionan en el rango inferior, de la curva de errores del micro medidor, el 55.8% en el rango normal y el 1.2% en el superior, esto indica claramente que es necesario instalar aparatos cuya exactitud sea máxima con gastos inferiores al 5% de su capacidad nominal.

Se obtuvieron las curvas características de medidores con gastos normales de 2 y 3 m³/h en campo, en los cuales se hallaron errores promedio del +/- 27.8%.

Aún más se sustituyeron varios de esos medidores por otros nuevos a los cuales se les calcularon sus curvas características obteniendo errores de +/- 4.5%.

Otro lote fue transportado a un laboratorio para hacer mediciones atendiendo a las condiciones de instalación que marca la normalización correspondiente y los errores promedio fueron de +/- 12% . Se obtuvieron dos conclusiones inmediatas, para utilizar la micro medición como elemento del uso eficiente del agua es necesario que la calidad y el respeto a las normas de instalación sean las adecuadas.

Finalmente se encontró que el 23.4% de los aparatos miden de más, el 71.4% miden de menos y solamente el 5.2% mide bien.

4.0.-PREVENCION, DETECCIÓN Y REPARACION DE FUGAS

Las pérdidas en los sistemas de agua potable y alcantarillado se deben a la evaporación y filtración en los vasos de almacenamiento y regulación, a las fugas en las plantas potabilizadoras, a las fugas en las redes y en las tomas domiciliarias; a la imprecisión de la medición o a la ausencia de ella y, en consecuencia, a la mala estimación, a las tomas clandestinas y al agua no contabilizada que se usa en los servicios municipales, como el riego de áreas verdes o arbotantes para el control de incendios.

Las fugas en las redes pueden ser visibles y no visibles; las primeras emergen de la tierra o del pavimento, las segundas no son detectadas a simple vista, pues el agua puede ir al sistema de drenaje o al acuífero.

4.1.- Prevención de fugas

La prevención esta basada en un control sistemático de:

- 1.-Presión de la red
- 2.-La ausencia de aire en la red
- 3.-Los volúmenes de agua distribuidos y consumidos

Las mediciones para el control de los anteriores aspectos exigen:

- 1.-Sistematización y exactitud
- 2.-Conocimiento exhaustivo del funcionamiento de la red
- 3.-Control del estado y calibración de los equipos de medición
- 4.-Personal calificado y estable

Para prevenir las fugas también es imprescindible cumplir con diversas normas:

- 1.-Seleccionar el material apropiado para las tuberías. Este determina el tipo de conexión y tipo de protección.
- 2.-Aplicar correctamente los métodos de instalación de tuberías y conexiones
- 3.-Proteger contra la corrosión tuberías y conexiones, protección contra otro tipo de daños.
- 4.-Contar con un mapa actualizado de la red y su estado. (21)

4.2.- Fugas visibles y fugas no visibles.

Fugas visibles:

Para el caso de fugas visibles son las que se detectan a la vista y por medio de un reporte telefónico o por los mismos trabajadores se da aviso y se procede a reparar dicha fuga.

Fugas no visibles

Para el caso de fugas no visibles esta es una alternativa posible para la detección , en este caso se propone el uso de tecnología de punta, para poder asegurar un buen abasto de agua al municipio de Cuautitlan Izcalli, primero debemos detectar las fugas no visibles de agua que es aproximadamente el 40% del total de fugas en toda la red de distribución, si atacamos este gran problema podremos hacer mas eficiente el suministro de agua a las tomas domiciliarias, aunado a esto una planta potabilizadora, una excelente cultura y una educación del agua a todo el municipio desde sus aulas escolares hasta las calles.

Para con respecto a la detección de fugas no visibles, existe un **equipo hidrométrico de alta tecnología**, el equipo de detección de fugas está compuesto por un correlador electrónico, un amplificador, micrófono de contacto y geófonos, mismo que funciona a través de ultrasonidos que sirven para detectar la pérdida del líquido en la red de distribución de agua potable y en tomas domésticas; tanto por fugas no visibles como por tomas irregulares, y es operado por personal altamente calificado.

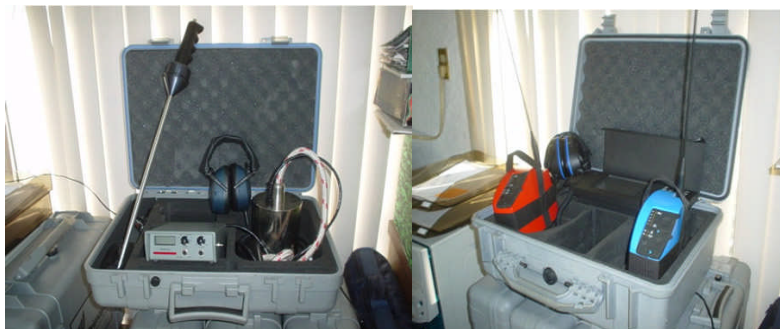
El equipo es de tecnología inglesa, ya es utilizado en México, el cual permitirá recuperar la pérdida del vital líquido en los diferentes distritos hidrométricos del municipio de Cuautitlan Izcalli.

Con este tipo de acciones, OPERAGUA puede avanzar en el cumplimiento de las actividades para el mejoramiento de la eficiencia operativa de sus sistemas. Ver Figura 7 y 8.

Figura 7 Equipo Hidrométrico de alta tecnología para la detección de fugas no visibles.



Figura 8 Equipo de detección de fugas

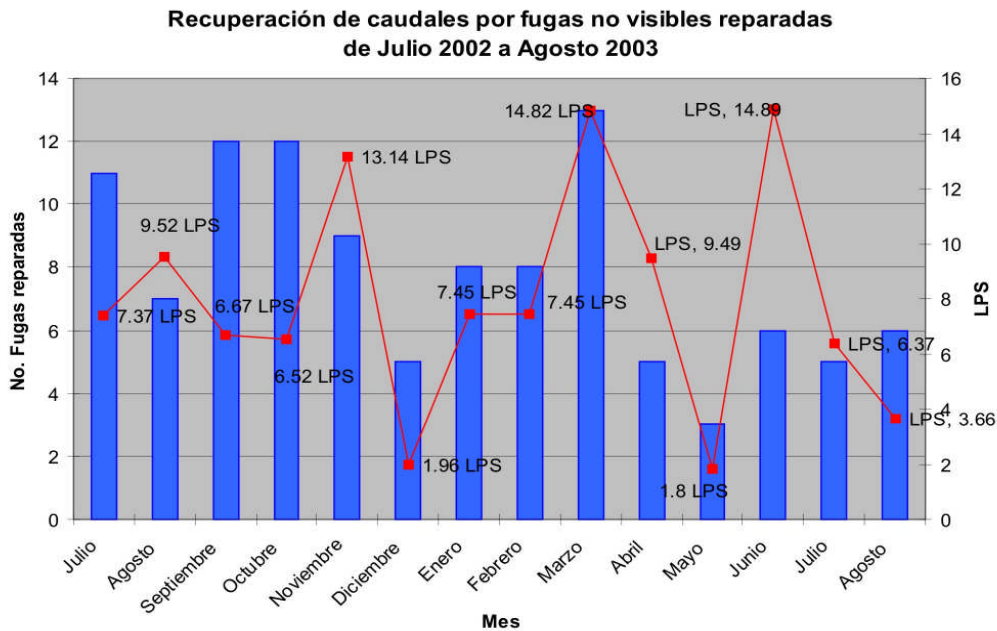


Con base a los resultados del Programa de Detección de Fugas no Visibles, se puede redistribuir el caudal perdido hacía otras zonas de la ciudad en donde se tenía un servicio deficiente del vital líquido, mejorando con ello la calidad del servicio.

Con el Programa de Detección de Fugas no Visibles y Tomas Irregulares, aplicado hasta el mes de abril del 2003 en la península de Las Playas, zona Centro y en un amplio sector de los Barrios Históricos, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco (CAPAMA), logró recuperar 74 litros por segundo, lo que en términos monetarios significaría un importante ingreso para el Organismo. (22)

Ver figura 9

Figura 9 Recuperación de caudales por fugas no visibles



Total de fugas detectadas y reparadas: 104
Tomas irregulares: 11
Caudal recuperado: 112 lps
Km. De tubería supervisados: 100

4.3.- Causas de las fugas

Las causas de las fugas pueden variar dependiendo del tipo de suelo, calidad del agua y de la construcción, los materiales usados, las presiones, la edad de la red y las prácticas de operación y mantenimiento.

En la red las fugas pueden presentarse como consecuencia de roturas debidas a agrietamiento transversal, aplastamiento o agrietamiento longitudinal; el primer caso es provocado por vibraciones causadas por cargas superficiales; el segundo es resultado de la mala construcción y el tercero se debe a fatiga, defectos de fabricación o golpe de ariete. Existen otros fenómenos como la corrosión, el mal junteo de los tubos o la falla de las válvulas que pueden incrementar este problema.

En la toma domiciliaria, las fallas pueden ser por rajadura, perforación, corte o piezas flojas. El primer tipo de falla se asocia a mala calidad del material o mala construcción; el segundo y tercer caso a cargas externas y el cuarto a mala construcción.

4.4.- Métodos para la detección de fugas

Existe varios métodos, (23), uno de ellos es el método acústico. Se basa en el hecho de que las fugas a presión producen un ruido que puede ser captado por medio de micrófonos, amplificadores y audífonos. Se usa mucho por su accesibilidad y fácil manejo, aunque puede ser difícil interpretar las señales si no se cuenta con experiencia suficiente en su manejo.

Otro método es el de presurización de la red o método suizo, que consiste en inyectar agua a presión a un sector de la red o un tramo de tubería, y medir la cantidad de agua que se requiere para mantener la presión constante, este volumen de agua es exactamente el que se fuga.

El método de correlación (24), se basa en la recepción del ruido debido a una fuga por medio de sensores colocados a ambos lados de ella, las dos señales se amplifican y procesan en un analizador de correlación, hasta encontrar el defasamiento que produce una máxima correlación.

Otro método que se ha usado recientemente es el de los trazadores. Consiste en inyectar un trazador, por ejemplo isótopos, óxido nitroso, helio o mezclas de metano con nitrógeno y con argón, para su posterior detección en la zona de fuga por medios químicos o radiológicos.

Consideraciones económicas

Los programas de detección y reparación de fugas han demostrado ser rentables en muchos organismos operadores de agua potable y alcantarillado en varios países. El análisis económico de estos programas requiere del cálculo de los beneficios y costos de los mismos.

La forma más conservadora de estimar los beneficios, es considerar el valor del agua que se pierde incluyendo el pago de derechos y los costos de energía eléctrica y reactivos químicos.

Una segunda forma incluye además reparaciones, mantenimiento, salarios y supervisión de bombeo, tratamiento, conducción y distribución, es decir los costos de producción.

La tercera forma y tal vez la más adecuada es dividir todos los costos de operación del organismo operador, entre el volumen de agua producido, que para los efectos de este artículo se les llamarán costos de operación. (25)

A manera de ejemplo se presentan los análisis económicos de dos programas de detección y reparación de fugas, implantados en Estados Unidos, que dan una buena idea de los beneficios netos y de la relación beneficio/costo de los mismos.

La Westchester Joint Water Works, WJWW, sirve a una población de 50,000 habitantes, en Nueva York.

El sistema consiste de 302 km de tubería, 1334 hidrantes y dos estaciones de bombeo.

En esta ciudad se realizaron tres campañas de detección y reparación de fugas de 1975 a 1980, en la Tabla 6, se presenta el análisis económico de este programa en el periodo señalado.

Los beneficios se calculan como el valor del agua que se fuga considerando los tres criterios señalados anteriormente.

Puede notarse que la relación beneficio/costo de los programas de detección-reparación de fugas varía de 1.7 a 7.6.

Tabla 6 Análisis económico del programa de detección y reparación de fugas en la WJWW, usando las tres definiciones de la relación beneficio/costo actualizados a 1980.

Definición de Beneficio	Beneficio Miles US\$	Programa	Costo Miles US\$	Beneficio Neto	Relación B/C
Derechos, energía eléctrica y reactivos	401	Det. y rep.	239	162	1.7
		Detección	111	290	3.6
Costos de producción	995	Det. rep.	239	756	4.2
		Detección	111	884	9.0
Costos de operación	1812	Det. rep.	239	1573	7.6
		Detección	111	1701	16.3

Fuente: Economics of Leak Detection, AWWA, 1985.

Otro ejemplo es el programa de detección y reparación de fugas de la Louisville Water Company, LWC, que abastece a una población de 800 000 habitantes, realizado en el período 1964-1980, presentado en la Tabla 7 donde pueden observarse relaciones beneficio/costo de 5.

Tabla 7 Análisis económico del programa de detección y reparación de fugas en la LWC, usando las tres definiciones de la relación beneficio/costo actualizados a 1980

	Beneficio Miles US\$	Programa	Costo Miles US\$	Beneficio Neto	Relación B/C
Derechos, energía eléctrica y reactivos	900	Det. y rep.	2700	-1800	0.3
		Detección	1700	-800	0.5
Costos de producción	3900	Det. rep.	2700	1200	1.4
		Detección	1700	2200	2.3
Costos de operación	4500	Det. rep.	2700	1500	2.4
		Detección	1700	2600	7.3

Fuente: Economics of Leak Detection, AWWA, 1985.

4.5.- Beneficios de la detección de fugas

Se pueden resumir de la manera siguiente:

- 1.-Reducción de pérdidas de agua, energía eléctrica y reactivos químicos.
- 2.-Mejoramiento financiero, al reducirse los costos de potabilización y bombeo.
- 3.-Incremento en el conocimiento de la red por parte de los operadores del sistema.
- 4.-Reducción de riesgos de contaminación.
- 5.-Menor desgaste de bombas, plantas potabilizadoras y sistemas de distribución.
- 6.-Reducción de aportaciones a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- 7.-Uso más eficiente de los recursos existentes, al poder ampliar la cobertura o diferir la construcción de obra nueva, pues de hecho se incrementa la producción.
- 8.-Promoción de la participación ciudadana, pues el manejo eficiente de un sistema siempre es un estímulo para que el público participe en su conservación.

Existen tres tipos de modelos de análisis de un sistema de agua potable: descriptivo, predictivo y físico. (26).

El análisis descriptivo provee un entendimiento inicial del sistema, incluye análisis históricos de funcionamiento, fallas, tipo de reparaciones, etc.

Este análisis permite definir con un nivel de confianza preestablecido los porcentajes de pérdidas en la red y en la toma domiciliaria, en los sectores en que se haya dividido el sistema de distribución.

El análisis predictivo permite establecer el comportamiento futuro del sistema de agua potable, con base en el análisis descriptivo.

Por ejemplo si se conoce la edad de la red, el tipo de material con que está construida, los niveles de corrosión, el tipo de fallas más frecuente, la forma en que se han reparado, etc., puede definirse un modelo de comportamiento futuro de la red.

El análisis físico por su parte incluye el trabajo de campo para hacer la detección puntual de las fugas, éstas se presentan en la red, en la toma domiciliaria o en cualquier otra parte del sistema. Sirve además para verificar los resultados obtenidos en los análisis descriptivos y predictivo.

El análisis de fugas en la red se hace mediante la técnica de los distritos pitométricos. (20).

Estos son sectores de la red que pueden aislarse, mediante la operación de válvulas. Así, se puede medir exactamente cuánta agua entra al distrito pito métrico, si a este volumen se le resta el consumo doméstico per cápita, el consumo no doméstico y el volumen de fugas de las tomas domiciliarias, se habrá calculado el volumen de fugas en la red.

La determinación de fugas en las tomas domiciliarias se realizó mediante un muestreo estadístico estratificado con proporciones, estableciendo un nivel de confianza del 95% y un error en la estimación del 5%.

Diferentes tipos de modelos predictivos y físicos pueden consultarse en, (26).

4.6.- Reparación de fugas

La reparación de una fuga puede variar los costos dependiendo de la ubicación, extensión, complejidad, por lo que una vez localizada, la decisión de repararla depende de contar con los medios necesarios para ello también del impacto que está esté provocando en lo económico y social.

En momentos en que el ahorro del agua se hace imprescindible y se llama continuamente a la población y organismos a tomar conciencia al respecto, este análisis amerita el mayor cuidado.

Existen innumerables referencias, nombro 2 internacionales:

1.-Una de las metodologías de investigación y reparación de fugas es la del “Óptimo económico” aplicada en el reino unido, que tiene en cuenta:

- a.- el costo total
- b.- el costo de control de fugas

Donde se plantea que el aumento de 1% del presupuesto destinado al control de fugas corresponde a una reducción de 10% de los costos totales de la producción de agua.

2.-Otro caso es la ciudad de Trieste, Italia, en una red de 33 km de tuberías se verificó la estanqueidad de la red y se procedió a la reparación de las fugas una vez localizadas.

El costo de la investigación de las fugas ascendió a \$ 60,000.00 USD, la reparación \$ 200,000.00 USD, pero la reducción de las pérdidas reporto un ahorro de \$ 1, 200,000.00USD por día (considerando a 0.30 USD /m³ el costo de la producción de agua).

Los costos de la investigación y reparación se recuperan en 2 años, y de 3 a 4 años si se considera el costo del financiamiento.

No olvidar que la SUPRESION DE FUGAS reporta:

- 1.-Disminuir el desperdicio de agua, o lo que es lo mismo AHORRAR AGUA.
- 2.-No tener que bombear cantidades suplementarias de agua para mantener los volúmenes suplementarios necesarios.
- 3.-Un sistema de medición más exacto de los volúmenes entregados y consumidos
- 4.-No aumentar el volumen de agua en las plantas de tratamiento y por ende economizar reactivos
- 5.-Ahorro de energía eléctrica en los bombeos
- 6.-La prolongación de la vida útil de las redes de distribución
- 7.-Un mejor servicio a la ciudadanía.(21)

5.0.-SISTEMA TARIFARIO

Históricamente los costos del agua han sido subsidiados en gran parte por los Gobiernos de los países, sin embargo cada vez es más difícil continuar con estos esquemas de financiamiento y se trata de establecer políticas tarifarias que involucren más al usuario.

Las tarifas son un elemento fundamental en los programas de uso eficiente del agua. Según, (17), las tarifas pueden ayudar a ahorrar agua si en su estructura se observan las siguientes condiciones: que reflejen el costo real, que estén relacionadas con los consumos, que los incrementos diferenciales sean grandes para que puedan inducir a ahorrar agua y que los cambios de tarifas estén acompañados de programas de comunicación y educación.

En resumen, al cobrar adecuadamente los servicios a los usuarios, el consumo se hace eficiente, pues tiende a disminuir el volumen de agua usado y se evita el desperdicio. (27)

El agua representa beneficios distintos para cada categoría de usuarios. En el medio urbano se distinguen básicamente cuatro tipos de uso: doméstico, público, industrial y especiales.

Cada una de estas categorías reacciona distinto ante un mismo estímulo económico de cobro por los servicios, por lo tanto es necesario diseñar adecuadamente las tarifas, para ello se debe disponer de información detallada de costos históricos y proyectados.

También se requiere conocer el mercado consumidor y sus características de consumo estacional y la capacidad de pago de los consumidores.

Para establecer una política tarifaria adecuada, es necesario definir los objetivos que se persiguen eligiendo entre máximo ingreso, máximo volumen de ventas, recuperación de costos, obtención de una tasa de retorno determinada, amortización de la deuda, redistribución del ingreso, uso eficiente de los servicios o una combinación de los anteriores.

Definidos los objetivos, se procede al diseño.

Las variables de decisión son: número de categorías de usuarios, tipo de tarifas, costos, subsidios disponibles, periodo de ciclo comercial, número de clases de consumo y límites para usuarios domésticos, si se incluye memoria o no, proporción de subsidios cruzados, tratamiento de usuarios múltiples, nivel tarifario medio, nivel tarifario por categoría de usuarios y bloques, criterios para estimación de consumos en usuarios no medidos por categoría, cuota básica sin consumo, criterio de cálculo y costo de conexión por categoría, cobro mínimo periódico por categoría, cobro por multas y cobro por otros servicios.

Una vez establecida la política tarifaria se requiere que todos los usuarios estén registrados en el padrón y que sean clasificados por categorías, que el volumen de consumo sea medido periódicamente con base en medidores en buen estado, que se calcule y se cobre correctamente la factura a los usuarios informándoles su consumo y que el proceso se ajuste continuamente.

El ajuste de tarifas es un proceso indispensable debido al cambio en los costos de los insumos. Si no se planifica y establece una política en este sentido, las tarifas quedan sujetas a circunstancias ajenas al organismo operador y se rezagan.

Además de diseñar bien una tarifa es necesario implantarla bien. Esto implica comunicar eficazmente la necesidad del cambio a las autoridades políticas y a los usuarios, para reducir la resistencia natural a cobros más altos, se deben realizar campañas de comunicación dirigidas a las diferentes categorías y sectores sociales, basada en información simple y atractiva.

En México en un análisis hecho en 1990 en 68 ciudades que agrupan al 86% de la población urbana, se encontró que el 97% de ellas establece tarifas por servicio medido, y en el 73% de éstas se establece una cuota mínima. (27)

5.1.- Definición de objetivos para el diseño de una política tarifaria adecuada

Las tarifas deben basarse en el principio de que todos los costos son recuperables a través de la facturación a los clientes.

Esto nos debe desarrollar un índice tarifario que permita la correcta comparación de tarifas entre comunidades y que puedan servir como herramienta para medir la eficiencia de las mismas.

Las tarifas eficientes sufragan todos los gastos operativos y generen remanentes para inversiones futuras.

Los criterios para establecer la estructura de las tarifas son muy diversos y frecuentemente conllevan un sustento metodológico adecuado:

1.- ¿Cuánto cobrar a cada tipo de usuario por el agua?

2.- ¿Cuanto cobrar a un mismo tipo de usuario en función del volumen de agua que utiliza?

Son interrogantes que deben basarse en condiciones de equidad y autosuficiencia financiera y no en intereses ajenos a la sana operación de los organismos operadores.

Una de las políticas más importantes y a veces controvertidas que un organismo debe instrumentar es la de expansión.

Es decir quien va a pagar la ampliación del sistema de conducción y distribución a nuevas áreas de servicio:

1.-el organismo operador

2.-el urbanizador

3.-ó una combinación de ellos

Las tarifas de agua pueden tener un sustento técnico y financiero adecuado, sin embargo para que los organismos operadores puedan instrumentarlos exitosamente es necesario comunicar claramente el propósito y las características de dichas tarifas a las instancias encargadas de autorizarlas, a los legisladores locales, a los medios de comunicación y a los usuarios que a fin de cuentas constituyen el beneficio final de las acciones de los organismos operadores. (28)

5.2.- Facturación y recaudación

Los niveles de facturación para el cobro del servicio del agua y la recaudación alcanzada por el cobro del mismo son de fundamental importancia para medir el grado de eficiencia comercial de los organismos operadores.

Un organismo con niveles de facturación y recaudación altos en relación al volumen de agua suministrada, estará en condiciones de sufragar los gastos que implica el mantenimiento de las instalaciones y redes de distribución, así como ampliación de las mismas a fin de brindar un mejor servicio a los usuarios.

En caso contrario, una baja recaudación por el cobro del servicio repercutirá negativamente en las labores de mantenimiento, dando origen a problemas en redes de distribución y ampliación en la cobertura del servicio.

En la siguiente tabla podemos ver de acuerdo con la información proporcionada por los organismos operadores del país que en 2004 facturaron 22 mil 833 millones de pesos y recaudaron 17 mil 338 millones es decir el 76 % de la misma.

Figura 8 FACTURACION Y RECAUDACION NACIONAL 2004

CONCEPTO	MILES DE PESOS
FACTURACION TOTAL	22,832,805
RECAUDACION	17,338,209
DIFERENCIA	5,494,599

FUENTE CNA/SGIHU/GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

6.0.- REGLAMENTACION

En general, los reglamentos para hacer más eficiente el uso del agua son de tipo restrictivo y tienen efecto en el ahorro del líquido; pueden ser de mediano o largo plazos o aplicables sólo durante las épocas de escasez; normalmente estos últimos requieren de una vigilancia muy estricta y, por lo tanto, se recomienda que se apliquen sólo cuando sea realmente necesario.

En México, existe el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, (29), que en su título segundo, capítulo tercero, trata sobre el uso responsable, racional y eficiente del agua.

Algunos aspectos relevantes señalados en los artículos correspondientes se refieren a que los usuarios deberán mantener en buen estado sus instalaciones hidráulicas interiores, a fin de evitar el desperdicio; los excusados tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio, las regaderas un gasto de 10 L/min. y los mingitorios de cuatro litros por descarga.

Se menciona además, la obligación de participar en el programa de sustitución de excusados.

También se señala que las albercas de cualquier volumen, deberán contar con equipos de filtración, purificación y recirculación del agua; y se prohíbe el uso de la manguera para el lavado de vehículos automotores y de la vía pública, entre otros.

En algunos estados de la República Mexicana existen también reglamentos relativos al uso eficiente del agua, y actualmente se está promoviendo que se establezcan en todo el país.

6.1.- Tipos de reglamentación

La aplicación de los tipos de reglamentación se basan en el código financiero en los artículos 129, 130 del capítulo segundo de los derechos, sección primera de agua potable drenaje y alcantarillado.

- Cuautitlán Izcalli le corresponde el área geográfica según el Prontuario de Legislación Fiscal 2005 el rango 1, esto es que por cada consumo bimestral le corresponde una cuota mínima para el rango inferior.
- En el caso de que el medidor se encuentre descompuesto, el usuario pagará los derechos de suministro de agua potable de conformidad al promedio de consumos de los últimos tres bimestres inmediatos anteriores en que estuvo funcionando el aparato.

- Si no existe medidor o está en desuso, se pagará mensualmente dentro de los primeros diez días del mes que corresponda. (12)
- Según el código financiero, el costo anual de agua potable de la tabla siguiente es:

Tabla 9 Costo anual de agua potable 2005-2006

AÑO	COSTO EN PESOS
2005	\$1,204.39
2006	\$1,350.15

Este costo se basa en la clasificación que se le da al municipio de Cuautitlan Izcalli en el Estado de México, los puntos para asignarle los costos son:

- Tipo de población
- Economía del Municipio
- Estado de nivel socioeconómico de la población.

Además quien define las tarifas de cobro es el Estado de México, desde la Cámara de Diputados, y se enuncia en el Código Financiero del Estado.

7.0.- COMUNICACIÓN Y EDUCACION AL CUIDADO DEL AGUA

Para que todo programa de uso eficiente del agua tenga éxito, debe contar con la participación ciudadana, y para ello es indispensable establecer acciones de comunicación y educación. Otras actividades de estos programas, como las arriba mencionadas, serán más fáciles de realizar si se incluye a la población.

Los medios para hacer del conocimiento de los usuarios los objetivos, metas y resultados del programa son variados, incluyen desde avisos en los recibos de pago, campañas publicitarias en prensa, radio y televisión, anuncios en la vía pública y sistema de transporte hasta la distribución de dispositivos ahorradores. Se estima que este tipo de programas puede llegar a producir ahorros de entre un 4 y 5 % de la producción total de agua. (17).

En relación con la educación formal, es necesario fortalecer los programas de educación primaria y secundaria, en aspectos básicos como el ciclo hidrológico, de dónde viene, cuánto cuesta y a dónde va el agua usada en las ciudades; y cómo cuidado es muy importante mediante acciones que un niño o un joven pueden llevar al cabo en forma inmediata como el uso adecuado del agua en jardines, excusados, regaderas o lavabos.

7.1.- Comunicación del agua

Hablar de agua es comentar una paradoja:

“es el elemento más abundante de la tierra y, a su vez, escasea en muchos lugares “

Da la vida y, en ocasiones la quita, une y separa, no le concedemos valor y su falta paraliza nuestra vida, no figura en las grandes cifras macroeconómicas y es el principal activo, y a pesar de todo cualquier cosa que tiene que ver con el agua, ejerce una atracción irresistible.

Los ríos, expresión más recurrente del agua dulce, han tenido y tienen un papel esencial en la vida del globo, han sido inspiradores de muchas obras de arte, motores de la civilización de los pueblos, dinamizadores de las economías.

No debemos olvidar que el agua dulce potable supone solamente el 0.08% del agua terrestre, lo que hace que en ocasiones su uso plantee complejos problemas.

7.2.- Educación al cuidado del agua

Tenemos que considerar que los ecosistemas de agua dulce son muy vulnerables. Por otro lado los cauces soportan los flujos de materiales constantes y con cambios rápidos.

Los lagos, presas y estanques tienen ciclos naturales muy lentos con lo que tardan mucho en expeler los agentes contaminantes. (30)

Para llevar a cabo una educación al cuidado del agua efectiva, el organismo operador, en conjunto con el área del medio ambiente, debe integrarla dentro de la planificación medioambiental del municipio.

Esta debe ser integral y global para poder luego aplicarla local y concretamente.

Los órganos municipales deberán fomentar la colaboración de la población en general, para ello se tiene que:

- 1.-Realizar campañas de sensibilización y concientización a la población acerca del buen uso del agua y cuidado del medio ambiente.
- 2.-Divulgar los conocimientos necesarios para que conozcan esos problemas todos los sectores sociales que componen el municipio.
- 3.-Fomentar actitudes de valoración, mejora, interés y protección del agua y medio ambiente con la participación ciudadana a nivel individuo y colectivo.
- 4.-Promover y apoyar la participación activa ciudadana. (4)

8.0.- USO EFICIENTE DE AGUA EN LAS CASAS HABITACION

En este nivel los usos del agua pueden clasificarse en interiores y exteriores. En aquellos domicilios que cuentan con jardines puede llegar a utilizarse 50% del agua en cada tipo de uso.

8.1.- Uso interiores

En una casa habitación puede utilizarse hasta un 35% del consumo interior en los excusados; un 30% en las regaderas, un 20% en las lavadoras de ropa, entre un 3 y 10% en las llaves de fregaderos y lavabos y un 5% en las lavadoras de trastos.

Excusados de bajo consumo

Los tradicionales utilizan de 16 a 20 litros por descarga, lo que significa un consumo de 80 a 100 litros diarios por habitante; los de bajo consumo que funciona con 6 litros por descarga pueden reducirlo a 30 litros diarios por habitante.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se han probado una gran cantidad de excusados de diversos países y se ha encontrado que tienen un funcionamiento variable, dependiendo de la marca, y diseño del lote medido. (32)

El IMTA en búsqueda por ahorrar agua en estos dispositivos, ha llegado a la utilización de tanques presurizados, que funcionan conectando la línea de alimentación al tanque que está cerrado herméticamente (33), con lo cual la carga de presión dentro del mismo puede ser igual a la diferencia de nivel de la superficie libre del agua en el tinaco y la descarga del tanque del excusado; o a la presión de la red de abastecimiento, lo que mejora la eficiencia del retrete y reduce la cantidad de agua a niveles inferiores a los 6 litros por descarga.

Existen otros tipos de excusados que llegan al extremo de no usar agua, como los biológicos y los incineradores, (32), que degradan la materia fecal colocada en depósitos inferiores a la taza, hasta convertirla en abono.

Se han hecho esfuerzos para mejorar la eficiencia de los excusados tradicionales, reduciendo la capacidad del tanque, mediante la colocación de recipientes, tabiques, bolsas llenas de agua o represas de plástico, sin embargo en la mayoría de los casos esto resta capacidad de arrastre a la taza.

Una opción que parece viable para ahorrar agua en estos inodoros, es la prolongación del sifón de descarga, lo cual reduce el consumo de agua, según mediciones que ha hecho el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (34)

Regaderas

Como ya se señaló es el segundo dispositivo demandante de agua dentro de una casa habitación; en la Ciudad de México se ha reglamentado que la descarga en estos dispositivos no debe ser mayor de 10 l/min.

Esto puede lograrse mediante nuevos diseños de regaderas o empleando reductores de flujo.

Llaves de lavabos y fregaderos

La reducción del flujo en estos dispositivos se logra por medio de aereadores, los cuales incluyen aire y dispersan el chorro, incrementando el área de cobertura y por lo tanto la eficiencia de lavado.

Un aereador puede llegar a reducir el flujo hasta en un 6%.

Otra opción que se ha explorado y que brinda excelentes resultados, es la colocación de válvulas o sensores que hacen que salga agua sólo cuando se colocan las manos bajo ellos.

En un estudio hecho en el IMTA, se encontró que en una llave de lavabo con sensor se tenían descargas de 1.5 l/min. a una presión de 0.2 Kg. /cm²; y de 5.9 l/s con una presión de 2.5 Kg. /cm², esto nos da un ahorro del 40%. (32)

Lavadoras

Los ahorros en este tipo de máquinas se consiguen poniendo cargas adecuadas de ropa, usando los niveles de agua necesarios para una correcta operación o con lavadoras que usan menos agua.

Existen básicamente dos tipos de lavadoras, las de carga frontal y las de tina, las primeras pueden llegar a utilizar la mitad del agua, un 50% de agua caliente y un 33% del detergente que demandan las segundas.

La construcción de lavadoras de ropa eficientes ha logrado ahorros de hasta un 24% del consumo de agua en comparación con las tradicionales.

Lavadoras de platos

El consumo de una lavadora de este tipo puede variar entre 49 y 95 litros por día, sin embargo, se han construido modelos eficientes que utilizan entre 36 y 45 litros en el mismo periodo de tiempo.

Una recomendación para mejorar la eficiencia de estas lavadoras es cargarlas a su capacidad de diseño. (34)

8.2.- Uso exteriores

Riego de jardines

Las prácticas adecuadas de riego de jardines, son la mejor técnica para ahorrar agua, la hora más apropiada para regar es entre las 4 y 8 de la mañana, debido a que durante esas horas la presión en la red es más alta, la dispersión provocada por el viento es baja y las Pérdidas por evaporación son despreciables.

Sin embargo, este horario pudiera ser incomodo y se recomienda como opción regar de las 8 a las 12 de la noche, o en las primeras horas de la mañana.

La cantidad de agua aplicada varía de acuerdo al clima. Se recomienda que la profundidad mojada durante el periodo de riego sea de 15 cm.

En las áreas con pendientes pronunciadas, no se debe aplicar una cantidad de agua mayor que aquella que pueda ser absorbida por el suelo.

Una forma de reducir la evaporación del agua en el suelo es cubriéndolo con tierra de hoja o plástico sobre la superficie.

Igualmente importante es eliminar malezas, que compiten con las plantas por el agua, los nutrientes y la luz solar, (36), hacen una serie de recomendaciones para ahorrar agua en estos casos.

Plantas nativas de la región

Las plantas que consumen más eficientemente el agua en una región son las nativas, la combinación de éstas con rocas y grava pueden dar una apariencia atractiva y consumir muy poca agua.

Una tendencia reciente es el uso de xerófitas (cactus, nopales, etc.) como plantas de ornato; la promoción del empleo de éstas, debe hacerse tomando en consideración el posible impacto al ecosistema que podría causar su trasplante masivo. (37) y (41)

Lavado de automóviles

Uno de los mayores desperdicios que se pueden hacer del agua es el lavado de automóviles en las casas, que lo hacen por medio de la manguera; se recomienda hacerlo con una cubeta y una jerga.

En el caso del auto lavado, la propuesta es que utilicen agua tratada bajo la NOM-003-SEMARNAT-USO DIRECTO-1997, y con esto apoyar el desarrollo sustentable del agua potable.

Albercas

Casi nunca hay que cambiarles el agua por más verde o turbia que está, siempre puede clarificarse con equipo portátil y productos químicos apropiados.

Los factores que producen desperdicio en las piscinas son la filtración y la evaporación.

Para reducir pérdidas por estas causas se recomienda revisar el estado de paredes y el fondo de las albercas, así como utilizar cubiertas que eviten la evaporación. (36)

Reducción de Presión

La mayoría de los dispositivos antes analizados, sean exteriores o interiores, aumentan su descarga en relación directa con la presión.

En aquellos lugares en donde ésta sea alta, se recomienda utilizar válvulas reductoras de presión, con ellas se logran reducciones en el consumo de agua de hasta un 10%. Ver tabla 10.

Tabla 10 Técnicas de uso eficiente del agua

Ámbito	Técnica	Ejemplos
Ciudad	Educación Detección y reparación de fugas Medición Tarifas Reglamentación	Programas escolares Distritos pito métricos Auditorias del agua Programa de macro y micro medición Escalonadas A nivel ciudad, domicilio o actividad
Casas	Interiores Exteriores	Excusados de bajo consumo Regaderas Lavadoras Detección de fugas Riego eficiente de jardines Manejo de albercas Uso de plantas nativas
Casas	Interiores Exteriores	Excusados de bajo consumo Regaderas Lavadoras Detección de fugas Riego eficiente de jardines Manejo de albercas Uso de plantas nativas
Industria	Recirculación Rehúso Reducción del consumo	Sistemas de enfriamiento Sistemas de lavado Proceso de transporte de materiales Purificación de aire Transporte de materiales Proceso de lavado Optimización de procesos Descargas intermitentes Riego eficiente

8.3.- Detección de fugas en red interior

En los domicilios se pierde una gran cantidad de agua, debido a las fugas en las tuberías y accesorios hidráulicos y sanitarios.

Uno de los muebles que más fugas presenta es el excusado, básicamente en los herrajes de los tanques. Una forma de detectar dichas fugas es el empleo de colorantes que permiten ubicar con precisión por dónde se está fugando el agua; una vez detectada ésta se recomienda hacer las reparaciones necesarias.

Sin embargo, la solución de fondo es la fabricación de herrajes que no provoquen fallas; en este sentido los tanques presurizados que no los emplean, los inodoros de balancín o los que sustituyen los herrajes por sifones son opciones que se encuentran en desarrollo.

Con frecuencia, las llaves de lavabo, fregadero o regaderas, también presentan fugas.

El desgaste del empaque o las fugas por la tuerca superior, se reparan con facilidad lo que propicia importantes ahorros de agua. (38)

9.0.- USO EFICIENTE DE AGUA EN LA INDUSTRIA

En las industrias también se puede usar mejor el agua. La maquinaria, los procesos y los servicios accesorios demandan grandes cantidades de este recurso que pueden reducirse con técnicas de uso eficiente, (39) y (40)

La calidad del agua requerida varía según el tipo de industria (por ejemplo la petrolera o minera requieren menos calidad que la farmacéutica) y con su uso dentro del proceso, por lo que en una misma planta industrial pueden requerirse aguas de diferente calidad en varios procesos.

Los usos industriales del agua se pueden dividir en tres grandes grupos: transferencia de calor, generación de energía y la aplicación a procesos.

9.1.- Transferencia de calor

Se utiliza en procesos de calentamiento o enfriamiento, para el primer caso normalmente se usa la generación de vapor por medio de calderas que emplean la combustión de carbón, petróleo, gas o productos de desecho.

Para enfriamiento se emplea la circulación de agua, por medio de torres o estanques de enfriamiento.

9.2.- Generación de energía

La mayor parte de la energía generada en muchos países proviene de plantas termoeléctricas que emplean el vapor de agua para mover turbinas adaptadas a generadores.

En la recuperación del vapor se usan condensadores, logrando establecer los volúmenes de reemplazo en un 1% del total de agua suministrada a la planta. (31)

9.3.- Aplicación de procesos

Son muchos los procesos en los que se necesita el agua, uno de ellos es el transporte de materiales, caso en que se utilizan tuberías o canales.

Las industrias de la celulosa y el papel, las enlatadoras de alimentos, las carboníferas y los ingenios azucareros son las que más recurren a este método.

Las principales acciones de uso eficiente en el nivel industrial son la recirculación, el reúso y la reducción del consumo; en los tres casos son necesarias dos actividades básicas: la medición y el monitoreo de la calidad del agua.

La medición es la acción fundamental de cualquier programa de uso eficiente en el sector industrial, en la determinación de consumos horarios diarios, mensuales, estacionales y medios, según se trate; en los procesos, equipos, accesorios, zonas de

riego, baños, etc., sirve para programar cómo usar mejor el agua y para motivar a que los trabajadores participen en el ahorro de este líquido.

Como se señaló anteriormente, no todos los procesos industriales ni las áreas anexas a los mismos, requieren de la misma calidad de agua, así, para establecer medidas de recirculación, reúso o reducción, es indispensable conocer la calidad del agua en cada parte del proceso industrial.

9.4.- Recirculación

Esta acción consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó, en general, la primera vez que el agua ha sido utilizada, cambia sus características físicas y químicas y, por lo tanto, podría requerir algún tipo de tratamiento.

Es necesario entonces conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo y, por ende, el tipo de tratamiento necesario.

Uno de los usos industriales en que se emplea la recirculación es el enfriamiento de equipos que generan calor, por ejemplo, las bombas o los sistemas que condensan gases, como el de la refrigeración o la condensación de vapor.

En estos casos para recircular el agua se utilizan torres de enfriamiento, las cuales disminuyen la cantidad de calor por medio de la evaporación de una parte del agua.

La recirculación también se utiliza en los procesos de lavado que tienen por objeto remover residuos o elementos contaminantes de los productos o equipos fabricantes; en este caso es necesario establecer el sistema de tratamiento adecuado para la remoción.

En los procesos de transporte de materiales, por ejemplo minerales o alimentos, se puede recircular el agua, incluso sin tratamiento.

Actualmente, en la fabricación de papel, el reciclaje de agua y fibras es una actividad común.

9.5.- Reutilización

En esta situación, el efluente de un proceso (con o sin tratamiento) se utiliza en otro que requiere de diferente calidad del agua.

Es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuándo corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismos para transportar el líquido.

El agua producto de los procesos de lavado puede rehusarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede en el enfriamiento, el transporte de materiales o la purificación de aire.

En un estudio realizado por el IMTA en un ingenio azucarero, (42), se encontró que el agua se podía rehusar en lavado de pisos, sistema de enfriamiento, servicios sanitarios y riego agrícola (28% de la demanda total del ingenio), mediante:

- el tratamiento de los efluentes de los sistemas de generación de vacío y de procesos de la destilería;
- reactores anaerobios de flujo ascendente, de sedimentación primaria y secundaria y de biodiscos;
- el tratamiento de los efluentes de servicios sanitarios y otros procesos por medio de lagunas de oxidación y
- el enfriamiento de los efluentes del proceso de condensación de vapor.

El mismo Instituto encontró en una fábrica que tiñe hilo de lana y que confecciona casimires, que se podía rehusar hasta un 50% del agua demandada por la industria. (35)

9.6.- Reducción de consumo

Otra opción es reducir el consumo, para ello es posible optimizar los procesos, mejorar la operación o modificar los equipos o la actitud de los usuarios del agua.

Aquí es necesario calcular la cantidad de líquido requerida por un proceso dado, compararla con el consumo real y evaluar opciones para disminuir el consumo.

En las industrias hay zonas accesorias (jardines o los servicios sanitarios) en las cuales se pueden lograr importantes reducciones del consumo, por ejemplo sembrando plantas nativas de la zona geográfica donde se ubique la industria, empleando equipo de riego eficiente, riego nocturno, etc.

En cuanto a los servicios sanitarios, tanto la eliminación de fugas como el uso de reductores de flujo en excusados y regaderas de bajo consumo contribuyen a reducir los consumos industriales de agua.

En los procesos de transporte de materiales también se puede utilizar esta técnica, por ejemplo, mediante descargas intermitentes, que garantizan la misma capacidad de transporte que las descargas continuas.

En el programa de uso eficiente del agua de cualquier industria es importante la participación de todo el personal. (39)

10.-USO Y MANEJO EFICIENTE EN EL ABASTECIMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUA CON LA AUTOMATIZACION DE LOS SISTEMAS

Los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable están presentes en todas las áreas pobladas, con algún nivel de automatización en la mayoría de los sistemas, ya sea para controlar, monitorear o procesar información.

La distribución del agua potable puede hacerse más efectiva y menos costosa utilizando sistemas de monitoreo y control remotos en el suministro, almacenamiento y bombeo del líquido.

10.1.-Automatización del sistema de abastecimiento y suministro.

Automatizar un proceso ó sistema resulta benéfico y hace más eficiente el trabajo del mismo, y más cuando este trabajo se encuentra lejos de las cuadrillas de apoyo, y de la oficina, y se requiere una acción inmediata dependiendo de la contingencia, además de que se lleva un control y manejo de las variables presión, caudal, partes eléctricas, sistema de cloración.

Automatizar un sistema es un beneficio directo ya que logra operar los equipos dentro de sus valores nominales aumentando con ello su vida útil y reduciendo de forma significativa los costos de operación.

Que es lo que nos puede controlar un sistema automatizado de abastecimiento y suministro de agua potable, estos son los puntos más importantes:

Funciones importantes:

- Arranque/paro de equipo de bombeo en base a un rango de presión o tabla horaria (tandeo)
- Medición de flujo instantáneo.
- Totalizador de flujo.
- Totalización de horas operación
- Protección de tiempo entre arranques
- Protección de número consecutivo de arranques.
- Protección contra pérdida o inversión de fase
- Protección contra bajo voltaje
- Protección contra desbalance de fases en voltaje y corriente
- Protección contra sobre presión
- Medición del nivel dinámico
- Medición del nivel estático
- Protección contra abatimiento o bloqueo de nivel
- Totalizador de consumo eléctrico.

Instrumentación

- Medidor de flujo, propela, electromagnético, pitot
- Medidor de presión, tipo industrial
- Monitor trifásico de voltaje
- Wathorimetro
- Medidor de nivel estático y dinámico

Válvulas

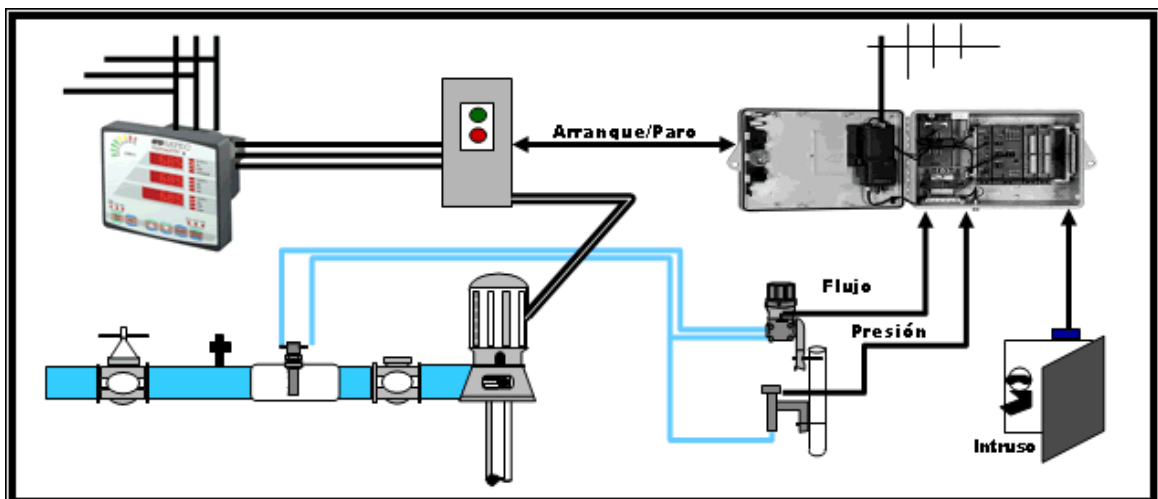
- Control de válvulas eléctricas, hidráulicas, neumáticas.

Desinfección

- Dosificación mediante bomba tipo solenoide para hipoclorito de sodio, control proporcional al flujo.
- Dosificación de gas-cloro, supervisión a nivel de tanque, detección de inyección, detección de fugas de gas. (43)

En la figura se presenta un sistema típico de automatización:

Figura 10 Sistema típico de automatización para el bombeo y distribución de agua potable desde el pozo.



11.- REUTILIZACION DEL AGUA TRATADA

Con esta frase quiero empezar este importante tema:

“El primer paso para un uso eficiente de agua, es la reutilización del agua tratada”

Las diversas actividades socioeconómicas generan aguas residuales que, en muchos casos se descargan, sin tratamiento previo a cuerpos de agua.

Estas descargas afectan la calidad del agua de los cuerpos receptores y limitan la disponibilidad y aprovechamiento.

La degradación de la calidad del agua y su imposibilidad de reutilizarla debido a la falta de tratamiento es, hasta ahora, una de las mayores tareas incumplidas por diversos agentes socioeconómicos responsables de equipar, mantener y regenerar las aguas potables utilizadas en sus respectivos procesos.

Hoy en día reutilizar las aguas tratadas es ya una realidad y, necesitamos enfocarnos a diseñar nuevas opciones de tratamiento que sean efectivas, económicas y operables, a su vez de crear una nueva cultura de que el agua tratada se puede volver a ocupar en nuestros quehaceres cotidianos claro esto cumpliendo con la norma NOM-003-SEMARNAT-USO DIRECTO- 1997, y porque no mediante un tratamiento terciario y potabilización poderla ocupar para la ingesta del ser humano. (Esto ya lo hacen en Israel)

11.1.- Planta de tratamiento de aguas residuales del municipio

El municipio cuenta con la operación y mantenimiento de 4 plantas de tratamiento de aguas residuales, manejando todas el proceso aerobio para eliminar la carga orgánica y cumplir con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997-USO DIRECTO. (+)

(+) Norma Oficial Mexicana sobre la calidad de agua tratada para su reutilización

A continuación en la siguiente tabla numero 11 se da las características de operación de las plantas.

TABLA 11 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS EN CUAUTITLAN IZCALLI, QUE OPERAGUA OPERA.

PLANTA	CAPACIDAD LPS	PROCESO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
BOSQUES DEL ALBA II	30	AEROBIO Aereación Superficial
COFRADIA I	30	AEROBIO Aereación con difusores tipo membrana
COFRADIA II	18	AEROBIO Aereación con difusores tipo membrana
COFRADIA IV	16	AEROBIO Aereación con difusores tipo membrana

El objetivo de Operagua es hacer más eficiente los costos de operación y mantenimiento para el tratamiento de aguas, para dar una mejor calidad de agua tratada para su reutilización.

11.2.-Sistemas de tratamiento

➤ Definición de agua residual

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua, se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.

Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el uso directo, son negras por el color que habitualmente tienen.

Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en las normas siguientes:

- 1.-NOM-001-SEMARNAT-1996. (*) Para las descargas de agua residual
- 2.-NOM-002-SEMARNAT-1996. (✓) Para la calidad mínima de descarga de aguas residuales.
- 3.-NOM-003-SEMARNAT-USO DIRECTO-1997. (+) Norma para la calidad del agua tratada.
- 4.-NOM-004-SEMARNAT-1997. (&) Norma que rige la disposición, confinamiento de residuos sólidos y lodos activados.
- 5.-NOM-127-SSA1-1994. (-) PARA AGUA POTABLE

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para medir la concentración de contaminantes orgánicos, en las aguas resultan de el uso doméstico el parámetro más utilizado es la Demanda biológica de oxígeno o DBO, esta se define como la concentración de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, presentes en el agua o añadidos a ella para efectuar la medida la medición, en la oxidación de toda la materia orgánica presente en la muestra de agua.

Su valor debe ser inferior a 8 MG/l. Para ser considerada como potable. Generalmente en las aguas de origen doméstico este valor fluctúa entre los 200 a 300 MG/l.

(*) Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua residual para su descarga.

(✓) Norma Oficial Mexicana para las descargas de aguas residuales a los drenajes municipales.

(+) Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua tratada para su reutilización

(&) Norma Oficial Mexicana que establece la calidad de agua para consumo humano

Etapas de tratamiento

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta 4 etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de PRE-aireación.
- Tratamiento primario, que comprenden procesos de sedimentación y tamizado.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y fisicoquímicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado que esta dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.
- Potabilización, en esta etapa la más cara contempla el paso por varios filtros de carbón activado, arcillas, arenas, luz ultravioleta, ozonización, para su desinfección completa. (44)

11.3.- Reutilización del agua tratada en el municipio

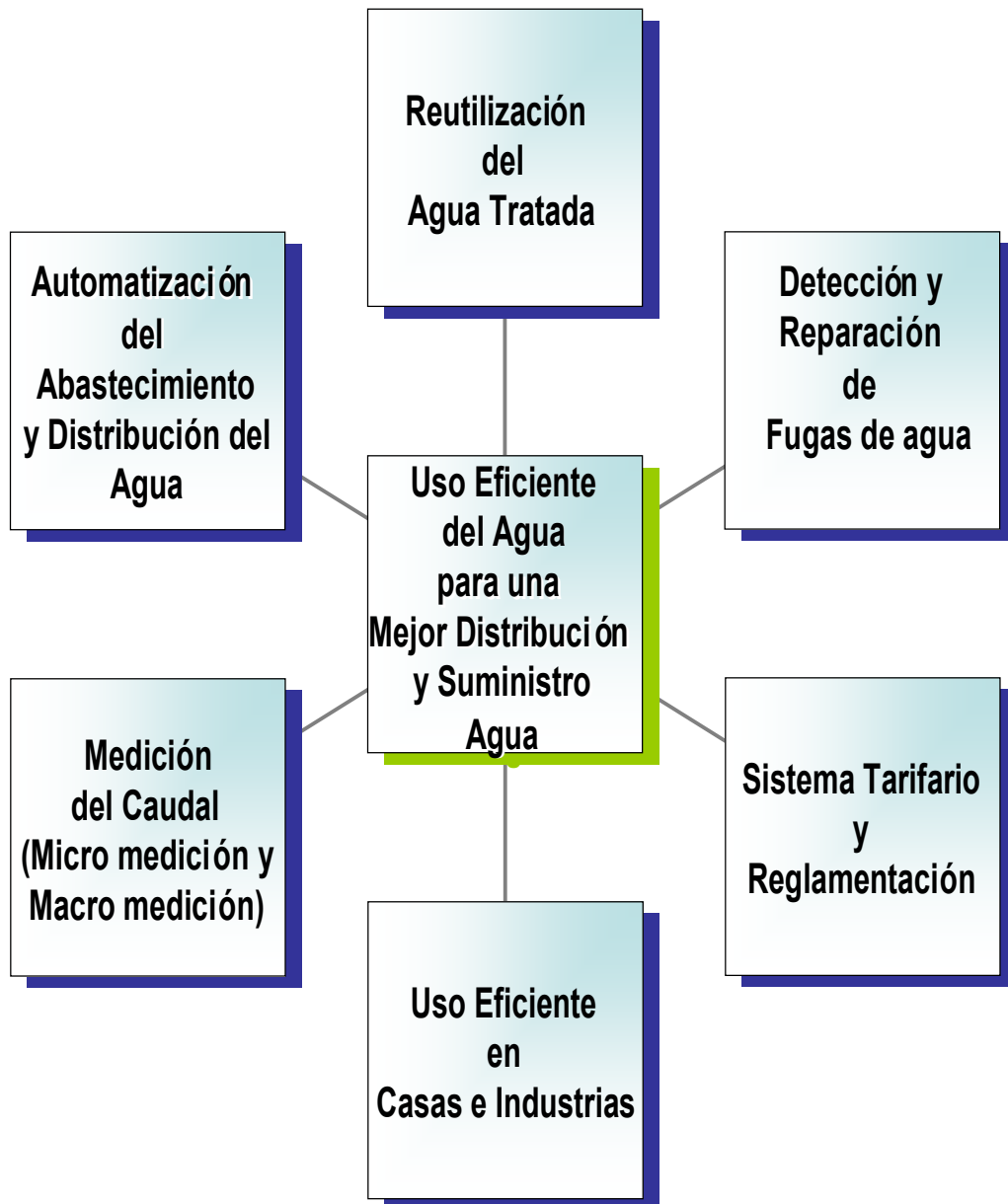
La reutilización que se le da al agua tratada de las plantas es el de beneficio a la comunidad en riego de áreas verdes, uso en el auto lavado promoviendo su uso, y así no ocupar agua potable.

Existe muy poco conocimiento en el reuso que se le puede dar al agua tratada, falta promover más este proyecto.

Otro dato interesante es darle el valor que debe tener el agua tratada para su reutilización más allá del uso que se le puede dar, que es con un tratamiento mas detallado con una etapa terciaria poder recargar los mantos acuíferos con la inyección de esta agua tratada con nivel terciario para recircular el agua

12.0.- DIAGRAMA DE TRABAJO PARA EL PROGRAMA DE USO EFICIENTE DE AGUA POTABLE

Con este diagrama cimentado en el “*uso eficiente de agua potable*”, quiero promover y dar las etapas mínimas de trabajo para poder tener una estructura fuerte y así soportar todo el peso de las necesidades del ser humano para su beneficio, “*Cuidar, Aprovechar y Administrar el uso del agua*”.



13.0.- CONCLUSIONES FINALES

“En muchos casos el uso eficiente del agua no es una opción más, es la única”.

Existen técnicas y equipos que permiten usar mejor el agua y la infraestructura, y sin embargo, no se aplican.

La participación de los usuarios en los programas de uso eficiente del agua es escasa, no existe conciencia del problema real que implica la falta del agua y del potencial que existe en ellos para usarla mejor.

Las acciones de uso eficiente se agrupan en programas por ámbito, es decir, hay programas de uso eficiente para las industrias, los municipios, o las cuencas, pero no existe la interrelación adecuada entre ellos para realmente optimizar el aprovechamiento del recurso.

Es necesario apoyar los programas de uso eficiente del agua en el nivel cuenca, con una perfecta definición de la participación de todos los usuarios en su ámbito correspondiente. Sólo de esta manera pueden orientarse todos los subprogramas de uso eficiente en una misma dirección.

Este presente trabajo es un grito desesperado para todos los seres humanos de que hacer un uso verdaderamente eficiente del agua, de todos nuestros recursos naturales empieza desde uno mismo, y que debemos ver el futuro como hoy, el agua es parte esencial para que la calidad de vida pueda mantenerse y no llegar a la degradación.

Reflexionemos cada instante sobre lo que es y significa el agua, el H₂O, como lo quieran ver, pero desde mi particular punto de vista el agua es simplemente “la continuación de la vida”.

Uno de los objetivos también de esta tesis es impulsar el uso de agua tratada en actividades de uso general, que no requieran usar agua potable.

Para poder tener agua tratada de calidad bajo la norma NOM-003-SEMARNAT-USO DIRECTO-1997, necesitamos la instalación de plantas de tratamiento en zonas estratégicas del municipio, todo ello para captar el mayor caudal de agua residual, además de promover la instalación de las plantas y la reutilización del agua tratada, evitaremos incrementar e inclusive detener la contaminación de los mantos acuíferos. Con ello impulsaremos a no contaminar nuestro medio ambiente, yo sostengo y creo que en el momento que cuidemos el agua, haciendo un uso eficiente, que hagamos conciencia de lo que significa contaminar con una simple pila voltaica 1000 metros cúbicos de agua, lograremos un verdadero desarrollo sustentable de nuestro medio.

Todo esto es un simple proyecto, pero si logramos involucrar y comprometer a todos, gobierno y sociedad, tendremos una vida de mejor calidad, y lo más importante dejaremos un estela de vida saludable para nuestros precesores, logrando la continuidad del ser humano, entendiendo que la vida no nada más nos pertenece, que si queremos que realmente nos pertenezca debemos saber que la vida sin agua de calidad no es vida.

14.-LISTA DE SIMBOLOS, TABLAS Y FIGURAS

1.-Lista de símbolos

(*) Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEMARNAT-1996**, esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Esta norma oficial mexicana no aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes pluviales independientes.

(✓) Norma Oficial Mexicana **NOM-002-SEMARNAT-1996**, esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Esta norma no aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

(+) Norma Oficial Mexicana **NOM-003-SEMARNAT-1997 USO DIRECTO**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reuso.

En el caso de que el servicio público se realice por terceros, estos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reuso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

(&) Norma Oficial Mexicana **NOM-127-SSA1-1994**, que establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

2.-Lista de tablas

TABLA	CONCEPTO
1	Tipos de ciudad, % de población
2	Uso de agua a nivel mundial
3	Tipos de consecuencia debido al crecimiento desequilibrado
4	Habitantes del Municipio de Cuautitlan Izcalli, INEGI
5	Técnicas de uso eficiente de agua en el Medio Municipal
6	Análisis económico del programa de detección y reparación de fugas en la WJWW.
7	Análisis económico del programa de detección y reparación de fugas en la LWC
8	Facturación y Recaudación Nacional 2004
9	Costo Anual de Agua Potable 2005-2006
10	Técnicas de uso Eficiente de Agua
11	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio por parte de Operagua Izcalli

3.-Lista de Figuras

FIGURA	CONCEPTO
1	Tubo para el Cálculo de Gasto Volumétrico
2	Ciclo del Agua
3	Equipo de Laboratorio Soxhlet
4	Dispositivo de Medición a través del Sistema de Información
5	Relación de Tomas de Medidores contra Volumen Medido
6	Rango de Exactitud de Medidores
7	Operación del Equipo de Detección de Fugas No Visibles
8	Equipo Hidrométrico de Alta Tecnología para la Detección de Fugas No Visibles
9	Recuperación de Caudales por Fugas No Visibles, Reparados en Julio 2002 a Agosto 2003
10	Sistema Típico de Automatización para Bombeo y Distribución de Agua Potable desde el Pozo

15.0.- BIBLIOGRAFIA, HEMEROGRAFIA E INFORMACION DIGITAL

1. - Corpening W.L. W Hytoilets. "A history of the Consumption Toilet and its Introduction Into the U.S. Marked, Proceeding of the Conserve 90", Phoenix Arizona, Estados Unidos, august 12-16.1990.
- 2.-Gordon, LD, Water "Conservation for Oshu Proceeding of the Conserve 90", august, 12-16-90, Phoenix Arizona, Estados Unidos.
- 3.-Departamento del Distrito Federal, "Programa de Uso Eficiente del AGUA, México DF", México. Agosto, 1990.
- 4.-Mariano Seoanez Calvo, "Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano", 2001, Ediciones Mundi-Prensa.
- 5.- Unda Opazo, "Ingeniería Sanitaria Aplicada al Saneamiento y Salud Pública", Editorial Limusa 1994.
- 6.- José Antonio Mendoza Roca, "Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente" Universidad Politécnica de Valencia ,2000.
- 7.-Cengel, Yunus, A., "Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones", Editorial Mc Graww Hill, 2006 4 Edición.
- 8.-Ross, Norton, and Perarson, "Geografía Física", Editorial CECSA, 1968.
- 9.-Mario Molina Pasquel, Premio Nobel de Química, "La Crisis del Siglo XXI, Agua, Nacional Geographic" en Español ,2006.
- 10.-Víctor Bourguet et al "Reducción Integral de Perdidas de Agua Potable", IMTA, 2005.
- 11.-José A. Caldas, "Tecnología del Medio Ambiente", Editorial Acribia, 2001
- 12.-"Prontuario del Código Financiero de Legislación Fiscal del Estado de México", 2005
- 13.-Operagua, Cuautitlán Izcalli, Estado de México
- 14.-chapingo.mx (Página de la Universidad Autónoma de Chapingo).
- 15.-Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, "Manual de la Organización de la Macro Medición", serie didáctica no. 8, noviembre 1989
- 16.-Saavedra, S.J.C. "Medición del Agua en las Ciudades, un Esfuerzo Institucional", Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, México, D.F. Octubre 1991

- 17.-Grisham, a. y Flemming, W., “Long Term Options for Municipal Water Conservation”, **Journal of the American Water Works Association**, Estados Unidos, marzo de 1989.
- 18.- Ochoa L, Camacho, “Resumen del Informe Final del Proyecto de Detección y Control de Fugas”, IMTA.
- 19.- Planells, “Diagnóstico de la Gestión Óptima de Contadores en un Sistema de Distribución de Agua”, Tecnología del Agua, España, 1987.
- 20.- Ochoa, L. y Arrequín y Lacuten, F., “Métodos para Evaluar Pérdidas de Agua en Redes de Distribución de Agua Potable”, **Memorias del Seminario Internacional de Uso Eficiente del Agua**, México, D. F, México, octubre de 1991.
- 21.-Guntín Pombo Andre, “Revista voluntad hidráulica/ 47, 48,49/Colombia”, 2002.
- 22.-Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco, (CAPAMA), México.
- 23.-Echávez g., “Fugas en Redes de Agua Potable, Memorias del Seminario Internacional de Uso Eficiente del Agua, México D.F”, México, octubre de 1991.
- 24.-De la Vega, h. y Espinosa, J., "Correlación, la Alternativa Tecnológica en Detección de Fugas", **Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua**, México, D. F., México, octubre de 1991.
- 25.-American Water Works Association, "Economics of Leak Detection, a Case Study Approach", AWWA, Estados Unidos, 1985.
- 26.-American Water Works Association, “**Water Main for Rehabilitation, Replacement**”, AWWA, Estados Unidos, 1986.
- 27.-Saavedra, S. J. C., “Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en México. Precio Medio y Pago Medio 1990”, **Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua**, México, D. F., México, octubre de 1991.
- 28.-Revista Agua y Saneamiento, año/05/número 17/oct/nov/dic/2005.
- 29.-Diario Oficial de la Federación, “Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal”, México, enero de 1990
- 30.-Sanz / Benaya / Marcen, “Revista /Agua dulce/Nov/Departamento de Ecología”, Universidad Autónoma de Madrid/2005.
- 31.-American Society for Testing and Materials, “**Manual de Aguas para Usos Industriales**”, Editorial Limusa, México, 1982.
- 32.-García y Cortes, “Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Regaderas marca Nova de Fabricación Extranjera”. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, mayo 1989.

- 33.-Stevens Institute of Technology, “Study of Reduce Water Closet Volume”, **Research Report 91-01**, Aspe Research Foundation, Hoboken, New Jersey, 1991.
- 34.-García y Cortes, “Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de tres excusados Saber 1.6 galones. de Fabricación Chilena”, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, enero de 1990.
- 35.-García y Cortes, “Evaluación del Funcionamiento de Hidráulico del Súper Sifón, marca Súper Sifón en excusados de alto consumo de fabricación Nacional”, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, marzo de 1991.
- 36.-Arrequín & Iacute; N, C. F. y Buenfil, R. M., “**68 Recomendaciones para Ahorrar Agua en Domicilios, Riego e Industrias**”. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, octubre de 1990.
- 37.-Cuthbert, R. W., “Effectiveness of Conservation - Oriented Water Rates in Tucson”, Journal of the American Water Works Association, Estados Unidos, marzo de 1989.
- 38.-Jacoby, B., Xeriscape Ordinaces for New Development, “**Proceedings of the Conserv 90**”, Phoenix Arizona, Estados Unidos, agosto 12-16, 1990.
- 39.-Brown and Caldwell Consultants, “**Case Studies of Industrial Water Conservation in the San José Area**”, City of San José, Brown and Caldwell Consultants and Department of Water Resources, USA, february 1990.
- 40.-Campos, M.; Maddaus, W. y Manzione, M., California “**Industries Discover that Water Conservation Pays, “Proceedings of the Conserv 90**”, Phoenix, Arizona, Estados Unidos, august 12-16, 1990.
- 41.-Nero, W. y Sorensen, L., Residential Xeriscape, a “**Working Demonstration, Proceedings of the Conserv 90**”, Phoenix Arizona, Estados Unidos, agosto 12-16, 1990.
- 42.-Romero, González, “Estudio para la Reutilización de las Aguas Residuales en la Industria Azucarera”, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, diciembre de 1990.
- 43.-www.icsh, Ingeniería Computacional para el Ser Humano S.A. de C.V.
- 44.-www.tierramor.com