



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

POSTGRADO EN HIDROCIENCIAS

**ESTRATEGIAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA  
A COMUNIDADES MARGINADAS Y URBANAS**

**JOSÉ JUAN MARTÍNEZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2011

La presente tesis, titulada: **Estrategias para el abastecimiento de agua a comunidades marginadas y urbanas**, realizada por el alumno: **José Juan Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

  
DR. ABEL QUEVEDO NOLASCO

ASESOR:

  
DR. JOSÉ LUIS OROPEZA MOTA

ASESOR:

  
DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO

ASESOR:

  
DR. OSCAR L. FIGUEROA RODRÍGUEZ

ASESOR:

  
DRA. ELIZABETH HERNÁNDEZ ACOSTA

Montecillo, Texcoco, México, 05 de diciembre de 2011

# **ESTRATEGIAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES MARGINADAS Y URBANAS**

José Juan Martínez, Dr.  
Colegio de Postgraduados, 2011

Esta investigación tuvo como objetivo formular estrategias y escenarios para el abastecimiento de agua para consumo humano, uso doméstico y productivo, considerando las condiciones socioculturales, económicas y modos de producción; con el propósito de identificar tecnologías que atienden las demandas actuales y futuras en materia de agua en la entidad del DF y Estado de México. Se inició con el diseño de cinco escenarios de caso: casa rural marginada, urbana, residencia, mediana industria e industrial, pero solo se transfirió la residencia y mediana industria.

En el escenario de la zona residencial la integración de captación y el tratamiento biológico de aguas residuales genera ahorros de 20.92 por ciento anual. En la mediana industria la integración de dispositivos ahorradores permiten tener una eficiencia del 30.21 por ciento y sin estos de tan solo 9.81 por ciento.

La metodología propuesta logro reducir los costos de inversión hasta de un 200 por ciento en comparación con el método tradicional. Además, con el interactivo “Tlaloc” se facilita al usuario conocer el potencial de su infraestructura disponible en poco tiempo.

**Palabras clave:** Actitud sustentable, abastecimiento de agua potable y vivienda ecológica.

# STRATEGIES FOR WATER SUPPLY AND URBAN MARGINALIZED COMMUNITIES

José Juan Martínez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

This study aimed to develop strategies and scenarios for the supply of water for human consumption, domestic use and production, considering the sociocultural, economic and production methods, with the aim of identifying technologies that address the current and future demands on water in the state of the DF and Mexico State. It started with the design of five case scenarios: house marginalized rural, urban, residence, industrial and medium industry, but only transferred the residence and medium industry.

On the stage of the residential catchment integration and biological treatment of wastewater generated savings of 20.92 percent. In the integration medium industry allow saving devices have an efficiency of 30.21 percent, and without these of only 9.81 percent.

The proposed methodology is able to reduce investment costs up 200 percent compared to the traditional method. Moreover, with the interactive "Tlaloc" facilitates user to know the potential of your infrastructure available shortly.

**Key words:** Attitude sustainable water supply and ecological housing.

Dedico esta tesis a:

El Pueblo de México que busca una solución para mejorar su calidad de vida de manera sustentable.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de mis estudios doctorales.

Al Colegio de Postgraduados por su cuerpo académico que brindo sus conocimientos para desarrollar mis habilidades.

A los Doctores Abel Quevedo Nolasco, Elizabeth Hernández Acosta, José Luis Oropeza Mota, Manuel Anaya Garduño y Oscar L. Figueroa Rodríguez por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo y el apoyo que me han brindado, pero sobre todo por la paciencia para conmigo.

A Abel, Pedro, David, Marco y Carlos por su amistad, confianza y sobre todo por la gran fuerza que demuestran en consolidar el proyecto de vida “Actitud Sustentable SA de CV”

A mis abuelos, Dimas Martínez y María Martínez por su amor, comprensión y sacrificio.

A mis padres, Antonio Juan y Sofía Martínez, quienes durante estos años confiaron en mí; comprendieron mis ideales y el tiempo que no estuve con ellos.

A mis hermanos, Rosa, Silvano, Leticia, Elvia, Carlos, Armando y Ángel, por comprender mi ausencia y demostrar su amor.

A Maidali, por su amistad, su confianza y su apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

**José Juan Martínez**

# CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO DE MÉXICO .....	6
2.3 PRIVATIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS .....	8
2.3.1 Antecedentes de la privatización.....	9
2.3.2 Ejemplos de privatización del agua .....	11
2.3.3 Resultados de la privatización del agua .....	14
2.3.4 Movimientos en defensa del Agua en México .....	14
2.4 GESTIÓN DEL AGUA .....	15
2.5 SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS EN EL ESTADO DE MÉXICO Y DF.....	19
2.6 FOROS MUNDIALES DE AGUA.....	22
2.7 SISTEMA CUTZAMALA.....	24
2.8 AGUA EMBOTELLADA EN MÉXICO .....	24
2.8.1 Importancia de la hidratación del cuerpo.....	28
2.8.2 Estatus social o glamour al consumir agua parificada.....	29
2.9 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS.....	40
2.10 MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y LA CULTURA DEL AGUA .....	48
2.11 COMPONENTES PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL .....	51
2.11.1 Importancia de la captación de agua de lluvia .....	51
2.11.2 Ventajas de la captación de agua de lluvia .....	52
2.11.3 Tratamiento de agua .....	52
2.11.4 Gestión inteligente de sistema de aprovechamiento del agua de lluvia ..	83
2.11.5 Bombeo de agua con energía solar Fotovoltaica (FV) .....	83
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>92</b>

3.1 HIPÓTESIS .....	92
3.2 OBJETIVO GENERAL .....	92
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	92
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>93</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADO DE MÉXICO .....	93
4.2 MATERIALES .....	93
4.3 METODOLOGÍA .....	94
4.4 DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL).....	96
4.4.1 Estimación de la lluvia de diseño .....	97
4.4.2 Uso Eficiente del Agua (UEA) .....	109
4.4.3 Evacuación de agua de lluvia en edificios.....	112
4.4.4 Filtración y sedimentación.....	119
4.4.5 Determinación de la dimensión de la cisterna.....	131
4.4.6 Calculo del diámetro de la tubería de succión.....	134
4.4.7 Potencia eléctrica de la bomba .....	137
4.4.8 Dimensionamiento del tanque hidroneumático .....	138
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>140</b>
5.1 ESCENARIOS.....	140
5.1.1 Zona marginada .....	140
5.1.2 Zona urbana.....	147
5.1.3 Residencial.....	161
5.1.3.1 Captación de Agua de Lluvia .....	161
5.1.3.2 Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas .....	176
5.1.4 Mediana industria.....	195
5.1.5 Industrial.....	221
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>231</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>232</b>
<b>8. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>240</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>248</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 2.1 Principales acuíferos del Estado de México. ....	7
Cuadro 2.2 Algunos ejemplos de transformación de una necesidad vital en un placer, en una exhibición de estatus y negocios muy lucrativos. ....	32
Cuadro 2.3 Composición física y química de algunas marcas de agua purificada con alto valor adquisitivo, propiedades saludables y curativas. ....	38
Cuadro 2.4 Cuadro para la selección del tipo de filtro según el flujo de tratamiento. ....	55
Cuadro 2.5 Otros sistemas de filtración según el uso del agua.....	56
Cuadro 2.6 Datos técnicos para seleccionar purificadores de agua por medio de luz ultravioleta .....	60
Cuadro 2.7 Datos técnicos para seleccionar ionizadores de plata coloidal comercial.....	62
Cuadro 2.8 Datos técnicos para seleccionar ionizadores de plata coloidal tipo esfera y aplicación líquida . ....	64
Cuadro 2.9 Selección de quipos de tratamientos en función de la filtración inicial. ....	65
Cuadro 2.10 Reacciones generadas en cada módulo de la planta. ....	73
Cuadro 2.11 Porcentaje de agua residual que se puede tratar para el reúso en WC. ....	75
Cuadro 2.12 Datos técnicos para seleccionar el modelo de la planta de tratamiento. ....	76

Cuadro 2.13	Tamaños del biodigestor de acuerdo a la carga orgánica de porcino, ovino y conejo, recolectada diariamente para una zona centro 15-23 °C (Biobolsa, 2011). .....	81
Cuadro 2.14	Cálculo para la estimación de carga para un sistema FV.....	85
Cuadro 4.1	Distribución t de Student.....	100
Cuadro 4.2	Selección de distribución de probabilidades más adecuada a volúmenes de escurrimientos anuales. ....	101
Cuadro 4.3	Factores de frecuencia K de la distribución normal. ....	102
Cuadro 4.4	Coeficientes de escurrimiento (Ce) más comunes en las construcciones urbanas y rurales de México. ....	105
Cuadro 4.5	Uso del agua en servicio doméstico. ....	110
Cuadro 4.6	Componentes de un sistema de colección de agua de PVC (Euramax, 2010).....	113
Cuadro 4.7	Selección del diámetro de bajadas verticales de acuerdo al nivel de llenado .....	116
Cuadro 4.8	Número de bajadas según la superficie y una intensidad de precipitación de 100 mm h <sup>-1</sup> .....	117
Cuadro 4.9	Filtros para instalación vertical y enterrada. ....	119
Cuadro 4.10	Factores físicos para el dimensionamiento de dispositivo de primeras lluvias. ....	121
Cuadro 4.11	Matriz para la selección de diámetro y longitud de tubería del dispositivo de primeras lluvias “tanque de tormentas” .....	122
Cuadro 4.12	Selección de la capacidad del interceptor de primeras lluvias en función del área de captación e intensidad. ....	123
Cuadro 4.13	Tipos de sistemas de almacenamiento comerciales.....	132
Cuadro 4.14	Valores de la constante k de la fórmula de Manning. ....	137

Cuadro 4.15	Ejemplo de balance de presiones en un equipo de purificación de agua. ....	138
Cuadro 5.1	Municipios donde se realizaría la transferencia de tecnologías.....	144
Cuadro 5.2	Datos de población y viviendas en el Distrito Federal. ....	149
Cuadro 5.3	Puntos considerados para obtener una superficie promedio.....	150
Cuadro 5.4	Datos básicos para estimar el potencial de captación y tratamiento de agua de lluvia en el DF. ....	151
Cuadro 5.5	Resultados e impactos económicos esperados al implementar los SCTALL en diferente cobertura de casas independientes. ....	152
Cuadro 5.6	Datos de precipitación histórica de 1970-2005 para la estación 9010 Colonia América.....	164
Cuadro 5.7	Datos de precipitación máxima registrada de la estación Colonia América.....	166
Cuadro 5.8	Resultados de precipitación para tres periodos de retorno y un ajuste polinomio.....	168
Cuadro 5.9	Precipitaciones máximas registradas de la estación 9010 Colonia América.....	170
Cuadro 5.10	Periodos de retorno utilizando la distribución Gumbel.....	171
Cuadro 5.11	Resultados del Sistema de Captación de Agua de Lluvia y el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Domésticas. ....	186
Cuadro 5.12	Presupuesto de la inversión inicial del proyecto de investigación....	187
Cuadro 5.13	Costos de operación y mantenimiento de la casa ecológica. ....	188
Cuadro 5.14	Mano de obra para la transferencia del proyecto de investigación..	189
Cuadro 5.15	Ahorro en tiempo al recolectar agua de lluvia.....	190
Cuadro 5.16	Suficiente cantidad de agua.....	190

Cuadro 5.17	Costo de agua para beber (Suministro de agua en garrafones de agua purificada). .....	191
Cuadro 5.18	Costo por disminución de enfermedades gastrointestinales.....	191
Cuadro 5.19	Costo por la compra de medicinas. ....	191
Cuadro 5.20	Sustitución de pipas de agua.....	192
Cuadro 5.21	Resumen de beneficios. ....	192
Cuadro 5.22	Calculo del VPN y del C/B del proyecto en casa residencial de Zamora .....	193
Cuadro 5.23	Posición de flotadores de válvula check. ....	198
Cuadro 5.24	Localización de válvulas de esfera para distribuir el agua potable. .	201
Cuadro 5.25	Localización de válvulas de esfera para distribuir el agua purificada. ....	203
Cuadro 5.26	Comparación del porciento de agua ahorrado con proyecto y sin proyecto. ....	210
Cuadro 5.27	Presupuesto de la inversión inicial del proyecto de investigación....	213
Cuadro 5.28	Costos de operación y mantenimiento.....	214
Cuadro 5.29	Mano de obra para realizar el proyecto de mediana industria. ....	215
Cuadro 5.30	Beneficios al recolectar agua de lluvia.....	215
Cuadro 5.31	Suficiente cantidad de agua .....	216
Cuadro 5.32	Costo de agua para beber por suministro de agua en garrafones...	216
Cuadro 5.33	Costo por disminución de enfermedades gastrointestinales.....	217
Cuadro 5.34	Costo generado por compra de medicinas. ....	217
Cuadro 5.35	Sustitución de pipas de agua.....	217
Cuadro 5.36	Resumen de beneficios generados al instalar un SCALL.....	217

Cuadro 5.37	Calculo del VPN y del C/B del proyecto en Taller de Joyería Platmx, .....	219
Cuadro 5.38	Datos de precipitación histórica de la estación 9071. Colonia Educación (Periodo 1982-205).....	223
Cuadro 5.39	Tipo de distribución emplead para obtener 1.053, 1.11, 2 y 5 años de periodos de retorno. ....	225
Cuadro 5.40	Precipitaciones máximas anuales de la estación 9071 Colonia Educación. ....	226
Cuadro 5.41	Resumen de las lluvias máximas esperadas para 1, 1.053,1.11, 2, 5 y 10 años de periodo de retorno. ....	227
Cuadro 5.42	Inversión estimada para el SCALL de nivel industrial. ....	230

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 2.1	Vista general de las cuencas hidrográficas del estado de México. .... 8
Figura 2.2	Acarreo de agua en botes (Valle de Bravo) y en camionetas (Texcoco). ..... 19
Figura 2.3	Distribución del agua purificada en México. .... 25
Figura 2.4	Porcentaje de agua que se extrae y se distribuye en el mercado Mexicano en varias presentaciones. .... 26
Figura 2.5	Componentes del proceso de transferencia de tecnologías. .... 41
Figura 2.6	Pasos de la Apropriación de tecnologías. .... 42
Figura 2.7	Nivel de programación en la televisión abierta de México. .... 50
Figura 2.8	Modelos de filtros para potabilizar agua. .... 53
Figura 2.9	Tipos de filtración, (a) multimedia, (b) microfiltración, (c) osmosis merlín, (d) osmosis inversa, (e) ultrafiltración. .... 57
Figura 2.10	Selección de filtro de Carbón Activado Granular (CAG) y filtro multimedia en función del gasto. .... 58
Figura 2.11	Equipos de desinfección de agua por radiación ultravioleta. .... 59
Figura 2.12	Celda única de plata. .... 61
Figura 2.13	Esfera de Plata Coloidal. .... 63
Figura 2.14	Ejemplo de instalación de equipo descalcificador de agua. .... 66
Figura 2.15	Esquema de vitalización. .... 67
Figura 2.16	Proceso de vitalización del agua con los equipos Grander. .... 68
Figura 2.17	Ejemplo de montaje del equipo Grander en la línea principal del agua. ..... 69

Figura 2.18	Modelos de plantas para el tratamiento biológico de aguas residuales, (a) 1200, (b) 1600 y (c) 2400. ....	74
Figura 2.19	Diagrama de flujo del sistema de tratamiento biológico de aguas orgánicas. ....	77
Figura 2.20	Componentes principales de planta de tratamiento biológica modelo 2500 litros por día. ....	78
Figura 2.21	Biodigestor de geomembrana, (a) doméstico y (b) industrial (Aqualimpia, 2009). ....	79
Figura 2.22	Componentes de biodigestor rural. (1) Drenaje del corral, (2) Entrada de estiércol, (3) Reactor, (4) Salida de Biol, (5) Salida de biogás, (6) Reservorio de biogás y (7) Filtro. ....	80
Figura 2.23	Diagrama típico del sistema de gestión de agua pública-lluvia. ....	83
Figura 2.24	Arreglo fotovoltaico interconectado a la red eléctrica pública, Condesa, México D.F (2009). ....	87
Figura 4.1	Ubicación del Estado de México y DF. ....	93
Figura 4.2	Ubicación de Sitio 1 y estaciones meteorológicas vigentes en el SMN. ....	98
Figura 4.3	Distribución de la precipitación mensual y su distribución teórica, de la estación meteorológica 9071 Colonia Educación, México D.F. ....	106
Figura 4.4	Constantes teóricas en función del tamaño n de la muestra. ....	108
Figura 4.5	Sumideros y canaletas de polietileno. ....	112
Figura 4.6	Ejemplos de filtros verticales y horizontales, (a) vertical, (b) cisterna, (c) tipo jardín, (d) FV1 y (e) Hidrosistema (SIPSA, 2010). ....	120
Figura 4.7	Vista de dispositivo para control de primeras lluvias en viviendas. ...	120
Figura 4.8	Diagrama de interceptor y tanque de primeras lluvias para superficies mayores a 150 m <sup>2</sup> ....	122
Figura 4.9	Interceptor de primeras lluvias y sedimentador funcionando. ....	123

Figura 4.10	Tapa con malla para tanque y para bajada vertical.....	125
Figura 4.11	Filtro horizontal de PVC para registros.....	125
Figura 4.12	Vista transversal de sedimentador Aquetzalli.....	129
Figura 4.13	Bomba centrífuga horizontal y sumergible. ....	137
Figura 5.1	Modelo del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia para zona marginada. ....	141
Figura 5.2	Ubicación de los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia y residual orgánica en el Estado de México.....	146
Figura 5.3	Ubicación de puntos al azar para estimar la superficie promedio de las casas independientes en el DF.....	150
Figura 5.4	Modelo del sistema de captación de agua de lluvia para zona urbana. ....	155
Figura 5.5	Planta biológica con sistema aerobio .....	159
Figura 5.6	Ubicación de sitios donde se proyecta implementar los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia (iconos verdes) en zona urbana, así como el corredor para el tratamiento biológico con sistema aerobio (línea rosa).....	160
Figura 5.7	Ubicación de Sitio 1 y 2 con estaciones meteorológicas vigentes en el SMN.....	164
Figura 5.8	Ajuste de la lluvia estimada con modelos de distribución.....	169
Figura 5.9	Interceptor de primeras lluvias tipo T y tanque.....	173
Figura 5.10	Sitio de instalación de filtro Jardín.....	174
Figura 5.11	Vista de Interceptor y sedimentador en operación. ....	174
Figura 5.12	Tren de tratamiento de agua con cuatro etapas (Avanty 3/4, CAG 8x40", Filtro BB10x4" y lámpara de desinfección con UV). ....	176
Figura 5.13	Registro para aguas residuales orgánicas y de cocina; y vista de la rejilla (derecha). ....	176



Figura 5.14	Trampa de grasas de 80 litros de capacidad. ....	177
Figura 5.15	Microplanta de 750 litros por día. ....	177
Figura 5.16	Válvulas de mariposa de 4 pulgadas y válvulas de globo de 2 pulgadas. .....	178
Figura 5.17	Cárcamo para el almacenamiento de agua tratada que cumple con la NOM ECOL-03.....	180
Figura 5.18	Tren de tratamiento adicional para el reúso de agua en WC. (1) Avanty,(2) F. multimedia, (3) CAG y (4) Microfiltración .....	181
Figura 5.19	Equipo generador de ozono a través del aire.....	181
Figura 5.20	Vista de filtro Avanty de operación manual. ....	182
Figura 5.21	Vista de filtro multimedia y carbón activado con válvula manual para retrolavado. ....	183
Figura 5.22	Porta filtro BB10x4" con cartucho plisado de 10 micras. ....	184
Figura 5.23	Diagrama de flujo del agua entre tanques de almacenamiento. ....	185
Figura 5.24	Vista del área de captación. ....	196
Figura 5.25	Vista de las líneas de conducción instaladas. (a) Intercepción de bajadas, (b) Línea de conducción sostenida con abrazadera Omega y atornillada en techo, (c) bajadas externas y (c) Descarga de las líneas de conducción en el primer cajón del sedimentador. ....	197
Figura 5.26	Vista de sedimentador. (a) Vista del sedimentador y sus tres compartimentos, (b) Filtros del segundo compartimento y (c) By pass (arriba) y válvulas para la evacuación de lodos (abajo) .....	198
Figura 5.27	Vista de las líneas de agua pre-filtrada que van del sedimentador a la cisterna (izquierda) y vertedor de excedencias de la cisterna (derecha). .....	199
Figura 5.28	Localización de válvulas (D, M, N y Ñ) para no pasar el agua de la cisterna (B) por el equipo de purificación de agua. ....	200

Figura 5.29	Localización y posición de válvulas (D, M, N y Ñ) para pasar el agua de la cisterna (B) por el equipo de purificación de agua. ....	202
Figura 5.30	Avanti RF de 67 litros por minuto. ....	204
Figura 5.31	Filtro multimedia y carbón activado de 35-52 litros por minuto.....	204
Figura 5.32	Vista de cartuchos plisados de 50 y 20 micras (izquierda) y los 2 portafiltros BB20" Azul (derecha). ....	205
Figura 5.33	Vista del control de la celda iónica .....	206
Figura 5.34	Bases de concreto y tinacos instalados en lado este (izquierda) y lado oeste (derecha). ....	207
Figura 5.35	Vista del mingitorio ecológico sin agua Modelo CM-3002. ....	208
Figura 5.36	Ahorradores en línea y en lavabo de 6 litros por minuto certificados por Centro de Normalización y Certificación de Productos (CNCP) Organismo Nacional en México. ....	209
Figura 5.37	Muebles con Válvulas de doble descarga. ....	209
Figura 5.38	Comparación de dispositivos ahorradores de agua para mujeres en la mediana industria.....	211
Figura 5.39	Comparación de dispositivos de agua para hombres en la mediana industria. ....	212
Figura 5.40	Porcentaje de inversión inicial realizada en cada componente SCALL. ....	213
Figura 5.41	Precipitación pluvial media mensual histórica (Periodo 1942-2005) .	222
Figura 7.1	Temas que debe cubrir un marco legal de agua potable. ....	234
Figura 7.2	Diagrama general para lograr un bienestar y prosperidad accesible a todos los seres humanos. ....	236

# 1. INTRODUCCIÓN

En los casos en que el agua es escasa, por lo general se nota que la estrategia de los diferentes sistemas de suministro es buscar fuentes alternativas. La introducción de las prácticas eficientes en el uso del agua sólo se empezó a ver como una forma de garantizar el recurso hídrico en los años setenta. Esto se manifestó como tal en el ámbito urbano, cuando grandes sequías azotaron el suroeste de los Estados Unidos. Otro ejemplo es el caso de México, donde el Departamento del Distrito Federal (DDF) implantó su programa de uso eficiente del agua en 1984 (DDF, 1990). De igual forma, cada vez más países aplican esta estrategia de manera progresiva en el sector pecuario y en el de prestación de servicios.

En un principio estas acciones fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la escasez de agua los han convertido en programas clave de mediano y largo plazo. El incremento del uso de agua plantea la necesidad de buscar mecanismos para integrar el uso eficiente en los programas y proyectos, considerando el rol del agua como un bien ambiental, social y económico, y los derechos de los grupos más necesitados y vulnerables. Cada vez, el agua adquiere mayor importancia porque es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Por lo tanto el desarrollo y la gestión del agua se debe basar en un enfoque participativo involucrando usuarios, planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

En el futuro la demanda crecerá a medida que la población aumente y a causa de la expansión económica. Al mismo tiempo los recursos de agua permanecerán estables en términos de la cantidad disponible, pero la cantidad de agua a suministrar decrecerá debido a un deterioro y contaminación de esta, por ello debe reconocerse como un bien económico.

En este sentido, se busca cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda del recurso, estableciendo estrategias y escenarios para satisfacer la creciente demanda de agua. Por ello se requiere modificar las prácticas y comportamientos de los diferentes usuarios del agua para maximizar, el uso del agua, de la infraestructura existente; de tal manera que se puedan aplazar grandes inversiones en el sector y se pueda aumentar la cobertura hacia sectores necesitados y vulnerables del ámbito rural y urbano del Estado de México y Distrito Federal.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Justificación y planteamiento del problema**

En el mundo, de los 6500 millones de habitantes, 1400 se encuentran sin acceso a la distribución de agua entubada (21.54%), de los cuales 80 millones corresponden a América Latina y el Caribe (1.23%) y 13 millones a México (0.2%), cifras que no van acorde a la declaración del acceso al agua como un “derecho fundamental del ser humano”, establecido en la Conferencia sobre Agua y el Medio Ambiente, en Dublín, 1992 por el Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales de las Naciones Unidas. En tal reunión, se decreta que se otorgue a todos, agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico, además de reconocerlo como un bien económico justo.

En el Estado de México, de los 14 millones de habitantes el 9.97% de la población no cuenta con agua, el 40.71% logra tener este derecho todo el año y el 69.26 % de la población no tienen el servicio por un déficit hídrico, encontrarse aisladas de la infraestructura hidráulica y una densidad de población baja (CONAPO, 2005). De acuerdo a la SEDESOL (2008) hay 26 municipios (924,857 Habitantes), donde la comunidad es totalmente indígena y con un alto grado de marginación, en ellas el bienestar económico es muy bajo y la sobrevivencia esta con base en la agricultura de temporal; jornaleros en rancherías, pueblos cercanos y migración a las ciudades en busca de una mejor calidad de vida.

En las áreas rurales y las peri-urbanas existe una clara demanda de agua para uso, no solamente humano y doméstico; sino también para actividades productivas de pequeña escala, como la crianza de animales, pequeños cultivos y actividades macro y microempresariales con posibilidades de éxito. Aunque estas actividades contribuyen a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza, generalmente, los servicios de agua no están planificados para satisfacer de manera integral estas demandas; conduce a conexiones ilegales, daños en las redes, uso ineficiente del

recurso, introducción de fuentes de agua no seguras y el colapso de los sistemas de distribución.

A pesar de conocer los datos anteriores, reconocer el agua como recurso para la vida y de seguridad nacional, su calidad cada día se ve más afectada por las actividades humanas, las ciudades siguen expandiéndose sin una adecuada planeación a largo plazo demandando cantidad y calidad del recurso. Ante esta situación, el abastecimiento de agua potable superficial, representa una de las prioridades más importantes a fin de atender por una parte las nuevas demandas y por otra, reducir gradualmente la severa sobreexplotación a que se han sometido los acuíferos. Desafortunadamente en la actualidad algunos de los lagos y presas se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica y de nutrientes, lo que trae como consecuencia la eutroficación de los mismos.

Ante esta problemática, se han implementado programas por la CNA (APAZUL, PROSSAPYS, PROMAGUA), SAGARPA (PESA), CDI, CONACYT, Fundaciones (Produce y otras), FIRCO y BID, apoyando económicamente proyectos relacionados con el abastecimiento de agua; pero los subsidios e inversiones han sido insuficiente y la cobertura es limitada. Los organismos locales operadores carecen de capacidad administrativa, técnica y financiera; para enfrentar y asegurar los suministros adecuados de agua de calidad, de tratamiento de agua y servicios de alcantarillado. Lo anterior pone en evidencia que los organismos no pueden cumplir con las normas vigentes de calidad de agua y por ello se promueve la participación del sector privado internacional desde 1993 (Aguascalientes, Cancún Quintana Roo, Saltillo Coahuila y Ciudad de México). Sin embargo, no han sido las mejores opciones, más bien las de alcance oportuno, sin resolver el problema de fondo. En ellas (Barkin, 2006), los usuarios manifiestan deterioro de las fuentes tradicionales de agua, tarifas más altas de México y las franjas marginadas compran agua purificada y de camiones-cisterna.

Las comunidades que no han sido beneficiadas recurren al empleo de los integrantes de la familia para labores de acarreo del agua, ello tiene como consecuencia,

pérdidas de días de clase. En cada trayecto, éstas transportan entre 15 y 20 litros de agua. El tiempo y esfuerzo físico invertido afecta gravemente su salud, su educación y superación personal. En el caso de la mujer, desempeña un papel clave en la educación de los niños sobre el agua, puesto que es ella quien se ocupa del cuidado del hogar y las enfermedades de los niños (85 %), a menudo provocadas por el agua contaminada o la falta de higiene.

Por todo lo anterior, el proyecto de investigación plantea desarrollar estrategias para el abastecimiento de agua en el Estado de México en zonas marginadas, rurales, peri-urbanas y urbanas. Crear conciencia en los habitantes, sociedad y autoridades; sobre el uso de tecnologías alternativas y de proyectos semilla en los organismos locales de agua. Los cuales pueden reducir la dependencia de subsidios para prevenir, controlar y erradicar los problemas de fugas de agua. Se ampliaría la cobertura hidráulica.

En las ciudades hay más flujo de capital, la población consume agua purificada y esta conciente que el agua tiene un valor, es escasa y la adquiere a un precio. Se plantean establecer plantas potabilizadoras-purificadoras para comercializar agua de lluvia, aprovechando los techos de centros comerciales; los ingresos netos se transfieren a un programa “De la Ciudad al Campo Mejoremos la Calidad de Vida” para el apoyo a proyectos de abastecimiento a localidades, sin dañar el entorno ecológico y bajo el contexto de derechos humanos, de la lucha efectiva contra la pobreza y por la equidad de género.

Las estrategias formuladas deben comprobar que es importante realizar proyectos con seguimiento y beneficios a largo plazo, esto con la finalidad de que ocurra el apoderamiento de las tecnologías transferidas a los usuarios, pues bien, las evaluaciones de los sistemas implementados en varios niveles de la sociedad no reflejan la situación actual y las expectativas.

El que los organismos operadores de agua implementen proyectos hacia los nichos de mercado de agua embotellada a un precio accesible, recobraría la confianza para el pago de tarifas por parte del usuario, pues los ingresos continuarían invirtiéndose en el área donde se comercializo el producto.

Finalmente, debemos reconocer y cambiar la idea que la problemática es una deficiencia tecnológica o hidrológica, son el resultado de las debilidades de las políticas públicas y de los fracasos institucionales en la gestión del agua (Roemer, 1997) y de una autoridad que asume la responsabilidad por la gestión global de los recursos hídricos y la ausencia de mecanismos para incorporar activamente a todos los actores en el proceso de asignación; la aplicación de una amplia gama de tecnologías en la solución de desafíos ambientales, técnicos y sociales que enfrenta el Estado y la Nación. Por ello realizamos esta investigación.

## **2.2 Características del Estado de México**

La superficie total de México es ligeramente inferior a los 2 millones de km<sup>2</sup>. La escorrentía anual de sus ríos es de 399 km<sup>3</sup>, de la cual un 87% procede de los treinta y nueve ríos principales del país, cuyas cuencas ocupan el 58% de la superficie total. El promedio anual de agua disponible per cápita es de 4,547 m<sup>3</sup>, con grandes variaciones entre el Sureste (13,566 m<sup>3</sup>) y el Norte, el Centro y el Noreste del país (1,897 m<sup>3</sup>) (CNA, 2004). Esta distribución desigual de los recursos hídricos provoca una escasez de agua en zonas densamente pobladas. El Norte, el Centro y el Oeste del país, donde sólo tiene lugar un 32% de la escorrentía, acoge al 77% de la población y produce un 85% del PIB de México (CNA, 2004).

En el Estado de México se asientan 14.1 millones de habitantes, los cuales el 74% habitan en zonas urbanas, es decir, en los 18 municipios conurbados de la zona metropolitana del Valle de México y en los 7 municipios de la zona metropolitana del Valle de Toluca y el 26 % en el resto del Estado. El 75.4 % de la población, se asienta en la Cuenca del Valle de México, 18.3% en la Cuenca del río Lerma y 6.3%



en la cuenca del río Balsas. El caudal suministrado es de 247 litros por habitante por día al proporcionarse un caudal de  $40.3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . La cobertura de agua potable entubada es del 93.3%, representa a 943 mil habitantes sin servicio, el suministro es a través de hidrantes públicos, pipas y compra de garrafones de agua purificada. Sin embargo, hay pérdidas por fugas del 30% del volumen de agua suministrada; aproximadamente 12 mil litros por segundo, tal volumen, podría abastecer a más de 4 millones de habitantes (Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y Tlalnepantla). Se transfiere  $17.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , que equivale al 53% de la oferta del Distrito Federal. Lo preocupante es la demanda de agua potable recesaría para el 2020, se estima un incremento de  $6.3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , cuando ya se identifican 9 acuíferos de los cuales 6 contribuyen significativamente al abasto de la Capital del País y muestran alto grado de sobreexplotación (Cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1 Principales acuíferos del Estado de México.**

<b>Acuífero</b>	<b>Estado del acuífero</b>	<b>%</b>
Polotitlan	explotación	82
Ixtlahuaca-Atlacomulco	sobreexplotación	75
Villa victoria	explotación	69
Valle de Toluca	sobreexplotación	40
Tenancingo	explotación	53
Chalco-Amecameca	sobreexplotación	73
Texcoco	sobreexplotación	858
Cuautitlán-Pachuca	sobreexplotación	138
Zona metropolitana de la Cd. de México	sobreexplotación	82

Fuente: CAEM, 2006.



### **2.3.1 Antecedentes de la privatización**

En nuestro México, las cuatro principales redes susceptibles de ser apropiadas y controladas por grandes empresas son las de comunicaciones, transportes, agua y energía. La coyuntura actual de crisis exige una mayor comprensión de la dinámica privatizadora para entender las similitudes y las diferencias.

En el caso del agua, ésta requiere del control total del ciclo, como ocurrió en Cochabamba, Bolivia, donde a inicios de esta década, se estableció la prohibición a la población de capturar por cualquier medio, el agua de la lluvia; en Chile con la dictadura de Augusto Pinochet se privatizaron los ríos para favorecer a la empresa española Endesa.

A lo largo del siglo XX, el gobierno federal, particularmente bajo la presidencia de Lázaro Cárdenas (1934-1940), se fue reapropiando paulatinamente del control del agua como objetivo del Estado mexicano posrevolucionario.

El año de 1982, México se caracteriza por una crisis económica que permitió al gobierno federal tomar estrategias de desarrollo económico y político como integrarse a la economía mundial. En 1986, la firma del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés), también se ratificó el Tratado de Libre Comercio Canadá-EUA (TLC). En 1991, se suscribió al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), entró en vigor el primero de enero de 1994. En este año se evaluaron los acuerdos de Marrakech para la creación de la Organización Mundial del Comercio (OMC). México es electo miembro de la OCDE y legalmente abandona su calidad de país en vías de desarrollo. Estos cambios están en el origen, las causas y las consecuencias de los cambios vividos por el país desde entonces.

En México inicio cuando el programa Procede (Programa de Certificación de Derechos Ejidales) entro en vigor para registrar individualmente la tierra y efectuar una separación en el registro de aguas y tierras. Donde el productor obtiene un título

de concesión para el cambio de propietario de sus tierras en el momento que decidiera por bajos subsidios en la energía eléctrica o emigrar en busca de una mejor calidad de vida.

La administración federal apoyándose en la reforma al artículo 115 de la Constitución en 1983 delegó los poderes ligados al manejo del agua hacia las autoridades municipales.

Durante el sexenio (1988-1994) los programas de privatización se impulsaron más de tal manera que los activos del Estado correspondían a empresas privatizadas (Chong y López, 2004). Las modificaciones aportadas al marco jurídico, seguidas de la revisión del artículo 115 de la Constitución, el gobierno otorgaría contratos y concesiones a empresas privadas para el uso y el manejo de agua. Surgen las APP como el proceso de privatización progresiva como una estrategia jurídico-institucional que permitió abrir los mercados públicos a la inversión privada, donde el gobierno federal le permitió mantener cierto control sobre la inversión privada en la dotación de servicios y convirtió a México como el país que tiene la más alta inversión bajo esta modalidad.

En 1993 se promulgó la nueva Ley de Aguas Nacionales que plantea cambios importantes en relación a la legislación de 1972, con un mayor sentido de modernización. Se prevé la forma en que la inversión privada puede participar en la construcción y operación de la infraestructura hidráulica.

Según los datos de Banobras, en el año 2002 existían 23 entidades federativas y 32 municipios que suscribieron acuerdos tipo con el proyecto Promagua (Barlow y Clarke, 2004).

A partir de entonces, los títulos de propiedad del agua son transmisibles, integral o parcialmente (Artículo 88 de la LAN). Las modificaciones aportadas a la ley sobre el agua tienen como consecuencia que ahora es posible comprar y vender los derechos

de propiedad relativos a los mantos acuíferos sin que tener que transferir el título de propiedad de los terrenos donde se encuentren dichas reservas (Artículo 72 de la LAN). La obligación de pago por los derechos en el uso de aguas nacionales o el pago por la prestación de servicios a la Comisión Nacional del Agua. Igualmente, la ley establece que los derechos de uso del agua podrían ser comercializados a través de un mercado regulado del agua; y el pago del servicio de agua de parte de los consumidores para pasar de usuario a cliente.

Con las modificaciones en la Constitución Política (Art. 27) y a la Ley de Aguas Nacionales (en 1992 y 2004) se dio apertura a concesiones a particulares y a la inversión extranjera directa para el uso y explotación de este recurso. Además, la Comisión Nacional del Agua respaldada por la nueva ley, tiene facultades para concesionar a particulares nacionales como extranjeros de 5 a 50 años para operar la infraestructura de agua potable y préstamos por servicio de agua; en la construcción y operación de presas, los constructores de éstas tienen derecho al manejo del agua por 50 años (Parota en Guerrero, El Cajón y la Yesca en Nayarit o el Arcediana en Jalisco).

### **2.3.2 Ejemplos de privatización del agua**

A continuación se presentan ejemplos de la participación privada en la distribución del agua en México, tomadas del libro Gestión y Cultura del Agua, 2006.

#### **Aguascalientes**

- En 1993 se hizo la concesión de agua a la filial francés Veoli.
- No abastece a comunidades marginadas, no hay transferencia de responsabilidades.
- Se presentan deterioros de la calidad de las fuentes tradicionales de agua además hundimientos y grietas.
- Las tarifas más altas de México.
- Pone en peligro la expansión económica de la región.

## **Cancún, Quintana Roo**

- En 1993 se concesión el agua por 20 años a un grupo constructor mexicano GMD y la división del agua (Azurix) de Enron.
- Las tarifas son altas.
- Las comunidades marginadas compran el agua de camiones-cisterna.

## **Saltillo, Coahuila**

- En el 2001, una compañía de capital mixto (privado-publico) integrada por la compañía municipal del agua (51%) y Aguas de Barcelona (49%) a través de la filial Mexicana, Inter AgBar.
- Falta de capacidad de investigación y experiencia técnica de los administradores del recurso agua.
- El ITESM, realizo una evaluación dos años después de funcionamiento y los resultados mostraron que las tarifas aumentaron entre 32 y 68%.
- Aumento la calidad del servicio y cobertura de agua.

## **Ciudad de México**

- En 1994, se realizaron contratos de prestación de servicios con empresas particulares para crear un registro completo de usuarios de cada zona, instalar medidores, eficientizar la recaudación de cuotas.
- Se otorgó una concesión por 10 años a empresas mexicanas con un socio extranjero, al finalizar el periodo este último vendió acciones por las infinidades de trabajos por realizar.

## **Puebla**

- Prestación de servicios con empresas particulares.

## Ciudad Juárez

- En Ciudad Juárez (2009) inicio a recibir agua del Bolsón de La Mesilla, un recurso natural que mediante una empresa de Carlos Slim Helú venderá el líquido a la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) y esta a los ciudadanos. El sistema tiene 47.23 kilómetros de interconexión entre los 23 pozos, un sistema de rebombeo, un acueducto de “Conejos-Médanos” de acero con diámetro de 106 centímetros y 23 kilómetros de largo para terminar en los tanques de llegada, además de 5.32 kilómetros para la distribución a los tanques que ya existen en la ciudad. Traer el agua de Conejos-Médanos va a incrementar 20 por ciento el abasto de agua a la ciudad, mismo que actualmente es de 5 mil litros por segundo y va a subir a 6 mil.
- El costo del proyecto es de 2 mil millones de pesos y traerá a la ciudad mil litros de agua por segundo. El costo por metro cubico es de 4.2 pesos.
- La empresa CICSA recibirá anualmente el pago de agua según el volumen y la calidad entregada a la ciudad y en promedio se estima que se pagarán 7 millones de pesos mensuales a la compañía. Sin embargo, una vez que termine el contrato de 10 años con CICSA, ésta podrá vender agua a otros clientes, por ejemplo, a los desarrollos en San Jerónimo y lugares circunvecinos.

En el Estado de México la participación de la iniciativa privada dio inicio con las Macroplantas Toluca Norte y Oriente, las cuales han permitido evitar la descarga de aguas negras al río Lerma.

Ejemplos de la participación pública en el abasto urbano de agua en México esta Monterrey, Tijuana, B. C, Ciudad de Acuña Coahuila y León Guanajuato, en su mayoría son organismos públicos descentralizados con competencias técnicas, comerciales, financieras y administrativas.

### **2.3.3 Resultados de la privatización del agua**

A la fecha, después de más de 25 años de la concesión de responsabilidades del manejo de agua a los municipios el país no ha podido abastecer de agua a poblaciones concentradas en los espacios urbanos y menos en los rurales, mientras que los acuíferos y fuentes superficiales siguen agotándose y contaminando de manera acelerada. Como se señalaba al inicio a partir de 1982, el agua potable y las aguas nacionales residuales han estado bajo responsabilidad de los gobiernos municipales. El titular de la CNA (periodo 2000-2006) argumento que el sector público en la mayoría carece de recursos financieros para modernizar su infraestructura personal, actualizar su estructura administrativa y sistemas técnicos y financieros. Por ello se han implementado programas en materia de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, tales como el Programa de Devolución de Derechos (PRODDER), Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA), Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS) y Agua Limpia (PAL). Los objetivos de estos programas se presentan en el portal web, donde se intensifican esfuerzos para promover la participación del sector privado.

Desafortunadamente esta no es la solución y se ha corroborado en Aguascalientes, Cancún Quintana Roo, Saltillo Coahuila y la Ciudad de México, donde se han transferido servicios de abastecimiento, de medición y cobro de tarifas por concepto de agua, poniendo en evidencia que ni las mismas empresas privadas sustentan una capacidad administrativa y técnica. Por ello se proponen las estrategias que integran el programa para que los organismos se vuelvan independientes, amplíen su cobertura de agua y contribuyan con la educación ambiental.

### **2.3.4 Movimientos en defensa del Agua en México**

Ante la problemática que se crea y se transforma cada día en las zonas rurales y urbanas, en el 2005 se crea la Coalición de Organizaciones Mexicanas por el



Derecho al Agua (COMDA) para exigir el acceso a este recurso como un derecho humano en México y construir su manejo democrático, sustentable, justo y equitativo. Lo anterior es una obligación que el país asumió al firmar el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales y la Observación General n° 15, emitida en 2003 por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas. En la cual *"destaca el derecho humano al agua como el derecho de todas las personas a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable y accesible y que debe ejercerse de modo sostenible para que las generaciones presentes y futuras la puedan disfrutar"*. Además de la urgencia de plantear una nueva política del agua a través de su gestión democrática y pública, mediante el fomento de tecnologías y una nueva cultura del agua para tener "un acceso, distribución y la toma de decisiones sobre el agua equitativa entre personas y regiones".

Las metas que plantean para cumplir lo anterior es "detener y revertir los procesos de privatización de los servicios de agua, reformar la legislación y políticas que la promueven, crear nuevas leyes y políticas a favor de la participación plural en la toma de decisiones sobre la gestión del agua." Aumentar al máximo las ganancias no debe ser lo determinante en el abastecimiento de agua. La prioridad de intereses públicos y comunales, como el acceso para todos, mayor calidad, cumplir estándares ambientales y gestión democrática frente a intereses de lucro. La contaminación de los ríos por aguas residuales, la destrucción de ecosistemas únicos por mega-proyectos de infraestructura, problemas de abastecimiento por una urbanización caótica y mal planeada, contaminación de aguas superficiales y subterráneas por gasolineras o la criminalización de activistas ambientales.

## **2.4 Gestión del agua**

El agua, no sólo en México, sino en todo el mundo, es un recurso estratégico para el desarrollo económico, la supervivencia por su escasez, su deficiente calidad original y es un recurso insustituible que no se puede generar, que se necesita cada día con una demanda creciente y una oferta del mismo cada vez menor, por todo esto

debemos asegurar el servicio como un producto universal, con características económicas únicas, reducir los problemas de distribución para el futuro, pero lo más importante es que debe gestionarse desde la cooperación entre países, estar bajo el control público tanto gubernamental como social y popular, de lo contrario pasará a ser un producto capitalista (George, 2008). No tomar estas medidas, para el 2030, se habrá cumplido los pronósticos que hoy se formulan, dos tercios de la población mundial vivirán en zonas con problemas de abastecimiento.

Ante esta problemática se han realizado iniciativas como el ocurrido en diciembre de 2003, la Asamblea General de la ONU proclamó el Decenio Internacional para la Acción: “El agua, fuente de vida 2005-2015”, cuyos compromisos son reducir a la mitad, para 2015, el número de personas que viven sin acceso al agua potable y detener la explotación no sostenible de los recursos hídricos.

En México, desde 1992 el gobierno federal incorporo el lema de la participación social y ciudadana pero no efectiva, debido a que las estrategias de otros países e inclusive Estados no se pueden transferir por contextos jurídicos, e institucionales y las condiciones sociales, económicas, políticas y administrativas son diferentes por lo que no se tienen alcances y es que la compleja reestructuración de la gestión del agua a nivel federal, estatal y local no han logrado resolver un abasto equitativo, eficiente y suficiente de agua a la población.

Según datos del Sistema Nacional sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua (SINA), elaborado por CONAGUA e INEGI, la cobertura de agua potable aumento entre 1990 y 2005, ya que pasó de 78.4 por ciento a 89.2 por ciento. Eso representa que 26.2 millones de personas ganaron acceso al servicio del líquido para consumo, aunque no señala el tiempo efectivo; sin embargo, de las regiones hidrológico administrativa de menor disponibilidad per cápita, está el Valle de México. Esto indica, 144 metros cúbicos de agua por habitante de forma irregular, por ejemplo en zonas residenciales del Distrito Federal los capitalinos usan 370 litros de

agua al día. En el Estado de México reciben en algunos casos 185 litros y en otros, les surten el líquido a través de pipas.

En 2003 la Asamblea del Distrito Federal aprobó una nueva Ley de Aguas que, entre otras disposiciones, determina que las nuevas construcciones deben contar con drenajes separados para aguas residuales, grises y pluviales, así como que las empresas de cualquier giro, con predios superiores a 2,500 metros cuadrados, están obligadas a depurar el agua antes de tirarla.

En el 2007, diputados locales del Estado de México aprobaron un decreto ambiental por el cual los 125 ayuntamientos de la entidad deberán pagar el 3.5% de la recaudación por suministro de agua potable. El destino de los recursos se destinara a un fideicomiso para incentivar la conservación de superficies boscosas, protección, restauración, aprovechamiento y uso sustentable de los elementos y recursos naturales y bienes ambientales, proyectos, estudios e investigación científica y tecnológica para la preservación y protección del equilibrio ecológico (Legistel, 2008). Obviamente no hay referencia al mantenimiento y ampliación de cobertura de agua, pero al parecer este punto no es significativo por ser competencia de los prestadores del servicio de agua.

Ante esa incertidumbre en julio de 2008, organismos descentralizados del agua del Estado de México, DF y Hidalgo, crearon una asociación civil el fin es intercambiar experiencias en material de mejora de eficiencia para manejar la red hidráulica y hacer propuestas al gobierno federal y estatales respecto a cuestiones legislativas, cobro del servicio y foros para intercambio de experiencias.

Por su parte la CONAGUA y el CONACYT en marzo del 2008, dieron a conocer los resultados de los proyectos apoyados por el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, donde emitió siete convocatorias, se apoyaron 40 proyectos con una inversión de 62 millones de pesos en ocho años. Entre los rubros de investigación están playas limpias, relación agua bosque suelo y los sistemas

hidrológicos (Aguilar, 2008); y el abastecimiento de agua e investigación en donde se incorporó.

La CNA en el 2008 presento los resultados de la Evaluación de consistencia y resultados del programa APAZU (2007), donde revela que se tiene cuantificada la población objetivo y los avances de cobertura presentan retrasos en la terminación de las obras al final de cada ejercicio fiscal y las metas planteadas en el PNH para el año 2012 esta por encima de lo que se podría lograr, almenos que se realicen las inversiones correspondientes, debido a que los habitantes incorporados al acceso de agua potable en el 2006 fue de 269,000, considerando esta cifra, una población de 3.7 millones sin agua, se necesitan más de 13.7 años para cumplir la meta. Por su parte el programa PROSSAPYS tuvo una cobertura de 306,543 habitantes para cumplir la población potencial de 6.8 millones se necesitan 22 años.

Aun con estos decretos, evaluaciones de programas e inversiones en las áreas rurales y las urbanas existe una clara demanda de agua para uso, no solamente humano y doméstico, sino también para actividades productivas de pequeña y grande escala, como la crianza de animales, cultivos y actividades macro y microempresariales con posibilidades de éxito. Aunque estas actividades contribuyen a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza, generalmente los servicios de agua no están planificados para satisfacer de manera integral estas demandas, lo que conduce a conexiones ilegales, daños en las redes, uso ineficiente del recurso, introducción de fuentes de agua no seguras y colapso de los sistemas.

Las comunidades que no han sido beneficiadas recurren al empleo de los integrantes de la familia para labores de acarreo del agua, ello tiene como consecuencia, pérdidas de días de clase. En cada trayecto, éstas transportan entre 15 y 20 litros de agua. El tiempo y esfuerzo físico invertido afecta gravemente su salud, su educación y superación personal. En el caso de la mujer, desempeña un papel clave en la educación de los niños sobre el agua, puesto que es ella quien se ocupa del cuidado

del hogar y las enfermedades de los niños (85 %), a menudo provocadas por el agua contaminada o la falta de higiene.



**Figura 2.2 Acarreo de agua en botes (Valle de Bravo) y en camionetas (Texcoco).**

Se concluye que la gestión del agua ha tenido tropiezos para el éxito y el equilibrio de beneficios sociales, económicos y ambientales y la formación de consensos sociales es baja. Ello es debido a una efectiva y real participación de la sociedad en la gestión del agua donde se consideren las prioridades y percepciones de la población; la creación de foros y mecanismos institucionales para el involucramiento de los ciudadanos en las decisiones clave; información completa, verídica y confiables sobre la cantidad y calidad del agua y sus servicios asociados; establecimiento de reglas claras para la negociación y solución de los inevitables conflictos que surgen por la distribución de los recursos hídricos entre usos y usuarios; y la definición clara de competencias, responsabilidades y tareas entre gobierno y sociedad.

Los fines de la gestión del Agua deben ser la reducción de la pobreza, la redistribución de los ingresos a nivel regional y conservación del medio ambiente. De lo contrario el presente y futuro para nuestros hijos serán oscuros.

## **2.5 Situación actual y perspectivas en el Estado de México y DF**

Los recursos hidráulicos en el Estado de México son escasos en todas las cuencas, Alto Río Pánuco, Río Lerma y Valle de México. Actualmente el agua subterránea del

Río Lerma está al límite de su disponibilidad, en la del Valle de México el acuífero está sobreexplotado; y en lo que respecta a la del Río Balsas, hay disponibilidad de escurrimientos superficiales, pero faltan sitios para su almacenamiento. En esta última cuenca se localiza el Sistema Cutzamala que complementa el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México.

El escurrimiento superficial medio anual en el Estado de México es de 79.979 m<sup>3</sup>/s, 13.883 m<sup>3</sup>/s de la cuenca del río Lerma, 7.170 m<sup>3</sup>/s del Alto Pánuco, 3.190 m<sup>3</sup>/s del Valle de México y 55.736 m<sup>3</sup>/s del río Balsas.

En el acuífero del Valle de México se extraen 47.38 m<sup>3</sup>/s de aguas subterráneas, cifra que supera su disponibilidad. Existe en este Valle sobreexplotación de 20.167 m<sup>3</sup>/s, comparable a la capacidad de proyecto del Sistema Cutzamala.

En los Valles de México y del Alto Lerma, se concentra la mayor sobreexplotación. Las consecuencias han sido múltiples: hundimiento de la Ciudad de México, degradación de la calidad de agua subterránea y formación de microgrietas en el suelo. El porcentaje de fugas se estima en 30%, localizadas en redes, toma domiciliaria e intradomiciliarias.

En lo que respecta al mantenimiento de la infraestructura hidráulica del estado, este continúa siendo resuelto con medidas correctivas y no preventivas; lo cual ocasiona un mayor número de fallas en los componentes de los sistemas.

El 65% de la población del Estado se asentará en el año 2015 en los municipios conurbados del Valle de México, se contará con 16.75 millones de habitantes, con una demanda promedio de 250 l/hab/día y 30% de fugas, que nos llevaría a una dotación de 325 l/hab/día, se requerirá de un caudal de 63.0 m<sup>3</sup>/s, es decir, 22,700 litros más cada segundo que los que actualmente son suministrados a la Entidad.

Por lo anterior será necesario plantear la reducción de pérdidas de un 30 a un 20% y la dotación promedio por habitante a 200 l/hab/día, con base en la reducción de fugas intradomiciliarias, en el uso del agua residual tratada donde no se requiera la calidad potable, el aprovechamiento del agua de lluvia y el uso de accesorios hidráulicos de bajo consumo.

De lograrse las metas que se plantean al año 2015 el requerimiento de agua de la población sería de 46.75 m<sup>3</sup>/s, es decir 6.5 m<sup>3</sup>/s adicionales a los suministrados actualmente, los cuales se podrán suministrar a partir de la rehabilitación del Sistema Cutzamala y su cuarta etapa denominada Temascaltepec.

Las proyecciones de cobertura son del 95% en agua potable, 80% en drenaje y 93% en el tratamiento de las aguas residuales.

El 97% de las tomas de agua potable en el Estado son domiciliarias, las cuales se estiman en 1.6 millones, del tipo comercial son el 2%, 34 mil tomas aproximadamente y 6,300 son industriales, que significan el 1%.

El uso del agua en actividades agropecuarias se estima en 41.82 m<sup>3</sup>/s, de este caudal 71% es agua subterránea, 19% es superficial y 10% agua residual tratada, lo cual incrementa la problemática de sobreexplotación de acuíferos.

Se deberá trabajar intensamente en el aprovechamiento del agua pluvial, promoviendo su utilización en el comercio y la industria, en casas habitación se deberá inducir el escurrimiento de techos hacia las áreas ajardinadas, incrementar la retención del suelo en las cuencas por medio de terrazas y presas de gaviones, también inducir la recarga natural del acuífero.

Por todo lo anterior, la política a seguir será el logro del uso eficiente del agua, más que incrementar la oferta del agua. También del establecimiento de estrategias que asegure un abastecimiento continuo del vital líquido por las próximas décadas.

La revisión realizada nos permite entender y comprender el origen, las causas y consecuencias de la problemática de agua que se vive en México y en especial en el Estado de México, esto permitirá formular las estrategias adecuadamente y basadas en la realidad.

## **2.6 Foros mundiales de agua**

El Foro Mundial del Agua es una iniciativa del Consejo Mundial del Agua (CMA) que tiene el objetivo de despertar la conciencia sobre los asuntos del agua en todo el mundo. El Foro busca propiciar la participación y diálogo de múltiples actores con el fin de influir en la elaboración de políticas a nivel global, asegurando un mejor nivel de vida para la humanidad en todo el mundo y un comportamiento social más responsable hacia los usos del agua, en congruencia con la meta de alcanzar un desarrollo sostenible (PNUMA, 2006).

Esta iniciativa fundada en principios de colaboración, asociación e innovación ha tenido lugar en los siguientes países.

I. Marrakech, Marruecos, 1997. El mandato fue desarrollar una “Visión para el agua, la vida y el ambiente en el siglo XXI” de largo plazo.

II. La Haya, Países Bajos, 2000. Se discutieron los resultados del documento “Visión para el agua, la vida y el ambiente en el siglo XXI”.

III. Kyoto, Shiga y Osaka, Japón 2003. Primera edición del informe sobre el Desarrollo del Agua a nivel Mundial, con más de tres mil acciones locales.

IV. México 2006. Acciones locales para un reto global. Hubo pluralidad y se fomentó la participación y el dialogo de múltiples actores.



V. Estambul, Turquía, 2009. Los planteamientos experiencias y reflexiones presentadas en el Foro, perdieron perspectiva ante el fracaso de alcanzar una Declaración Ministerial de los estados presentes para reconocer como un derecho humano el acceso al agua para satisfacer las necesidades primarias de los seres humanos, debido a la oposición de diversos países, como, los Estados Unidos, Brasil y Egipto.

VI. Francia 2012.

Durante estos eventos se han gastado cientos de millones de dólares como el celebrado en México que se cifró en unos 200 millones de dólares para discutir aspectos relacionados con el recurso agua. Sin embargo, no se tienen criterios para medir sus impactos y se desconoce si han ayudado a conseguir un mejor abastecimiento de agua o instalaciones de saneamiento, si han ayudado a modificar la política nacional, internacional o institucional, si han mejorado la base de los conocimientos. Según Biswas (2006), si han dado pauta a que los participantes emprendan alguna actividad colateral o quizás es un espejo que permite evaluar las ideas de la élite de los especialistas, pero no ha habido una intervención centrada en lo que podrá ser el mundo del agua en el 2020 o más allá.

Sin embargo, se desconocen los beneficios de los mismos, el impacto perceptible en el mejoramiento de la disponibilidad y uso del agua, de las prácticas de manejo, o del bienestar humano de billones de personas en el mundo en desarrollo. Lo que se conoce es que los actores en los debates siguen siendo los especialistas en recursos hidráulicos que no se han convencido que la rutina no es la solución y que no se debe continuar así. Se deben mejorar las políticas hidráulicas y el fortalecimiento de instituciones, alentar la participación de todos los actores relevantes, aplicar las discusiones y los resultados de los mismos para resolver directamente las necesidades de las comunidades locales o regionales.

## **2.7 Sistema Cutzamala**

En la década de los 80, el gobierno federal llevó a cabo la expropiación de numerosos predios para dar inicio a la construcción del Sistema Cutzamala con una capacidad instalada de 19 metros por segundo. Esta obra hidráulica monumental recorre bosques y montañas para trasladar a la zona del Valle de México el líquido que se tiene que elevar por bombeo a dos mil 700 metros sobre el nivel del mar, aunque inicio sus extracciones a mediados de los 50's. Hoy en día, éste sistema es el principal abastecedor de agua de la ciudad de México de fuentes ubicadas en el Estado de México, representa 50% de su abasto, que significa 565 millones de metros cúbicos anuales de estos, 303 provienen de la cuenca del Río Balsas, 148 de la Cuenca del Lerma y 114 de la Cuenca norte del Valle de México.

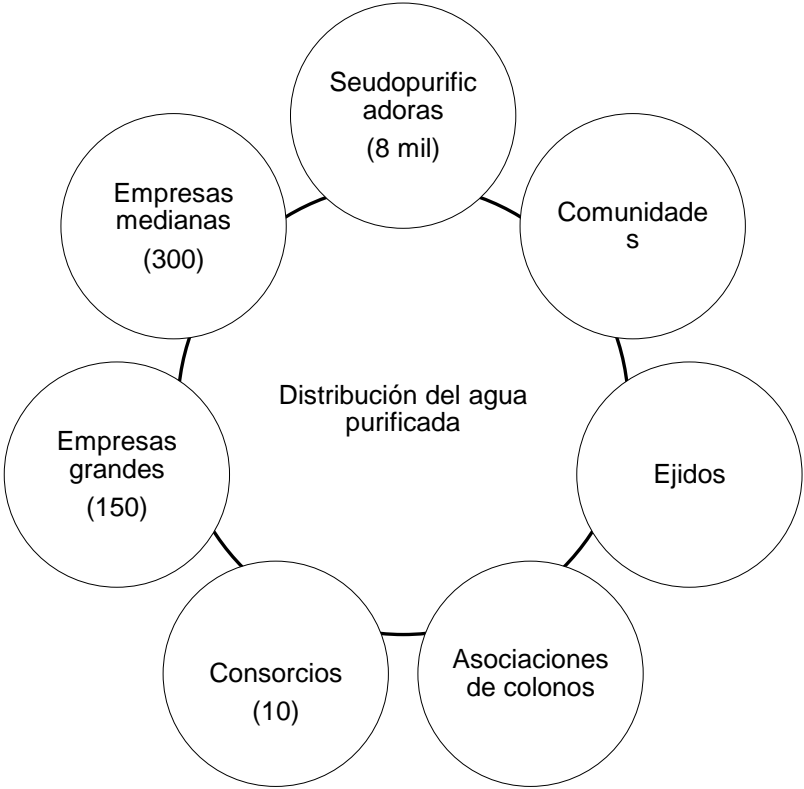
El abastecimiento del DF ( $35.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se compone del agua que le proporcionan las fuentes internas, 66% del total ( $23.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y las de exportación, 34% ( $11.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Sin embargo, resulta alarmante que del abastecimiento, se pierde en fugas  $12.35 \text{ m}^3/\text{s}$  del caudal, lo que representa un 35% del recurso hídrico (Reyes, 2006).

Sin embargo esta monumental obra ha traído consecuencias a comunidades indígenas dedicadas a la agricultura pues, ha ocasionado un deterioro ecológico, las tierras cultivables se han erosionado y se han extinguido diferentes especies de flora.

## **2.8 Agua embotellada en México**

El alto consumo de agua purificada en México se debe principalmente a la falta de información (CONAGUA, 2008), a una publicidad exagerada y a los pocos casos en que se han encontrado problemas de contaminación en el líquido entubado. Donde los medios de comunicación forman parte de una inconciente difusión para generar duda a la población y convencer que el líquido de la llave no es apta para el consumo humano, aun cuando la envasada es 94 por ciento de la llave (Aqua, 2007).

Es así como México ocupa el segundo lugar entre los países que más agua consumen y en el mundo es la segunda mercancía que más dinero mueve, después del petróleo. En el año 2007, México consumía 22.2 millones de metros cúbicos de agua embotellada (205.5 litros por persona, en año 2000 era de 99 litros), detrás de Emiratos Árabes Unidos, cantidad que representaba para entonces el 52 por ciento del agua en botella que se comercializa en América Latina. Además, el 40 por ciento la producen Bonafont, Nestlé, Coca-Cola y Pepsi. El resto del líquido lo embotellan comunidades y sistemas independientes (figura 2.3) que de alguna manera han ido estableciendo su marca para posteriormente ser transferidos a las empresas grandes como ocurrió con Bonafont.

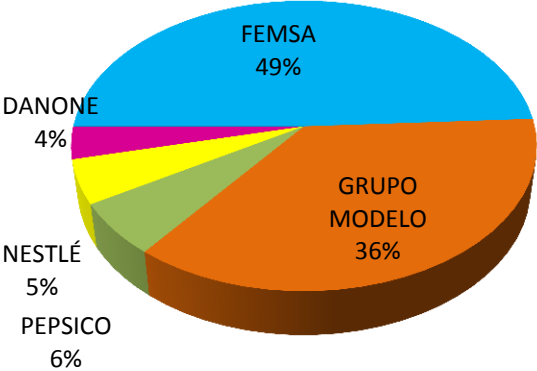


**Figura 2.3 Distribución del agua purificada en México.**

Fuente: Rosas y Gonzales, 2009.

Indudablemente el avance de este proceso se debe a la participación del gobierno federal, estatal y municipales que han permitido desde 1988 hasta a organismos

internaciones, asociaciones y foros mundiales, así como importantes empresas nacionales y extranjeras, desarrollar estrategias para la opacidad y la poca difusión del agua que utilizan, de dónde la obtienen, cuánto paga por los derechos del líquido, especialmente en las zonas con gran escasez de recursos hídricos, acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina y qué se hace con sus aguas residuales. El ejemplo más claro es la empresa Fomento Económico Mexicano (FEMSA), al ser la embotelladora de refrescos más importante de América Latina, manejando 64 marcas de refrescos y agua. Pero además, tiene la mayor cantidad del líquido extraído y aprovechado que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) le otorgo en las administraciones pasadas.



**Figura 2.4 Porcentaje de agua que se extrae y se distribuye en el mercado Mexicano en varias presentaciones.**

Fuente: Rosas y Gonzales, 2009.

Para dar una idea a los porcentajes mostrado en la figura anterior, recordemos que la industria de refrescos, aguas y cervezas extrae cada año 122 millones 908 mil 506 metros cúbicos y la mitad de esta cifra esta posicionada en el mercado nacional. Según AjeGruope las ventas de agua purificada llegan hasta el 41 por ciento entre mayo y septiembre, en relación con el resto el año que está entre 20 y 25 por ciento, la razón son las altas temperaturas.

Aunque debería alentar al país por la generación de empleos, desafortunadamente los ingresos generados por este mercado no favorece la soberanía económica de ningún país, ni eleva la calidad de vida de la población, pero si amenaza con limitar el acceso al líquido solo a las personas que puedan pagar por ella hasta 10 mil veces su valor, tal y como ocurre en Estados Unidos y Canadá donde un tercio de la población cubre sus necesidades de hidratación con el agua embotellada (Clarke, 2009). Pero es en estos países y de Europa donde crece un movimiento de resistencia contra el agua embotellada y ya ha ocasionado una disminución de sus ventas.

Por ejemplo en Bundanoon, Australia un pequeño pueblo turístico, donde una compañía embotelladora busco en el año 2009 permiso para extraer millones de litros de agua de un acuífero local para acarrearla a unos 160 kilómetros, purificarla y nuevamente regresarla como producto. Desencadenado un debate mundial sobre los efectos sociales y ecológicos de agua embotellada, tanto que la industria refresquera la ha puesto a la defensiva por haberles detenido las ventas de agua.

En los Estados Unidos, funcionarios estatales y locales han estado retirando progresivamente en los últimos años el agua embotellada de sus lugares de trabajo, esto inicio cuando se conoció la cantidad de energía utilizada para su producción, transporte, embalaje y eliminación de plásticos de agua embotellada.

Finalmente la idea central de estos primeros pasos es pensar “ Si la gente no quiere una planta de extracción en su pueblo, sin duda no debería”.

Entonces, que podemos estar esperando en México para actuar y tomar las medidas para proteger nuestros recursos hídricos localmente y cambiar el paradigma “dejar de pensar que los gobernantes deben solucionar los problemas donde somos parte de su generación”. Es decir, el consumo de agua embotellada ha tenido éxito porque al consumidor se le orienta a tomar decisiones inconcientemente, por comodidad, moda y ubicación temporal en un estatus social y con ello un cambio de hábitos para

adquirir un producto más sano, con menos calorías, menos azúcar o sal. La realidad es que las botellas de plástico terminan en basureros a cielo abierto, en rellenos sanitarios e incluso en los ríos contribuyendo a la degradación y la destrucción ambiental.

Recientemente los gobiernos tanto federal, estatal, municipal y organizaciones de manera conjunta han iniciado programas para el control y manejo de sólidos. Sin embargo, esto no debiera ocurrir, si las leyes de introducción de un producto en el mercado tanto nacional como extranjero, respondieran adecuadamente a planes de manejo de los residuos generados después del uso de un producto.

De continuar en el mismo camino solo resolveremos a corto plazo instalar incineradores cerca de las ciudades o bien saturar los espacios designados para el tratamiento de residuos.

Una de las alternativas es reciclar y producir productos que sean inocuos para su uso. Por mencionar algunos el mercado nacional necesita productos para la captación de agua de lluvia. La única empresa que surte estos equipos es AMANCO pero no tiene en existencia en México.

No olvidemos que los problemas solo pueden solucionarse solo si hay una actitud mucho más exigente de la sociedad a los funcionarios y tampoco, por otro lado, si esas autoridades no cumplen con su deber de informar de manera honesta, transparente y comprensible a la sociedad acerca del estado de las cosas en este país.

### **2.8.1 Importancia de la hidratación del cuerpo**

---

Agua, después del aire que respiramos es la sustancia más importante para la vida en la tierra, podemos vivir varias semanas sin comer, pero los seres humanos solo pueden vivir de 3 a 5 días sin agua, pero el agua saludable como la naturaleza la

creo es cada vez más difícil de encontrar. Desperdicios industriales, fertilizantes y otros contaminantes son una amenaza para el agua de la que nuestra vida depende todos los días.

En nuestro cuerpo la necesitamos y dependiendo de su calidad, esta se refleja en la salud de la persona, es tanto su beneficio que Emoto (2006) menciona que dependiendo del origen del agua tiene efectos benéficos en lucha contra el envejecimiento y en el retraso en la aparición de arrugas. Tales bondades se deben a los minerales que tienen y al ser absorbidos en las cantidades adecuadas en el cuerpo humano, permiten una arquitectura perfecta de los huesos y ayudan a que las enzimas trabajen adecuadamente para que los nervios envíen señales correctamente.

---

### **2.8.2 Estatus social o glamour al consumir agua parificada**

Saciar la sed se ha convertido en un rentable negocio en una parte del planeta en la que se recoge el agua de lluvia o se extrae de remotos glaciares, mientras que en otra unos 1100 millones de personas más de una sexta parte de la población mundial carece de acceso asequible a este recurso de primera necesidad.

La moda inicio en Paris en 1650 con la marca Chateldon y a partir de los años 90's del siglo XXI se dio turno de la vista y del paladar con la introducción de agua de etiqueta de la firma inglesa *Ty Nant* que al inicio pareció ser una moda, se convirtió en una necesidad más que normalmente las personas que buscan diseño y beber algo diferente, sin alcohol (Da Cruz, 2006). Aunque la diferencia es el precio y sus peculiaridades: por el diseño de su botella (barroco con toques orientales y con cristales de Swarovski), por obtenerse en lugares muy apartados de las grandes ciudades y por sus propiedades saludables.

Si consideramos que el agua tiene propiedades saludables, debemos retomar los resultados obtenidos de Masaru Emoto publicados (2003) en su libro "Mensajes del

Agua” donde menciona que el agua almacena información, sentimientos y conciencia, reaccionando a cualquier estímulo (pensamientos, emociones, así como palabras que pronunciamos)”. Además, señala que “el agua celular de una persona puede reestructurarse armónicamente por resonancia bebiendo agua” pero dependerá de la información específica a la que ha estado expuesta en el plano vibratorio.

Lo anterior pone en evidencia si el agua que se tiene en el mercado con propiedades curativas realmente cumplen tales funciones una vez que han pasado por un proceso de conducción, almacenamiento, filtración y desinfección; envasado y transporte desde su origen a los puntos de venta. Sin duda todo este proceso involucra muchos planos vibratorios y lo único que no cambia es la concentración de elementos minerales y la gran experiencia excitante y glamurosa de quien adquiere un producto de este tipo. Moda que crece muy rápidamente en todo el mundo.

Investigaciones por Catherine Ferrier (2001) de la Universidad de Ginebra para Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF) indica que el costo real de una botella de agua en una tienda corresponde al 90 por ciento y se debe a elementos distintos al líquido contenido, tales como:



- 
- Embotellado
  - Transporte
  - Marketing y
  - Distribución
- 



Aun conociendo estos puntos, en países de Europa y América, hay un alto crecimiento y comercialización de marcas (ver cuadro 3.2) súper Premium, Premium y especiales, a través de establecimientos de gourmet, balnearios tiendas de diseño, moda o restaurantes de lujo para proporcionar a consumidores la oportunidad de






unirse a la cultura del agua o simplemente a la búsqueda de una vida más saludable, o puntos por el uso del plástico.



**Cuadro 2.2 Algunos ejemplos de transformación de una necesidad vital en un placer, en una exhibición de estatus y negocios muy lucrativos.**




<b>Marca</b>	<b>Productor</b>	<b>Características y descripción</b>	<b>Mercado</b>	<b>Ventas e Indicaciones</b>	<b>Costo €</b>
Antipodes (750 ml) 	Nueva Zelanda	Antipodes se obtiene de la Bahía de Plenty, desde un acuífero situado a 300 metros de profundidad. Tiene un contenido bajo en sólidos disueltos y en cambio un alto nivel natural de silicio.	Nueva Zelanda y medio mundo	Restaurantes	5.9
Chateldon (1 litro) 	Francia	Es una de las marcas más antiguas y famosas aguas minerales de Francia, se embotella desde 1650. Es un agua mineral de extremada rareza. Brota de un manantial oculto en una zona montañosa del sur de Córcega, rodeado de granito, que le otorga un sabor muy especial. Rica en calcio, sodio y bicarbonatos, Chateldon se le conoce como a la Rolls de las aguas. También disponen de agua	Francia	Ideal para la digestión de alimentos grasos y sabor suave, platos cocinados con mantequilla y postres de Chocolate.	4.85

		tonificante para la piel en spray. Solo 700 mil botellas son producidas cada año.			
KAROO 	Sudáfrica, El Cabo	Su nombre significa "lugar de sed" en lenguaje indígena africano. Esta agua mineral naturalmente equilibrada brota desde el interior profundo de la tierra, filtrada a través de grietas y fisuras de 180 millones de antigüedad de viejas piedras doleritas de las montañas Paardeberg. Esta agua es obtenida y embotellada en la región vinícola de Paarl en Western Cape de Sudáfrica. Tiene bajo contenido en minerales, con una suave textura, única y sutil, de fino sabor.	Sudáfrica	Ideal para acompañar almuerzos y cenas; para platos ligeros de pasta, arroces, verduras, postres y acompañamiento de vinos.	4.15
1 Litre 	Canadá	Esta agua se obtiene de un acuífero altamente protegido en el antiguo condado de Northumberland en el corazón de Canadá. Se trata de un agua mineral muy equilibrada con un divertido y estimulante sabor.		Balnearios, hoteles de lujo (SPAS) y complejos. Indicada para acompañar a vinos.	4.95
Finé (720)	Japón	El agua artesiana natural Fine tiene una	España	Pastas y arroces.	10

<p>ml)</p> 		<p>composición mineral debido a su fuente que es un acuífero ubicado a 600 m. por debajo del cinturón volcánico Fuji en Japón, en el tranquilo paraje de Shujenzi. Desde sus orígenes como agua de lluvia, esta recorre pausadamente a través de cientos de metros de roca volcánica que actúa como filtro natural purificador y le confiere una mezcla especial de minerales que le otorgan un gusto característico. La marca ofrece a sus clientes el mejor nivel de sabor, calidad, diseño y exclusividad.</p>			
<p>420 VOLCÁNI CA (420 ml)</p> 	<p>Nueva Zelanda</p>	<p>Cada gota de 420 ha tardado generaciones en filtrarse a través de la montaña volcánica de la que procede, piense que la botella de 420 que tiene en su mano, llovió en lo alto de las colinas del extinguido volcán situado en South Islands Banks Península, cuando su abuelo tenía la edad que hoy tiene usted. Las burbujas de agua 420 salen a la superficie con su propia presión al ser un agua artesiana,</p>		<p>Indicada para hidratarse después de hacer deporte.</p>	<p>3.9-4-5</p>

		filtrándose en el camino a través de 200 metros de profundidad sobre viejas rocas volcánicas.			
ELSENHA M (750 ml) 	Inglaterra	El manantial de agua artesiana Elsenham de Hertfordshire, es rico en minerales y particularmente en calcio, hierro y estroncio y sin embargo es baja en sodio. Una pieza de arquitectura. Este precioso diseño de la botella ha sido el ganador del prestigioso. Bottled Water World Design Award 2005. El agua tiene décadas de antigüedad y se embotella en el mismo manantial desde un acuífero bajo piedra caliza situado a gran profundidad. Este confinamiento dentro del acuífero hace de filtro natural y se necesitan muchos años para obtener la pureza de la que esta agua posee.	Inglaterra	Hoteles, salas de reuniones/conferencias, bares, habitaciones y centros de ocio.  Indicaciones: carnes, caza, guisos y platos fuertes.	6.5-7.35
VOSS 800 ml.	Noruega	Voss es el agua natural sin filtrar más pura del mundo solamente con 22 mg de sólidos disueltos en la que ni siquiera se utilizan bombas mecánicas para extraerla,	Al mundo y recientemente en DF, Los	Recomendada para problemas de riñón y alimentos infantiles.	3.6

		<p>ya que la fuerza del acuífero la hace brotar de forma natural. La botella de forma cilíndrica y corte minimalista ha sido diseñada por el director creativo de Calvin Klein, Neil Kraft.</p>	<p>Cabos, Puerto Vallarta, Cancún, Acapulco, San Miguel de Allende, Guadalajara y Monterrey.</p>	<p>Ayuda a mantener una piel sana y joven, y que ayuda a la concentración.</p>	
<p>CLOUD JUICE (750 ml)</p> 	<p>Tasmania, Australia</p>	<p>En su etiqueta pregona que una botella contiene 9750 gotas de agua pura de lluvia. Procede de Tasmania, y para recogerla, han diseñado 400 m<sup>2</sup> de tejados donde unos contenedores especiales filtran el agua. Su producción es artesanal y muy limitada y su paso por la garganta refrescante y aterciopelado de sabor almendrado. Se producen 100 mil botellas al año y la demanda crece.</p>	<p>España</p>	<p>Wiskies, vinos de importación y comidas</p>	<p>6.3-10</p>
<p>OGO CRISTAL</p>		<p>El agua OGO esta siendo conocida en todo el mundo por ser un agua que</p>	<p>Alemania, EUA y</p>	<p>Bares Indicaciones: antídoto</p>	<p>12.1</p>

<p>(1 litro)</p> 		<p>contiene 35 veces más oxígeno que el agua habitual. Su consumo aumenta el nivel de oxigenación en la sangre.</p>	<p>España</p>	<p>para el estrés mental y físico de la vida diaria</p>	
<p>Bling h<sub>2</sub>O (350 y 750 ml)</p> 	<p>Estados Unidos</p>	<p>El agua es extraída a 800 metros de profundidad y purificada mediante un proceso de ultravioleta, ozono y ultra filtración.</p>	<p>Estados Unidos y Europa</p>		<p>24- 40</p>
<p>Lluviatl (1 litro)</p> 	<p>México</p>	<p>Producida con agua de lluvia que se colecta, se filtra y desinfecta.</p>	<p>México</p>	<p>Limpieza</p>	<p>0.5</p>

En el cuadro siguiente se observa la composición física y química de algunas marcas de agua purificada.

**Cuadro 2.3 Composición física y química de algunas marcas de agua purificada con alto valor adquisitivo, propiedades saludables y curativas.**

<b>Minerales</b>	<b>Lluvia</b>	<b>Chateldon</b>	<b>1 Litro</b>	<b>Finé</b>	<b>420</b>	<b>ELSENHAM</b>	<b>VOSS</b>	<b>OGO</b>	<b>CLOUD JUICE</b>	<b>Bling H<sub>2</sub>O</b>
Sodio	-	240	2	8.7	14	22	7	8.5	9.37	1.5
Potasio	-	35	0.04	1.7	30	-	-	4.5	0.92	1.2
Bicarbonatos	12	2075	-	52.8	-	365	-	231	-	100
pH	6.9	-	-	7.8	-	-	6.4	6.44	-	
Calcio	-	383	52	9.7	12	86	5.8	63	0.51	
Sílicatos	-	-	-	-	-	-	-		-	
Magnesio	-	49	16	4.7	6	22	1.1	7.6	0.05	6.8
Silicio	-	-		76.2	-	-	-	19.3	-	
Sulfatos	6	-	20.5	5.7	68	-	5	18	2	8.3
Cloruros	0	-	2	5.3	17	21	14	16	19	1.2
Fosfatos	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	
SDT	16	-	-	-	-	-	250	-	-	
Fierro	0.014	-	-	-	-	-	0.1	-	-	
Costo €	0.3	5.0	5.3	9.3	4.8	7.7	4.5	12.6	6.6	76.5

Fuente: Elaboración propia, Elistas (2007); Wawali (2009) y Palaciocores (2009).



Del cuadro 2.3 se observa que el agua purificada adecuada para nuestro organismo no necesariamente es aquella que tiene todos los tratamientos de filtración y desinfección, hasta convertirla en un líquido desmineralizado proveniente de suavizadores y de osmosis inversa. Las personas deben usar este tipo de agua como medio de desintoxicación, pero no como único medio de hidratación, de continuar su consumo, se tienen una alta probabilidad de incidir en enfermedades cardiovasculares y de acidificar al organismo (Zoltan, 2006). Esto se debe a que las células, los tejidos y los órganos no gustan de ser sumergidos en ácido y harán cualquier cosa para liberar esta acidificación, incluyendo la remoción de minerales del esqueleto y la manufactura de bicarbonato en la sangre. El organismo pierde electrolitos (sodio, potasio y cloro) y minerales (Magnesio) el resultado es una descalcificación, irregularidades en los latidos del corazón y una presión alta.

Sin embargo, estos conocimientos no han sido difundidos en los medios de mayor alcance al consumidor y eso ha provocado que en Occidente, la mercadotecnia ha sabido aprovechar la preocupación por la vida sana, el colesterol y el sobre peso. Ni la Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene pruebas convincentes que sustenten los efectos beneficiosos, pero ya se pueden obtener en el mercado productos que incluyen: vitaminas, aromas, sabores, e incluso oxígeno extra, las de lujo y agua para mascotas (Purely Pets H<sub>2</sub>O).

Mientras el Marketing ha triunfado para el producto de agua purificada, la fundación Holandesa “falta nombre”, lo aprovecho y en el año 2004 introdujo la marca Neau, que en inglés se pronuncia como no, la botella esconde un mensaje escrito: “Take Neau for an answer” (Responde bebiendo Neau o di no al agua embotellada). Con ello se busca concientizar a los ciudadanos del problema global del agua, animándoles a disfrutar del lujo de un suministro público de gran calidad, y financiar con los ingresos, diversos proyectos para la mejora en el tercer mundo (Neau, 2005). Sin duda esta es una de las mejores ideas y estrategias que generan recursos para prevenir, controlar y erradicar el problema de escasez de agua.

Ante toda esto surge una pregunta, si tal moda continua expandiéndose por todo el mundo y solo adquirir este producto para aquellos que tienen la posibilidad de adquirirlas

---

## **2.9 Transferencia de tecnologías**

Uno de los elementos del desarrollo económico es sin duda la transferencia de tecnología, en donde la innovación tecnológica encuentra una forma de difusión organizada que permite su aprovechamiento por la sociedad. Los programas de gobierno que se imponen en el Estado de Veracruz con este cometido y que utilizan recursos del erario público son esenciales para generar desarrollo económico. La falta de estrategias que guíen este proceso conlleva al gasto de los recursos destinados sin la consecución de los objetivos planteados, que en este caso es contribuir al desarrollo económico regional. Para evitar esto es importante asegurar la apropiación del conocimiento por parte del productor y coincidir con los apoyos de fomento que se presentan actualmente. Para esto es necesario generar estrategias que aseguren el éxito de esta actividad

La generación y difusión de tecnologías es un factor importante para el logro de los objetivos del desarrollo agrícola y rural, que pueden influir en el éxito o fracaso de los productores de pequeña escala (Seixas, 2002). Sin embargo, en América Latina existe muy poca investigación aplicada a la generación de tecnología adecuada a las características del agricultor en pequeña escala y aun cuando existen tecnologías que pueden ser utilizadas por los productores, estas son desconocidas por ellos. A esto se suma la débil o casi inexistente programas de extensión rural, que incluya asistencia técnica, capacitación de los productores (Quispe, 2006) y seguimiento.

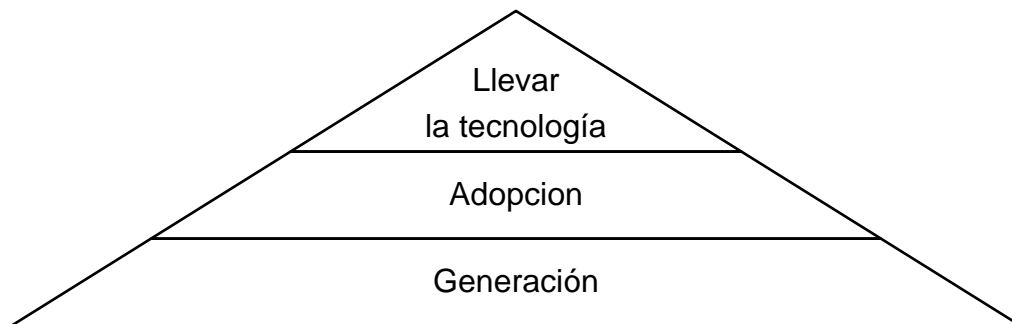
La adopción es un asunto y una decisión individual; por tanto, está afectada por factores de conocimiento, de disponibilidad de recursos económicos y físicos, de habilidades y destrezas, y en gran medida por la disposición del productor de

cambiar parcial o totalmente su forma tradicional de practicar la agricultura (Ojeda, 2000).

A continuación se presentan los conceptos de los procesos de transferencia y adopción de tecnología que retoman al usuario y su entorno como el principal actor en estos procesos:

Definición del proceso de la transferencia y adopción de tecnología. La transferencia de tecnología es un proceso cuidadoso a través del cual una o más tecnologías son dadas a conocer a un grupo de interesados (público o privado) para que las utilicen. En ese proceso se dan una serie de acciones que deben ser previamente planeadas para lograr su adopción. La transferencia implica pasos cuidadosos de comunicación; para lograr con éxito la transferencia de una tecnología hasta su adopción, ésta debe seguir los principios de la formación, capacitación y educación (Ramírez, 2008).

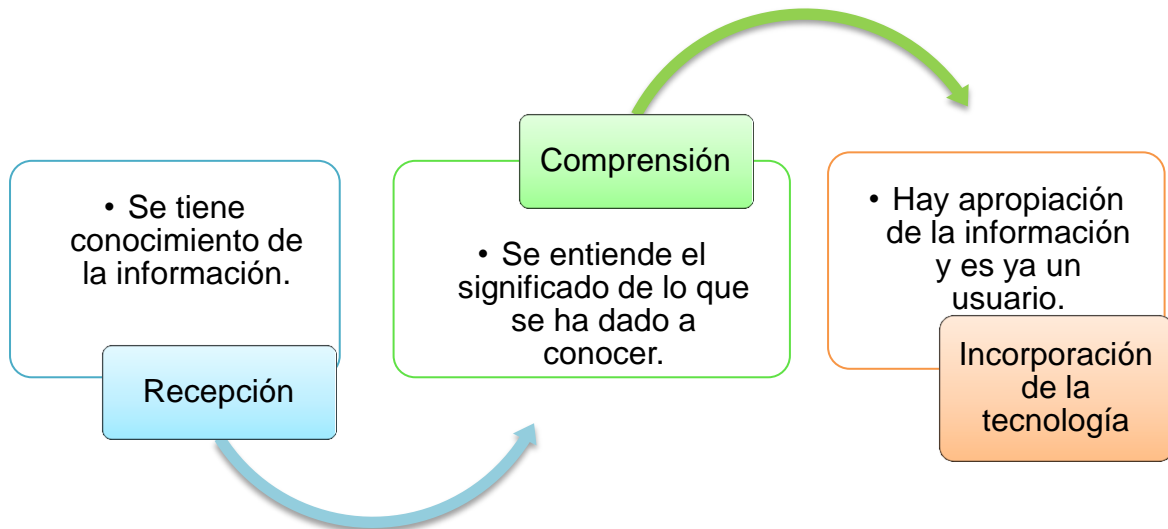
El proceso de transferencia de tecnología consta de tres componentes siguientes (Figura 2.5):



**Figura 2.5 Componentes del proceso de transferencia de tecnologías.**

**Generación de tecnología.** Puede identificarse en el centro generador de ciencia y tecnología, al científico o profesional responsable de la generación de la ciencia y tecnología, a quien en este trabajo se le denominara el investigador.

**Adopción de tecnología.** La adopción de tecnología se define como la apropiación y aplicación por parte del usuario final (el productor y/o usuario), de aquella que le ha sido transmitida (Ramírez, 2008). El autor, menciona que la adopción tiene las siguientes etapas:



**Figura 2.6 Pasos de la Apropiación de tecnologías.**

El término apropiación, ha sido señalado por varios autores, destacando la aportación que Freire (Chávez, 2007) hace de la apropiación del conocimiento en el proceso de aprendizaje: "sólo aprende verdaderamente aquel que se apropia de lo aprendido, transformándolo en aprehendido; con lo que puede por eso mismo reinventarlo; aquel que es capaz de aplicar lo aprendido-aprehendido a situaciones existenciales concretas".

Aplicación de la tecnología. La aplicación de la tecnología esta determinada por el tiempo y la amplitud de la misma:

- Tiempo de aplicación. Momento en que el productor que se ha apropiado de la tecnología decide aplicarla.
- Amplitud de aplicación. Sí el productor aplica parte o toda la información que se ha apropiado.

## **Factores que influyen en la adopción**

*Características intrínsecas de los agricultores y características del medio ambiente.*

La adopción es un asunto y una decisión individual; por tanto está afectada por factores internos del agricultor, que en sí son sus características intrínsecas, edad, escolaridad, alfabetismo, cosmopolitismo, origen, habilidades, destrezas, lenguaje, disponibilidad y por factores externos, ambiente físico, biológico, social, económico, político o institucional y cultural determinan el proceso de adopción de tecnología, en los que se desenvuelve el productor.

*Características de las tecnologías a transferir y adoptar.* Las tecnologías deben poseer ciertas características, sobre todo cuando deseamos que sean adecuadas o apropiadas para el tipo de productores que las van a usar. Según Cernuda (1980 citado por Díaz, 1998), la tecnología debe poseer dos tipos de adecuación: 1) a las características sociales de aquellos que la utilizan y 2) al recurso natural al cual es aplicada. Las características más importantes de una tecnología apropiada para el agricultor de bajos ingresos según Ramírez (2008) son las siguientes:

- Bajo costo del capital necesario a su adquisición.
- Utilización del material local, en la medida de lo posible, por el menor costo y para evitar la dependencia de los proveedores externos.
- Que genere fuentes de trabajo.
- Aplicación de la tecnología en pequeña escala, debido a las dimensiones reducidas de las parcelas.
- Manipulación de la tecnología por los propios usuarios, sin necesidad de una formación técnica especial, es decir, no debe ser compleja para su uso.
- Utilización de la tecnología en grupo.
- Utilización de fuentes de energía renovables, tales como el agua de lluvia, el viento, el sol, la tracción animal o la fuerza humana, el gas metano y otras fuentes.

- Por las características ya mencionadas no debe pagarse por derechos de patentes.
- La tecnología no debe provocar la alteración brusca de la organización interna y los valores culturales del grupo que la utiliza.
- Que sirva para trabajar en varios cultivos, ya que los campesinos tienen el hábito de diversificar sus cultivos, asociándolos simultáneamente en el mismo terreno.
- Que tenga ventaja relativa. Para que sean adoptadas, las prácticas recomendadas deben ser significativamente superiores en rendimiento o considerablemente menos costosas.
- Sea compatible con la cultura campesina
- Tenga comunicabilidad, es decir, que los resultados de una innovación pueden ser descritos difundidos a otros.
- Que sea complementario. Normalmente no se adoptan nuevas prácticas aisladamente, sino como parte de un conjunto o secuencia de adopciones.

En complemento a lo anterior, para que una tecnología sea aceptada, debe reunir las siguientes características (Mata, 1992; Altieri, 1999):

- *La tecnología debe ser útil.* Esto significa que debe responder a necesidades o problemas percibidos por los productores como tales.
- *La tecnología debe ser asequible.* Esto significa, si pueden conseguirla con sus recursos. Estos recursos -no son sólo económicos, sino de tiempo, esfuerzo o capacidad de comprenderla y aplicarla con los medios que disponen o a los que pudieran tener acceso.
- *La tecnología debe adaptarse al sistema global de producción.* Esto es, si su adopción y puesta en práctica no compite en forma: brusca con alguno de los elementos del sistema global de producción, de los agricultores. Debe ser adecuada a las condiciones agroecológicas.

- La tecnología debe adaptarse al sistema social y cultural y su puesta en práctica no debe competir con creencias o vivencias fuertemente arraigadas en éste.

Comunicación. Es uno de los instrumentos que contribuyen en el proceso de cambio tecnológico. Se debe adecuar los métodos y técnicas de enseñanza - aprendizaje del proyecto a las características de diferentes usuarios a fin de tener mayores posibilidades de concretar el proceso de apropiación del conocimiento y aplicarlo a su propia realidad, así como compartirlo con otras personas en su comunidad (Díaz, 1998 y González, 1999 citado en Quispe, 2006).

Para que la tecnología a transferir sea adoptada y usada por el usuario, de acuerdo a Díaz (1998), se debe establecer una comunicación verdadera (Freiré, 1979 citado en Chávez, 2007), es decir, el diálogo entre sujeto a sujeto, quienes coparticipan en la comprensión de la significación del significado. Relaciones de diálogo, del extensionista con el agricultor, utilizando métodos de investigación-acción interactiva que lleven a una integración de actividades compatibles con la producción y permitan al segundo autorrealizarse e impulsar la autoexteriorización de su valor como persona y su sentimiento de pertenencia a una comunidad.

Díaz (1998), asigna a la comunicación un papel fundamental en el proceso educativo al sostener que ésta “sirve para que las personas se relacionen entre sí, transformándose mutuamente o transformando la realidad que los rodea”, cumpliendo también una función técnica definida.

Formas de transferir la tecnología. Un factor importante en el proceso de transferencia de tecnología, sobre todo para los agricultores en pequeña escala, es la forma de cómo transferir la tecnología. En este aspecto se incluyen todos aquellos procesos que tienen que ver con la enseñanza -aprendizaje de las tecnologías que se consideran apropiadas para los agricultores de pequeña escala, procesos que reciben diversos nombres, tales como información agrícola, comunicación rural,

extensión rural; divulgación, animación rural, capacitación, formación, educación de adultos y otros.

Estos procesos educativos comprenden diversos métodos y técnicas de enseñanza. Todos los procesos educativos, así como sus respectivas metodologías y medios de enseñanza y aprendizaje, se basan en una determinada pedagogía; esto es, en una concepción de cómo se consigue que la gente aprenda alguna cosa y modifique su comportamiento. La pedagogía seleccionada, a su vez, se fundamenta en una determinada epistemología -o teoría del conocimiento-. Cada opción pedagógica, cuando se ejerce de manera dominante durante un período bastante prolongado, tiene consecuencias discernibles sobre la conducta del individuo (Quispe, 2007).

Díaz (1998 citado en Quispe, 2007), señala que aunque existen muchas concepciones pedagógicas, pueden agruparse en tres modelos fundamentales. Los tres modelos son:

- 1) La pedagogía de la transmisión (Educación que pone énfasis en los contenidos)
- 2) La pedagogía del condicionamiento (Educación que pone énfasis en los efectos)
- 3) La pedagogía de la problematización (Educación que pone énfasis en el proceso).

La pedagogía de la transmisión. Parte de la premisa de que las ideas y conocimientos son los más importantes de la educación y que por consiguiente, la experiencia fundamental que el alumno debe vivir para alcanzar sus objetivos es la de RECIBIR lo que el enseñante le entregan. El resultado es tener educandos pasivos y repetitivos. Parece evidente que la pedagogía de la transmisión no es compatible con las aspiraciones de lograr un desarrollo con base en la transformación de las estructuras, el crecimiento pleno de las personas y su participación activa en el proceso de cambio (Quispe, 2007).



La pedagogía de condicionamiento. Esta pone su énfasis en los resultados comportamentales, es decir, las manifestaciones empíricas y operacionales del cambio de conocimientos, actitudes y destrezas. Esta pedagogía se concentra en el moldeo de la conducta mediante un juego eficiente de estímulos y recompensas capaz de "condicionar" al aprendiz a emitir respuestas deseadas por el enseñante. Al igual que la anterior pedagogía descrita, los resultados son incongruentes con lo que se pretende los cambios cualitativos en el educando y consecuentemente con su participación activa en los proceso de cambio de una sociedad (Quispe, 2007).

La pedagogía de la problematización. Parte de la base de que, en un mundo de cambios rápidos y profundos, lo importante no son los conocimientos ni las ideas o los comportamientos correctos y fieles a lo esperado, sino el aumento de la capacidad del alumno para detectar los problemas reales y buscarles solución original y creativa. Por esta razón, la capacidad que se desea desarrollar es la de hacer preguntas relevantes en cualquier situación para entenderla y colocarse en condiciones de resolverla adecuadamente. Por su metodología y enfoque, esta pedagogía es la más relevante para los fines del desarrollo agrícola y rural, en el que para lograr avances importantes es necesario el continuo cuestionamiento y búsqueda de solución a los problemas y dificultades (Quispe, 2007).

Modelos de transferencia de tecnología. Hasta el día de hoy se han llevado a cabo diversos modelos de transferencia de tecnología, de manera general para el caso de México, González (1999) señala que existen dos tipos de programas de educación y capacitación de adultos:

- Modelos tradicionales o convencionales, cuyo objetivo es transferir información y conocimientos tecnológicos de los centros de investigación a los productores a través de los servicios de extensión, a través de la capacitación a productores para que adopten paquetes tecnológicos, y

- Modelos alternativos, que centran su trabajo en la participación de los productores en el proceso educativo y en los procesos de investigación, planeación, evaluación y monitoreo de las acciones educativas.

Existen diferentes formas de participación que va desde la inclusión de los productores, para respaldar un proyecto ya definido (consulta) hasta la apropiación del proyecto o programa en sus distintas, fases de gestación hasta su puesta en marcha (Díaz, 1998).

## **2.10 Medios de comunicación y la cultura del agua**

Los medios de comunicación son las instancias masivas que permite la diseminación de información que facilita la construcción de consensos sociales, y reproducción del discurso público y ciertos niveles de interacción principalmente de los nuevos medios independientes, alternativos y comunitarios que buscan un papel en la democratización de las sociedades. Pero no ser un mediador o instrumento de difusión y control social y político, pues se reconoce que la lógica del mercado es la que predomina y la que impone sus valores y sus condicionamientos sobre los modos de producción, de distribución, de sus contenidos y la naturaleza misma de la información.

Sin embargo, con la llegada de Internet se fortaleció a los medios alternativos y comunitarios, favoreciendo procesos sociales de comunicación interactiva e intercambios en multimedia, lo que contribuyó a dar una dimensión real al movimiento social mundial de la sociedad civil en temas globales.

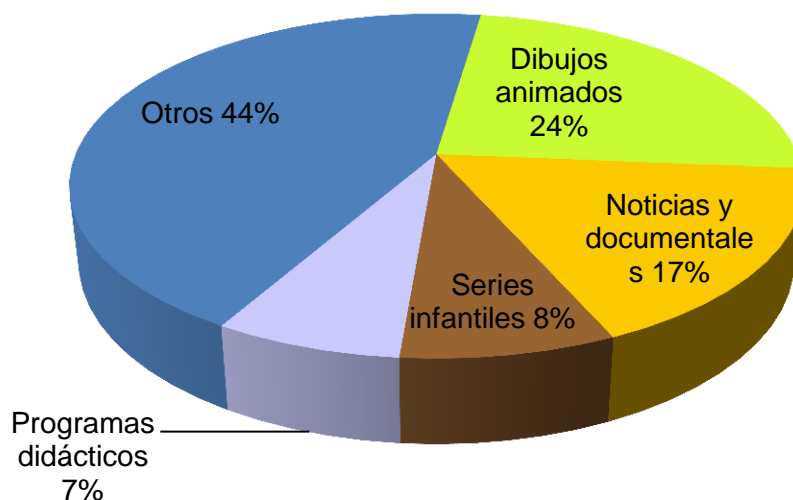
Con el desarrollo de los iPod, blogs, facebook y twitter por mencionar algunos, favoreció la creación de nuevos medios de comunicación y nuevas experiencias de periodismo en tiempo real ciudadano. Sin embargo, se enfrenta a un enorme desafío, la excesiva circulación de información en Internet propicia la disminución de credibilidad de la información.

Por tal motivo se debe continuar forjando la cultura del medio ambiente con los medios tradicionales, pero de manera más agresiva para tener resultados a corto plazo y efectos continuos.

- Radio: Distrito federal (4 estaciones), Monterrey (2) y Guadalajara (1)
- Televisión: Canal Once, 22 y 34 ocasionalmente transmiten documentos para difundir la cultura del agua a través de anuncios y de transmitir series de National Geographic y Discovery (Luz, 2010).
- Revistas: Tecnología Ambiental, Teorema Ambiental y Derecho Ambiental.
- Periódicos: Mi ambiente, La Crónica de Hoy y La Jornada.

Para corroborar esto, se presentan los resultados de una investigación que el Centro de Investigación en Comunicación e Información del Tecnológico de Monterrey (2005), con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), realizaron con el fin de estudiar los contenidos ambientales en la televisión mexicana abierta (Velazco, 2010).

Los resultados obtenidos permitieron afirmar que en la programación comercial de Televisa y TV Azteca, el contenido ambiental no es una prioridad y cuando éste se presenta es de manera incidental o porque proporciona algunos elementos espectaculares que atraen la atención de sus audiencias (ver figura 2.7).



**Figura 2.7 Nivel de programación en la televisión abierta de México.**

Con estos resultados es predecible que cuando se hace un sondeo sobre temas del medio ambiente la gente padece de información y hace referencia a temas fuera del contexto.

Las razones por lo que la cultura del agua constituye un tema con poca presencia en los medios se debe a que es muy poco comercial y rentable. Surgiendo solo en épocas de sequía como una moda para los medios. Además, en el área hacen falta profesionistas para abordar los temas (INAINE, 2010) de manera profunda para transmitir información con la suficiente calidad para que sea entendida por el público.

La insuficiente cobertura informativa por parte de los medios de comunicación sobre la cultura del agua ha traído consigo nuevas iniciativas, no sólo para buscar soluciones a los problemas que aquejan a los habitantes del planeta frente a la escasez del agua, sino para poner en práctica la vocación altruista del periodismo orientada a brindar información veraz, real y continua sobre el tema.

No obstante, fue en el IV Foro Mundial del Agua donde se afianzaron mayores compromisos en la materia, pues se asumió el compromiso colectivo de promover la

participación activa de todos los sectores, remover los obstáculos que bloquean las acciones locales y comenzar debates regionales dirigidos a tratar retos específicos de las diferentes regiones que conducen a compromisos globales, promover el agua y saneamiento para todos, así como una mayor difusión por parte de los medios de comunicación.

Al mismo tiempo que se asumía la responsabilidad anterior en México se constituyó el Colegio Mexicano de Comunicadores Ambientales (COLCOMA) donde se comprometió a colocar el tema de la cultura del agua en el centro de la preocupación de la sociedad en todo momento y no solo en actos diplomáticos o momentos de crisis.

## **2.11 Componentes para el aprovechamiento de Agua Pluvial**

Los componentes de un sistema típico de aprovechamiento de ALL son:

- Área de captación y colección
- Conducción
- Pre-filtración
- Almacenamiento y
- Tratamiento y distribución

### **2.11.1 Importancia de la captación de agua de lluvia**

El agua es un recurso natural cada vez más importante y escaso en nuestro entorno. Gracias a la instalación de un sistema de recuperación de agua de lluvia, se ahorra fácilmente hasta un 50% del consumo de agua potable en casas, oficinas, escuelas e industrias.

La recuperación de agua de lluvia consiste utilizar las cubiertas de los edificios como captadores generalmente el tejado, azotea y piso. De este modo, el agua se recoge mediante canales y canalones, y se conduce a través de tubería para hacer pasar el

líquido por un dispositivo o filtro que elimina sedimentos y material vegetal que transporta el viento durante la tormenta; posteriormente se conduce al almacenamiento, este puede ser un depósito enterrado o situado en superficie. En la entrada del depósito también se puede colocar un filtro de cisterna y un vertedor de excedencias para tormentas no predecibles. Después el agua se distribuye a través de un circuito hidráulico dependiente o independiente según sea el caso y la calidad del agua como producto final.

El agua de lluvia, a pesar de no ser potable, posee una gran calidad, ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes. El agua de lluvia es perfectamente utilizable para muchos usos en los que puede sustituir al agua potable, con una instalación sencilla y rápidamente amortizable. Pero también se puede usar para consumo humano, solo hay que integrar al sistema equipos de filtración y desinfección para contar con un agua de calidad.

### **2.11.2 Ventajas de la captación de agua de lluvia**

- El ahorro puede llegar hasta un 60 por ciento en la factura de agua en una vivienda
- Uso de un recurso gratuito y ecológico
- Disponer de agua en periodos críticos
- Ahorro hasta un 50% de detergente por ser un agua blanda
- Reduce la calcificación en tuberías y dispositivos
- Mitigan el efecto de erosión y reducir el riesgo de inundaciones.

### **2.11.3 Tratamiento de agua**

El tratamiento de agua para el abastecimiento comunitario es una medida esencial de salud pública y su importancia se ha demostrado a lo largo de la historia, pues

en muchos países antes del descubrimiento de antibióticos y vacunas para la tifoidea y el cólera la desinfección ayudo a reducir considerablemente las enfermedades.

Actualmente, el objetivo de la desinfección del agua es asegurar que el consumidor reciba agua esencialmente saludable. Sin embargo, aunque las leyes y reglamentos de agua de cada Estado lo indican en muchos casos no se cumple, y el usuario debe contar con información para cuidar su salud.

Por ello en este apartado se proporciona información de manera muy general, conceptos actualizados, y las herramientas necesarias para la selección adecuada del sistema de desinfección del agua en sistemas rurales y urbanos de abastecimiento.

Dependiendo del uso del agua se pueden optar diferentes tratamientos, desde equipos primarios a terciarios o avanzados. Por ejemplo, se puede tener agua para riego y hasta la vitalización del líquido para tratamientos terapéuticos. A continuación se ve cada una de ellos.

## Calidad 2. Filtración (potable)



Avanty



Infinity



Multipur

**Figura 2.8 Modelos de filtros para potabilizar agua.**

La filtración es un método de tratamiento que realiza la naturaleza lentamente y es la forma como a lo largo de miles de años se ha ido acumulando el agua superficial y subterránea. Aunque la falta de una cultura, respeto por nuestro planeta y la armonía con todas las actividades con la naturaleza ha ocasiona un desequilibrio en los ecosistemas. Es decir, ha contaminado ríos, cuerpos de agua superficiales y subterráneos, por el simple hecho de no haber aprendido a transformar bien y su crecimiento cultural ha dependido de la intensidad del crecimiento tecnológico, que le permite encontrar alimentos y recursos. Por tanto, debemos evitar que la tecnología termine siendo una corriente que impulse hacia un sistema cultural, hacia la ruina social y deterioro ambiental.

### **Características generales**

Los equipos de filtración comercial que se describen en esta investigación requieren de una presión mínima de  $2 \text{ kg cm}^{-2}$  para operar, una máxima de  $16 \text{ kg cm}^{-2}$  y tienen una caída de presión de  $0.7 \text{ kg cm}^{-2}$  promedio. El mantenimiento se realiza de manera manual, semiautomática y automática.

El mantenimiento manual debe realizarse cada semana mediante un enjuague a contracorriente o con el equipo sin operación. El primero consiste en mover el puño giratorio (color rojo para el modelo RF y negro para Infinity) en contra de las agujas del reloj, hasta que se realiza la salida de agua y cerrar de nuevo cuando el agua se torna transparente (menos de 10 segundos). El segundo se realiza para la limpieza de las piezas de plástico y aspirado de las partículas adheridas a la malla filtrante.



**Cuadro 2.4 Cuadra para la selección del tipo de filtro según el flujo de tratamiento.**

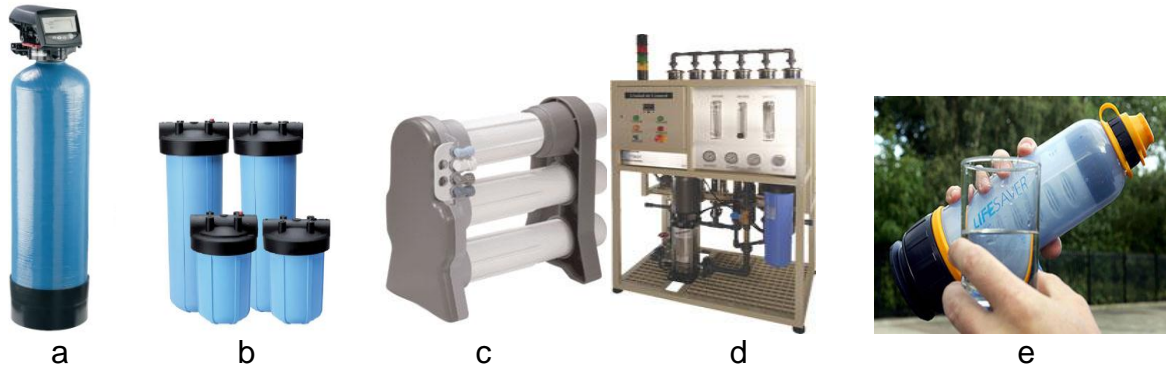
Conexión	Flujo		
	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	lps	lpm
<b>Avanty RF</b>			
3/4"	3	0.83	50.0
1"	3.5	0.97	58.3
1 1/4"	4	1.11	66.6
1 1/2"	9	2.50	150.0
2"	9	2.50	150.0
<b>Infinity</b>			
3/4"	3.5	0.97	58.3
1"	4.5	1.25	75.0
1 1/4"	5	1.39	83.3
1 1/2"	9	2.50	150.0
2"	11	3.06	183.3
<b><u>Multipur</u></b>			
DN 65	22	6.11	366.6
DN 80	36	10.00	600.0
DN 100	85	23.61	1416.7
DN 125	100	27.78	1666.7

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro siguiente se presentan algunas características generales para seleccionar el tipo de filtración.

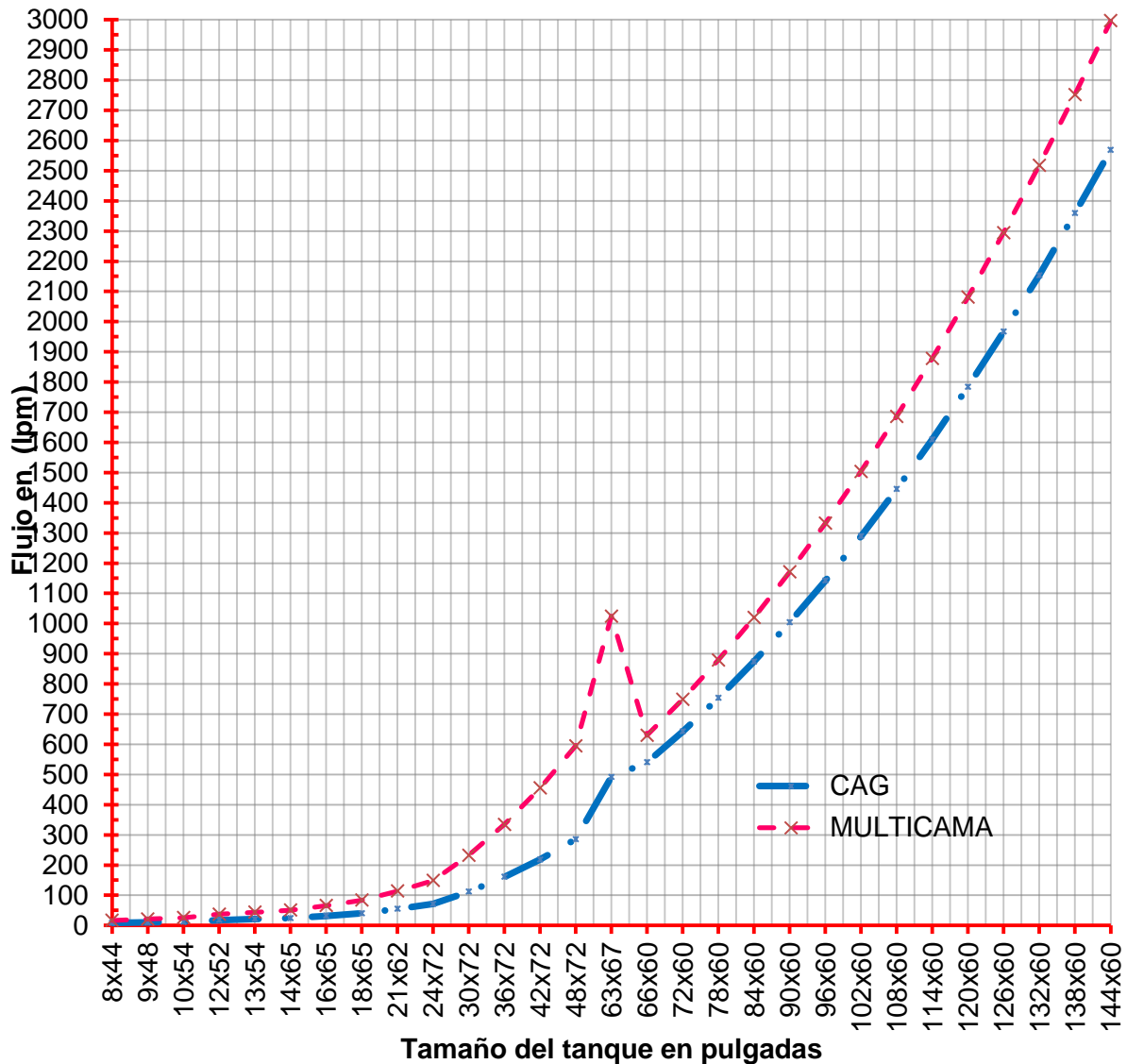
**Cuadro 2.5 Otros sistemas de filtración según el uso del agua.**

<b>Descripción</b>	<b>Tamaño del poro (micrones)</b>	<b>Presión (kg cm<sup>-2</sup>)</b>	<b>Función</b>	<b>Aplicaciones</b>
Filtración	10-90	0.1-16	Eliminan sólidos, arena, tierra, lodo y arcilla	Potabilización y de agua para viviendas e industria de la purificación
Microfiltración	0.1-10	16-125	Eliminan coloides y partículas suspendidas	Separación de bacterias del agua, separación de emulsiones de agua y aceite, pre-tratamiento del agua para nano filtración y ósmosis inversa.
Ultrafiltración	0.01-0.1	70-200	Permeado de solutos orgánicos de bajo peso molecular y sales	La industria de productos lácteos, industria alimentaria, y agua purificada.
Nanofiltración	0.01-0.001	100-600	Ablandamiento de agua y eliminación de nitratos	Desmineralización, remoción de color y desalinización. Alimentos, lácteos y bebidas
Osmosis inversa	<0.001	400-1000	Separación de sustancias de bajo peso molecular	Desalinización de agua de mar



**Figura 2.9 Tipos de filtración, (a) multimedia, (b) microfiltración, (c) osmosis merlín, (d) osmosis inversa, (e) ultrafiltración.**

En el grafico siguiente se presenta una forma sencilla para determinar el tamaño de tanque de los filtros multicama y de carbón activado para uso comercial e industrial.



**Figura 2.10 Selección de filtro de Carbón Activado Granular (CAG) y filtro multimedia en función del gasto.**

### Calidad 3. Desinfección

Uno de los métodos de desinfección más simples y menos costosos para suministrar agua de calidad aceptable para el consumo humano es la radiación solar (radiación fotoquímica), conocida como SODIS (del inglés “solar disinfection”). Este método es ideal cuando las condiciones económicas y socioculturales de la comunidad ponen

en riesgo la sostenibilidad de otras alternativas de tratamiento y desinfección, como la filtración o el uso de cloro, aun cuando éstas también sean reconocidas como simples y económicas, no se ha alcanzado popularidad debido a grandes variables que condicionan su eficiencia, como es el tipo de material de los envases, la turbiedad del agua y color, y el tiempo de exposición del agua al sol.

Ahora se hará referencia a sistemas de desinfección convencionales y complejos, como la radiación ultravioleta, iones de plata y ozono.

**Radiación ultravioleta.** Este tipo de desinfección se usa para anular la vida de las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que vienen en el agua. Con este sistema los microorganismos no pueden proliferarse y mueren al contacto con la luz.



**Figura 2.11 Equipos de desinfección de agua por radiación ultravioleta.**

El mantenimiento de los equipos UV consiste en Limpiar el tubo de cuarzo cada 2 o 3 meses:

- Desconectar el equipo de la corriente eléctrica, cerrar válvulas de entrada, de salida de agua y apagar el sistema de bombeo
- Drene y vacíe la cámara o bien afloje una de las tuercas de compresión
- El cambio de lámpara germicida es cada 12 meses o cuando la luz se vea ligeramente amarilla.

En el siguiente cuadro se presentan sistemas comerciales de desinfección de agua por UV.

**Cuadro 2.6 Datos técnicos para seleccionar purificadores de agua por medio de luz ultravioleta**

<b>Flujo lpm</b>	<b>Lámparas UV</b>	<b>Watts 120 VAC</b>
5	1	8
8	1	10
10	1	18
18	1	18
20	1	40
33	1	40
38	1	40
76	2	80
115	3	117
150	4	160
190	5	200
225	6	240
270	7	280
303	8	320
375	10	400
490	12	480
640	16	640
925	24	960
1100	26	1040
1500	36	1040

Fuente: Elaboración propia.

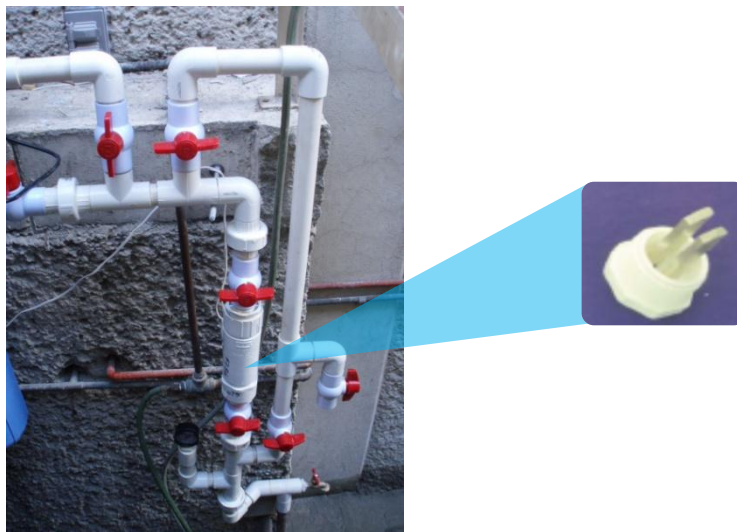
## Iones de plata

La ionización de plata es el proceso electrónico por medio del cual se generan Iones de plata en una masa de agua para eliminar bacterias, hongos y virus.

Un ión de plata es un átomo de plata en solución en agua, el cual se genera al perder un electrón de su última órbita, quedando solo 46 de estos por 47 protones, por lo tanto al sobrar un protón, el átomo toma una carga eléctrica positiva (+) y se llama catión (ión positivo) que naturalmente les atrae a los patógenos que pudiesen existir en el agua, los cuales tienen una carga eléctrica negativa, al chocar con ellos, los iones de plata les destruyen de manera natural y ecológica.

También suaviza el agua y elimina metales pesados y otros contaminantes. Los iones de plata no causan daño alguno a humanos, animales y plantas (Silverlife, 2010).

Los equipos de ionización de plata están integrados por 2 componentes que son la celda iónica, y el cerebro, responsables en dosificar 10 ppb (partes por billón).



**Figura 2.12 Celda única de plata.**

La instalación se realiza verticalmente y después de la celda iónica se recomienda instalar un grifo para despachar agua purificada para consumo humano (figura 2.12).

#### Operación y mantenimiento

- Checar que las válvulas del “By pass” estén perpendicularmente (cerrada) a la dirección de la tubería de una pulgada y que las válvulas que dan acceso al equipo de iones de plata sean paralelas a la misma dirección del fluido (abierta).
- Prender el equipo y poner los potenciómetros al 100% (15 V DC)
- Accionar una de las tres opciones del control de la bomba (manual, fuera de servicio y automático)
- El mantenimiento se realiza cada 2 años con el cambio de la celda iónica.

En el siguiente cuadro se presentan los modelos disponibles en el mercado nacional para el proceso de desinfección con iones de plata.

**Cuadro 2.7 Datos técnicos para seleccionar ionizadores de plata coloidal comerciales.**

<b>Modelo</b>	<b>Gasto (m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup>)</b>
AS-60	2
AS-100	3
AS-250	8
AS-500	17
AS-1000	33
AS-1500	33
AS-2000	67



## Plata Coloidal

La plata coloidal es plata disuelta, por medio de electrólisis, en agua destilada. Su uso se realizó por muchos años hasta 1940, año en que se descubrió la penicilina y se abandonó su aplicación. Además, se presentaron tres casos de Argiria (decoloración de la piel) y donde no se investigó a fondo, pero que se asoció al uso prolongado y concentraciones elevadas de plata coloidal.

Por ello se recomienda que se use plata ionizada en solución coloidal a una concentración adecuada de 2 a 5 ppm y con un tamaño de partículas de entre 0.001 a 0.00015 micras.

El funcionamiento de la planta coloidal consiste en estar cerca de un agente patógeno (virus, un hongo o bacteria) impidiendo que procesen el oxígeno y dentro de los siguientes 6 minutos, éste es sofocado y muere, siendo después eliminado por el cuerpo humano.

Al contrario de los antibióticos convencionales que destruyen las bacterias benéficas y barren por completo la flora intestinal dejándonos indefensos ante nuevas infecciones y enfermedades, la plata coloidal deja a estas colonias de bacterias amigables intactas, de esta manera este desinfectante absolutamente seguro para los humanos, plantas y animales. Por ello los el naturismo y la homeopatía están regresando al uso de esta sustancia, pues no tiene olor, color ni sabor.



**Figura 2.13 Esfera de Plata Coloidal.**

Se reitera que la planta coloidal pierde sus propiedades cuando sus coloides suelen hacerse con plata de calidad inferior al 0.999999 o 0.9999 que son los valores recomendables aptos para el consumo humano, o suelen agregar colorantes, gelatina, sales y EDTA.

Comercialmente y de fácil adquisición encontramos la esfera de plata coloidal, que es elaborada por Constructora y Tratamientos Hidráulicos de manera artesanal con cerámica.

Su efectividad fue comprobada y aprobada por la S. S. A y por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Politécnico Nacional en año 1992 como un producto de desinfección de agua de lluvia en tanques de ferrocemento, de tinacos y cisternas de agua tratada. Adicionalmente, a este tratamiento para eliminar los sedimentos arrastrados por el agua se recomienda instalar en la línea del grifo un filtro BB10-20X3-4 pulgadas de 5-20 micras.

Las características principales son:

- No es tóxica y corrosiva
- No comunica sabor, olor, ni color al agua.
- La temperatura no afecta ningún cambio o reacción,
- No es degradable, conserva sus características bactericidas y las aumenta con el transcurso del tiempo.
- Desintegra más de 640 agentes patógenos.

**Cuadro 2.8 Datos técnicos para seleccionar ionizadores de plata coloidal tipo esfera y aplicación líquida.**

<b>Modelo</b>	<b>Aplicación</b>
Esfera 16 cm diámetro	Suspendida en tinacos de 2,500 lts
Plata Coloidal estabilizada	Con esponja en paredes

**Cuadro 2.9 Selección de quipos de tratamientos en función de la filtración inicial.**

DIM TANQUE	AVANTY	MULTICAMA	CAG	IONES Ag	UV	MICROFILTRACIÓN
pulgadas	lpm	lpm	lpm	m <sup>3</sup> pd	lpm	lpm
8x44		16.5	7.93	8	18	14
9x48		20.9	10.03	8	20	38
10x54	50	25.5	12.26	8	33	38
12x52	50	36.9	17.71	17	38	38
13x54	50	43.5	20.89	17	76	114
14x65	58.3	50.6	24.28	17	76	114
16x65	66.6	65.8	31.57	33	115	114
18x65	150	83.6	40.13	33	115	114
21x62	150	113.8	54.62	67	115	114
24x72	150	148.6	71.34	67	150	AP
30x72	300	232.2	111.47	AP	270	AP
36x72	366.6	334.5	160.56	AP	375	AP
42x72	600	455.1	218.47	AP	490	AP
48x72	600	594.7	285.46	AP	640	AP
63x67	1416.6	1024.2	491.6	AP	1100	AP
66x60	600	629.5	539.9	AP	640	AP
72x60	AP	749	642.01	AP	AP	AP
78x60	1200	879.1	753.52	AP	925	AP
84x60	1200	1019.5	873.88	AP	1100	AP
90x60	1200	1170.5	1003.33	AP	AP	AP
96x60	1416.7	1331.9	1141.63	AP	AP	AP
102x60	1666.7	1503.6	1288.79	AP	1500	AP
108x60	1666.7	1685.6	1444.81	AP	AP	AP
114x60	AP	1878	1609.68	AP	AP	AP
120x60	AP	2080.9	1783.64	AP	2200	AP
126x60	AP	2294.2	1966.46	AP	AP	AP
132x60	AP	2517.8	2153.13	AP	AP	AP
138x60	AP	2752	2358.89	AP	AP	AP
144x60	AP	2996.6	2568.5	AP	3300	AP

Fuente: Elaboración propia.

Donde Ap es el arreglo en paralelo y m<sup>3</sup> pd son metros cúbicos por día.

## Calidad 4. Agua descalsificada



**Figura 2.14 Ejemplo de instalación de equipo descalcificador de agua.**

La descalcificación es el proceso mediante el cual se genera un campo electrostático mediante dos electrodos que se ajustan a la tubería a una distancia determinada se logra modificar las propiedades de las partículas de calcio, evitando la adherencia de los minerales y acumulación de sarro de estos en las paredes de conducción de la tubería de agua.

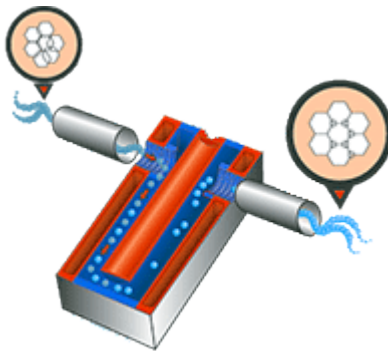
La instalación se realiza por fuera del tubo (cobre, acero o PVC en diámetros de 1 hasta 8") que abastece a los tinacos e instalaciones.

Beneficios:

- Desprende el sarro acumulado en tubos y boiler.
- Los depósitos de sarro en regaderas, lavabos, tarjas y llaves desaparecen.
- Limpia constantemente las instalaciones de cobre, acero, PVC, plástico y plomo.
- Elimina manchas en mosaicos del baño y cocina.
- La ropa queda más blanca y limpia.

- Se ahorra hasta un 25 % en detergentes en casas, departamentos, restaurantes, comedores, tintorerías, clínicas y albercas.
- Las lavadoras y el lavaplatos funcionan mejor, calentando el agua más rápido.
- Reduce costos de mantenimiento de la infraestructura hidráulica y en sistemas presurizados ahorro de energía.

### Calidad 5. Agua Vitalizada



**Figura 2.15 Esquema de vitalización.**

El agua vitalizada es una estrategia para purificar el agua en su más alto grado de pureza, el proceso se realiza mediante un dispositivo que transmite las frecuencias naturales del campo magnético de la tierra en el agua, ofreciendo una propiedad descontaminante al agua. Es decir, cambia la estructura interna de agua y las moléculas de agua vuelven a un estado altamente ordenado y puro, haciendo que esta sea más consumible y estable (Grander, 2010).

Los equipos marca Grander están llenos con agua (de una fuente situada en la región austriaca de Jochberg, conocida como fuente de Stephanie y de la que emana un agua pura especialmente útil y que es la portadora de información biológicamente adecuada) que reproduce su estructura, reconvirtiendo al agua que pasa por el equipo en un agua vitalizada que adquiere las propiedades originales del agua de la fuente.



**Figura 2.16 Proceso de vitalización del agua con los equipos Grander.**

Fuente. Academia Rusa de Ciencias Naturales, 2000.

El agua con estas características alcanza propiedades difíciles de encontrar en la naturaleza, por ejemplo:

- Más capacidad de autodepuración.
- Un mayor poder de disolución.
- Una mayor estabilidad por modificación microbiológica.



**Figura 2.17 Ejemplo de montaje del equipo Grander en la línea principal del agua.**

Algo importante de señalar es la existencia de investigaciones que datan de más de diez años, aunque siguen haciendo falta más datos del proceso para tener una mayor veracidad de estos equipos. Sin embargo, las investigaciones que han permitido su amplia difusión y apertura en el mercado internacional son las siguientes.

- 1997-98. Juri Rachmanin, realizó estudios físicos, químicos y microbiológicos, y médicos, con el objetivo de buscar la inocuidad de los equipos y posibles efectos en la población. Los resultados los presentó el Ministerio de Salud y concedió permiso ilimitado para el empleo de la tecnología Grander en tal país.
- 1999-2000. Ministerios de Agricultura en Pekín, utilizaron la tecnología en la producción de hortalizas (rabanito y tomate), obteniendo rendimientos mayores de 13, 12.75 y 11.85 por ciento.

Pero no todo ha sido un éxito, en el 2005 una empresa neozelandesa fue condenada por un juzgado del distrito de Hamilton por engañar a los consumidores sobre los beneficios de un sistema de tratamiento de agua que no innovaba nada para cambiar el líquido que aparentemente trataba.

Indudablemente las teorías del funcionamiento del equipo de Grander siguen, mientras se resuelva científicamente su funcionamiento se continua extendiéndose

entre la población de España, Austria, China, EUA y México, que buscan un agua diferente a las del mercado o bien mejorar la producción de alimentos o en algún proceso industrial.

Es atrevido decir que a veces la ciencia no es lo suficiente amplia para describir los comportamientos que se ven en la naturaleza y eso rompe los esquemas de la investigación, y ocasiones como esta, que todo parece extraordinario, los conocimientos del período no pueden explicar tal efecto o comportamiento del agua y se deben buscar nuevas formas de explicar y entender la fórmula de H<sub>2</sub>O. Tampoco hay que seguir un camino complejo, solo observar, analizar y entender el lenguaje que la naturaleza usa para transmitir información.

Por ejemplo el agua de un manantial donde no ha intervenido el hombre es físicamente, químicamente y microbiológicamente inocua para el consumo, desafortunadamente al ir avanzando hacia las poblaciones tiene contacto con diferentes materiales y su calidad cambia. La evidencia más clara es la Red Cutzamala, que se potabiliza en la Planta los Berros, pero al llegar a un grifo su calidad ha cambiado por diferentes consecuencias y la población prefiere consumir agua purificada. Sin embargo, esta calidad de agua ha manejado varias estrategias de mercadotecnia y ha logrado que porcentaje de la población en México la prefiera, aunque los efectos por haberse sometido a diferentes temperaturas y ondas electromagnéticas, aun no son motivo de estudio y es considerado como algo absurdo de pasar.

Para explicar los efectos que tiene el agua purificada sobre el cuerpo, basta recordar que el cuerpo humano es 70 por ciento agua, es decir somos una gran molécula de agua que se sostiene e interactúa con todo lo que le rodea desde su fecundación, y a lo largo de su vida va transformando y representa lo que consume. Por eso es importante tener cuidado de las bebidas que se consumen en las diferentes presentaciones comerciales, pues analicemos que su proceso de producción consiste en los pasos siguientes:



- Fuente
- Tratamiento
- Almacenamiento en bodega
- Transportación
- Carga y descarga
- Transporte a almacenes finales y
- Consumo

Lo anterior nos conlleva a decir que el consumir un agua que ha pasado por muchos tratamientos solo previene de enfermedades gastrointestinales, la pérdida de sales y toxinas del cuerpo humano; y en algunos casos representa un status social, pero contundentemente no interfiere sobre en el estado de ánimo de quien la ingiere.

La importancia de citar este equipo fue conocer las características generales de su funcionamiento y la necesidad de integrar este sistema a los equipos de tratamiento de agua para activar el agua de lluvia que se capta en los techos, de este modo proponer al usuario un producto que pueda mejorar su calidad de vida a corto plazo.

## **Calidad 6. Tratamiento biológico de Aguas Residuales para Reúso en riego y WC**

Uno de los retos ambientales más fuertes en el mundo es el prevenir y combatir la contaminación del agua. Por lo anterior unos de los problemas más comunes dentro de las administraciones públicas es lo referente a dar cumplimiento a las normatividades ambientales vigentes sobre el tratamiento de las aguas residuales que genera cada municipio y delegación.

Cuando hay interés la mayoría de las tomadores de decisión opta por sistemas lagunares de oxidación que en volumen son más económicas, por que operan solas,

pero que requieren de superficies de terreno muy grandes, luego en las lagunas ha acumulación de lodos y se requiere desazollarlas.

La otra opción (cuando se cuenta con mayor capacidad económica) es la de invertir los recursos en la construcción de plantas tratadoras más tecnificadas y sofisticadas cuya inversión es de varios millones de pesos y que requieren de personal altamente calificado. Estas han tenido éxito por generar empleos.

En la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios decreta en el Artículo 134 inciso II la responsabilidad a los Organismos Operadores de Agua de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales. Aunque a primera instancia hacen falta estrategias para hacer cumplir tales decretos y al momento es triste mencionar que las Direcciones de Agua Potable y Alcantarillado de delegaciones y municipios se mencionan de manera muy escueta el tratamiento de aguas, pero sin ningún objetivo y programa de trabajo. Lo cual hace que personas físicas y jurídica descarguen aguas residuales, desechos, sólidos y líquidos producto de procesos industriales en drenajes, ríos y lagunas, aun cuando se señala en el Artículo 154 incuso XXII y XXIII las consecuencias del incumplimiento de tales decretos.

La importancia de implementar estos sistemas de tratamiento de agua residual en casa habitación, residencias, departamentos y en la industria, ayuda a contribuir a hacer un uso sustentable del recurso agua e incluso se tendrían menos pérdidas por fugas en las redes de conducción. Económicamente para el usuario se reduce la tarifa por el pago de suministro de agua.

La ventaja de estos sistemas es su instalación modular, la cual permite que se inicie con un porcentaje de tratamiento y posteriormente se llegue a una eficiencia del cien por ciento.

A continuación se describe el funcionamiento del sistema de tratamiento y donde ya se tiene experiencia en su funcionamiento.

De acuerdo a estudios realizados por Envir e investigaciones realizadas por empresas en México, el sistema funciona mediante la aplicación del producto POLYDEX, el cual aumenta la actividad de las bacterias responsables de la licuefacción (movimiento de sólidos desde el fondo de los tanques hasta la superficie, suspendiendo uniformemente estos a través del líquido) también elimina la necesidad de vaciar los sólidos acumulados en el fondo de cada depósito.

**Cuadro 2.10 Reacciones generadas en cada módulo de la planta.**

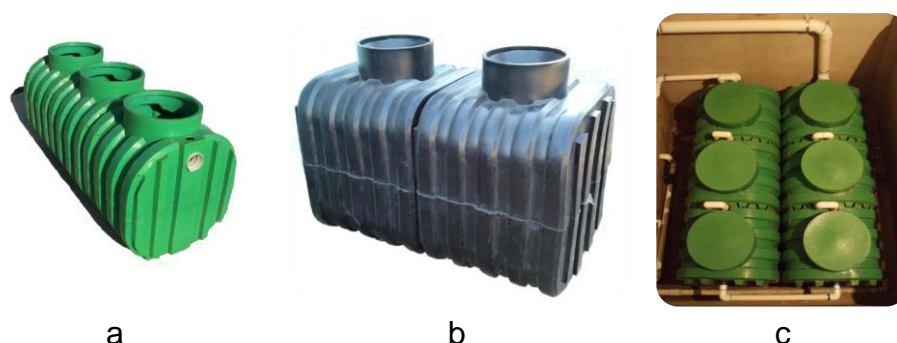
Reactor biológico	Segundo modulo	Tercer modulo
En este punto el agua tiene alta concentración de materia orgánica que es descompuesta y transformada en compuestos coloidales y solubles, para finalmente después de reacciones bioquímicas y enzimáticas producir Sulfato de amonio y fosfato de amonio entre otros.	Se inhiben los procesos enzimáticos de las bacterias que tienen ciclos productores de metano, ácido sulfhídrico, y ácidos butílicos.  Se disminuyen los malos olores y el agua esta más limpia.	La materia orgánica ha sido transformada en abono orgánico, el agua ya no tiene mal olor.

El producto POLYDEX es un químico que se agrega diariamente al agua residual en un punto de descarga. Donde su principal función es inhibir a las bacterias anaerobias responsables de la producción de malos olores y gases. Sobre todo estimular el metabolismo y el desarrollo de las bacterias aerobias y facultativas, ocasionando que se multipliquen rápidamente y siendo las predominantes en el agua (Envir, 2011). Además, mejora la calidad del efluente, reduciendo el nivel de coliformes fecales y la carga de DBO a un punto permisible para las normas ECOL-001 96, ECOL-002 96 y ECOL-003 96 de SEMARNAT.

Biodex plus. Regulador de bacterias para el control de malos olores, reducción de gases amoniacales y degradación de grasas y residuos orgánicos, taponamientos, y bacterias en cocinas y baños de hoteles, restaurantes, industria de alimentos y centros de recreación en general.

Es importante mencionar que el uso de sustancias bactericidas como cloro, productos de limpieza a base de aceites de pino, desactivan el reactor biológico y por ende implica retirar todo el agua de los módulos para su limpieza y reactivación.

Para el proceso de activación de la planta se requiere llenar los módulos con agua orgánica (agua de WC, regaderas y lavabos), posteriormente dejar un periodo de 48 horas de retención, y al tercer día dejar pasar el agua que se genera en el sitio (Figura 2.18).



**Figura 2.18 Modelos de plantas para el tratamiento biológico de aguas residuales, (a) 1200, (b) 1600 y (c) 2400.**

**Cuadro 2.11 Rango de dosificación de polydex diariamente.**

Número de Usuarios	Dosis de inicio en ml	Dosis por semana ml	Microplantas usadas	Dosis por día ml
4	500	17.50	1	2.5
6	500	26.25	1	3.75
8	500	35.00	2	5
10	500	43.75	2	6.25

Es importante no dejar de aplicar la dosis todos los días, de lo contrario no se tendrá una eficiencia constante del tratamiento de agua.

Los componentes de este sistema de tratamiento de agua residual son los siguientes:

**Registro.** Su función es detener la materia inorgánica como pañales, bolsas de plástico, y otros productos que por accidente caen en los WC, ya que si llegan al reactor el sistema se desactiva. Es decir, se tendrían unas 48 horas sin tratamiento y el agua se enviaría al drenaje.

**Planta de tratamiento.** Su elección puede realizarse de acuerdo al número de casas organizadas para tratar el agua o bien considerar el volumen de agua generada por día. Es importante seleccionar el equipo que tenga periodos de retención de dos días para tener mayores resultados.

En el cuadro siguiente se presenta la cantidad de agua que el Gobierno del Distrito Federal estableció a partir del 2010.

**Cuadro 2.11 Porcentaje de agua residual que se puede tratar para el reúso en WC.**

Uso del agua en casa	Litros por persona por día	Porcentaje
Número de personas	4	
<u>WC</u>	<u>27</u>	<u>19</u>
<u>Regadera</u>	<u>40</u>	<u>28</u>
<u>Lavar ropa y platos</u>	<u>42.5</u>	<u>30</u>
<u>Cocina</u>	<u>9</u>	<u>6</u>
Alimentos	3	2
<u>Riego, carro y otros</u>	<u>19</u>	<u>14</u>
Total	562	100

De la cantidad total que se tiene en el cuadro anterior, el 84 por ciento del agua (filas subrayadas) se puede tratar y ahorrar un 33 por ciento en el ahorro de agua potable que se usa en WC y riego de áreas verdes.

**Cuadro 2.12 Datos técnicos para seleccionar el modelo de la planta de tratamiento.**

<b>Modelo</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Casas</b>
1200	2.22	0.78	1.13	2
2400	2.22	1.56	1.13	4
2500	2.85	1.07	1.40	4

**Tanque de reservorio.** Por gravedad el volumen de agua que se usa en los WC y entra a la planta, reemplaza un volumen y este llega a este reservorio donde se aplica ozono.

**Bomba y tratamiento adicional.** Al agua se le hace pasar por filtros para el control de sedimentos y eliminación de olores, de esta manera se pueda usar sin ningún problema en los WC o riego de hortalizas en terreno natural o en invernaderos con sustratos.

En seguida se presenta un diagrama de flujo y los componentes principales de la planta modelo 2500 lpd.



Figura 2.19 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento biológico de aguas orgánicas.

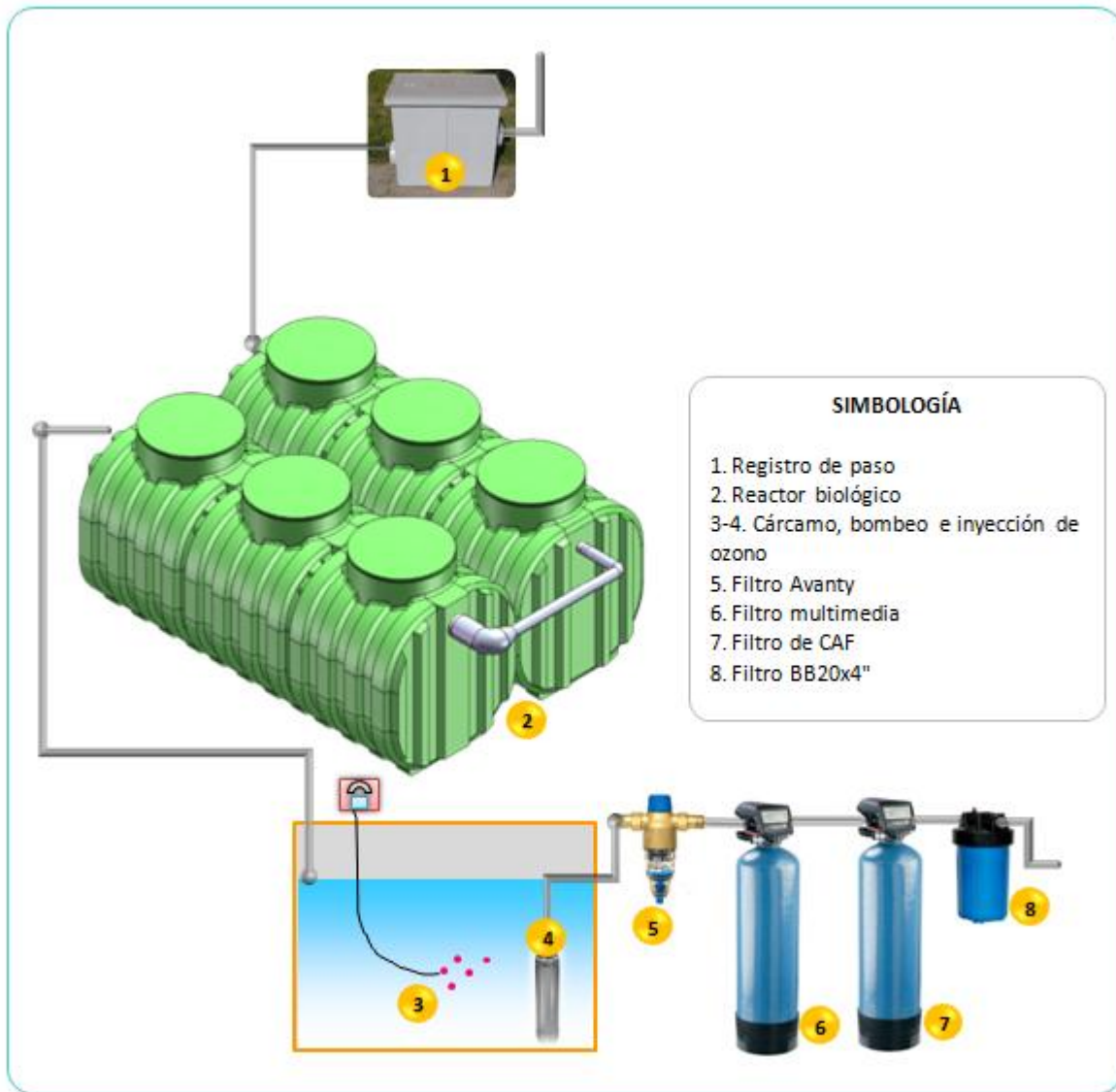


Figura 2.20 Componentes principales de planta de tratamiento biológica modelo 2500 litros por día.

### Mantenimiento

- Registro de paso. Limpiar una vez por semana los sólidos inorgánicos como **pañales, toallas sanitarias y bolsas**. Ya que **obstruirían el libre flujo del agua a través de la microplanta**.
- Reactor biológico. Cuando sea necesario o bien se tengan malos olores en el cárcamo.



- Tratamiento adicional. Realizar el retrolavado de avanty y filtros multimedia y CAG una vez por semana. El filtro BB20x4” se debe cambiar anualmente.

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

- Reducir costos por el suministro de agua
- Contribuir a reducir las fugas generadas en la red de conducción del agua potable.

### Calidad 7. Biodigestores para el tratamiento de aguas residuales orgánicas



**Figura 2.21 Biodigestor de geomembrana, (a) doméstico y (b) industrial (Aqualimpia, 2009).**

Los biodigestores son estructuras herméticas que se pueden construir de concreto, metal, geomembrana y combinados para el tratamiento de desechos orgánicos volátiles, utilizando bacterias anaerobias para producir biogás y fertilizante orgánico.

El volumen de biogás y fertilizante generado depende de la cantidad y tipo de biomasa, de la carga orgánica volumétrica y del tiempo de retención (Aqualimpia, 2009).

En México existe un sinnúmero de organizaciones y empresas que ya ofertan estos servicios en sistemas modulares, flexibles, diseñados especialmente para usuarios de pequeñas granjas, la cual es una solución para el tratamiento de los desechos de granjas. Para el año 2006 la SAGARPA Y FIRCO han financiado la construcción de biodigestores industriales para la generación de energía eléctrica, además se ha entrado al mercado de los bonos de carbono.

Los bonos de carbono son importantes para México, pues es el 13avo país en el contexto internacional en la emisión de los Gases de Efecto Invernadero con el 1.6 por ciento de las mismas. No atacar este fenómeno del cambio climático se podría llegar a costar en promedio en el tiempo el 6 por ciento del PIB (CEMDA, 2011).

En el ámbito rural se han transferido sistemas como el mostrado en la siguiente figura:



**Figura 2.22 Componentes de biodigestor rural. (1) Drenaje del corral, (2) Entrada de estiércol, (3) Reactor, (4) Salida de Biol, (5) Salida de biogás, (6) Reservorio de biogás y (7) Filtro.**

Las ventajas importantes son:

- Producción de fertilizante orgánico llamado Biol, este es rico en nitrógeno y fosforo.
- Una granja Saludable. Se eliminan malos olores, moscas, y problemas de salud en familia.
- Ambientalmente. Reducción en la emisión de gases de efecto invernadero al utilizar y captar el metano.
- Reducción de la tala de árboles para generación de leña.

**Cuadro 2.13 Tamaños del biodigestor de acuerdo a la carga orgánica de porcino, ovino y conejo, recolectada diariamente para una zona centro 15-23 °C (Biobolsa, 2011).**

<b>Tamaños de Biobolsa</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Sólidos/día</b> (lts)	<b>Cubetas</b> (19 lts )	<b>Producción de biogás</b> (m <sup>3</sup> )
4	29	1.5	0.9
8	58	3	1.8
12	86	4.6	2.6
16	115	6.1	3.5
20	179	9.4	4.4
30	268	14.1	7.0
50	446	23.5	11.0

Para seleccionar el tamaño del biodigestor, se procede de la siguiente manera:

- Levantar los reducidos por un periodo de tres días y medirlos con una cubeta de 20 litros y al tercer día hacer un promedio (Biobolsa, 2011).
- El valor obtenido en el paso anterior se busca en el cuadro anterior y ese es el tamaño del biodigestor.

#### Ventajas (Ruiz, 2001):

- Reducción de costos de operación del 30 al 60 por ciento cuando se introducen una o más etapas anaerobias
- No requiere de otras etapas de tratamiento previas o posteriores como el de lodos activos.
- No se requiere consumo de oxígeno, ahorrando la energía de bombeo de aire.
- Se generan cantidades de lodo muy inferiores a las producidas en el proceso aerobio, y en un mayor grado de mineralización, concentración y fácil deshumidificación.
- Se puede recuperar la inversión sustituyendo el biogás por gas LP.
- Se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se pueden vender bonos de carbono.
- El *biol* tratado con un sistema de filtración y desinfección con radiación ultravioleta puede usarse como fertilizante orgánico para hortalizas.
- El lodo generado es un excelente mejorador de suelos (López, 2007)
- Permite el reúso del agua tratada en el riego restringido, limpieza básica y servicios.
- No tiene equipos electromecánicos.
- Requiere menor espacio que una planta aerobia.
- Remoción del 100% de helmintos.

#### Desventajas

- El proceso de activación del sistema tarda en promedio 35 días
- Realizada la activación de las bacterias anaerobias, el flujo de agua residual orgánica debe ser constante, de lo contrario se debe reiniciar el sistema.
- Se debe adquirir una parrilla para evitar el deterioro de los pilotos de estufas.

#### 2.11.4 Gestión inteligente de sistema de aprovechamiento del agua de lluvia

La gestión del agua es un sistema de monitoreo y control que regula la entrada del agua de la red pública cuando hay lluvias, que permite el aprovechamiento de este recurso y dependiendo de la zona se puede tener un ahorro de hasta un 60 por ciento de agua potable. Cabe señalar que el equipo puede contar con sensor o una válvula que permite enviar el agua por un equipo de potabilización o purificación.

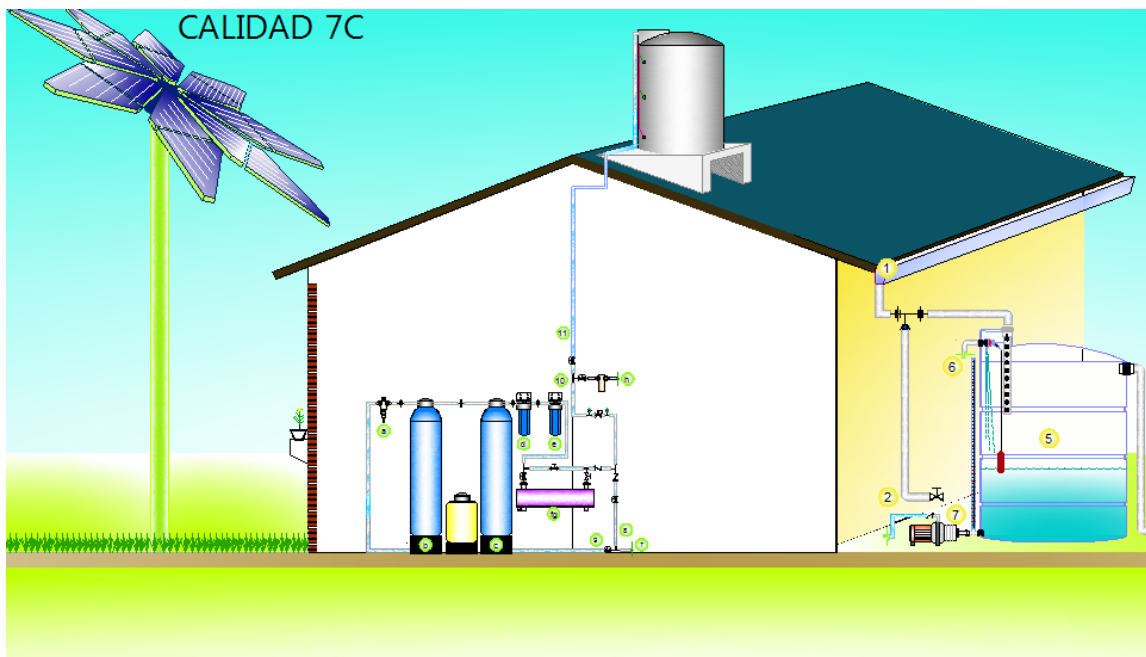


Figura 2.23 Diagrama típico del sistema de gestión de agua pública-lluvia.

La calidad 7C representa a un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia para uso en la industria y comercial.

#### 2.11.5 Bombeo de agua con energía solar Fotovoltaica (FV)

El bombeo de agua con energía solar FV se aplica solo si se cumplen las siguientes condiciones:

$m^4 > 2000$  – el bombeo de agua no es práctico

$50 < m^4 < 1500$  – el bombeo solar es adecuado

$m^4 < 50$  – es más práctico bombear con una bomba de pedal

En donde:

$m^4$  = es la potencia requerida, se obtiene de la CDT (m) x Flujo ( $m^3$ ).

CDT = es la Carga Dinámica Total, en metros

Una vez confirmado lo anterior es importante conocer los componentes que integran un sistema de FV.

#### **a. Análisis de cargas eléctricas**

Los dispositivos que en su operación utilizan la energía eléctrica son conocidos como cargas eléctricas y estas son las que determinan el tamaño y el costo de un sistema fotovoltaico. Para calcular la energía eléctrica promedio consumida diariamente, expresada en watt hora (Wh), se hace una lista con los dispositivos, las medidas de cada carga y las especificaciones eléctricas incluyendo los voltajes, corrientes y potencias de corriente alterna y directa de cada carga, así como las horas promedio por día y días por semana que será usada la carga (Cuadro 2.14).

**Cuadro 2.14 Cálculo para la estimación de carga para un sistema FV**

Cargas individuales	Cantidad	x	Voltaje	x	Corriente	=	Potencia		x	Uso	x	Uso	/	7 días	=	Watt Horas	
							Watt									CA	CD
			(Volts)		(A)												
Bomba 1 HP	1					=	746		x	1	x	7	/	7	=	746	
Potencia total conectada (watt)							746			Carga CA promedio diaria						746	
Potencia CD total conectada (watt)							0			Carga CD promedio diaria						0	

Fuente: SEI, 2007.

## **b. Módulos fotovoltaicos**

La unidad básica de un sistema fotovoltaico es la celda fotovoltaica. Las celdas son dispositivos eléctricos que convierten la luz del sol en corriente eléctrica directa gracias al efecto fotovoltaico.

Un módulo es un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en serie o serie-paralelo para producir el voltaje y corriente que se desea. Cuando las celdas FV se conectan en serie el voltaje se suma mientras la corriente permanece constante, en el mercado hay módulos que generan de 5 a 300 watt.

Las celdas solares presentan ciertas características eléctricas que son de gran importancia conocer para el diseño de los arreglos FV y se describen a continuación:

*Punto de máxima potencia ( $V_{mp}$  e  $I_{mp}$ ).* Es el punto de operación en el cual el modulo produce la máxima salida en las condiciones de operación indicadas, es decir el sistema esta con carga y en la celda una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  y  $1000\text{ W m}^{-2}$ .

*Voltaje de circuito abierto ( $V_{ca}$ ).* Es el voltaje potencial máximo obtenido cuando no se esta extrayendo corriente del modulo, en este proceso se experimenta una máxima tensión eléctrica.

*Corriente de corto circuito ( $I_{cc}$ ).* Es la máxima corriente de salida que puede alcanzarse por el modulo bajo las condiciones de un circuito sin resistencia o en corto circuito.



## Arreglos fotovoltaicos

Un arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie y/o paralelo. Los arreglos en serie se suman los voltajes de cada módulo y la corriente permanece constante (A). En el paralelo la corriente de cada módulo se suma y el voltaje permanece constante.



**Figura 2.24 Arreglo fotovoltaico interconectado a la red eléctrica pública, Condesa, México D.F (2009).**

### c. Baterías

En los sistemas FV se usan las baterías de plomo-acido por estar diseñadas para ciclos profundos (es decir pueden ser descargadas hasta el 80% de su carga), en cambio las baterías de automóviles no son recomendables para aplicaciones FV.

En el bombeo de agua las baterías son indispensables para dar la sobretensión necesaria para arrancar los motores.

Una de la desventaja de las baterías es no ser 100% eficientes y la energía se pierde, como calor y en las reacciones químicas, durante la carga y descarga. Por lo tanto deben añadirse módulos fotovoltaicos adicionales al sistema para compensar las pérdidas.

También se necesita de un controlador de carga FV el cual observa constantemente el voltaje de la batería. Cuando las baterías están completamente cargadas, el controlador detendrá o disminuirá la cantidad de corriente que circule desde los paneles a la batería. Cuando las baterías se descargan a un nivel bajo, el sistema desconectará la corriente que fluye de las baterías a los aparatos conectados a la Corriente Directa (CD). De esta manera se evita la pérdida excesiva de electrolito líquido lo que incrementa las necesidades de mantenimiento y reduce la vida de la batería (SEI, 2007).

La configuración de la conexión de las baterías se realiza con su capacidad en Ampere hora (Ah) deseado. La capacidad esta con basa en la cantidad de energía necesaria para operar las cargas y cuantos días de energía almacenada será necesaria debido a las condiciones meteorológicas. Por ejemplo en teoría una batería de 100 Ah debe suministrar un Ampere durante 100 horas o 2 amperes en 50 horas antes que se descargue.

#### **d. Inversor**

Los inversores son sistemas que cambian la Corriente Directa (CD) de los módulos FV y las baterías a Corriente Alterna (CA) y finalmente para alimentar las cargas de Corriente Alterna. Los inversores también pueden alimentar a la red electricidad y esto ocurre cuando el arreglo FV produce más energía de la que se esta utilizando, el exceso se vende a la compañía eléctrica a través del medidor eléctrico, en caso que se consuma más energía de la que puede dar el arreglo FV, la red le proporciona la diferencia.

Los inversores tienen una eficiencia de conversión del 90% o más de la Corriente Directa de entrada en Corriente Alterna de salida. En el diseño de estos sistemas es importante usar uno para alimentar cargas por debajo de su capacidad nominal (CNP), pero también estar seguro que en época de verano cuando el voltaje disminuya, este no debe ser inferior a la ventana del voltaje de operación, porque entonces el inversor se apagará y no habrá generación de energía. Tampoco se

debe descuidar que si el voltaje supera la ventana del inversor, los fabricantes anulan la garantía del producto.

#### **e. Alambrado (cableado)**

Los sistemas de alambrado de corriente directa son sustancialmente diferentes de los sistemas de convencionales de alambrado de corriente alterna de las casas. Los sistemas de CD usan bajos voltaje y la corriente fluye en una sola dirección.

Para seleccionar el tamaño del alambre se deben considerar dos criterios importantes: la capacidad de corriente y la caída de tensión o voltaje. El primero se refiere a la capacidad que tiene el alambre de transportar la corriente, mientras más grueso es el alambre, es mayor su capacidad de transportar la corriente, generalmente cuando se usa uno de menor capacidad de transporte hay un sobrecalentamiento y esto significa pérdida de energía y da lugar a un derretimiento del aislante.

Cuando se calculan las dimensiones del alambre, se recomienda:

- Hallar la máxima carga de corriente. Esta es la máxima corriente que pasará en un momento por los circuitos del sistema FV.
- Para los alambres que van de los paneles FV a los controles o baterías use la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) multiplicada por el número de paneles en paralelo.
- Para los alambres desde la batería hasta el panel de servicio CD se usa la corriente de carga total y luego multiplicarla 1.25, para que el conductor nunca lleve más del 80% de su capacidad nominal.

La caída de voltaje es la pérdida de tensión debido a la longitud y resistencia del alambre. Se recomienda que en los diseño no se sobrepasar las pérdidas del 2 al 5 % para evitar tirar el dinero invertido en los paneles.

f. Hoja de cálculo para el arreglo de un sistema de bombeo de agua autónomo sin baterías

DATOS GENERALES	
Volumen de agua necesaria por día	
Insolación del sitio (h-pico/día)	
Régimen de bombeo (lph)	
Carga Dinámica Total (m)	

INFORMACIÓN DE LA BOMBA Y MOTOR	
Marca	
Modelo	
Tipo de bomba	
Tipo de motor	
Voltaje de operación c.a/c.c	
Eficiencia de la bomba	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumen de agua necesario por día (lpd)	Carga Dinámica Total (m)	Factor conversión	Energía Hidráulica (Wh/día)	Eficiencia de la bomba (decimal)	Energía del arreglo FV (Wh/día)	Voltaje nominal del sistema (V)	Carga eléctrica (Ah/día)	Factor de rendimiento del conductor (decimal)	Carga eléctrica corregida (Ah/día)	Insolación del sitio (h-pico/día)	Corriente del proyecto (A)
-	x -	/ 367	= -	/ -	= -	/ -	= -	/ 0.950	= -	/ -	/ -

INFORMACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO	
Marca	
Modelo	
Tipo	
Vmp:	Voc:
Imp:	Isc:

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Corriente del proyecto (A)	Factor de reducción del módulo (decimal)	Corriente ajustada del proyecto (A)	Corriente Imp del módulo (A)	Módulos en paralelo (núm. entero)	Voltaje nominal del sistema (V)	Voltaje Vmp del módulo (V)	Módulos en serie	Total de Módulos (20*17)	Corriente Imp del módulo (A)	Voltaje Vmp del módulo (V)	Tamaño del arreglo fotovoltaico (W)
-	/ 0.95	= -	/ -	= -	/ -	= -	= -	= - x -	x -	x -	= -

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Módulos en paralelo	Corriente Imp del módulo (A)	Voltaje Nominal del sistema (V)	Factor de rendimiento del sistema (decimal)	Factor de conversión	Insolación del sitio (h-pico/día) (V)	Factor de reducción del módulo (decimal)	Carga Dinámica Total (m)	Agua Bombeada (V/día)	Insolación del sitio (h-pico/día) (V)	Régimen de bombeo (lh)
-	x -	x -	x -	x 367.00	x -	x 0.95	/ -	= -	/ -	= -

**g. Hoja de cálculo para el arreglo de un sistema autónomo con baterías y tratamiento de agua con UV**

<b>BATERÍAS</b>						
Carga CA (wh/día)	/	Eficiencia del inversor	+	Carga CD promedio diario (wh/día)	/	Voltaje CD del sistema = Promedio diario Ah
	/	0.9	+		/	=
Promedio diario Ah	x	Días de autonomía	/	Límite de descarga	/	Capacidad Ah de la batería = Baterías en paralelo
	x	4	/	0.5	/	=
Voltaje CD del sistema	/	Voltaje de las baterías	=	Baterías en serie	x	Baterías en paralelo = Total de baterías
	/		=		x	=
Especific. de la Batería		Marca:		Modelo:		
<b>ARREGLO PANELES FOTOVOLTAICOS</b>						
Ah/día promedio	/	Eficiencia de la batería	/	Horas sol pico/día	=	Corriente pico del arreglo
	/	0.8	/		=	
Corriente pico del arreglo	/	Corriente pico del módulo	=	Módulos en paralelo		Corriente de corto circuito del módulo
	/		=			
Voltaje CD del sistema	/	Voltaje nominal del módulo	=	Módulos en serie	x	Módulos en paralelo = Total de módulos
	/		=		x	
<b>CONTROLADOR</b>						
Corriente de corto circuito del módulo	x	Módulos en paralelo	x	1.25	=	Corriente de corto circuito del arreglo al controlador
	x		x	1.25	=	
Potencia total conectada CD	/	Voltaje CD del Sistema	=	Corriente máxima en cargas CD		
	/		=			
Voltaje CD del sistema	/	Voltaje nominal del módulo	=	Módulos en serie	x	Módulos en paralelo = Total de módulos
	/		=		x	
<b>INVERSOR</b>						
Potencia CA total conectada		Voltaje CD del sistema		Potencia de sobretensión Estimada W		
Especific. Del inversor		Marca:		Modelo:		

Se concluye que la problemática del acceso al agua continuará si al gobierno federal no se le proponen políticas públicas, pues las tecnologías existen y solo falta realizar las propuestas muy bien sustentadas en todos los diagnósticos realizados por investigadores y universidades. Por ello planteamos la siguiente hipótesis.

### **3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis**

La creación de nuevas estrategias para abastecer de agua para consumo humano, uso doméstico y productivo en función de las condiciones culturales, sociales, ambientales y modos de producción de la población en zonas marginadas y urbanas puede contribuir a mejorar el desarrollo social, económico y ambiental.

#### **3.2 Objetivo general**

Formular estrategias y escenarios para el abastecimiento de agua a comunidades marginadas y urbanas atendiendo las demandas actuales y futuras.

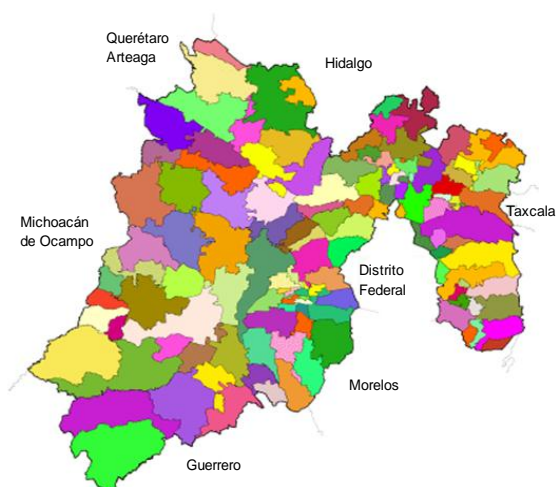
#### **3.3 Objetivos específicos**

- Generar estrategias para reducir la escasez de agua, hacer un uso más eficiente y responsable del líquido y contribuir con la educación ambiental.
- Proponer una metodología de diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia que garantice la disponibilidad de agua anualmente y reduzca los costos de inversión de sus componentes.
- Generar escenarios económicos de abastecimiento y tratamiento de agua de lluvia y residual para una zona marginada en el Estado de México; urbana, residencial y media industrial en el Distrito Federal.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Características generales del Estado de México

El sitio de trabajo y estudio es en el Estado de México y DF se encuentra dentro de la zona geográfica de tres cuencas principales, las cuencas del Valle de México, del Río Lerma y del Río Balsas. La cuenca del Valle de México está situada en el Norte y Noreste del Estado e incluye el Distrito Federal y partes de los estados de Hidalgo y Tlaxcala. En dichos estados viven 22 millones de personas, 10 millones de las cuales residen en la zona de la cuenca del estado de México (CAEM, 2006).



**Figura 4.1 Ubicación del Estado de México y DF.**

### 4.2 Materiales

A continuación se presentan los materiales que se utilizaron para la realización de esta investigación:

- Base de datos de localidades sin acceso a agua potable de la CONAPO.
- Encuesta y entrevista,
- Información de materiales y costos de sistemas de abastecimiento tradicional y moderno,

- Estrategias actuales de abastecimiento de agua en zonas marginadas y urbanas,
- Propuestas de marco legal del agua,
- Ley Nacional de Aguas,
- Reglamento de la ley del agua del Estado de México,
- Sistemas de Información geográfica.

### 4.3 Metodología

Como el objetivo principal es la formulación de estrategias y escenarios para mejorar el abastecimiento de agua para diversos usos, y en diversas zonas con diferentes condiciones socioculturales, económicas y modos de producción de los usuarios. Fue necesario realizar la investigación por etapas, de esa manera no solo buscar consecuencias, sino también proponer técnicamente SCALL y equipos de tratamiento más económicos, fáciles de transferir y adoptar por los usuarios.

Inicialmente se consideraron cinco escenarios de caso: *casa rural marginada*, *casa urbana*, ***residencia***, ***mediana industria e industrial***. Sin embargo, el ser la captación un tema tan antiguo y tan nuevo para las administraciones en delegaciones del DF y en municipios del Estado de México, solo se transfirió la residencial y la mediana industria.

#### En la etapa 1.

- Se integró material de diversas fuentes, oficiales, archivos de periódicos, y análisis académicos, incluyendo visitas de campo. Se dirigieron entrevistas personales con comités de agua potable, en especial la del Estado de México, con la idea de conocer las medidas que se tienen definidas para incrementar la cobertura por el servicio de agua en el sector rural, peri-urbano y urbano.



- Se realizó una revisión de los programas de capacitación hidráulica de los operadores del sistema existente y se encontró que hay un bajo nivel técnico de los trabajadores quienes fungen como responsables.
- Se creó una metodología para el dimensionamientos de los sistemas de captación de agua de lluvia y estimar las precipitaciones pluviales netas con probabilidad de ocurrencia del noventa por ciento.

## **Etapas 2.**

- Planteamiento de estrategias y escenarios de abastecimiento de agua. Una vez recabada la información de la etapa 1, se realizaron escenarios con indicadores económicos, demostrando que la integración de proyectos con un mismo fin permite generar soluciones sustentables y económicamente rentables.
- Se buscaron estrategias para que la gente de diversas zonas, regrese a si misma e inconscientemente la confianza y responsabilidad por el cuidado de su infraestructura hidráulica del sitio donde vive.

## **Etapas 3.**

- Se buscó la gestión pública y privada para la transferencia de algún sistema SCALL o de tratamiento, de esa manera evaluar su impacto económico, social y ambiental. Logrando transferir dos sistemas.
- Como apoyo se diseñó y desarrollo un sistema en Excel que permite estimar las dimensiones y costos de los componentes de captación y de tratamiento.

#### **4.4 Diseño de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL)**

Independientemente del destino y usuario final se puede considerar que un sistema de abastecimiento típico se refiere al conjunto de instalaciones destinadas a su captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, transporte y distribución del agua hasta los consumidores, con una dotación y calidad potable. Sin embargo, la dotación de agua de fuentes subterráneas y alejadas se vuelve un asunto de seguridad nacional y por ello cada día hay más personas, empresas, industrias, instituciones y programas de gobierno que están adoptando y apoyando económicamente estos sistemas de abastecimiento de agua renovable en el país. Por ello es importante presentar esta metodología para el dimensionamiento de cada uno de los componentes que integran un SCALL, de esta manera no incurrir en un sobredimensionamiento de los colectores, dispositivos para control de sedimentos, línea de conducción, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia.

Por ejemplo, se recomienda que para determinar el volumen de agua anual que escurrirá sobre una superficie impermeable, no se estime con una precipitación promedio anual de los años con registro, ya que se estaría asumiendo un evento hidrológico de magnitud que ocurre cada 2 años (una probabilidad del 50% de ocurrencia y del 50% de no ocurrencia), razones como esta ocasionan tener cisternas con una eficiencia de operación baja y con altos costos de mantenimiento. Entonces un sistema adecuado es aquel que se diseña con un periodo de retorno mayor 1.053 y menor a 2 años. Sin embargo para realizar este proceso es necesario contar información meteorológica, características del edificio y de consumo de agua.

Información meteorológica:

- Precipitación pluvial mensual y diaria de por lo menos los últimos 10-30 años de registro
- Lluvias máximas diarias registradas del periodo de registro
- Número de días con lluvia de cada mes

- Intensidad registrada

Características del edificio:

- Tipo de edificio
- Uso del edificio
- Superficie del techo o área de captación horizontal
- Tipo de tejado
- Tipo de material del área de captación
- Distancia y desnivel del área de captación al piso y de este al sitio de almacenamiento
- Ubicación del drenaje público
- Mecánica de suelos (solo si se construirá una cisterna o tanque enterrado).

Información de consumo de agua:

- Uso del agua
- Volumen de agua demandada
- Superficie de áreas verdes
- Disponibilidad de espacio para ubicar el sistema de almacenamiento de agua.

#### **4.4.1 Estimación de la lluvia de diseño**

En muchos de los problemas hidrológicos es necesario determinar la magnitud de la precipitación promedio sobre un área, para una tormenta determinada o para un periodo de tiempo dado, comúnmente un año.

El procedimiento para estimar la lluvia de diseño consiste en los pasos siguientes:

**Ubicar en una imagen de satélite o Google Eart el sitio y las estaciones más cercanas.**

En la figura siguiente mostramos un ejemplo de un sitio con las estaciones más cercanas y que corresponden a Colonia Educación, Tlahuac, Colonia Marte, Los Reyes y Nezahualcóyotl.



**Figura 4.2 Ubicación de Sitio 1 y estaciones meteorológicas vigentes en el SMN.**

Para seleccionar la estación más adecuada y confiables se recomienda proceder por alguno de los métodos de interpolación, isoyetas, media aritmética de todas las estaciones, pero la más adecuada es seleccionar la más cercana al sitio y con información meteorológica (en este caso de precipitación) completa.

### **Análisis de calidad de datos**

Los datos de precipitación mensual para los años con registro se recomiendan someterla a un análisis de calidad, que consiste en detectar valores erróneos o

dudosos, ya sea por ser demasiado grandes o pequeños. Por eso es importante comparar estos valores con estaciones cercanas o bien se eliminan.

### **Determinar la longitud necesaria de registro**

J. B. Portugal (1960) menciona los promedios mensuales y anuales de 10 años de registro son representativos para sitios donde el coeficiente de variación (Cv) es bajo y donde es alto, se requieren períodos de registro mayores a 30 años.

Es decir Cv menor a 0.20 indica una aceptable longitud de la serie y una moderada variabilidad. Valores de Cv mayores a 0.25 indica que la serie de datos es corta para obtener de ella datos confiables y la lluvia es altamente variable (Campos, 1998).

El coeficiente de variación se obtiene con la expresión siguiente:

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (1)$$

Donde:

S= desviación típica o estándar, mm

$\bar{x}$ = es la media aritmética

Ahora si contamos con información y deseamos determinar el nivel de confianza de estos datos, se procede a determinar la longitud de registro necesaria para obtener una distribución de probabilidades relativamente constante. Para esto se emplea la estadística de la media para determinar el valor medio de los datos dentro de ciertos límites seleccionados de la media poblacional ( $\mu$ ), comúnmente 5 o 10%, esto implica que  $\mu$  variará entre  $0.95\bar{x}$  y  $1.05\bar{x}$ , o bien entre  $0.90\bar{x}$  y  $1.1\bar{x}$ . Para realizar este análisis se emplea la t de Student de dos colas, con  $v = n - 1$  grados de libertad ( $n$  es el tamaño buscado) y nivel de significancia  $\alpha$ .

De la ecuación t se despeja  $n$  y se obtiene:

$$n = \frac{t^2(Cv)^2}{e^2} \quad (2)$$

En donde e es el límite de exactitud que se desea y por lo tanto  $\bar{x}(1 - e)$  y  $\bar{x}(1+e)$  son los llamados límites de confianza de  $\mu$ .

La expresión que define n se resuelve por tanteos, pues el valor de t es función de n. El valor de  $\alpha$  es función de la probabilidad adoptada para que la media del registro de tamaño n esté dentro del límite e, la probabilidad aceptada es 95%, y  $\alpha = 5\%$ ; finalmente el valor de t se obtiene de tablas.

**Cuadro 4.1 Distribución t de Student.**

<b>Grados de libertad</b>	<b>Nivel de significancia 5%</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Nivel de significancia 5%</b>
1	12.706	17	2.110
2	4.303	18	2.101
3	3.182	19	2.093
4	2.776	20	2.086
5	2.571	21	2.080
6	2.447	22	2.074
7	2.365	23	2.069
8	2.306	24	2.064
9	2.262	25	2.060
10	2.228	26	2.056
11	2.201	27	2.052
12	2.179	28	2.048
13	2.160	29	2.045
14	2.145	30	2.042
15	2.131	40	2.021
16	2.120	60	2.000

## Selección de la función de distribución

Ciertamente existen muchas funciones de distribución de probabilidad, pero en hidrología solo tres son las más adecuadas para los escurrimientos anuales, y la selección esta en función del Coeficiente de variación (Cv) según Campos (1988).

**Cuadro 4.2 Selección de distribución de probabilidades más adecuada a volúmenes de escurrimientos anuales.**

Coeficiente de variación Cv	Coeficiente de oblicuidad (Asimetría) g	
	-1.5 a -0.2	-0.2 a +0.5
0 - 0.25	Normal	Log - Normal
0.25 - 2.0	Normal si Cs < 0.2	Log - Normal
	Weibull si Cs > 0.2	

En donde:

Cv = coeficiente de variación

g = coeficiente de oblicuidad

Cs = coeficiente de asimetría

En seguida se describen los pasos para determinar las funciones de distribución del cuadro 4.2.

### Distribución normal

Esta función es simétrica, con forma de campana y teóricamente representa la distribución de los errores accidentales alrededor de su media.

$$X = \bar{x} + K (S) \quad (3)$$

Donde:

X es la variable aleatoria de la ecuación general del análisis hidrológico de frecuencia.

K = es el factor de frecuencia.

### Log normal

La función es asimétrica con sesgo hacia la derecha y equivale a una distribución normal en la cual la variable se reemplaza por su valor logarítmico.

$$\log X = \overline{\log x} + K (Iv) \quad (4)$$

El factor de frecuencia K es sólo función de la probabilidad (P) o del periodo de retorno (Tr), obteniéndose del cuadro siguiente.

**Cuadro 4.3 Factores de frecuencia K de la distribución normal.**

<b>Grados de libertad</b>	<b>Nivel de significancia 5%</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Nivel de significancia 5%</b>
1	12.706	22	2.074
2	4.303	23	2.069
3	3.182	24	2.064
4	2.776	25	2.06
5	2.571	26	2.056
6	2.447	27	2.052
7	2.365	28	2.048
8	2.306	29	2.045
9	2.262	30	2.042
10	2.228	31	2.0399



11	2.201	32	2.0378
12	2.179	33	2.0357
13	2.16	34	2.0336
14	2.145	35	2.0315
15	2.131	36	2.0294
16	2.12	37	2.0273
17	2.11	38	2.0252
18	2.101	39	2.0231
19	2.093	40	2.021
20	2.086	60	2
21	2.08		

El índice de Variabilidad (Iv) se obtiene de los logaritmos decimales de los datos, con la siguiente expresión:

$$Iv = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \sum (\log x_i - \overline{\log x})^2 \quad (5)$$

Luego se calculan los valores de la variable X (lluvia o escurrimiento) para los periodos de retorno y factores de frecuencia utilizados (Ec. 4). Al valor obtenido de la Ecuación 4 se obtiene la función inversa de la potencia, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Log}_b x &= n \\ x &= b^n \end{aligned} \quad (6)$$

## Weibul

La fórmula de Weibul, es la más utilizada en hidrología, además es la más eficiente para las distribuciones no especificadas.

Expresión que define esta función es:

$$P(X \leq x) = \frac{m}{n+1} \quad (7)$$

En donde

$P(X \leq x)$  = probabilidad de no excedencia, decimal

m = número de orden del dato, ordenado de manera decreciente

n = número total de eventos en el registro histórico.

Una vez estimado las precipitaciones mensuales con el periodo de retorno seleccionado, se recomienda graficar cada uno de los valores estimados en una gráfica de dispersión y suavizarlos con una línea de tendencia (polinomio) y una  $R^2$  mayor a 0.90, de esta manera obtenemos una ecuación que expresa la variable dependiente  $y$  (precipitación) y una variable  $x$  (meses) que es conocida y por lo tanto permite calcular  $y$ .

### **Estimación del escurrimiento neto de agua sobre una superficie impermeable**

La estimación de la cantidad de agua de lluvia que escurre sobre una superficie respecto de la total, depende del tipo de material con el que esta construido el techo, ya que mientras más lisa sea, menor resistencia ofrecerá para la circulación del agua y habrá menor adherencia de las gotas de agua sobre dicha área, a este valor se le llama coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) y sus valores varían de 0.1 a 0.95. También se puede adoptar el valor de la unidad cuando se desea ser especialmente conservador.

**Cuadro 4.4 Coeficientes de escurrimiento (Ce) más comunes en las construcciones urbanas y rurales de México.**

Tipo de Captación	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geomembrana y polietileno	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9

Para estimar la precipitación neta mensual y total, se usan las siguientes ecuaciones:

$$PN_{jk}^{90} = P_{jk}^{90} * Ce \quad (8)$$

$$PN_{diseño} = \sum_{j=1}^n PN_{jk}^{90} \quad (9)$$

Donde:

$PN_{jk}^{90}$  = precipitación neta del mes j y año k con probabilidad del 90 por ciento, mm,

$P_{jk}^{90}$  = precipitación total de mes j y año k con probabilidad del 90 por ciento, mm,

Ce = coeficientes de escurrimiento,

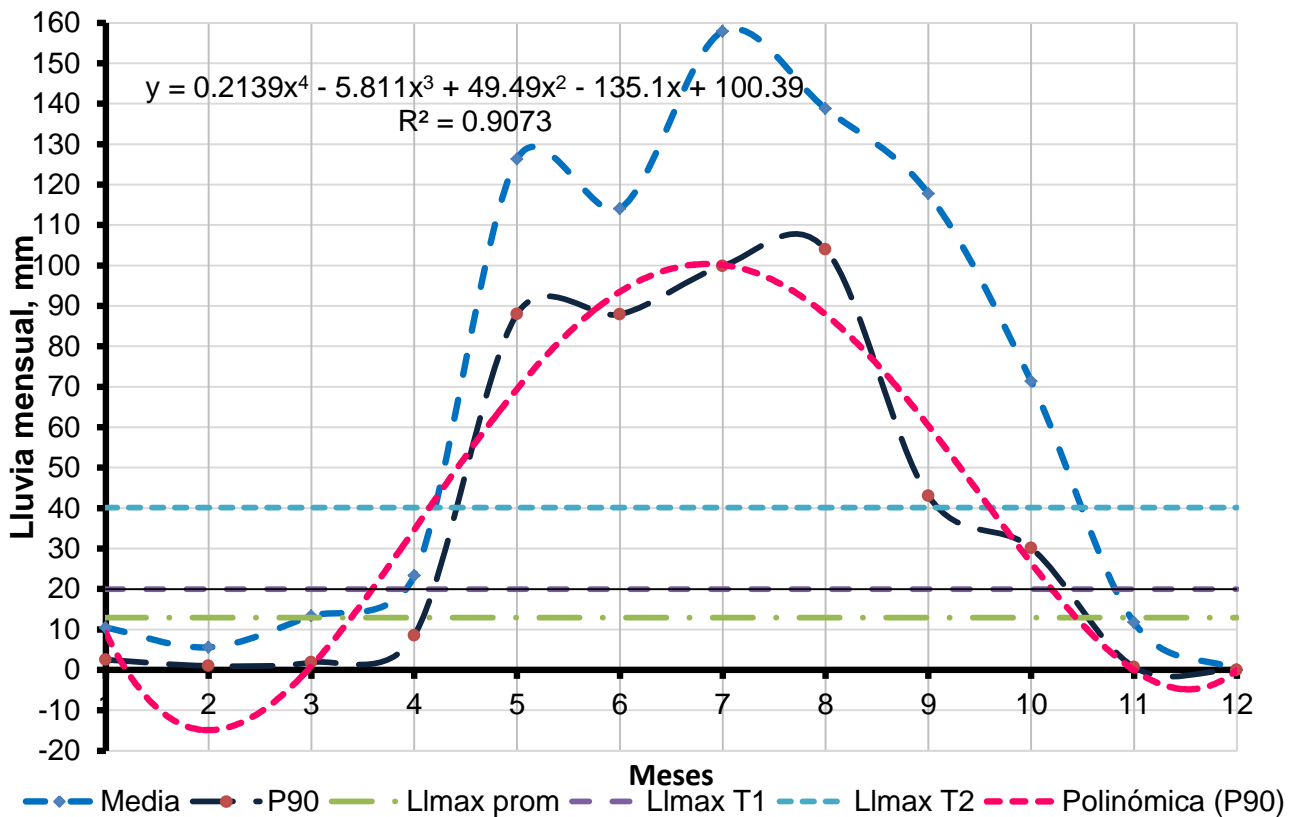
$PN_{diseño}$  = es la precipitación neta total de los años con registro y con probabilidad del 90 por ciento, mm.

Al finalizar el procedimiento anterior, se compara cada uno de los valores mensuales estimados con la media de la precipitación máxima y con la máxima registrada para cada año, y si la lluvia para el mes de comparación es menor al promedio de las máximas diarias, entonces se elimina y no se considera como un volumen aprovechable, es decir:

$$PN_{jk}^{90} < \overline{Llmax} \text{ ó } PN_{jk}^{90} < Llmax^{Tr} \therefore PN_{jk}^{90} = 0 \quad (10)$$

En donde  $\overline{Llmax}$ , es el promedio de las lluvias máximas de los datos de registro y  $Llmax$  las lluvias máximas con periodo de retorno determinado (se recomienda 1.1 años).

Con este criterio se eliminan los valores de precipitaciones que corresponden a meses con sequia o bien existe una baja probabilidad a que se presente cierto evento meteorológico (ver figura siguiente).



**Figura 4.3 Distribución de la precipitación mensual y su distribución teórica, de la estación meteorológica 9071 Colonia Educación, México D.F.**

En la figura anterior se observa la precipitación promedio, la precipitación estimada con la función de distribución y periodo de retorno de 1.1 años. También la lluvia

máxima para un periodo de retorno 1 y 2 años. Entonces, para los meses donde la precipitación mensual estimada es menor a la lluvia máxima debe suprimirse, de esta manera solo considerar en los cálculos los valores que se ajustan con el modelo obtenido.

### **Estimación de la Precipitación Máxima Probable (PMP)**

En general cuando se usa la precipitación máxima probable, es para tomar una decisión de brindar máxima protección sin importar el costo. Por ello la Precipitación Máxima Probable es definida como aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una superficie en particular, en el cual genera un gasto de avenida, para el *que virtualmente no existe el riesgo* de ser excedido (Arandas, 1998). Sin embargo, en los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) no es el objetivo, sino todo lo contrario, se busca reducir costos y garantizar un volumen de agua mensual y anual a una vivienda o comunidad que no tiene otra forma de abastecimiento.

Por ello las líneas de conducción y de almacenamiento de los SCALL deben de diseñarse con la PMP de 1.1 a 2 años de periodo de retorno. Pues considerar una lluvia máxima con un periodo de retorno de más de 2 años involucra realizar inversiones altas y una eficiencia de operación baja.

Los procedimientos estadísticos para estimar la PMP para una frecuencia y periodo de retorno determinado se describe a continuación:

#### **Distribución Gumbel simple**

Esta distribución es de tipo exponencial porque al crecer  $x$  converge a una función exponencial.

La distribución Gumbel se define con la ecuación siguiente:

$$X = \bar{x} + \left( \frac{y - \bar{y}_n}{\sigma n} \right) S \quad (11)$$

En donde:

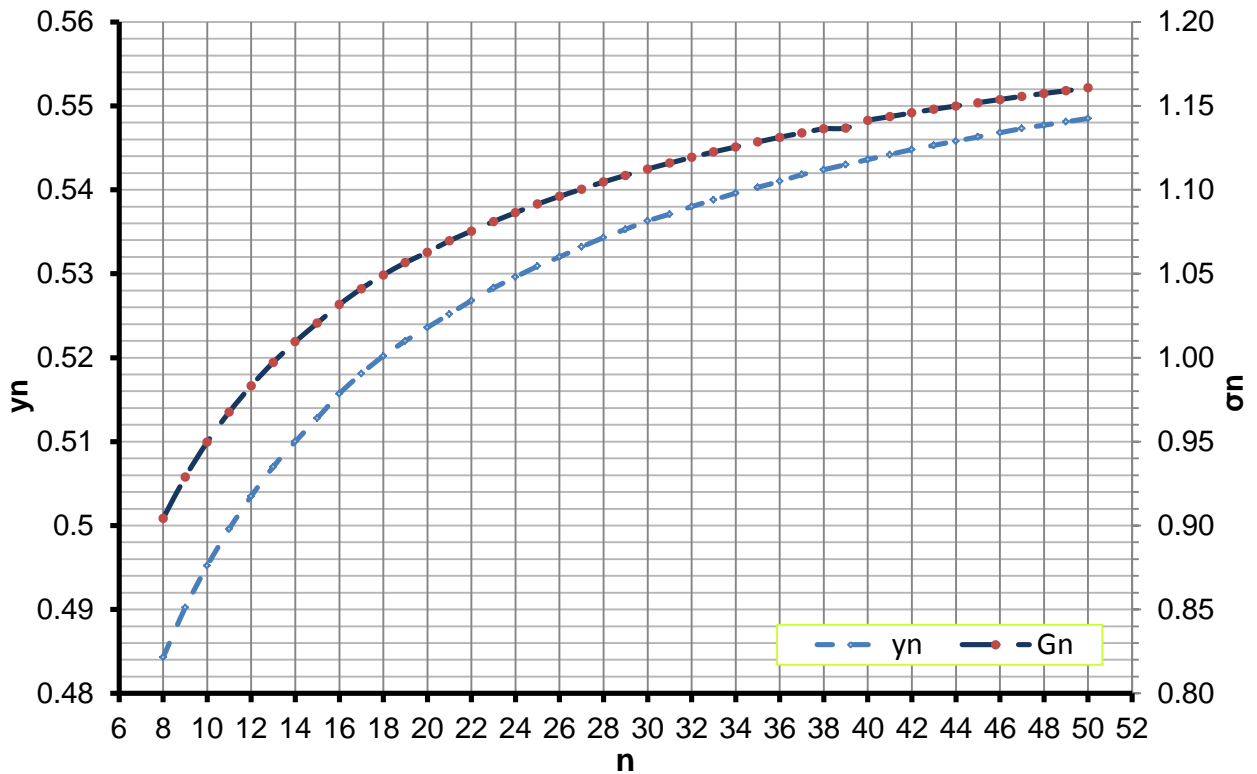
$X$  = valor buscado de una determinada probabilidad o periodo de retorno

$\bar{x}$ ,  $S$  = media y desviación típica de los datos, respectivamente

$\bar{y}_n$ ,  $\sigma_n$  = constantes teóricas, función del tamaño  $n$  de la muestra, se obtiene de tablas (figura 3).

$y$  = variable reducida, función de la probabilidad, y se calcula con la ecuación siguiente:

$$y = -\text{Ln}[-\text{Ln} P(X \leq x)] \quad (12)$$



**Figura 4.4 Constantes teóricas en función del tamaño  $n$  de la muestra.**

El procedimiento consiste en obtener la variable reducida en función del periodo de retorno (1.053 y 2 años), enseguida dependiendo de la muestra  $n$  se obtienen las constantes teóricas a partir de la gráfica anterior, y finalmente los valores se sustituyen en la ecuación 11.

#### **4.4.2 Uso Eficiente del Agua (UEA)**

El uso eficiente del agua implica el uso de tecnologías y prácticas mejoradas (que proporcionan mejor servicio con menos agua) que modifican los hábitos de las personas, maximizando la infraestructura existente, de tal manera que se puedan aplazar las grandes inversiones en el sector y ampliar la cobertura hacia zonas vulnerables (Sánchez, 2004). Pero lo anterior implica un seguimiento continuo y la evaluación en el tiempo, solo de esta manera se pueden emprender acciones que permiten generar cambios para establecer modelos para predecir y planear mejor el futuro en beneficio de la sociedad.

Según la Ley de Aguas del DF (2008), el uso del agua se refiere a la cantidad del líquido que cada persona física o moral dentro del territorio, le da un uso doméstico o no doméstico respectivamente. El acceso debe ser suficiente, seguro e higiénico (artículo 5) libre de microorganismos, patógenos, sustancias químicas y peligros radiológicos que pongan en peligro la salud humana. En este punto el usuario tiene como responsabilidad pagarla oportunamente, pero la determinación de su tarifa debe estar con base en el principio de equidad, incluyendo a grupos sociales vulnerables.

En los SCALL el uso del agua puede ser no doméstico, doméstico y consumo humano, no obstante, antes de iniciar el diseño de los componentes de un SCALL, es importante considerar un cambio de hábitos y remplazo de dispositivos convencionales, por válvulas ahorradores, regaderas y dual-flush. De esta manera realizar una obra de menor inversión.

**Cuadro 4.5 Uso del agua en servicio doméstico.**

<b>Uso (Litros x habitante)</b>	<b>Uso normal sin reductores</b>	<b>Uso eficiente con reductores y cambio de hábitos</b>
Inodoros*	24.00	20.00
Lavado de dientes	10.50	0.69
Lavado manos y cara	22.00	10.00
Rasurarse	21.00	2.50
Ducha	132.00	25.00
Lavado de utensilios de cocina	31.50	22.50
Limpieza general de casa*	21.28	14.00
Lavado de ropa	28.00	20.00
Lavado de patio y áreas verdes*	16.98	8.00
Totales	307.26	122.69-150

Fuente: Sistemas de Agua de la Ciudad de México, 2009.

\*Agua que puede ser remplazada por agua de lluvia *no potable* (42-50 litros)

La siguiente expresión que permite calcular la cantidad de agua que se usa en un mes es:

$$Agua_j = \frac{Num * Agua_i * Ndías_j}{1000} \quad (13)$$

$$Agua_{anual} = \sum_{j=1}^{12} Agua_j \quad (14)$$



Donde:

Agua<sub>j</sub> = cantidad de agua que se usa en el mes j, m<sup>3</sup>/mes/usuario,

Num = número total de personas o servicios en un día, personas o servicios,

Agua<sub>i</sub> = cantidad de agua que usa un usuario en una actividad doméstica o no doméstica respectivamente, en l/usuario/día,

N días<sub>j</sub> = número de días del mes j,

Agua<sub>anual</sub> = cantidad de agua anual que necesita un usuario,

j = número del mes (j = 1, 2, 3, ..., 12)

1000 = factor de conversión de litros a m<sup>3</sup>.

### **Eficiencia de aprovechamiento de agua de lluvia**

La eficiencia de Aprovechamiento (EfA) de este importante recurso consiste en cubrir el 20 por ciento respecto al volumen de agua anual que se destina para los diferentes usos y servicios. Esta es una iniciativa que inicio en el 2009 en el DF y es solo es el cumplimiento del reglamento de Agua y Drenaje de esta zona y que a través de la Secretaría del Medio Ambiente del DF se esta llevando a cabo. Inicialmente se esta gestionando el aprovechamiento del agua de lluvia y el tratamiento de aguas residuales en la industria y comercio, de lo contrario se asignan multas. Aunque a la fecha no se tienen datos exactos de la respuesta de los usuarios, pero algunas construcciones (departamentos y casas particulares) están adoptando la cosecha de agua de lluvia y el tratamiento de aguas residuales con descarga cero, de esta manera contribuir con el uso racional y eficiente del agua de lluvia como recurso ecológico, gratuito y sustentable.

La fórmula para estimar el volumen de lluvia anual es:

$$V_{lluvia} = PN_{diseño} * A_{captación} \quad (15)$$

$$EfA = \frac{V_{lluvia}}{Agua_{anual}} * 100 \quad (16)$$

$$EfA \geq 20\% \quad (17)$$

Donde:

$V_{\text{lluvia}}$  = es el volumen de agua de lluvia anual que se espera aprovechar,  $\text{m}^3$

$A_{\text{captación}}$  = es el área de captación, techo o piso medido horizontalmente,  $\text{m}^2$

$EfA$  = es la eficiencia de aprovechamiento de agua de lluvia, decimal o porcentaje.

#### 4.4.3 Evacuación de agua de lluvia en edificios



**Figura 4.5 Sumideros y canaletas de polietileno.**

La captación se realiza por medio de canaletas (techos con inclinación) y de sumideros (superficies planas, terrazas, patios y naves). Los caudales que son recogidos, se conducen a las tuberías verticales (bajadas) que llevan el líquido hasta el colector horizontal, que se sitúa en la parte inferior del edificio o casa, donde hay un registro, filtro de control de sedimentos, sedimentador aquetzalli y cisterna.

**Cuadro 4.6 Componentes de un sistema de colección de agua de PVC (Euramax, 2010).**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	GUÍA DE INSTALACIÓN DE CANALÓN Y COMPONENTES EN PVC
A	Gancho oculto	<p>El diagrama muestra un sistema de canalones y bajadas de PVC. Incluye un canalón principal (E) que se conecta a una boca de salida (H) y a un codo (I). Se muestran también ángulos exteriores (F) e interiores (G), presillas (J) para fijación, bajantes verticales (K), conectores (L), codos (M) y desviaciones (N). Los componentes están etiquetados con letras de A a N.</p>
B	Cofia par	
C	Tornillo	
D	Unión	
E	Canalón – 3 m	
F	Angulo exterior	
G	Angulo interior	
H	Boca de salida	
I	Codo A	
J	Presilla	
K	Bajante - 3 m	
L	Conector	
M	Codo B	
N	Desviación	

Para la instalación de canalones y bajadas se debe considerar lo siguiente:

- En canalones circulares se deben instalar con una pendiente máxima del 1%
- Los de sección trapecial no necesitan pendiente aunque se recomienda
- La sujeción de las canaletas debe realizarse cada 50 ó 70 cm en zonas normales
- La distancia entre fijación de los bajantes verticales no debe ser mayor a 2 metros
- La longitud máxima de los tramos de canalón conectados a una bajada con dilatación, no excederá de 9 metros a cada lado

- Para superficies planas la máxima distancia entre bajadas debe ser 20 metros y mínimo 9 metros, y si la longitud del techo es de 10 metros se deben instalar 2 bajadas.

### **Cálculo y dimensionamiento del sistema de colección**

Para dimensionar el sistema de colección y evacuación del agua de lluvia en edificios se parte de la proyección horizontal de la superficie y de la pluviometría de la zona.

Para determinar la dimensión del canalón, se considera el número de bajadas que se utilizan para el vaciado, y que debe tener el diámetro adecuado para evitar que los canalones se sometan a un esfuerzo por el peso del agua almacenada.

**Gasto total de agua de lluvia.** Para determinar el gasto esperado en una superficie conocida y para un periodo de retorno determinado (1.1 a 2 años) se emplea la expresión siguiente:

$$Q_c = \frac{5}{18} (C * I * A_{\text{captación}}) \quad (18)$$

Donde:

$Q_c$  = es la cantidad de lluvia que se espera para un periodo de retorno considerado, lps,

$C$  = coeficiente de escurrimiento, adimensional,

$I$  = intensidad de precipitación en la zona para un periodo de retorno considerado, en  $m \text{ hr}^{-1}$

$A_{\text{captación}}$  = es el área de captación, en  $m^2$ .

$5/18$  = factor de conversión en  $m^3 \text{ h}^{-1}$  a lps

### **Canalones y canales**

Los canalones son conductos abiertos que se instalan en los bordes de los aleros y tienen como función recoger el agua de lluvia de las vertientes del techo y conducirla hacia las bajadas, que son las encargadas de llevar el agua hasta el nivel del terreno.

*Criterio de selección de canaletas y bajadas de agua de lluvia.* En general, todos los materiales que se encuentran en el mercado resisten las condiciones meteorológicas extremas y su duración suele ser mayor a 10 años. Sin embargo, los canalones de hojas metálicas permiten varios diseños, mientras que las de PVC vienen con perfiles y diseño ya definidos que en pocas ocasiones se adaptan a situaciones reales. La ventaja de estos últimos es la gran facilidad de instalación y el mantenimiento de todo el sistema es escaso.

El tamaño de la canaleta esta en función de la superficie, aunque recomiendan una sección de 0.8 cm<sup>2</sup> por cada metro cuadrado de techo, pero es recomendado seleccionarla con la ecuación siguiente:

$$Q_c = \frac{1}{\eta} \frac{(by)^{5/3}}{(b+2y)^{2/3}} S^{1/2} \quad (19)$$

Donde:

$Q_c$  = es la cantidad de agua que pasa por una resección rectangular, m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

$y$  = es el 60% de la profundidad total del canalón, m

$b$  = es la base del canalón, m

$\eta$  = es el coeficiente de rugosidad del material, adim

$S$  = es la pendiente del canalón (se recomienda el 1 por ciento), decimal.

Con el gasto obtenido en la ecuación anterior se estima la velocidad del flujo en la sección correspondiente y se verifica que el valor sea mayor de 0.5 y menor de 1 metros por segundo, en caso de no cumplir esta condición se regresa a la ecuación 19 y se proponen nuevos valores de " $b$  y  $y$ ".

$$v = \frac{1}{\eta} \frac{(by)^{2/3}}{(b+2y)^{2/3}} S^{1/2} \quad (20)$$

**Número y diámetro de bajadas verticales.** El número de bajadas verticales de sección circular se dimensionan en función del porcentaje de su sección que ocupa el agua. Según Suarez (2007) especifica que el máximo de llenado de tubería debe ser 0.33, es decir, de una tercera parte de su sección, pero puede ser menor.

La expresión que permite calcular la capacidad de la tubería vertical de desagüe de agua de lluvia es:

$$Q_{i\ BV} = 0.0025 * K_h^{0.167} * D_i^{2.667} * f^{1.667} \quad (21)$$

Donde:

$Q_{i\ BV}$  = es la capacidad de desagüe de la tubería vertical i, en lps,

$K_h$  = es la rugosidad de la tubería, mm (se asume 0.25),

$D_i$  = es el diámetro interior de la tubería de desagüe de agua de lluvia,

$f$  = es el nivel de llenado, que se define como la proporción de la sección transversal llena de agua, adimensional (0.33).

Con la ecuación 21 se itera con la variable  $D_i$  y se termina el proceso hasta cumplir la condición de  $Q_{BV} \geq Q_c$ .

En el cuadro 4.7 se presenta un resumen los diámetros nominales más comunes y la capacidad de evacuación según la ecuación de Wyly Eaton (Ecuación. 21).

**Cuadro 4.7 Selección del diámetro de bajadas verticales de acuerdo al nivel de llenado**

Diámetro interior de la tubería (mm)	Capacidad de desagüe ( $Q_{BV}$ )	
	Nivel de llenado $f = 0.20$	Nivel de llenado $f = 0.33$
50	1.69	0.73
75	4.97	2.16
100	10.71	4.65
160	37.52	16.28

200	68.03	29.52
250	123.35	53.53
315	228.48	99.15

El número de bajadas que se recomienda es una por cada 100 metros cuadrados. En el caso de áreas mayores se tiene que instalar una a cada 5 metros y máximo una a cada 9 metros de distancia.

También se puede usar la referencia de Soriano (2007) en una zona con una intensidad de  $100 \text{ mm h}^{-1}$  el número de bajadas por superficie es función de la superficie en proyección horizontal (Cuadro 4.8).

**Cuadro 4.8 Numero de bajadas según la superficie y una intensidad de precipitación de  $100 \text{ mm h}^{-1}$**

<b>Superficie (S) de techo en proyección horizontal (<math>\text{m}^2</math>)</b>	<b>Numero de bajadas</b>
S < 100	2
$100 \leq S < 200$	3
$200 \leq S < 500$	4
S > 500	1 cada $150 \text{ m}^2$

**Fuente: Soriano, 2007.**

### **Calculo de colectores**

Una vez evacuadas las aguas de lluvia deben ser canalizadas a la red de saneamiento general. Para ello deben utilizarse conducciones con un trazado sensiblemente horizontal.

El criterio de los colectores debe ser su capacidad de auto limpieza, ya que la formación de depósitos permanentes de sólidos en las redes de desagüe incrementa

el riesgo de inundaciones y de contaminación. Por ello el agua canaliza en su interior debe tener la suficiente fuerza de arrastre para limpiar la formación de sedimentos.

La estimación de los flujos teóricos en los colectores o línea de conducción se pueden hacer mediante la ecuación de Colebrook-White.

$$\sum Q_{iVB} = \frac{-2\sqrt{2gDh_f}}{\sqrt{L}} A \log_{10} \left[ \frac{Ks}{3.7D} + \frac{2.51v\sqrt{L}}{D\sqrt{2gDh_f}} \right] \quad (22)$$

Donde:

$\sum Q_{iVB}$  = es el es el gasto acumulado que se obtiene de las tuberías de desagüe vertical i, en lps,

$g$  = es la aceleración de la gravedad, en  $m\ s^{-1}$

$D$  = es el diámetro interno de la tubería supuesta y sección llena, en m

$h_f$  = es la pendiente hidráulica (perdida de carga unitaria), en m/m

$Ks$  = es la rugosidad de la tubería (0.00025), en m

$v$  = es la viscosidad cinemática del fluido (0.000001),  $m^2\ s^{-1}$

$L$  = longitud de la tubería, m.

$A$  = es el área de la tubería supuesta, en  $m^2$ .

Conociendo el número de bajadas, se suman los gastos y el valor obtenido se iguala a la ecuación 22, en seguida se itera con la variable  $D$  y se termina cuando los valores de ambos lados son iguales. El valor de  $D$ , también se puede hacer mediante la ecuación de continuidad, solo se tiene que despejar el diámetro, considerar una velocidad ( $v$ ) de 1 metro por segundo y sustituir el valor obtenido en la ecuación 23 y sustituirlo en la expresión siguiente.

$$D = \sqrt{\frac{4\sum Q_{iVB}}{\pi v}} \quad (23)$$



#### 4.4.4 Filtración y sedimentación

La sedimentación es un proceso netamente físico (gravitacional) que se usa para remover partículas que tienen un tamaño inferior a 0.2 mm y superiores a 0.05 mm. Sin embargo, se requiere un tiempo específico para alcanzar una claridad relativa del agua.

En cambio la filtración consiste en la remoción de partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido suspendidas y no se puede remover por la sedimentación. Comercialmente también hay filtros que remueven partículas de hasta 0.65 mm.

#### Filtros para el control de sedimentos y material vegetal

Durante los meses de estiaje las superficies de captación acumulan, polvo, hojas y residuos de aves que se debe controlar y eliminar para no contaminar el sistema de almacenamiento, por ello se recomienda que al inicio de cada temporada de lluvias se haga la limpieza periódica de los techos. Aunque si lo anterior no es posible, entonces en el diseño del SCALL se debe considerar el costo de filtros comerciales o la construcción de alguna estructura hidráulica para el control de sedimentos.

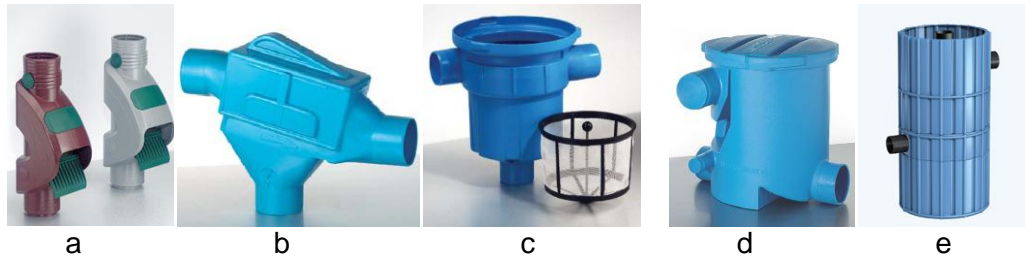
En el siguiente cuadro se presentan filtros para el control de sedimentos con diámetro mayor a 0.65 mm y con una intensidad máxima de inserción en las cribas de  $15 \text{ mm h}^{-1}$ .

**Cuadro 4.9 Filtros para instalación vertical y enterrada.**

Nombre	Superficie (m <sup>2</sup> )	Instalación
Filtros bajantes	50, 80, 100,150	Vertical
Filtros cisterna	150	Horizontal
Filtros	200,350, 700,	Horizontal y enterrado
Hidrosistemas 400	100 y 175	Horizontal y enterrado

Hidrosistemas 1000	500, 650, 750 y 1000	Horizontal y enterrado
Industriales	850, 1100, 1700 y 2,350	Horizontal y enterrado

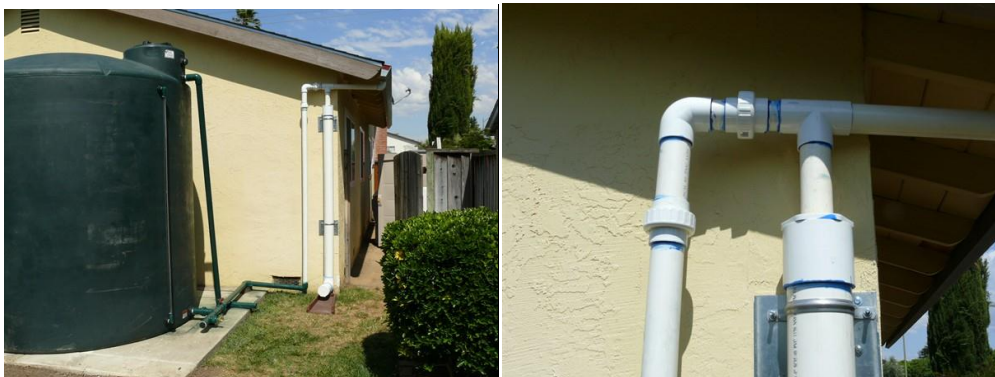
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4.6 Ejemplos de filtros verticales y horizontales, (a) vertical, (b) cisterna, (c) tipo jardín, (d) FV1 y (e) Hidrosistema (SIPSA, 2010).**

El agua que se obtiene después de pasar por estos equipos es no potable, pero puede usarse sin ningún problema para el lavado del auto, aseo de casa, WC, riego y ecoturismo. Si estos no se encuentran al alcance de su sitio se puede armar el siguiente interceptor de primeras lluvias con materiales asequibles.

#### **Interceptor de primeras lluvias tipo “T”**



**Figura 4.7 Vista de dispositivo para control de primeras lluvias en viviendas.**

El tanque de tormentas es un dispositivo que simula un tanque de almacenamiento temporal, pero muy pequeño, en donde una T da acceso a un tubo de PVC instalado verticalmente y de mayor diámetro que la bajada. En su interior tiene una pelota que va subiendo al nivel de llenado con agua sucia, hasta llegar a la reducción o T y el

agua que sigue colectándose ya no pasa al dispositivo sino que se va directamente a la siguiente etapa.

Este dispositivo se compone básicamente de piezas de PVC (tuercas unión, tes, reducciones bushing, codos, válvula de globo, tubería sanitaria y pelota de esponja) que se consiguen en cualquier tlapalería.

**Cuadro 4.10 Factores físicos para el dimensionamiento de dispositivo de primeras lluvias.**

Factores de contaminación del techo	Litros por m <sup>2</sup>	Características
Mínima contaminación	0.5	Campos abiertos, sin árboles, aves y sin contaminación
Alta contaminación	2	Campos no tan abiertos, con árboles, excremento de aves y diversos animales e insectos.
Ejemplo: 100 m <sup>2</sup> (área de captación)* 0.5 litros (factor de contaminación) = 50 litros de agua derivada (2.5 metros de tubería de 6")		

Fuente: RH, 2010

La desventaja de este sistema es que solo se aplica para superficies menores 150 metros cuadrados con un factor de contaminación baja (30 mm/h de intensidad) y con tubería de 100 mm de diámetro. Para un nivel de contaminación alta, se recomienda utilizar tubería de 160 mm de diámetro y solo instalar este dispositivo en superficies menores a 150 metros cuadrados. Para volúmenes mayores utilizar tanques de 100 y 200 litros de capacidad.

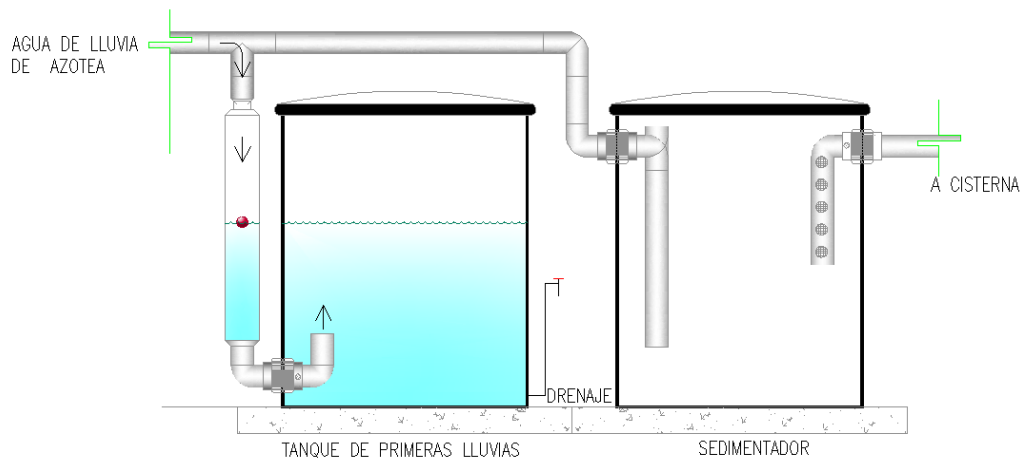
Desde el punto de vista económico son más viables que los filtros comerciales. Además, el mismo usuario puede armarlo con materiales asequibles de cada región.

**Cuadro 4.11 Matriz para la selección de diámetro y longitud de tubería del dispositivo de primeras lluvias “tanque de tormentas”**

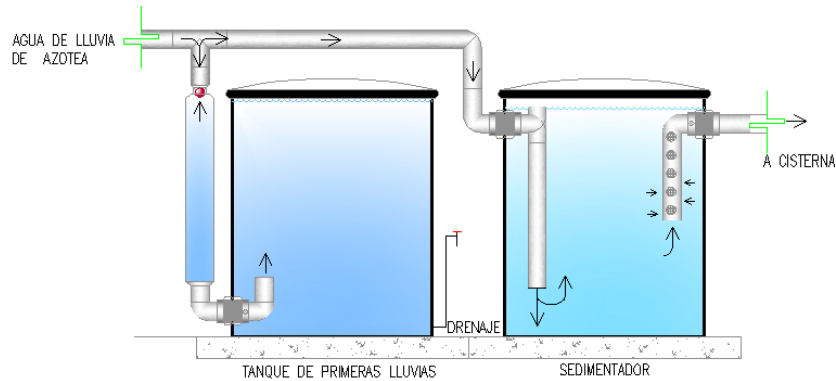
Longitud	Diámetros de tubería sanitaria (in) / litros		
	M	3	4
0.5	2	4	10
1	4	8	20
2	9	16	40
3	13	24	60

Fuente: Elaboración propia.

Cuando la longitud de la tubería requerida es mayor a tres metros, se recomienda instalar tanques de 100 litros conectados en serie o en paralelo, según se requiera (ver figura 4.8).



**Figura 4.8 Diagrama de interceptor y tanque de primeras lluvias para superficies mayores a 150 m<sup>2</sup>**



**Figura 4.9 Interceptor de primeras lluvias y sedimentador funcionando.**

En el siguiente cuadro se presenta una guía para seleccionar el tamaño del interceptor y sedimentador en función del área de captación y la intensidad de lluvia para la zona de estudio correspondiente.

Es importante señalar que mientras se seleccione la intensidad más alta, los costos se incrementan y por ello se recomienda ser algo conservador y elegir los valores de la columna de 30 mm/h, y diseñar un vertedor de excedencias para la intensidad máxima del cuadro.

**Cuadro 4.12 Selección de la capacidad del interceptor de primeras lluvias en función del área de captación e intensidad.**

Área	Intensidad (mm/h)				
	15	30	50	100	120
m2	Litros por minuto				
100	25.0	50.0	83.3	166.7	200.0
150	37.5	75.0	125.0	250.0	300.0
200	50.0	100.0	166.7	333.3	400.0
250	62.5	125.0	208.3	416.7	500.0
300	75.0	150.0	250.0	500.0	600.0
350	87.5	175.0	291.7	583.3	700.0

400	100.0	200.0	333.3	666.7	800.0
450	112.5	225.0	375.0	750.0	900.0
500	125.0	250.0	416.7	833.3	1000.0
550	137.5	275.0	458.3	916.7	1100.0
600	150.0	300.0	500.0	1000.0	1200.0
650	162.5	325.0	541.7	1083.3	1300.0
700	175.0	350.0	583.3	1166.7	1400.0
750	187.5	375.0	625.0	1250.0	1500.0
800	200.0	400.0	666.7	1333.3	1600.0
850	212.5	425.0	708.3	1416.7	1700.0
900	225.0	450.0	750.0	1500.0	1800.0
950	237.5	475.0	791.7	1583.3	1900.0
1000	250.0	500.0	833.3	1666.7	2000.0
1500	375.0	750.0	1250.0	2500.0	3000.0
2000	500.0	1000.0	1666.7	3333.3	4000.0
3000	750.0	1500.0	2500.0	5000.0	6000.0
4000	1000.0	2000.0	3333.3	6666.7	8000.0
5000	1250.0	2500.0	4166.7	8333.3	10000.0
10000	2500.0	5000.0	8333.3	16666.7	20000.0

Fuente: Elaboración propia.

Otro de los dispositivos de instalación vertical para el control de hojas y sedimentos es un tanque con tapa de malla de 0.35 mm ajustado con un cincho. Este dispositivo ayuda a controlar partículas de mayor densidad depositadas en el fondo del recipiente. La desventaja es que debe instalarse a una altura mayor al tanque de almacenamiento o cisterna, pues de lo contrario no habrá flujo.



**Figura 4.10 Tapa con malla para tanque y para bajada vertical.**

Si la instalación del equipo anterior resulta difícil de realizar y se cuenta con un registro, entonces se recomienda construir un filtro tipo horizontal (ver figuras siguientes).



Filtro de PVC  
con malla  
mosquitera

Registro

Colocación de  
grava de  $\frac{3}{4}$ "

Colocación de  
grava de  
 $\frac{1}{8} \times \frac{1}{16}$ "

CAG

**Figura 4.11 Filtro horizontal de PVC para registros.**

Cabe señalar que el material filtrante que se agrega al registro consta de tres capas como, las cuales tienen la propiedad de retener las partículas que pueden ocasionar un daño

## **Sedimentador Aquetzalli**

El sedimentador Aquetzalli es una estructura hidráulica integrada por compartimentos, los cuales pueden ser contruidos de concreto armado o tanques comerciales. Su construcción o instalación es recomendado cuando las partículas no se logra retener por las mallas de las canaletas y filtros verticales o bien se manejan áreas mayores a 1,000 m<sup>2</sup>. Entonces se debe considerar procedimientos y criterios para dimensionar un sedimentador en función de las partículas suspendidas en el agua.

Si el material en suspensión se asienta rápidamente, formándose una interface sólido-líquido, se considera que el líquido contiene material silíceo de tamaño reducido pero de masa específica elevada, que es la que produce ese fenómeno.

La materia inorgánica con tamaño mayor a 0.02 mm por lo general se puede remover por sedimentación natural, sin el uso de coagulantes químicos.

Los componentes de este sistema son:

**a) Zona de entrada.** Se refiere a la línea de colección (1) y control de la descarga del agua de lluvia en el fondo del primer compartimento (2) y así evitar turbulencia del agua.

**b) Zona de sedimentación.** Consta de compartimentos que se comunican entre sí, por tuberías ubicadas estratégicamente, favoreciendo el control de la velocidad del agua y la reducción de sedimentos.

El piso de los compartimentos deben tener una pendiente del 10-20% en sentido contrario a la dirección del flujo, permitiendo a las partículas rodar a la parte más baja y facilitar al usuario la limpieza de lodos (5). La dirección del flujo es horizontal (6) y la velocidad disminuye en cada compartimento.



**c) Zona de salida.** Constituida por una tubería de colección de agua sin sedimentos que la conduce a la cisterna (7) y un vertedor de excedencias (8) para evacuar el agua al drenaje (solo si la cisterna esta llena o se presenta una lluvia con un periodo de retorno mayor a 2 años). Si la cisterna no cuenta con un vertedor de excedencias se recomienda instalar una válvula check en la línea de conducción del sedimentador-cisterna, de preferencia en la descarga, de esta manera no ocasionar inundaciones en la zona.

**d) Zona de recolección de lodos.** Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados y una tubería, y válvula para su mantenimiento periódico (5).

***Criterios de diseño:***

- El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.
- El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- La profundidad del sedimentador será entre 1.5 – 2.5 m.
- La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 - 6.
- La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 – 20 (no necesariamente)
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 10-20 por ciento para facilitar la acumulación de sedimento.
- La velocidad en los orificios comunicantes no debe ser mayor a 0.15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación (Cepis, 2005).
- Los orificios comunicantes del primer compartimento deben estar a  $\frac{5}{6}H$  y en los siguientes a  $\frac{2}{3}H$  y la salida del agua a  $\frac{H}{3}$  a partir de la superficie del fondo.

Pasos para el dimensionamiento del sedimentador:

a. Determinar el área superficial de la unidad ( $A_s$ ), que es el área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación:

$$A_s = \frac{Q}{V_s} \quad (24)$$

Donde:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación ( $m\ s^{-1}$ )

$Q$  =Caudal de diseño ( $m^3\ s^{-1}$ )

b. Determinar las dimensiones de largo  $L$  (m), ancho  $B$  (m) y altura  $h$  (m) de manera tal que se cumplan las relaciones o criterios mencionados anteriormente.

c. Determinar la velocidad horizontal  $V_H$  ( $m\ s^{-1}$ ) de la unidad mediante la ecuación. El cual debe ser menor a  $0.55\ m\ s^{-1}$ .

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H} \quad (25)$$

d. Determinar el tiempo de retención  $T_o$  (horas), mediante la relación:

$$T_o = \frac{A_s * H}{3600 * Q} \quad (26)$$

e. Determinar el número de orificios, cumpliendo con los criterios de diseño.

$$A_o = \frac{Q}{V_o} \quad (27)$$

$$n = \frac{A_o}{a_o} \quad (28)$$

Donde:

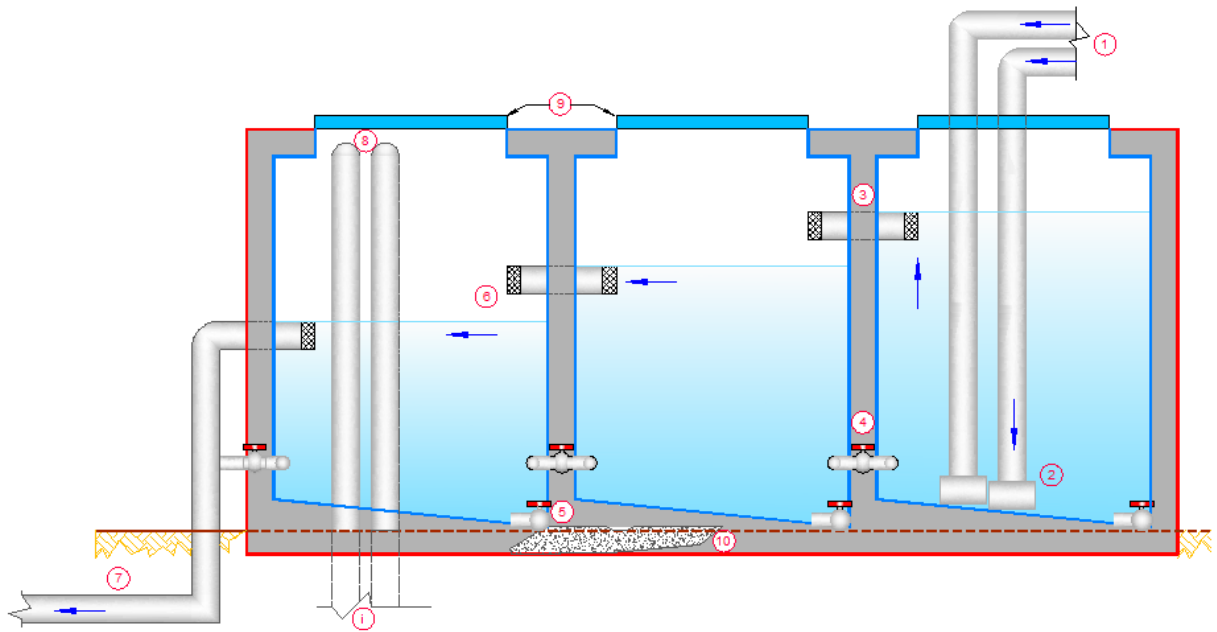
$V_o$  = Velocidad de los orificios ( $m\ s^{-1}$ )

$Q$  = caudal de diseño ( $m^3\ s^{-1}$ )

$A_o$  = área total de orificios ( $m^2$ )

$a_o$  = Área de cada orificio ( $m^2$ )

$n$  = número de orificios



**Figura 4.12 Vista transversal de sedimentador Aquetzalli**

La estructura o sistema de tanques está integrado por los siguientes componentes:

- 1 Línea de conducción de agua de lluvia en PVC
- 2 Dispositivo para evitar la turbulencia en la descarga de agua de lluvia
- 3 Tuberías de 4" con malla sintética
- 4 "By pass" en tubería de PVC
- 5 Válvulas para el mantenimiento (recolección de lodos) de los compartimentos
- 6 Malla sintética lavable
- 7 Línea de conducción de agua de lluvia pre-filtrada-cisterna

- 8 Vertedores de excedencias en PVC
- 9 Tapas de los compartimentos
- 10 Concreto o tanques
- i Registro

### ***Operación***

La operación del sistema puede realizarse de manera manual o automática.

#### **Manual:**

1. En la temporada de lluvias, estar al pendiente del pronóstico del tiempo y si indican que se presentará un día con altas probabilidades de lluvias, cerrar la llave de paso al porcentaje correspondiente, según el área de captación y la lluvia máxima de diseño considerada.
2. En la primera lluvia se abre la válvula (5) del primer compartimento para evacuar al drenaje el polvo y materiales mayores que arrastra el agua del área de captación. Si el escurrimiento supera la capacidad de retención del compartimento, entonces el agua pasa al segundo compartimento y entra en operación el control de sedimentos suspendidos.
3. Cuando el volumen de escurrimiento no supera los  $\frac{5}{6}H$  de altura del primer compartimento, entra en operación el by pass (5), el cual permite pasar el agua del primer compartimento al segundo y de este al último, con ello se aprovecha todo el agua de lluvia captada.
4. Terminada la lluvia se deben abrir las válvulas de mantenimiento (5) para el lavado de los compartimentos. El agua también se puede emplear para el riego de plantas de sombra.

5. Cuando la capacidad de la cisterna esta al máximo, la válvula check pasa de la posición de 270 a una de 180 grados, ocurriendo esto, el nivel de agua del ultimo compartimento activa el vertedor de excedencias, enviando el agua al drenaje.
6. Al finalizar la época de lluvias, desprender los lodos depositados en el fondo con la ayuda de una carcher o escoba, luego abrir las válvulas de lavado de drenaje (5).
7. En los meses de estiaje. Las válvulas de los compartimentos deben permanecer abiertas, pues las lluvias son poco comunes y la acumulación del agua genera malos olores y la proliferación de mosquitos.

#### **4.4.5 Determinación de la dimensión de la cisterna**









Los sistemas de almacenamiento son depósitos artificiales contruidos o fabricados de diferente material que se usan para almacenar volúmenes de agua que posteriormente serán distribuidos a un sistema hidráulico y de tratamiento para sus diferentes usos.

A continuación se presenta la clasificación de sistemas de almacenamiento de acuerdo al material de construcción o fabricación:

1. Materiales rígidos: ferrocemento, capuchino y concreto
2. Materiales flexibles: geomembrana y tapa, polietileno y estanque con malla
3. Tinacos standard
4. Tanques modulares: Aquacell, Waterwall, H<sub>2</sub>OGy modular con estructura tubular.

La selección de cada uno de ellos depende de la situación geográfica del proyecto, del volumen de agua y el uso final del recurso agua.

**Cuadro 4.13 Tipos de sistemas de almacenamiento comerciales.**

			
Waterwall	Aquacell	Flexibles	Modular
			
Carat	H <sub>2</sub> OG	Standard	Estanque con malla

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo en las zonas rurales los sistemas de almacenamiento rígido son más recomendables por razones siguientes:

- Se cuenta con espacio para el almacenamiento,
- Los usuarios participan con la mano de obra, con ello se abaratan los costos del sistema.
- Los materiales son asequibles.

En cambio en las zonas urbanas es recomendable tinacos standard y tanques modulares por las siguientes razones:

- Son pequeños y portátiles, algunos se pueden usar como muebles de decoración de interiores y exteriores,
- Son fáciles de transportar e instalar,
- Se pueden adquirir a un precio muy accesible.

## Diseño del Sistema de Almacenamiento (SA)

Dependiendo del uso del agua de lluvia, del área de captación y de la precipitación pluvial en la zona se presentan 3 opciones de diseño para el SA.

- 1. Reserva de agua para meses con sequía.** Esta opción se selecciona cuando la demanda máxima de agua mensual del usuario ( $Agua_j$ ) es menor a la disponibilidad en la zona, es decir existe un excedente de agua en varios meses y el acumulado es mayor o igual a " $Agua_j$ ", entonces esta puede guardarse y mantenerse inocua para su uso en los meses sin lluvia. Pero es importante cumplir la conducción  $Q_{in\ max\ j} > Agua_j$ .

El volumen de almacenamiento se define con el excedente de agua obtenido ( $V_{ms}$ ), pero este debe ser mayor que el volumen de agua promedio diario presentado en los días con lluvia.

$$V_{ms} = \sum Q_{in\ ex_j} \quad (29)$$

Donde:

$Q_{in\ max_j}$  = es el volumen de agua de lluvia que se obtiene cada mes con una  $PN_{jk}^{90}$  y un coeficiente de escurrimiento (C),  $m^3$

$Agua_j$  = cantidad de agua que se usa en el mes j,  $m^3/mes/usuario$

$V_{ms}$  = es el volumen de agua que se tiene como excedente,  $m^3$

$\sum Q_{in\ ex_j}$  = es el volumen acumulado de agua de lluvia que se obtiene una vez cumplido la demanda de agua en la vivienda o servicio,  $m^3$

- 2. Temporada de lluvias.** Esta es una de las opciones más utilizadas por representar menos inversiones y solo aprovechar la infraestructura existente en el sitio (canalones, bajadas, colectores, registros y cisternas). El volumen se diseña en función del área de captación ( $A_{captación}$ ) y la lluvia máxima diaria registrada para un periodo de retorno considerado ( $L_{max}^{Tr}$ ).

$$V_{cl} = A_{captación} * Ll_{max}^{Tr} \quad (30)$$

Donde:

$V_{cl}$  = volumen de la cisterna para aprovechar el escurrimiento de agua en época de lluvias,  $m^3$

$Ll_{max}^{Tr}$  = lluvia máxima con periodo de retorno determinado (se recomienda un año), m.

- 3. Comercial.** Su aplicación es para el proceso industrial o purificación de agua de lluvia para su venta como producto y consiste en determinar el área necesaria para contar con un volumen de agua para tener una venta constante durante todo el año, y sobre un nicho de mercado debidamente establecido.

$$A_{comercial} = \frac{V_{comercial}}{Ll_{Tr}^{max}} \quad (31)$$

Donde:

$A_{comercial}$  = es el área de captación que se necesita para obtener un volumen de agua constante por lo menos en los meses de mayor demanda de agua y una Tasa Interna de Retorno mayor a la unidad,  $m^2$ ,

$V_{comercial}$  = es el volumen de agua que se necesita anualmente para tener una producción mensual constante ya sea en presentaciones de 0.5, 1 y 20 litros de agua y una TIR mayor a uno, en  $m^3$ .

#### 4.4.6 Calculo del diámetro de la tubería de succión

De acuerdo al tipo de almacenamiento construido o instalado en el sitio, la succión puede ser positiva o negativa. La primera se presenta cuando el nivel mínimo de agua esta a nivel del eje de bomba y es negativa cuando el nivel máximo sigue están debajo del eje de la bomba.



Entonces tratándose de instalaciones pequeñas y que no son operadas las 24 horas del día se utiliza la fórmula de Bresse para obtener un diámetro aceptable y económico.

$$d = 1.3 \left( \frac{n}{24} \right)^{0.25} \sqrt{Q_b} \quad (32)$$

En donde n es el número de horas de bombeo y d es el diámetro de la tubería, m

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor debe realizarse con la siguiente expresión:

$$P_b = \frac{Q_b * CDT}{76} \quad (33)$$

Donde:

$P_b$  = potencia de la bomba y del motor, HP

$Q_b$  = es el caudal de bombeo, lps

$CDT$  = es la Carga Dinámica Total, m

La CDT se define como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Se obtiene a partir de la suma de la carga de succión más la carga de impulsión y se agrega una presión residual recomendada de 10 m.

$$CDT = H_s + H_i \quad (34)$$

Donde:

$H_b$  = Altura dinámica o altura de bombeo, m.

$H_s$  = Carga de succión, m.

$H_i$  = Carga de impulsión, m.

*La carga de succión ( $H_s$ )* viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión.

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (35)$$

Donde:

$h_s$  = Altura de succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua, m.

$\Delta h_s$  = Pérdida de carga en las succión, m.

*La Carga de impulsión ( $H_i$ )* está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de la bomba más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión.

$$H_i = h_i + \Delta h_i \quad (36)$$

Donde:

$h_i$  = Altura de impulsión, o sea, la altura del nivel superior en relación al eje de la bomba, m.

$\Delta h_i$  = Pérdida de carga en la tubería de impulsión, m.

Para el bombeo de agua con equipos sumergibles la CDT es igual a la carga de succión ( $H_i$ ).

La pérdida de presión en la tubería se puede obtener con la expresión 40, con la ayuda de tablas de fricción, formula de Manning o por omisión, considerar el 2% de la longitud total de la tubería.

$$h_p = 10.67 \left( \frac{Qb}{C} \right)^{1.852} * \frac{L_{total}}{D^{4.87}} \quad (37)$$

Donde:

$h_p$  = son las pérdidas de presión en la tubería, m

$C$  = coeficiente de Hazen William (se obtiene de tablas)

$L_{total}$  = es la longitud total de la tubería, más la longitud equivalente de los accesorios (codos, tes, reducciones y válvulas), m.

El cálculo de la pérdida de carga por la fórmula de Manning se expresa así:

$$H_f = K * L * Q_b^2 \quad (38)$$

Donde:

$H_f$  = es el incremento en la presión causada por la fricción, m

$K$  = es una constante empírica con unidades de  $(m^3/s)^{-2}$

$L$  = es la distancia total recorrida por el agua por la tubería, m

$Q_b$  = es el flujo de agua,  $m^3 s^{-1}$

La constante  $K$  se obtiene del cuadro siguiente:

**Cuadro 4.14 Valores de la constante  $k$  de la fórmula de Manning.**

Material	Diámetro en pulgadas				
	0.5	0.75	1	1.5	2
PVC	9,544,491	1,261,034	291,815	31,282	7,236
Galvanizado	19,909,642	2,631,046	608,849	65,263	15,097

#### 4.4.7 Potencia eléctrica de la bomba



**Figura 4.13 Bomba centrífuga horizontal y sumergible.**

La potencia de la bomba para succionar el agua desde un sistema de almacenamiento, hacerla pasar por un equipo de tratamiento y luego distribuirla o elevarla al sitio de descarga, se realiza mediante un balance de pérdidas de presión de todos los equipos de tratamiento. En el cuadro 13 se presenta un ejemplo típico, se recomienda analizarlo y considerarlo en los diseños.

**Cuadro 4.15 Ejemplo de balance de presiones en un equipo de purificación de agua.**

Pérdidas de carga por succión, tratamiento y descarga	Presión	Presión	Pérdida de	Unidad	Balance de
	mínima	máxima	presión		presiones
Presión de entrada en manómetro				kg/cm <sup>2</sup>	<b>+6.4</b>
Profundidad de la cisterna o cárcamo			-0.1	kg/cm <sup>2</sup>	+6.3
<b>Pérdidas en el tratamiento</b>					
Avanti e Infinity-90 micras	0	16	-1.0	kg/cm <sup>2</sup>	+5.3
Filtro de Gravas	0	6	-0.7	kg/cm <sup>2</sup>	+4.6
Filtro de Carbón activado	0	6	-0.7	kg/cm <sup>2</sup>	+3.9
Filtros BB10 o 20x4": 20,10, 5 y 1 micras	0	6	-0.5	kg/cm <sup>2</sup>	+3.4
<b>Total:</b>			<b>-3.0</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	
Pérdidas de carga por accesorios			-0.6	kg/cm <sup>2</sup>	+2.8
<b>Presión a la salida del tratamiento</b>					
Elevación (15 metros)			-1.5	kg/cm <sup>2</sup>	+1.3
Pérdidas de carga por accesorios (2%)			-0.3	kg/cm <sup>2</sup>	+1.0
Presión residual (10 metros)			-1.0	kg/cm <sup>2</sup>	0.0
<b>Total :</b>			<b>-6.4</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	

En el cuadro anterior observamos que se necesita una bomba con una altura manométrica o Carga Dinámica Total de 64 metros.

#### **4.4.8 Dimensionamiento del tanque hidroneumático**

Generalmente los hidroneumáticos se usan en casas residenciales donde se desea una presión constante en toda la red hidráulica.

El dimensionamiento del tanque hidroneumático se realiza con la siguiente expresión:

$$Tc = \frac{1 \text{ hora}}{U} \quad (39)$$

$$Vu = \frac{Tc * Qb}{U} \quad (40)$$

$$Vup = 90 * \frac{(Pmax - Pmin)}{Pmax} \quad (41)$$

$$Vt = \frac{Vu}{Vup/100} \quad (42)$$

Donde:

U = número de arranques del motor, veces

Tc = ciclos de bombeo, segundos

Vu = volumen útil del tanque, lts

Vup = porcentaje del volumen útil del tanque presurizado, porcentaje

Pmax = presión máxima del tanque, PSI

Pmin = presión mínima del tanque, PSI

Vt = volumen total del tanque presurizado, lts.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

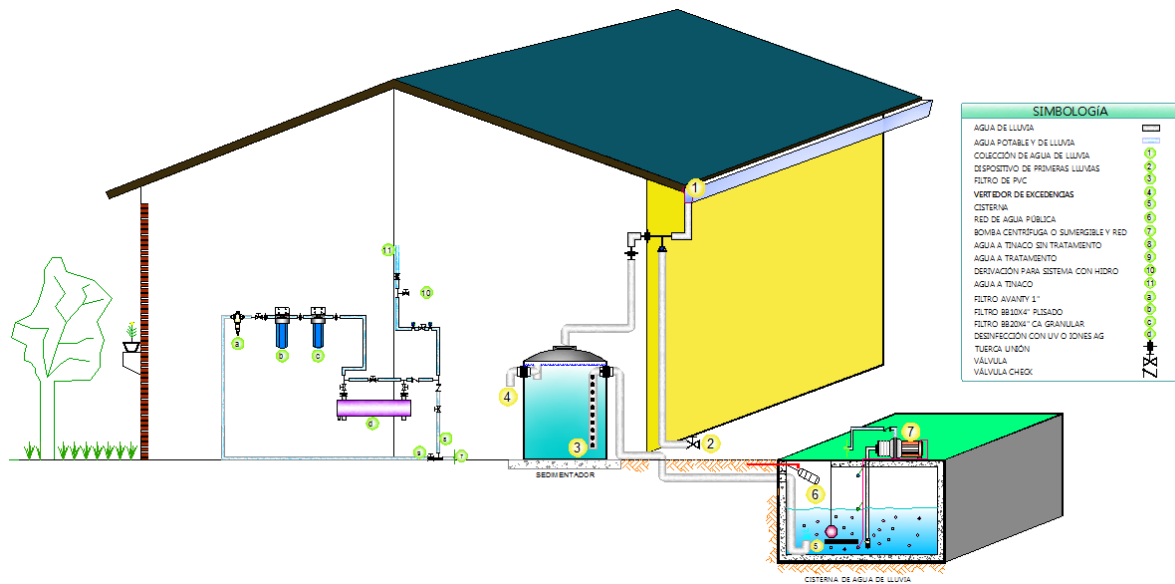
En el siguiente capítulo se muestran los resultados de la investigación en cinco secciones. La primera sección aborda una descripción de las características que tiene la matriz de decisión para seleccionar los sistemas SCALL y de tratamiento más adecuados a la zona de transferencia de la tecnología. La segunda sección se presenta la descripción, justificación y la metodología que se siguió para diseñar los diferentes escenarios tanto para zonas *marginadas, urbanas, residencia, media industrial e industrial*. También los resultados de eficiencia que se obtuvieron de los diferentes escenarios proyectados y que se aterrizaron físicamente.

### 5.1 Escenarios

#### 5.1.1 Zona marginada

Según Anaya (2007) en México existen más de 13 millones de personas que carecen de agua en cantidad y calidad. Por su parte la CONAPO (2005) menciona que el promedio de las casas es de cuatro personas, esto indica que hay 3.25 millones de familias sin acceso a tal recurso.

Anibal (2008) señala que a través captación de agua de lluvia, comunidades, unidades de producción agropecuaria y escuelas, pueden asegurar el abastecimiento del agua para uso múltiple como: agricultura, granjas de animales, uso doméstico, piscigranjas, producción de hortalizas en invernaderos, uso doméstico y consumo humano.



**Figura 5.1 Modelo del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia para zona marginada.**

Sin embargo, en el capítulo 2 se mencionaba que la solución no es una cuestión de tecnologías, sino de voluntad, pues solucionar el problema representa una inversión de 17,875 millones de pesos. Si consideramos que para el 2010 la población era de 112 millones 322 mil habitantes (INEGI, 2010), a cada ciudadano le correspondería pagar una utilidad neta sobre algún producto de \$159.14 pesos en un día (16 botellas de agua purificada de un litro).

Los requisitos que una casa independiente debe contar para este programa serían:

- Un techo impermeable con una superficie mayor a 90 y menor a 200 metros cuadrados,
- Un tanque o cisterna de cinco mil litros o una cisterna con bomba

El costo del sistema es de \$ 14,150 pesos + IVA e incluye los siguientes componentes:

- Interceptor de primeras lluvias tipo T con tanque de 100 litros,

- Tanque sedimentador de 100 litros,
- 12 tramos de tubo PVC sanitario de 4 pulgadas para cuatro bajadas pluviales,
- Equipo de potabilización con tres etapas (sólidos y carbón activado granular y desinfección con UV)
- Mano de obra.

### **Ventajas**

- El agua en de lluvia en las zonas rurales es de mejor calidad que en las ciudades y por ello se integró la UV para desinfectarla y usar el agua para consumo humano
- La población contará con agua purificada
- El sistema no necesariamente necesita una bomba, pero si que el tanque este sobre el nivel del piso.

### **Desventajas**

- La falta de mantenimiento anual de los filtros y de la lámpara de UV, reducen su efectividad en la desinfección.
- Falta de energía eléctrica implica instalar paneles fotovoltaicos y epor consiguiente incrementa los costos de inversión.
- La falta de mantenimiento anual de los tanques o cisternas reduce la durabilidad del equipo de purificación.



Otro de los sistemas de tratamiento que es importante transferir a las zonas marginadas es el biodigestor anaerobio, el cual tiene los siguientes beneficios.

El tratamiento anaerobio permite una elevada biodegradabilidad lo que representa una ventaja técnica y económica ya que en estos procesos hay una elevada reducción de la materia orgánica, menor producción de lodos digeridos en el mismo reactor anaerobio, menores requerimientos de área comparados con otros métodos y generación un subproducto altamente energético, como es el metano contenido en el biogás. Además, de obtener un fertilizante rico en nitrógeno y fosforo (Torres, 2010,). Adicionalmente representan un bajo o nulo requerimiento de insumos químicos, dadas las condiciones adecuadas de pH, alcalinidad y nutrientes (Foresti, 2002).

El empleo en este sistema de tratamiento ha permitido a México a una regulación de los precios de ofertas extranjeras que proponen el mismo tipo de procesos. En pocas palabras, ha logrado romper la dependencia tecnológica en este particular segmento del mercado ambiental mexicano (Noyola, 1999).

Según Guzmán (2007) el tratamiento de las aguas residuales es importante, pues a mediano plazo pueden afectar el suelo y los cultivos; las concentraciones de nitrógeno y fósforo no representan riesgo para el riego de cultivos y el uso público urbano, pero posiblemente si para la vida acuática silvestre. En su investigación en el río Texcoco presento que el contenido de huevos de helmintos supera ligeramente el límite establecido en la norma (ECOL-001 96 de SEMARNAT); pero la presencia de coliformes fecales rebasó por mucho el límite permisible estipulado en ella, por lo que estos aspectos representan un riesgo para la salud de los habitantes de zonas cercanas a las márgenes del río.

La propuesta esta orientada a comunidades segregadas que no cuentan con los alimentos necesarios de su canasta básica y que aun dependen de la leña para la preparación de sus alimentos. Con el sistema de tratamiento se solucionan los problemas de desechos orgánicos provenientes de las granjas (porcinas, bovinas, ovinas, avícolas y humanas) y que contaminan los ríos, suelos y generan malos olores al ambiente; con posibles focos de infección.

El costo del sistema es de \$ 9,292 pesos e incluye los materiales y la mano de obra para la instalación.

### Ubicación de los sitios en la zona marginada

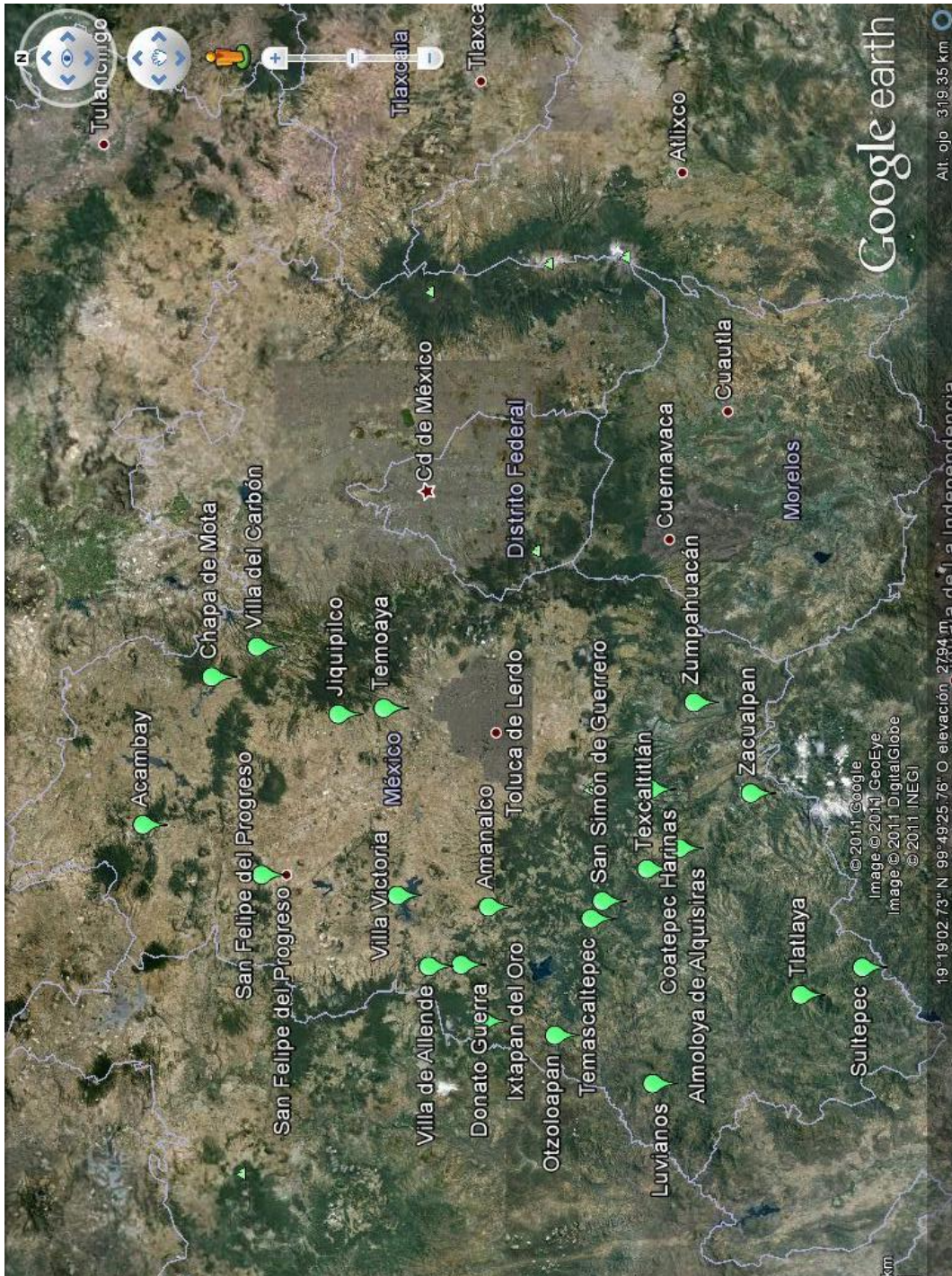
Los lugares donde se implementarían los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia y agua residual orgánica sería en los municipios alta marginación y zonas de atención prioritaria según SEDESOL.

**Cuadro 5.1 Municipios donde se realizaría la transferencia de tecnologías.**

<b>Municipio</b>	<b>Población total</b>
Acambay	56,849
Aculco	40,492
Chapa de Mota	21,746
Jiquipilco	59,969
Morelos	26,430
Temoaya	77,714
Villa del Carbón	39,587
Amanalco	20,343
Donato Guerra	29,621
Ixtapan del Oro	6,349
Otzoloapan	4,748
San Felipe del Progreso	100,201
Villa de Allende	41,938
Villa Victoria	77,819
San José del Rincón	79,945
Amatepec	27,026
San Simón de Guerrero	5,408
Temascaltepec	30,336
Tlatlaya	33,308
Luvianos	28,213
Almoloya de Alquisiras	14,196

Coatepec Harinas	31,860
Sultepec	24,986
Texcaltitlán	15,824
Zacualpan	13,800
Zumpahuacán	16,149
<b>TOTAL</b>	<b>924,857</b>

Fuente: INEGI, 2005.



**Figura 5.2 Ubicación de los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia y residual orgánica en el Estado de México.**

## Conclusión

La instalación de un SCALL resulta ser muy fácil, pero la falta de asistencia, capacitación práctica de quien transfiere la ecotecnia y sobre todo el uso de

materiales no asequibles dificultan la apropiación y mantenimiento de estos por parte del usuario.

Una de las maneras para resolver el problema de agua en México, es formar una figura legal sin fines de lucro como Cidecalli AC y su marca “Lluviatl”, pero la presentación debe plasmar nostalgia, crear conciencia y responsabilidad inmediata para apoyar la causa, más aun cuando el porcentaje de ingreso otorgado, indique una inversión local para resolver un problema de agua.

### **5.1.2 Zona urbana**

#### **Captación del Agua de Lluvia**

La captación del agua de lluvia data de más de 4000 años. En el México prehispánico existen evidencias de estos sistemas, tales como en la zona arqueológica de Xochicalco, Morelos, 650 a 900 d.C., en donde no existía ninguna fuente de abastecimiento de agua, por lo que se realizó un uso eficiente del agua. La plaza central y los patios fueron diseñados para canalizar el agua de lluvia hacia las cisternas, las cuales almacenaban el agua por siete meses aproximadamente (Garrido, 2010).

En la actualidad la creciente urbanización que es un proceso normal del desarrollo económico, el reto es hacer que este crecimiento sea sustentable, eficiente y equitativo.

Desafortunadamente el rol positivo de la urbanización se ha ensombrecido por las deficiencias en infraestructura. La disponibilidad del agua en las regiones baja constantemente y los riesgos para la salud continúan subiendo.

Así los sistemas de captación de agua de lluvia deben contribuir en la medida de lo posible a alcanzar el desarrollo sustentable con respecto al consumo del agua, pero en lo particular tendremos otros objetivos a saber (Adler, 2008):

- Lograr la aceptación y participación creciente de la población urbana, en la implementación de sistemas individuales y colectivos de captación de agua de lluvia, adaptados a sus necesidades y posibilidades. En esta categoría entran todos los grupos; los que actualmente cuentan con red de agua potable y los que se surten por otros medios del vital líquido.
- Convencer a los particulares y a las autoridades de que este sistema, no solo da beneficios directos, palpables y demostrables, sino también indirectos, pensando en que con la liberación de los recursos que se logra en lo social, se puede promover y beneficiar a los grupos que actualmente no cuentan con el servicio, apoyándolos en la creación de estos sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia. Es decir, que en parte el reto es buscar la equidad.
- Un reto de gran valor es el lograr la conciencia de la importancia y cuidado del agua, sobre todo de esta que llega a nosotros del cielo y que tiene una calidad excepcional. Entonces la implementación correcta de estos sistemas podrá ser un ejemplo que pueda influir a otros a aplicarlo.
- Superar el prejuicio de que este sistema es un gasto en tiempo y dinero, pues lo que se tiene es una inversión en recursos más limpios y con la garantía de tener acceso a el recurso hídrico durante mucho más tiempo, e incluso entender que es una inversión de corto plazo ya que esta se reflejará en un corto tiempo, en el ahorro de dinero al disminuir considerablemente los pagos por consumo de agua.

En la ciudad de México todas las edificaciones se pueden implementar Sistemas de Captación y Tratamiento de Agua de Lluvia (SCTALL) pero económicamente no en todas las edificaciones se tendrían las ventajas, pues depende mucho del uso del agua y de un cambio de hábitos. Por ello esta propuesta esta dirigida especialmente a casas independientes que cuenten con una superficie mayor a 100 metros cuadrados de techos (ver figura 5.3).

Por ejemplo en el Estado de México existen en promedio 3, 100,599 viviendas, de estas el 80 por ciento corresponden a casas independientes (residencias) con superficies de techo mayores a 90 m<sup>2</sup> (INEGI, 2005). Sin embargo, en esta investigación solo se trabajará con datos del DF.

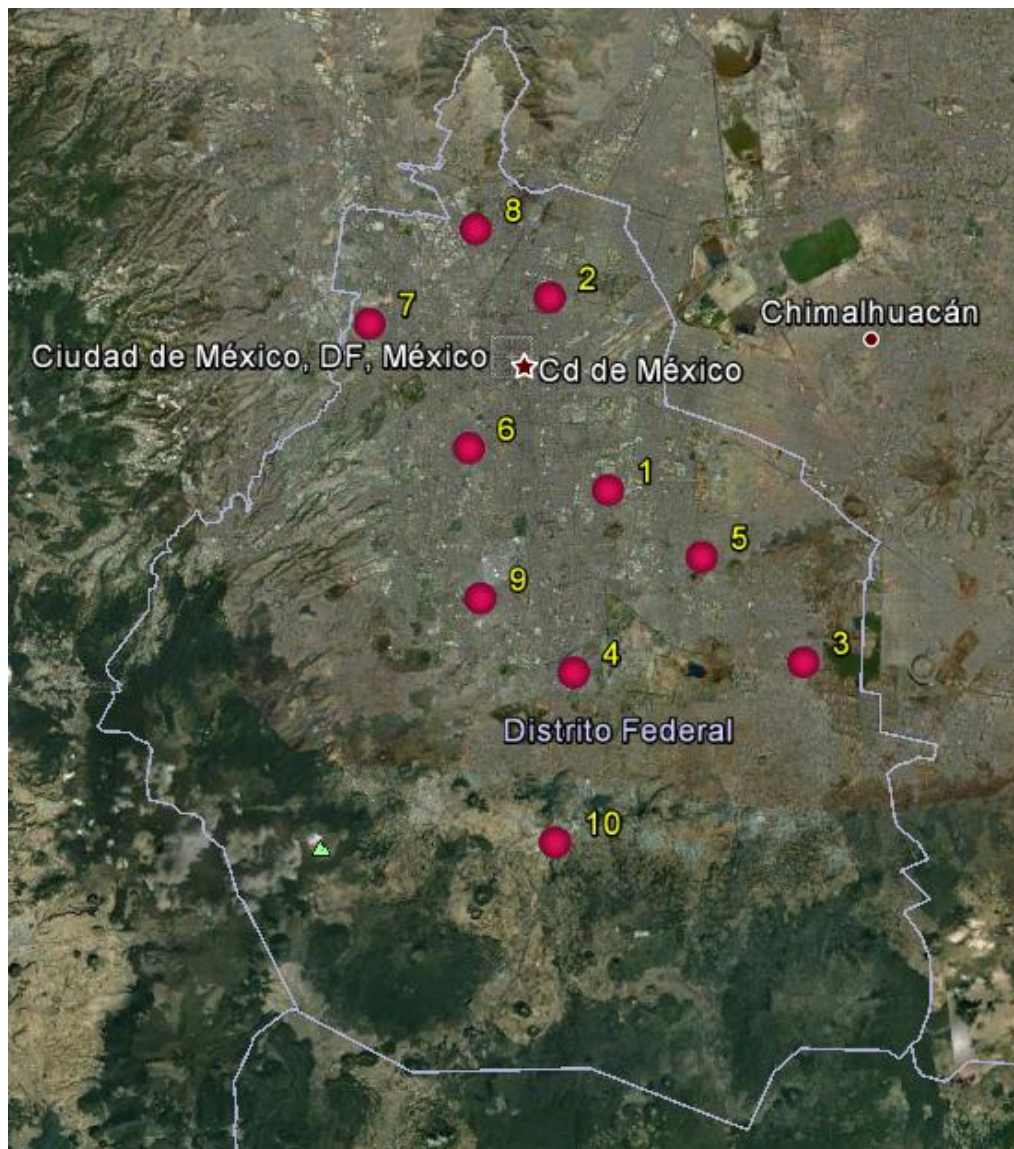
**Cuadro 5.2 Datos de población y viviendas en el Distrito Federal.**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Superficie	1495	km <sup>2</sup>
Población total	8,851,080	Habitantes
Hombres	4, 233,783	
Mujeres	4,617,297	
Promedio de ocupantes en viviendas particulares	3.6	personas
Consumo de agua potable anual	88 (33,463)	millones m <sup>3</sup> (lps)
Total de viviendas	2,453,031	casas
Casas independientes	71.43 (1,752,200 )	%
Vecindad u otro	28,57	%
<b>Casas con potencial de captación de agua de lluvia</b>	<b>1,752,200</b>	

Fuente: INEGI, 2010.

Como se desconoce la superficie de los techos, se procede a usar la plataforma de Google eart para ubicar 10 puntos al azar y luego estimar sus superficies.





**Figura 5.3 Ubicación de puntos al azar para estimar la superficie promedio de las casas independientes en el DF.**

En el cuadro 5.3 se muestran los resultados de los puntos considerados en la figura 5.3.

**Cuadro 5.3 Puntos considerados para obtener una superficie promedio.**

Observación	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	14.5	8.50	123.250
2	19.50	8.00	156.000
3	12.00	10.00	120.000
4	7.50	8.00	60.000



5	13.00	6.00	78.000
6	12.00	9.00	108.000
7	14.00	8.00	112.000
8	10.00	10.00	100.000
9	16.00	8.00	128.000
10	10.50	8.50	89.250
Promedio			107.450

El dato anterior nos confirma que la propuesta debe estar dirigida a superficies con techos mayores a 100 metros cuadrados.

**Cuadro 5.4 Datos básicos para estimar el potencial de captación y tratamiento de agua de lluvia en el DF.**

Descripción	DF	Unidad
Costo de un metro cubico de agua de la red del Cutzamala*	25.33	\$/m3
Casas independientes	1,752,200	
Precipitación (1970-2005)	876.7	mm
Precipitación neta (1970-2005)**	360	mm
Coeficiente de captación (de tablas)	0.8	Adim
Área de captación (cuadro 2)	100	m <sup>2</sup>

\*Código Fiscal del Distrito Federal, 2010.

\*\* Se estimó en el proyecto de investigación para el escenario residencial

**Cuadro 5.5 Resultados e impactos económicos esperados al implementar los SCTALL en diferente cobertura de casas independientes.**

Concepto	Porcentaje casas independientes beneficiadas							Unidad
	1	5	10	20	30	40	50	
Número de viviendas	17,522	87,610	175,220	350,440	525,660	700,880	876,100	pesos
Ahorro de agua	504,634	2,523,168	5,046,336	10,092,672	15,139,008	20,185,344	25,231,680	m <sup>3</sup> /año
Ahorro económico sin subsidio	12,782,369	63,911,845	127,823,69	255,647,382	383,471,073	511,294,764	639,118,454	\$/año
Ahorro con subsidio	4,163,227	20,816,136	41,632,272	83,264,544	124,896,816	166,529,088	208,161,360	\$/año
Eficiencia de captación respecto al volumen agua que usa el DF	<b><u>0.57</u></b>	<b><u>2.87</u></b>	<b><u>5.73</u></b>	<b><u>11.47</u></b>	<b><u>17.20</u></b>	<b><u>22.94</u></b>	<b><u>28.67</u></b>	%
Costo por Implementación de SCTALL	96,371,000	481,855,000	963,710,000	1,927,420,000	2,891,130,000	3,854,840,000	4,818,550,000	Pesos
Porcentaje de recuperación de la inversión anualmente	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	%
Tiempo de recuperación de la inversión	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	años

Nota: Para estimar el costo de transferencia de un SCTALL se consideró un costo por sistema de \$5,500 pesos + IVA. Que incluye los siguientes componentes (ver figura 5.4):

- Interceptor de primeras lluvias tipo T sin tanque (2),
- Tanque sedimentador de 100 litros (3),
- 6 tramos de tubo PVC sanitario de 4 pulgadas para dos bajadas pluviales (1),
- Equipo de potabilización con dos etapas (sólidos y CAG, incluye ménsula) de 10x2.5 pulgadas y mano de obra (a y b).

En el cuadro 5.5 se observa que al transferir los SCALL a un 50% de las casas independientes, se puede tener un ahorro de 25.23 millones de metros cúbicos de los 88 que necesita el DF anualmente. Además, la recuperación de la inversión se realizaría en un periodo de 7.54 años.

Es importante mencionar que las bodegas (central de abastos) y almacenes de la ciudad, por su gran superficie tienen un alto potencial de resolver problemas de escasez de agua y generar ahorros mayores al 50% por concepto de la tarifa de agua.

### **Tratamiento del Agua de Lluvia**

Según con Garrido (2010) varios factores afectan las propiedades físico químico y microbiológico del agua de lluvia cuando es captada por los diferentes sistemas. Se ha reportado en varias regiones a nivel mundial, la existencia de diferentes contaminantes incluyendo metales pesados y trazas de compuestos orgánicos presentes en los techos de las construcciones. Según Meera y Mansoor (2006), el agua captada de los techos y almacenada normalmente no reúne los requisitos para agua de consumo humano según las normas oficiales y guías de calidad de agua, debido a: materiales utilizados para la construcción de techos y cisternas, falta de operación y mantenimiento adecuado, factores atmosféricos, gases o contaminantes producto de la actividad humana. Enfermedades relacionadas con el consumo de

agua de lluvia sin tratar tenemos; infecciones gastrointestinales origen bacterial y protozoarios (Amoeba, Giardía y Criptosporidium), y botulismo (Lye, 2002.) Por lo que es imprescindible la desinfección y eliminar la turbiedad para asegurar un suministro de agua seguro, mediante filtración. Para sistemas de mediana y gran escala y destinados al consumo se tiene que eliminar el nitrógeno y fosfatos, por lo que el tratamiento sería filtración, adsorción (carbón activado) y desinfección (UV o iones de plata) para un suministro limpio de agua para uso potable.

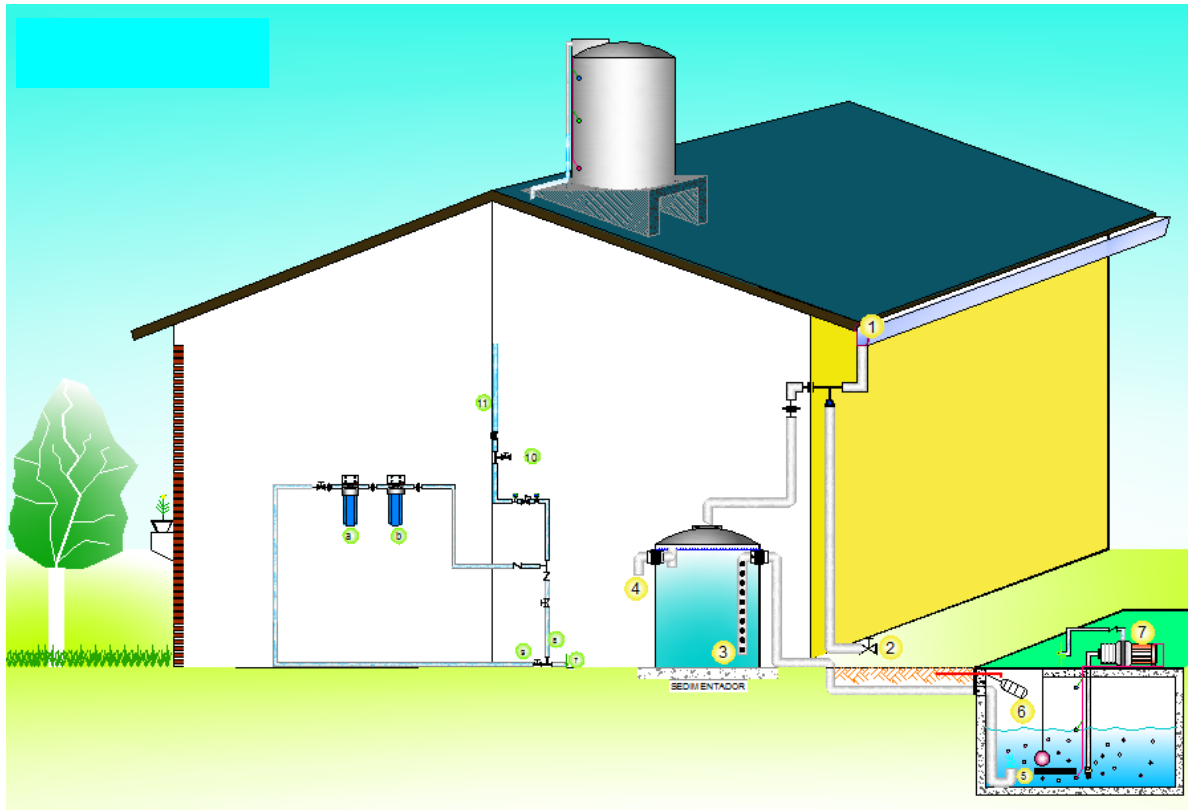
Sin embargo, antes de realizar cualquier diseño se tienen que hacer un cambio de hábitos y remplazar los dispositivos convencionales, por válvulas ahorradoras, regaderas y dual flush para que una persona solo use por día 122 a 150 litros, de los cuales 50 litros podrían ser remplazados por la lluvia. De este modo evitar usos indolentes de más de 500 litros por persona por día y en otros apenas de 50 litros (Iztapalapa).

La iniciativa consiste que los gobiernos del Edo de México y DF en coordinación con las autoridades de agua financien la instalación de cosechadoras e agua de lluvia (potable y purificada) en casas que cuenten con las características siguientes:

- Un techo impermeable con una superficie mayor a 90 metros cuadrados
- Bajadas en PVC
- Registro
- Un tanque de cinco mil litros o una cisterna con bomba

Con estos datos las personas pueden aprovechar el agua durante la temporada de lluvias y ahorrar un 50 por ciento del agua de la red.

El objetivo es aumentar durante la temporada de lluvias (mayo-octubre) la disponibilidad del líquido en los hogares y obtener un ahorro financiero a corto plazo, al sustituir en casa el agua de la red por agua de mejor calidad.



**Figura 5.4 Modelo del sistema de captación de agua de lluvia para zona urbana.**

***El funcionamiento consiste:*** El agua se capta en techos y se colecta en canalones (1), luego como las primeras lluvias arrastran polvo y hojas de árboles, a un volumen del agua debidamente estimado se elimina (2), posteriormente el agua de mejor calidad pasa al tanque rígido o bien a uno flexible (4 y 5). Finalmente con una bomba (7) o bien si se cuenta con un tanque sobre el nivel del suelo, no se necesita bomba para el funcionamiento del equipo de potabilización (a y b). Finalmente el agua es enviada a un tinaco elevado o se usa directamente en algún servicio que no requiera agua purificada.

### **Las ventajas y desventajas**

Los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia tienen sin lugar a dudas muchos beneficios, se enumeran brevemente los más importantes, así como las ventajas comparativas que tiene contra el sistema tradicional urbano de redes subterráneas de distribución.

## **Económicas**

- El agua de lluvia se recolecta y almacena cerca del edificio o casa que la consume, lo cual elimina la necesidad de sistemas de distribución costoso y complejo.
- Se logra un gran ahorro de energía, ya que se evita todo el proceso de extracción o entubamiento y el de distribución y bombeo del agua para su transportación, los cuales demandan una gran cantidad de energéticos.
- Tiene un costo mucho menor, que el de las redes hidráulicas públicas, tanto en la inversión primaria como en el costo de mantenimiento, reparación y ampliación del sistema de redes.
- El agua de lluvia al ser un recurso gratuito, se puede usar en la ciudad con pocos gastos de inversión para actividades de riego en: muros verdes, riego de jardines, producción de hortalizas en azoteas, autolavado, aseo de patios y en WC.
- Se reducen las tarifas de agua potable entubada.
- Garantizaría la operación de empresas que usan el agua en sus procesos productivos (cementeras, central de abasto y manufactura).
- La poca dureza del agua de lluvia ayuda a aumentar la escala en aplicaciones, extendiendo su uso. El agua de lluvia elimina la necesidad de un suavizador de agua y las sales que le añaden durante este proceso.
- Geológicamente, se reduce el bombeo de agua subterránea y se detiene el hundimiento de la ciudad de México (40 cm por año).
- Los sistemas presentan un fácil mantenimiento.

## **Sociales**

- Puede aplicarse prácticamente de inmediato a todas las comunidades urbanas que no cuenten con redes de agua potable.

- Se previenen y reducen los problemas de inundaciones, es decir se evita que el agua pluvial entre al drenaje público y eso da oportunidad para que las líneas operen a su capacidad de diseño.
- Se reduciría la utilización de energía y de químicos empleados para tratar el agua de lluvia en la ciudad, disminuyendo también el gasto que genera para el rebombeo en puntos de desnivel y por consiguiente los canales que evacuan las aguas de la ciudad no se desbordarían en las épocas de lluvias.
- Se incrementaría la cobertura de agua a quienes por décadas la han solicitado como derecho humano (Caso Iztapalapa).
- El agua de lluvia está libre de sodio, importante para gente con una dieta baja en sodio.
- El agua de lluvia provee una fuente de agua cuando es temporada de estiajes (hay que tener una cisterna) y la dotación se reduce fuertemente, o cuando hay escasez del agua subterránea.
- Se desarrollan capacidades técnicas locales para la difusión masiva de los SCALL entre vecinos.

### **Ambientales**

- Se contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se reduciría el consumo de grandes cantidades de energía eléctrica para el bombeo de agua de cientos de kilómetros (caso Cutzamala)
- Se reducen las pérdidas por fugas en las líneas de conducción.
- No impacta al subsuelo (con la extracción acelerada) ni a los ríos y sus ecosistemas (con el desvío y entubamiento de estos) ya que su fuente principal viene de la lluvia. Por tanto se mantienen los mantos acuíferos en mejores condiciones al tener una menor necesidad de extracción.

### **Políticas**

- El postulado a dirigir el DF que considerará la captación del agua de lluvia para uso doméstico, consumo humano e industrial como una política pública,

tendría por lo menos 13 millones de personas a nivel nacional que votarían a su favor en los futuros comicios electorales para ser presidente de México.

### **Las desventajas**

- La falta de limpieza de los techos y cambio de los filtros cada año, puede generar una baja eficiencia del equipo de tratamiento.
- Si el agua fuera para consumo humano el usuario tendría que adquirir un sistema de desinfección por radiación ultravioleta o desinfección por iones de plata y que representa una inversión del 50% de la total.
- La propuesta solo es para aprovechar el agua durante los meses con lluvia y generar un ahorro a las redes de agua pública.
- La propuesta es solo para casas que cuentan con un techo plano con canalización de sus escurrimientos debidamente instalados; una bomba y una cisterna.

### **Tratamiento biológico de aguas residuales con sistema aerobio**

Las razones de utilizar este sistema es debido a que los efluentes urbanos son una mezcla de aguas residuales domésticas y de industrias. Las aguas residuales domésticas proceden de las viviendas y las instalaciones comerciales e incluyen aguas fecales (aguas negras) y aguas de lavabos, duchas, lavadoras, lavavajillas y cocinas fundamentalmente. Estos efluentes presentan cargas orgánicas variables, pero al mezclarse entre sí y con los demás efluentes urbanos, dan como resultado unas aguas de baja carga orgánica y complejas en cuanto a su composición (Sánchez, 2010).

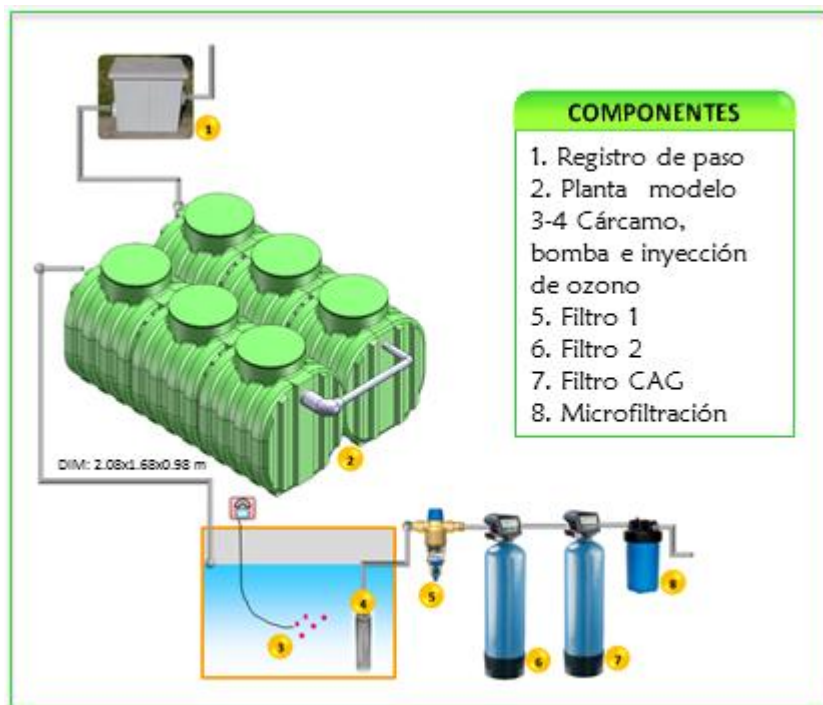
Una de las ventajas principales es la eliminación de lodos en el reactor por agregar un quelato de cobre que incrementa la reproducción de la población bacteriana aerobia, suspendiendo uniformemente los sólidos en el líquido.



Además la coagulación y el método de lodos activados son eficientes, pero en su proceso requieren mayores inversiones en operación y mantenimiento tanto de químicos como de energéticos.

Otro de los puntos importantes es la que mientras más cerca se tengan los equipos de tratamiento y agua de reúso los costos son menores y ello permite que departamentos, zonas habitacionales, industrias, parques, áreas de creación dispongan de agua para tales fines e incluso para el WC. Con ello se genera conciencia y responsabilidad de las empresas.

El sistema que se propone esta dirigido especialmente a casas residenciales y zonas habitacionales, pero en este caso solo se presenta la primera zona.



**Figura 5.5 Planta biológica con sistema aerobio.**

### Ubicación de los sitios en la zona urbana

Para los equipos de tratamiento biológico con sistema aerobio. Se implementaría desde el paseo de la reforma, paseo de las palmas y cruce con circuito interior hasta Cuajimalpa; y Tecamachalco.



**Figura 5.6 Ubicación de sitios donde se proyecta implementar los sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia (iconos verdes) en zona urbana, así como el corredor para el tratamiento biológico con sistema aerobio (línea rosa).**

**Sitios:** Álvaro Obregón, Iztacalco, Azcapotzalco, Benito Juárez, Cuajimalpa, Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztapalapa, Tlalpan y Magdalena Contreras

En estas delegaciones típicamente en los recortes y mantenimiento de la Red del Cutzamala manifiestan su enojo con el cierre de carreteras, por lo que es importante concientizarlos de su gran responsabilidad del sitio que eligieron para vivir, pero que su problema tiene una solución y es hacer un aprovechamiento responsable del agua de lluvia.

A este escenario solo espera que la población conozca las ordenanzas para entrar en marcha, pues en las Leyes de Agua Potable y Alcantarillado lo tienen como decreto. Además, permite crear una nueva cultura del agua, su uso, ahorro y reúso de la misma, y sobre todo promover, incentivar la cosecha de agua de manera individual o colectiva. Tal y como lo ha realizado el “Proyecto Isla Urbana” en Tlalpan.

### **5.1.3 Residencial**

**Ubicación.** El proyecto se encuentra en la Calle Zamora 63, Colonia Condesa, Delegación Cuauhtemoc México DF.

Dentro de los primeros componentes importantes que integran la casa sustentable son *la captación del agua de lluvia, el tratamiento biológico de aguas residuales para su reúso en WC y riego de un muro verde vertical*, el uso de dispositivos ahorradores, luminaria con LED´s y domótica. Aunque en esta investigación solo se presentan los resultados de los primeros dos componentes, pero no hay ningún inconveniente en solicitar información de algún tema en particular.

#### **5.1.3.1 Captación de Agua de Lluvia**

Para realizar este diseño fue necesario buscar información meteorológica, características del edificio y de consumo de agua.

Información meteorológica:

- Precipitación pluvial mensual y diaria de por lo menos los últimos 10-30 años de registro
- Lluvias máximas diarias registradas del periodo de registro
- Número de días con lluvia de cada mes
- Intensidad registrada

### Características del edificio:

- Tipo de edificio
- Uso del edificio
- Superficie del techo o área de captación horizontal
- Tipo de material del área de captación
- Distancia y desnivel del área de captación al piso y de este al sitio de almacenamiento
- Ubicación del drenaje público

### Información de consumo de agua:

- Uso del agua
- Volumen de agua demandada
- Cuantos metros cuadrados áreas verdes se tiene
- Disponibilidad de espacio para ubicar el sistema de almacenamiento de agua

### Datos:

Área de captación ( $A_{\text{captación}}$ ) = 160 m<sup>2</sup>

Numero de bajadas = 2

Diámetro de bajadas (D) = 4 pulgadas

Número de personas (Num) = 5 adultos

Capacidad de la cisterna = 5 m<sup>3</sup>

Cantidad de agua usada por persona (Agua<sub>i</sub>) = 150 litros/día

Total de agua usada por día = 750 litros/día

Es importante puntualizar que en el sitio el usuario tiene separado la red de agua de lluvia y la de drenaje, de igual manera la alimentación del agua para uso doméstica y

para los WC. Sin duda esto es un claro ejemplo de una casa que busca la sustentabilidad, pues el líquido para uso doméstico ya no se vierte al drenaje, sino más bien, se trata y se reúsa en los WC y riego de un muro verde. Lo anterior permite ahorrar más del 20 por ciento de agua y además de la tarifa por tal servicio.

A continuación se muestran los resultados de los SCALL obtenidos a partir de la metodología propuesta en esta investigación.

*a. Área de captación*

La edificación cuenta con un techo de 160 metros cuadrados de concreto impermeabilizado, dos bajadas de 4 pulgadas y un cuarto de máquinas donde llegan todas las ramificaciones hidráulicas.

*b. Estimación de la lluvia de diseño*

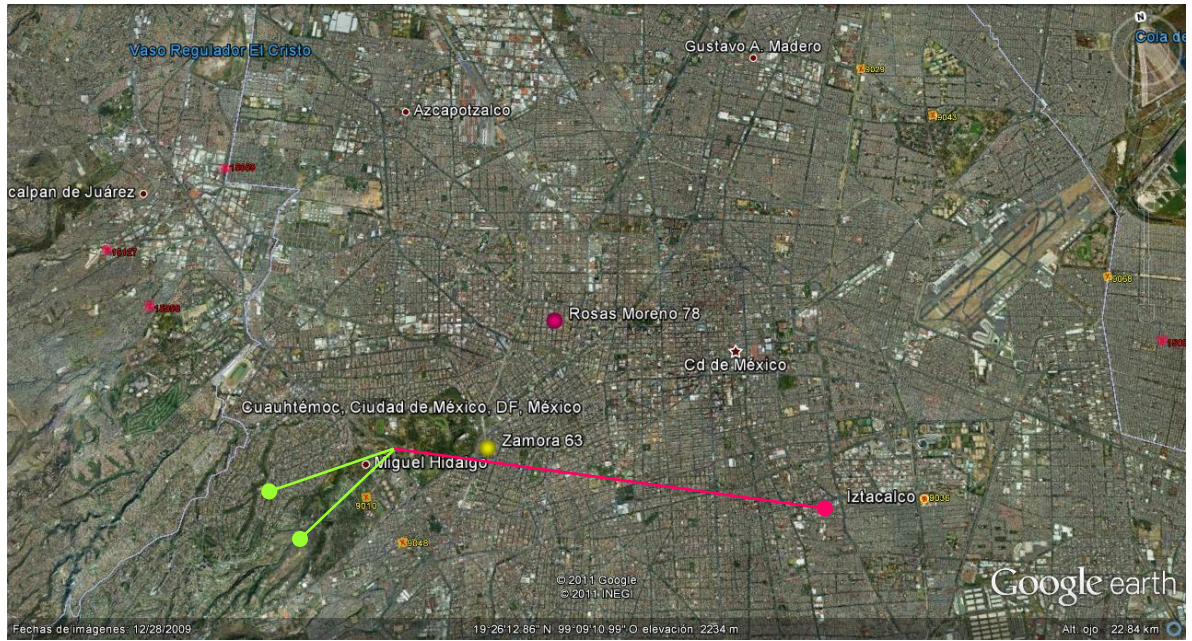
Este es uno de los datos importantes que define la viabilidad económica y el alcance social que puede tener un SCALL.

El procedimiento para estimar la lluvia de diseño consiste en los pasos siguientes:

*c. Ubicar en una imagen de satélite o Google Earth el sitio y las estaciones más cercanas.*

En la figura siguiente se muestra el sitio con las estaciones más cercanas y que corresponden a la 9010 de la Colonia América (2.5 km), la 9048 de Tacubaya Central (2.5 km) y la 9036 de Playa Caleta 454 Colonia Marte (8.7 km).





**Figura 5.7 Ubicación de Sitio 1 y 2 con estaciones meteorológicas vigentes en el SMN.**

*d. Estación meteorológica considerada*

Las variables consideradas para seleccionar la estación con mayor confianza fue aquella que contiene datos de precipitación completos y su cercanía al sitio de trabajo.

**Cuadro 5.6 Datos de precipitación histórica de 1970-2005 para la estación 9010 Colonia América.**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1970	0	3.2	10.1	1.5	35.2	148.5	176.1	96.4	195.4	36.4	1.1	0
1971	5.4	0	26	8.8	24.9	143.2	209.7	187.6	125.6	75.1	18.3	3.9
1972	0	4.5	6.1	25.4	120.1	199.7	162.1	107.4	84.9	57.1	12.3	8.1
1973	0	4	0	22.6	66.4	174.1	274.8	207.2	178.4	45.6	16.1	0
1974	5	2.6	13.5	35.2	59.5	138.2	196	106.7	108.4	9.7	0.2	0
1975	30.3		0.7	19.3	102.1	206.3	211.1	188.9	142	111.9	0	0
1976	0	4	17.4	29.4	75.9	91.1	310.4	295.5	178.1	113.2	8	44.4

1977	6.2	14.6	0	8.8	63.3	99.9	177.6	74.1	229.2	59.5	6	2.3
1978	4.5	11.9	61.3	0.7	77.3	288	176.8	113.1	154.2	186.8	3.1	4.5
1979	0	14	4	13	34.8	118.1	154.6	242	142.4	0.3	0.8	19.9
1980	32.6	1.2	0.3	48	53.9	99.6	102.7	211.7	228.7	144.2	3	0
1981	24.5	18.9	12.9	47	53.9	180.8	140.2	172	96.3	45.6	4.3	4.8
1982	0	27	17.4	15.9	100.7	126.5	153.8	85.7	34	51.9	2	30
1983	12.8	3.8	4.8	0	17.5	97.7	238.3	171.1	82.4	43.1	14.7	36.4
1984	9	6.9			54.2	139.1	349.2	131	245.7	194.6	1	5.8
1985	0	1.4	8.6	57.9	75.5	226.5	166.8	133.3	76.7	66.7	0	0
1986	0	0	0	29.5	90	236.1	138.9	111.3	136.6	61.2	0	0
1987	0	2.4	3.4	24	55.8	128.4	249.2	190.7	146	0	5.5	0
1988	0	0	36.8	18.1	83.6	216.5	200.9	159	135.9	32.5	28	0
1996	0	0	3.5	11	47	124.7	38.5	88.4	206.5	74.6	0	8.2
1997	5	5	6.6	26.9	0	61.7	215.6	180.9	23.9	73.2	0	4.5
1998	5.8	0	0	0	10.4	82.2		270.6	316.4	95.9	19	0
1999	4	6	38.5	18	42.2	63.7	155	261.4	133	122.9		
2001	1.5	2	9.1	65.5	61.6	209.4	173	267.6	232	26.2	7.1	0.1
2002	0	2.7	9.9	54.9	42.9	161.7	279.6	150.3	227.2	153.6	68.2	0.3
2003	0	0	22.3	10.9	18.6	312.3	270.1	240.9	264.5	120.2	46.4	0
2004	30.2	0	43.7	16	69.1	260.9	156.5	222.1	206.2	112.1	0	0
2005	7.8	10.3	0.2	28.4	42.5	119	164.2	264.2	52.7	118.6	1.4	0

Fuente: Base de Datos de Eric (IMTA, 2007).

**Cuadro 5.7 Datos de precipitación máxima registrada de la estación Colonia América.**

<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1970	0	1.6	10.1	1.5	10.9	27.1	22.7	26	28.1	19.5	0.6	0
1971	5.4	0	18.5	5.1	12.9	56.4	40.7	68.8	19.4	21.5	9.5	2
1972	0	4.5	1.8	6.8	30.6	46	27.7	24.5	20.2	21.4	6.4	6.7
1973	0	4	0	13.7	19.2	56.5	35	36.9	41.1	16.1	10	0
1974	4.7	1.5	5.8	13.3	18	38.5	38	16	23.6	6.1	0.2	0
1975	19.1	0	0.4	17.7	19.2	32.2	25.7	36.2	37.1	65.6	0	0
1976	0	2.3	17	9	19	22.3	65.8	79.5	26.2	33.4	4	21.1
1977	4.6	13.3	0	4.7	19.1	29.1	31.9	15.7	61.4	43.5	5	2.3
1978	4.5	11	34.3	0.4	52.7	37.6	25	28.3	37	34.5	3.1	3.3
1979	0	8.5	1.9	5.7	10.5	31.2	17.6	40	31.1	0.3	0.8	11.2
1980	13.6	0.8	0.3	15	9.3	25.5	16.2	38	57.5	18.4	1.8	0
1981	24	7.3	5.5	14.5	19.5	26.1	30.9	32.7	22.3	15.5	3.7	3
1982	0	22.5	9.4	6.4	17	50.6	21.5	14	13	20.4	2	30
1983	9	2.9	2.9	0	8	51.4	36	30.5	17.5	18.2	5.9	36.2
1984	6.7	2.8	0	0	19.3	35	46	40	40	84.5	1	3.9
1985	0	1.4	7.2	12.5	40.8	32.9	39.6	31	13.5	29.5	0	0
1986	0	0	0	6.3	15.8	22	34.6	20.7	28	29	0	0
1987	0	2.4	2.2	13.6	14.9	27	42.6	38.5	23	0	2.8	0
1988	0	0	21	9.5	24	40.5	22.3	25.6	53.7	20	28	0
1996	0	0	3.5	4	20.2	25.3	11.1	16.2	42	45	0	7.7
1997	5	5	4.6	14.4	0	19	30	44.7	5	31.5	0	3
1998	2.8	0.0	0.0	0.0	10.4	27.0	28.5	45.7	48.7	30.5	13.0	0.0
1999	3	3	6	6	34.2	31.5	21	40	47.5	22.1	0	0
2001	1.5	2	4	21	13	42	19.6	60	37	10.3	4.6	0.1
2002	0	1.9	4.5	15.6	24.6	40	33.6	26.4	94.6	46	53.1	0.3
2003	0	0	22.3	2.7	7.3	56.4	46.3	74.3	49.2	57.6	41.2	0
2004	21.2	0	15.7	7.9	20.6	43.9	26.2	36.7	33.4	30.6	0	0



2005	7.8	6.3	0.2	8.2	22.7	38.9	55.9	62.4	11.6	46.1	1.4	0
<b>Max</b>	<b>4.7</b>	<b>3.8</b>	<b>7.1</b>	<b>8.4</b>	<b>19.1</b>	<b>36.1</b>	<b>31.9</b>	<b>37.5</b>	<b>34.4</b>	<b>29.2</b>	<b>7.1</b>	<b>4.7</b>

Fuente: Base de Datos de Eric (IMTA, 2007).

A partir de la información de la precipitación total anual se determinaron los siguientes datos estadísticos:

Años con registro disponibles = 28

Media anual  $\bar{x}$  = 878 mm

Desviación estándar (S) = 187.97 mm

Coefficiente de variación (Cv) = 0.21

Coefficiente de oblicuidad (g) = 1.89

Coefficiente de asimetría (Cs) = 0.55

*e. Longitud de datos meteorológicos*

Aplicando la ecuación:  $n = \frac{t^2(Cv)^2}{e^2} = 19.22$  años, este valor nos indica que son datos confiables.

*f. Función de distribución seleccionada*

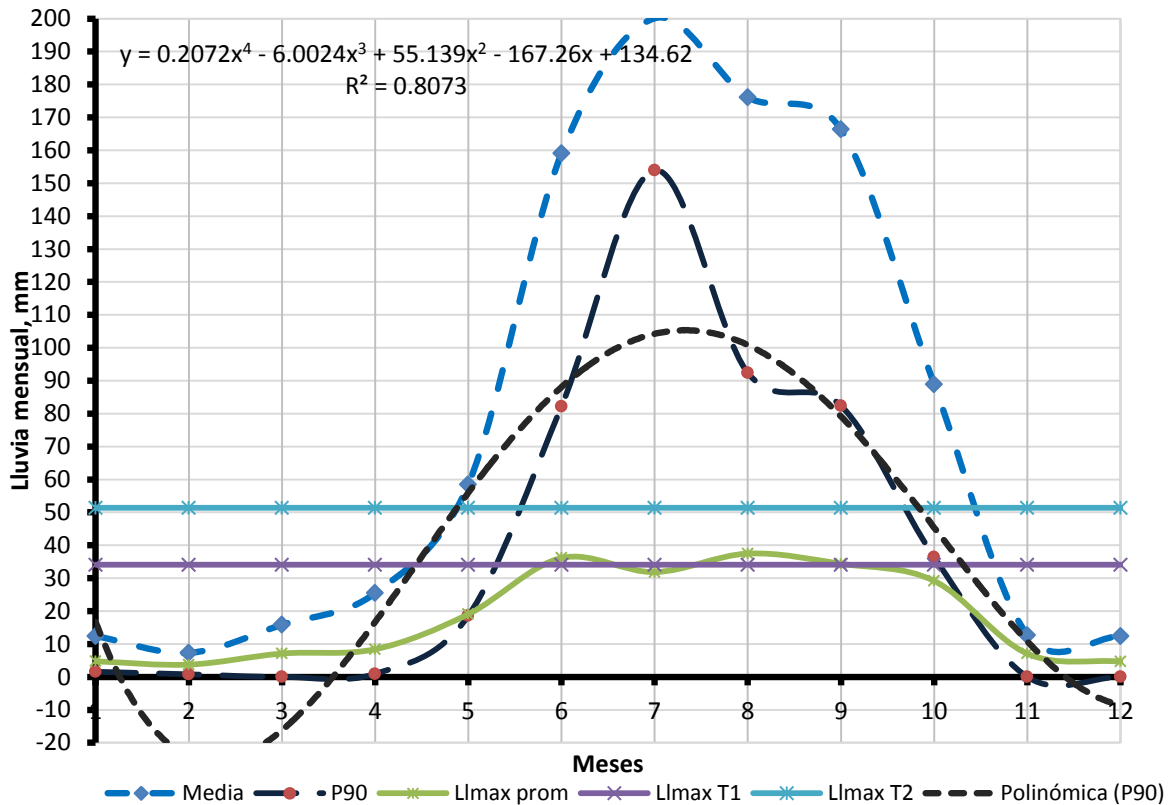
Aplicando los criterios de selección que marca el cuadro 4.2, luego dependiendo de los datos estadísticos S,  $\bar{x}$ , Cv, g y Cs para cada mes se aplica una de las funciones 2, 4 y 7. Los resultados de este procedimiento se muestran en el cuadro siguiente.

**Cuadro 5.8 Resultados de precipitación para tres periodos de retorno y un ajuste polinomio.**

<b>Meses</b>	<b>Xi</b>	<b>P<sup>Tr = 1.053</sup></b>	<b>P<sup>Tr = 1.11</sup></b>	<b>P<sup>Tr = 2</sup></b>	<b>Distribución</b>	<b>Ajuste polinomio</b>
Enero	12.41	0.98	1.57	7.72	Log Normal	16.70
Febrero	7.32	0.48	0.80	4.58	Log Normal	-24.05
Marzo	15.84	0.00	0.02	5.58	Log Normal	-16.19
Abril	25.47	0.40	0.937	15.38	Log Normal	16.69
Mayo	58.48	17.50	18.60	55.8	Weibul	56.00
Junio	159.07	61.70	82.20	143.2	Weibul	88.08
Julio	200.12	144.49	153.93	190.02	Log Normal	104.28
Agosto	176.11	68.66	92.39	171.40	Normal	100.90
Septiembre	166.36	52.70	82.40	154.2	Weibul	79.23
Octubre	88.91	26.20	36.40	74.6	Weibul	45.52
Noviembre	12.69	0.01	0.02	4.05	Log Normal	11.00
Diciembre	12.37	0.00	0.014	3.71	Log Normal	-8.13
Media	935.15	373.12	469.28	830.24		470.0204

*g. Estimación de escurrimiento neto de agua sobre la superficie impermeable*

Con una superficie de captación de 160 metros cuadrados y un coeficiente de escurrimiento del 0.80 por ser concreto impermeabilizado; y al aplicar la ecuación 8 para cada mes y al final la ecuación 9, se tiene un volumen de agua anual con una probabilidad del 90 por ciento. Sin embargo, es importante eliminar los meses donde la precipitación tiene valores muy bajos, pues no generan escurrimiento.



**Figura 5.8 Ajuste de la lluvia estimada con modelos de distribución.**

Entonces la lluvia de diseño para un periodo de retorno de 1.11 años es:

$$PN_{\text{diseño}} = \sum_{j=1}^n PN_{jk}^{90} = 357.86 \text{ mm}$$

*h. Estimación de la precipitación máxima probable*

Para el diseño de los colectores del agua de lluvia se utilizan las precipitaciones máximas registradas para cada año de registro, enseguida se aplica la distribución Gumbel para encontrar el valor correspondiente para el periodo de retorno de 2 años (se minimiza el costo, pero se eleva el riesgo).

**Cuadro 5.9 Precipitaciones máximas registradas de la estación 9010 Colonia América.**

<b>Años</b>	<b>P máxima</b>	<b>Años</b>	<b>P máxima</b>
1970	28.1	1984	84.5
1971	68.8	1985	40.8
1972	46.0	1986	34.6
1973	56.5	1987	42.6
1974	38.5	1988	53.7
1975	65.6	1996	45.0
1976	79.5	1997	44.7
1977	61.4	1998	48.7
1978	52.7	1999	47.5
1979	40.0	2001	60
1980	57.5	2002	94.6
1981	32.7	2003	74.3
1982	50.6	2004	43.9
1983	51.4	2005	62.4

Fuente: Base de Datos de Eric (IMTA, 2007).

Los datos estadísticos necesarios para aplicar la distribución Gumbel son:

Datos:

Años con registro disponibles = 28

Promedio ( $\bar{x}$ ) = 53.81 mm

Desviación estándar (S) = 15.91 mm

Coefficiente de variación (Cv) = 0.30

Constantes teóricas  $\bar{y}_n$ ,  $\sigma_n$  = 0.5343 y 1.1047

En el cuadro siguiente se presenta un resumen de las lluvias máximas esperadas para los diferentes periodos de retorno considerados.

**Cuadro 5.10 Periodos de retorno utilizando la distribución Gumbel.**

Tr	P (X>x)	y	X	Vol. cisterna
10	0.9	2.25036733	78.53	12.56
5	0.8	1.49993999	67.72	10.83
2	0.5	0.36651292	51.39	8.22
1.111	0.1	-0.8340324	34.09	5.46
1.053	0.05	-1.0971887	30.30	4.85

Donde:

Tr = es el tiempo de retorno, en años

P = es la probabilidad de que cierto evento se presente en cierto tiempo

y = valor estimado de cuadros

X = es la lluvia máxima estimada, mm

Para el diseño de los colectores se considera un Tr de 2 años (51.39 mm de lluvia máxima registrada en una hora).

*i. Uso el agua*

Se conoce que la casa tiene un consumo diario de agua de 750 litros.

Considerando que se tienen actividades los 7 días de la semana, la cantidad de agua que se necesita por mes y por años es la siguiente:

$$Agua_j = 23.3 \text{ m}^3 \text{ por mes}$$

$$Agua_{anual} = \sum_{j=1}^{12} Agua_j = 273.75 \text{ m}^3$$

*j. Eficiencia de aprovechamiento de agua de lluvia*

Con la lluvia de diseño ( $PN_{\text{diseño}}$ ) y el área de captación se puede estimar el volumen de agua que se aprovecha en el sitio, en este caso es:

$$V_{\text{lluvia}} = PN_{\text{diseño}} * A_{\text{captación}} = 0.35786 * 160 = 57.26 \text{ m}^3 \text{ por año}$$
$$E_{fA} = \frac{V_{\text{lluvia}}}{\text{Agua}_{\text{anual}}} * 100 = \frac{57.26}{273.75} * 100 = 20.90\%$$

*k. Evacuación de agua de lluvia en edificios*

En este apartado se obtiene el gasto máximo que se puede tener en el sitio con un periodo de retorno de 2 años. Tal valor se obtiene a partir de la ecuación 20; y representa la cantidad de agua que entra en el interceptor de primeras lluvias y en la cisterna durante una tormenta de 70 mm.

$$Q_c = \frac{5}{18} (C * I * A_{\text{captación}}) = \frac{5}{18} (0.8 * 0.70 * 160) = 3.11 \text{ lps}$$

*l. Bajadas*

La tubería necesaria para evacuar el gasto estimado de 3.11 litros por segundo ( $Q_c$ ) se obtiene a partir de la expresión 21.

Datos:

$Q_{i \text{ BV}}$  = es la capacidad de desagüe de la tubería vertical  $i$ , en lps,

$K_h = 0.25$

$D_i = 100 \text{ mm}$  (4 pulgadas)

$f = 0.33$

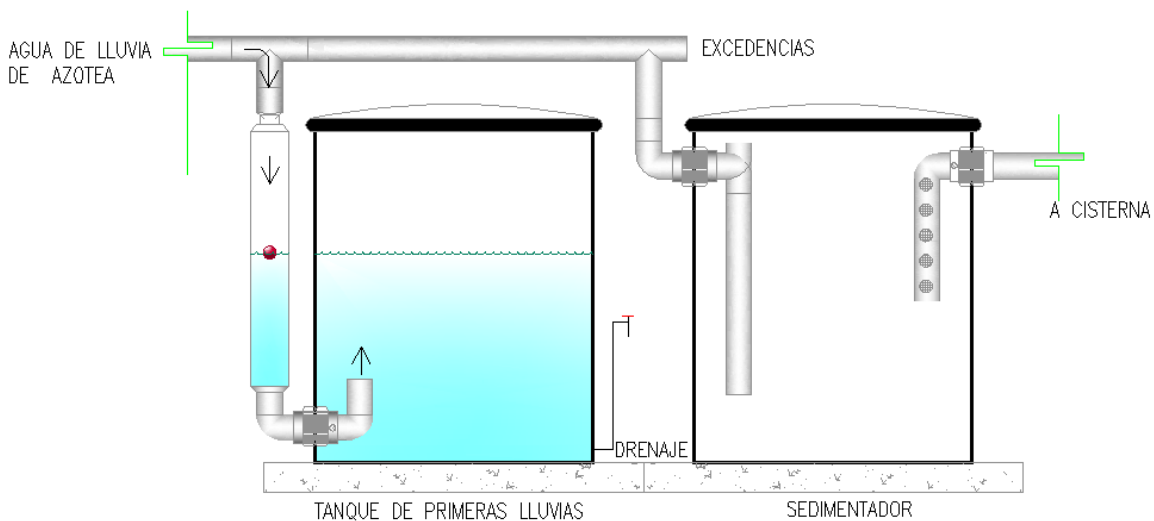
Sustituyendo valores en la ecuación 21 se tiene:

$$Q_{iBV} = 0.0025 * 0.25^{0.167} * 100^{2.667} * 0.33^{1.667} = 10.71 \text{ lps}$$

Entonces se corrobora que las dos bajadas instaladas para evacuar una tormenta de 70 mm/hora es suficiente.

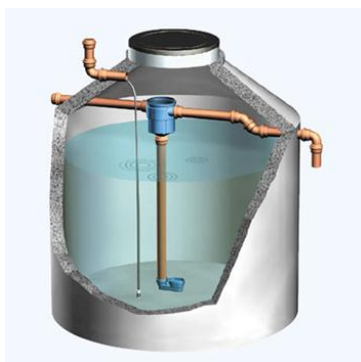
*m. Interceptor de primeras lluvia*

Como las primeras lluvias arrastran polvo y hojas de árboles, es importante eliminar los dos primeros minutos de escurrimientos. De este modo en el diseño se consideró un sitio con poca contaminación y una intensidad de 30 mm/h y de acuerdo al cuadro 4.10 presentado en el capítulo 4, se adquirió un tanque de 75-100 litros de capacidad (ver figura 5.9).



**Figura 5.9 Interceptor de primeras lluvias tipo T y tanque.**

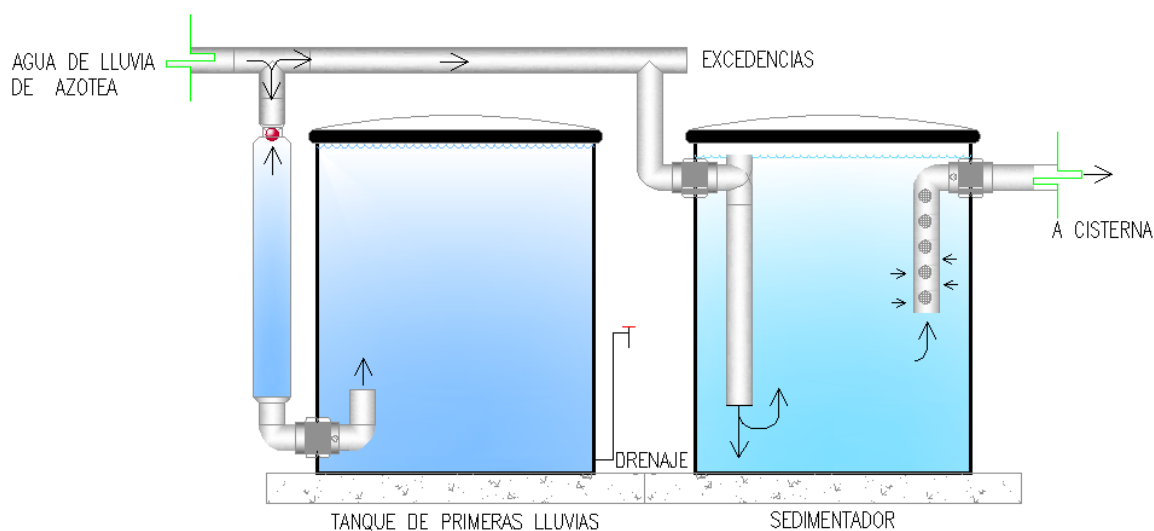
Aunque se aclara que también se pudieron haber instalado alguno de los filtros comerciales “*Tubo vertical, filtro de jardín*” o bien en el tanque solo adaptarle una malla tamizadora. La desventaja es el sitio de instalación y la posición horizontal. Es decir si se ubica en un tinaco y se tiene una intensidad mayor a su diseño, los sedimentos atrapados en su malla flotarían y se irían al fondo del tanque, generando contaminación con el agua limpia (figura 5.10).



**Figura 5.10 Sitio de instalación de filtro Jardín.**

*n. Sedimentación*

Después de interceptarse los dos primeros minutos de escurrimiento de agua tal dispositivo se obtura y el agua con menor contaminación lo recibe el sedimentador (tanque de 75-100 litros), depurando residuos y partículas sólidas mediante sistemas de decantación y tamizado, quedando el agua a la salida del tanque libre de suciedad, y vertiéndose finalmente a la cisterna mediante un sifón (figura 5.11).



**Figura 5.11 Vista de Interceptor y sedimentador en operación.**

En el mantenimiento los residuos captados en ambos tanques son enviados al cárcamo para su rebombeo al drenaje, aunque pueden usarse para el riego de plantas.



*o. Tanque de almacenamiento de agua*

Para el diseño se consideró la intensidad máxima probable para un Periodo de retorno (Tr) de 1.11 años, usar este valor permite al usuario invertir en una obra de almacenamiento con un 90 por ciento de probabilidad de tener una cisterna llena.

Usando la ecuación 30 se tiene:

$$\text{Vol cisterna} = 0.80 * 160 * 0.3409^{Tr 1.11} = 4.46 \text{ m}^3$$

Entonces, la adquisición de un tanque de 5,000 litros permite en época de estiaje tener 7 días sin abastecimiento de la red pública.

En el interior del depósito se instaló una bomba sumergible bifásica de 1HP que al producirse demanda por parte de determinados aparatos de la instalación, tales como regaderas, lavabos, lavadoras y grifos impulsa el agua desde el propio depósito a un tren de tratamiento con 4 etapas, luego la lleva hasta los puntos de consumo a través de una red independiente al de los WC.

*p. Potabilización y purificación*

Debido al diseño estructural del techo, la distribución del agua tanto sanitaria como doméstica se realiza con dos bombas sumergibles y dos hidroneumáticos respectivamente. Uno de estos equipos es el utilizado para hacer pasar el agua por equipo de purificación de 4 etapas (ver figura 5.12) que garantiza tener un producto de calidad y cumplir con la Norma Nacional vigente (NOM-126) de la Secretaría de Salud.



**Figura 5.12 Tren de tratamiento de agua con cuatro etapas (Avanty 3/4, CAG 8x40", Filtro BB10x4" y lámpara de desinfección con UV).**

### 5.1.3.2 Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas

El sistema se forma por un registro, microplanta de tratamiento, cárcamo, equipo de bombeo y tratamiento adicional, los cuales se describen a continuación.

#### a. Registro

Se instalaron dos registros tipo arenero uno para la línea de regaderas y lavabos y el otro para el de cocina. Las dimensiones de cada pieza es de 0.40 x 0.60 de plástico reforzado, con entrada y salida de efluente en 6 pulgadas de diámetro y rejilla también de plástico reforzado, con tapa de concreto polimérico.



**Figura 5.13 Registro para aguas residuales orgánicas y de cocina; y vista de la rejilla (derecha).**

Para el mantenimiento se recomienda que en un periodo de 15 días se revise y retiren los sólidos que accidentalmente hayan llegado a este punto, pues la acumulación de materiales puede generar obstrucción para la correcta operación del sistema.

*b. Trampa de grasas de cocina*



**Figura 5.14 Trampa de grasas de 80 litros de capacidad.**

*c. Microplanta de tratamiento biológico*



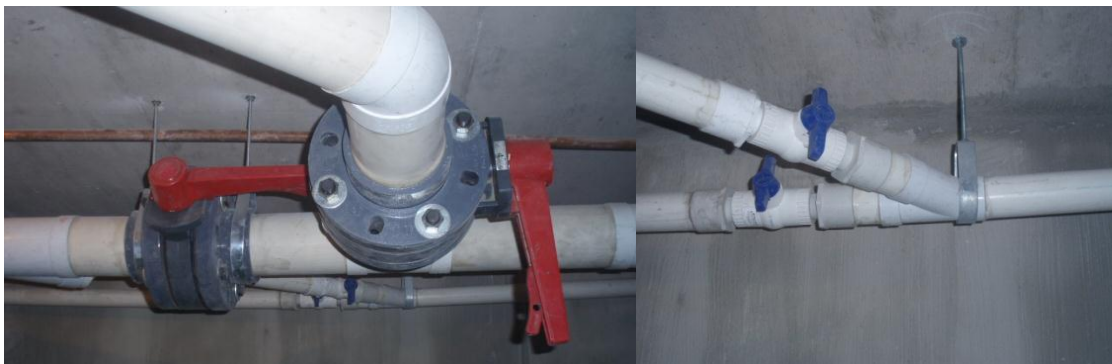
**Figura 5.15 Microplanta de 750 litros por día.**

El sistema tiene un gasto de operación de 750 litros por día con un periodo de retención de 3 días para el proceso de desintegración de la materia orgánica mediante la población bacteriana.

El sistema funciona mediante la aplicación del producto POLYDEX “quelato de cobre”, el cual aumenta la actividad de las bacterias responsables de la licuefacción, suspendiendo uniformemente los sólidos a través del líquido, esta actividad elimina la necesidad de vaciar los sólidos acumulados en el fondo del depósito, permitiendo así una economía bastante significativa.

Para la activación de la planta y solo para el primer día se siguió el procedimiento siguiente:

1. Se abren las válvulas del “by pass” (rojas) que dan acceso a la planta de tratamiento de aguas orgánicas y a la trampa de grasas (azules) por un periodo de 24 horas.



**Figura 5.16 Válvulas de mariposa de 4 pulgadas y válvulas de globo de 2 pulgadas.**

2. Durante las primeras 24 horas y en el primer módulo de la planta se agregan 500 ml del quelato de cobre e inmediatamente después se cierran las válvulas por un periodo de 48 horas, tiempo que permite la siembra de las bacterias aerobias. Por lo tanto el agua que se produce en la casa en este periodo de tiempo se envía al drenaje.

3. Transcurridas las 48 horas se vuelven a abrir las válvulas del paso 1 y se dejan en este estado que es el de operación.
4. Todos los días siguientes y en función de los usuarios en casa se agrega la dosis de quelato de cobre, en este caso es de 2.5-3.0 ml (1 litro por año). Algo importante es no dejar de aplicar la dosis todos los días, de lo contrario no se tendrá una eficiencia constante del tratamiento de agua.
5. Mantenimiento. La microplanta no necesita ningún tipo de mantenimiento, sin embargo es muy importante que no se arroje al sistema de tratamiento, residuos sólidos inorgánicos como lo son pañales, toallas sanitarias y bolsas. Ya que obstruirían el libre flujo del agua a través de la microplanta. Y tendrá la necesidad de retirar estas obstrucciones para reactivar la microplanta.
6. Cuidados Especiales. Evitar usar sustancias de limpieza que contengan cloro y productos a base de aceites de pino, ya que estas matan la actividad del sistema.
7. Para cualquier maniobra del aditivo o mantenimiento se debe usar protección adecuada de manos y boca.

d. Cárcamo (1.60x0.90x1.0m)

La estructura está construida de concreto armado de  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , adicionado con aditivo impermeabilizante, armado con varillas de 3/8" de diámetro @ 15 cms ambos lados, doble cama en muros interiores. El espesor del concreto es de 10 cm. En la parte superior tiene una tapa para las actividades de mantenimiento del mismo y soporte de los registros de paso.



**Figura 5.17 Cárcamo para el almacenamiento de agua tratada que cumple con la NOM ECOL-03**

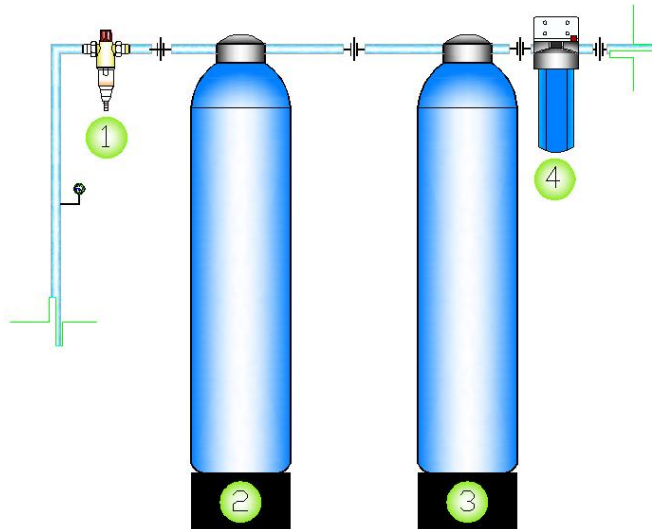
La función del cárcamo es almacenar el agua tratada que sale por gravedad de la micro planta y servir de reservorio para aplicar 1 gr/h de ozono, así garantizar una seguridad higiénica del líquido.

Consecutivamente, mediante comunicación de disponibilidad-demanda un sistema de control prende una bomba sumergible 1.0 HP y envía el agua por el tratamiento adicional para eliminar la turbiedad y los malos olores presentes en ella (filtración de sedimentos, carbón activado y microfiltración).

#### *e. Tratamiento adicional*

El sistema se integró al proyecto con la finalidad de garantizar un producto libre de micrororganismos y olores desagradables a los usuarios o dañar el mueble sanitario.

A continuación se presenta el diagrama de instalación del tratamiento adicional y posteriormente la descripción de cada uno de ellos.



**Figura 5.18 Tren de tratamiento adicional para el reuso de agua en WC. (1) Avanty,(2) F. multimedia, (3) CAG y (4) Microfiltración**

**Ozono.** El Ozono se instaló debido a sus grandes ventajas como desinfectante de agua, pues destruye los microorganismos en unos cuantos segundos por un proceso denominado Destrucción de Celda. Es decir, hay una ruptura molecular de la membrana celular y dispersa el citoplasma celular en el agua, por lo que la reactivación es imposible. Además, elimina por oxidación, virus, bacterias, hongos; y metales.



**Figura 5.19 Equipo generador de ozono a través del aire.**

El equipo trae un sistema digital para seleccionar las horas que se tendrá (1, 4 y 8 horas). Aunque conociendo el volumen de agua que se genera en la planta (2,400



litros por día), se recomendó dejar prendido el equipo tres veces por día, una en la mañana, medio día y por la tarde. Ya que corresponden a los tiempos en que hay un uso de agua en casa y el sistema estaría generando 1gr de ozono para la desinfección de 1,000 litros de agua en cada operación.

**Avanti RF de 1".** La función de este filtro es eliminar sólidos, arena, tierra, lodo y arcilla mayores a 90 micras, en otras palabras partículas que se ven a simple vista con el ojo humano.



**Figura 5.20** vista de filtro Avanty de operación manual.

Dentro de las características principales de este equipo es su gran maniobrabilidad para hacer mantenimiento y enjuague contracorriente con solo girar el puño giratorio (color azul o rojo) en contra de las agujas del reloj, hasta que se aprecia visualmente en el drenaje agua transparente, entonces se vuelve a girar y dejar en el estado inicial.

Para este caso el mantenimiento se realiza una vez por semana.

**Filtración con multimedia y carbón activado granular.** La función del filtro multimedia es separar las partículas sólidas del medio fluido por intercepción y retención de las partículas sobre una superficie o en el seno de una masa porosa a



través de las cuales se hace circular el fluido. Por su parte el carbón activado se instaló para eliminar olores.



**Figura 5.21 Vista de filtro multimedia y carbón activado con válvula manual para retrolavado.**

Estos filtros se caracterizan por ser de color negro o azul y moldeados en fibra de vidrio para resistir altas presiones de hasta  $6\text{kg/cm}^2$ . Para el acomodo del material filtrante en el filtro de multimedia se hacen 4 capas de diferente diámetro (grava-arena) y para el filtro de CA 2 capas, una de 25 cm de grava en el fondo y el resto de CAG.

Respecto a su capacidad de flujo, ambos equipos tiene un gasto de filtración de 13 a 19 litros por minuto y durante tal proceso generan una pérdida promedio de un  $\text{kg/cm}^2$ , dato que debe considerarse para seleccionar la potencia de la bomba.

Para el mantenimiento se instalaron tres válvulas manuales por equipo, las cuales activan la filtración, retrolavado y enjuague, aunque posteriormente se cambiaran por

válvulas automáticas que funcionan por diferencial de presión en la red. Tal mantenimiento se debe hacer cada semana y el cambio del material filtrante de ambos equipos cada 4 años.

**Micro-filtración.** Como el agua se usará en WC, la función de estos porta filtros es retener las partículas mayores a 10 micras, controlando la incrustación de partículas en las paredes de la red de conducción y en los muebles de sanitarios.

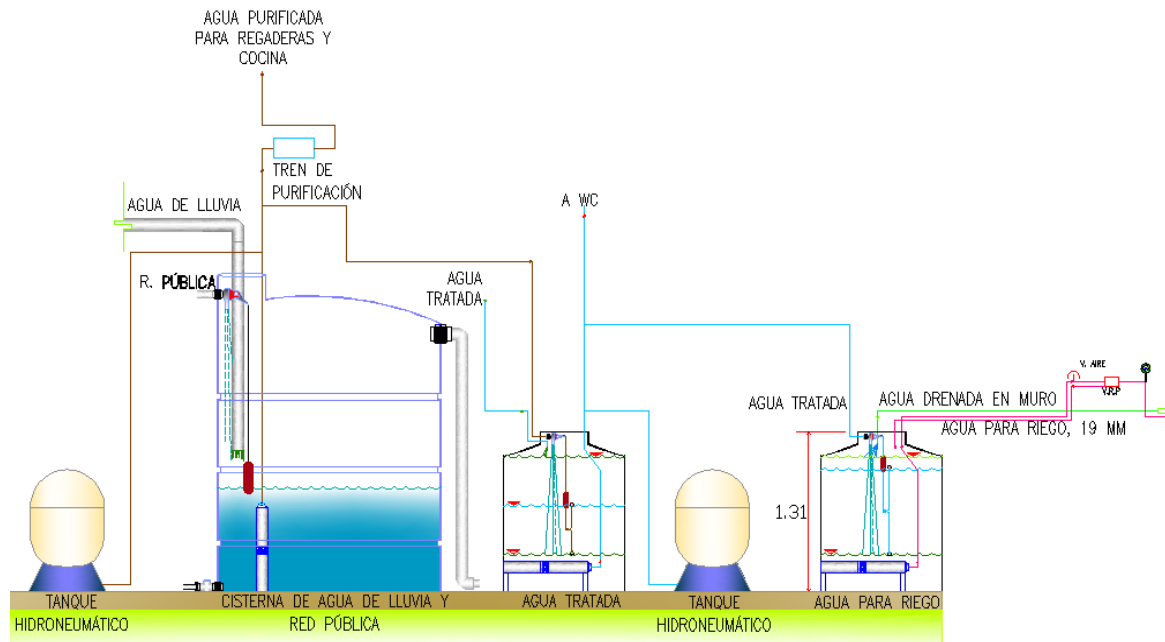


**Figura 5.22 Porta filtro BB10x4" con cartucho plisado de 10 micras.**

Los cartuchos resisten una presión máxima de  $6 \text{ kg/cm}^2$ , con un flujo de máximo de 32 litros por minuto, generando una pérdida de presión de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ .

Para el mantenimiento se usa una llave de 4 pulgadas, con ella se desenrosca el portacartuchos para sacar el filtro y lavarlo en un recipiente con agua por lo menos una vez cada semana. El cambio del material filtrante es cada año.

El agua que sale de todo el tratamiento adicional descarga en un tanque de 1,100 litros de capacidad, luego para enviarlo a los servicios de WC y riego, una bomba sumergible de 1HP presuriza un tanque hidroneumático de 80 litros de capacidad y mantiene un flujo constante a toda la red (ver figura 5.23).



**Figura 5.23 Diagrama de flujo del agua entre tanques de almacenamiento.**

De manera resumida en el cuarto de máquinas se tienen 6 bombas que tienen las siguientes funciones.

La bomba 1 (agua tratada). Se activa solo si el tanque de agua tratada lo solicita mediante un electrónivel, pero siempre y cuando el cárcamo tenga el nivel suficiente de agua, de lo contrario se llega al nivel donde se abre mecánicamente el flotador de emergencia que activa la bomba 4 (agua potable y de lluvia).

La bomba 2 (agua tratada para WC). Se activa solo cuando el interruptor de presión detecte que la presión en la red de conducción llega al umbral mínimo ( $2 \text{ kg/cm}^2$ ). Entonces, reinicia el sistema para reponer el volumen de agua que fue usado del hidro y lo lleva hasta  $4 \text{ kg/cm}^2$ .

La bomba 3 (riego de muro verde) se activa solo cuando uno de los cuatro sensores de humedad ubicados en cada una de las secciones lo indica, pero si el tanque no cuenta con el volumen suficiente de agua la bomba 2 le ayuda.

La bomba 4 (agua potable) se activa al igual que la 2, la diferencia es que esta envía a la red doméstica agua potable para los usos en regaderas, cocina y lavabos.

La bomba 5 (cárcamo de prevención de inundaciones). Se activa solo cuando al cuarto de máquinas le entra agua de la calle. O bien cuando el tanque de almacenamiento de agua de lluvia se ha llenado. Entonces el agua es bombeada a la calle.

En el cuadro siguiente se presentan datos que permitieron diseñar el sistema de captación y la planta de tratamiento.

**Cuadro 5.11 Resultados del Sistema de Captación de Agua de Lluvia y el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Domésticas.**

Concepto	Cantidad	Unidad
<b>Captación de agua de lluvia</b>		
Precipitación de diseño	935.15	mm
Volumen de lluvia por el método convencional	119.70	m <sup>3</sup>
Precipitación de diseño (Ecuación 9)	357.86	mm
V lluvia por método propuesto (Ecuación 15)	57.26	m <sup>3</sup>
Eficiencia de aprovechamiento de agua de lluvia (Ecuación 16)	20.90	%
Volumen del interceptor de primeras lluvias	75-100	litros
Volumen del sedimentador	75-100 (2 tanques)	litros

<b>Planta de tratamiendo</b>		
Total de agua a tratar	750	litros/día
Tiempo de retención del agua en planta de tratamiento	3	días
Volumen de diseño	2,250	Litros/día
Número de plantas modulares	1	litros
Numero de módulos de 600 lts	6	módulos
Capacidad de tratamiento de la planta	2,400	Litros/día

Para mayores detalles y vistas de la distribución del agua en la casa ir a anexos.

*f. Relación beneficio-costo*

Activos Fijos

**Cuadro 5.12 Presupuesto de la inversión inicial del proyecto de investigación.**

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
<b>Activos fijos</b>	
SCALL	\$ 24,820.00
Planta biológica	\$ 70,980.00
Cárcamo	\$ 5,624.76
Tratamiento adicional	\$ 39,933.00
Bombeo	\$ 75,269.00
<b>Activos diferidos</b>	
Elaboración de estudios y proyecto	\$ 20,000.00
Capacitación	\$ 7,500.00
Supervisión	\$ 21,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 265,126.76</b>

Para ver más detalles del catálogo de conceptos (inversión inicial) ver anexo 2.

Costos de operación y mantenimiento

**Cuadro 5.13 Costos de operación y mantenimiento de la casa ecológica.**

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
SCALL	
Bomba	\$ 186.00
Filtro de Carbón Activado Granular (CAG)	\$ 853.00
Microfiltración	\$ 1,180.00
Interceptor y sedimentador	\$ 450.00
	<b>\$ 2,669.00</b>
Planta biológica	
Bombeo	\$ 453.81
Limpieza de cárcamo	\$ 450.00
Filtro multimedia	\$ 518.00
Filtro de CAG	\$ 853.00
Microfiltración	\$ 1,180.00
Ozono	\$ 2,220.00
Quelato de cobre	\$ 6,284.00
	<b>\$ 11,958.81</b>
Otros Bombeos	
Bombeo de agua potable	\$ 186.00
Bombeo de agua para riego	\$ 363.05
Bombeo de cárcamo emergencia	\$ 1815.26
	<b>\$ 2,364.26</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 16,992.12</b>

Para el cálculo de operación de las bombas sumergibles se consideró una tarifa doméstica de alto consumo a un precio de \$4/kWh. (CFE, 2011).

*g. Beneficios*

En este caso se toma en cuenta los precios sociales que son los valores que reflejan el costo de oportunidad para la empresa de utilizar un bien o servicio y que pueden diferir de los precios del mercado, como el precio social de la mano de obra, de la divisa y del capital.

Los conceptos que se toman en cuenta para la estimación de los beneficios son:

- Costo de oportunidad de la mano de obra
- Ahorro en tiempo al captar agua de lluvia
- Suficiente cantidad de agua
- Ahorro en agua para beber
- Ahorro por enfermedades gastrointestinales,
- Ahorro por sustitución de agua de pipa.

**Cuadro 5.14 Mano de obra para la transferencia del proyecto de investigación.**

Concepto	Cantidad	Unidad	Días	P.U	Importe
Tiempo de instalación del sistema de captación	60	Días			
<b>Personal contratado</b>					
Maestro albañil	2	Jornal	24	333.00	\$15,984.00
Ayudante	3	Jornal	48	265.00	\$38,160.00
Electricista	1	Jornal	12	333.00	\$3,996.00
Plomero	1	Jornal	48	333.00	\$15,984.00
<b>Total</b>		<b>pesos</b>			<b>\$74,124.00</b>

**Cuadro 5.15 Ahorro en tiempo al recolectar agua de lluvia.**

Concepto	Cantidad	Unidad
Tiempo de llenado de la pipa	30	minutos
Tiempo total ocupado en el llenado de la pipa	6	horas/año

$$\text{Costo de oportunidad} = \frac{6}{8hr/jornada} \times 333 = \$ 444.00$$

$$\text{Ahorro en tiempo} = \mathbf{\$ 444.00}$$

**Cuadro 5.16 Suficiente cantidad de agua.**

Consumo en litros		Importe	Unidad
Límite inferior	Límite superior		
Mayor a 30,000	50,000	\$ 925.00	bimestre
<b>Total</b>		<b>\$ 925.00</b>	

Se refiere al pago de los Derechos por el suministro de agua que se tiene a los usuarios y para el caso del Distrito Federal esta escrito en Artículo 172 de la sección primera del Capítulo IX del Código Fiscal del DF y en el Artículo 95, 129 al 140 del Código Financiero del Estado de México vigente.

La tarifa de agua sin subsidio para uso doméstico es de 925 pesos por un consumo de 30 a 50 metros cubico de agua bimestral y por cada 1,000 litros adicionales se cobran 35 pesos, para este proyecto los 37 m<sup>3</sup> restantes representan un costo de \$ 925 pesos por bimestre.



**Cuadro 5.17 Costo de agua para beber (Suministro de agua en garrafones de agua purificada).**

Concepto	Cantidad	Unidad	P.U	Importe
Semana				
Numero de garrafones de agua purificada	2	Piezas	35	\$ 70.00
Año				
Numero de garrafones de agua purificada	104	piezas/año	35	\$ 3,640.00

**Cuadro 5.18 Costo por disminución de enfermedades gastrointestinales.**

Concepto	Cantidad	Unidad	PEA	Importe
Tiempo de reposo por estar enfermo	6	días/año	5	\$ 17,946.00

Se consideró un pago de diez salarios mínimo de \$59.82 por tratarse de una persona en la rama de la construcción.

**Cuadro 5.19 Costo por la compra de medicinas.**

Concepto	Cantidad	Unidad	P.U.	Importe
Medicinas por episodio	2	Veces/año	500	<b>\$ 5,000.00</b>

Se consideró una Población Económicamente Activa (PEA) de 5 personas.

Ahorro total por enfermedades gastrointestinales = \$17,946.00 + \$ 5,000.00 = \$  
**22,946.00**

**Cuadro 5.20 Sustitución de pipas de agua.**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. U</b>	<b>Importe</b>
Veces que compran pipas	5	Pipas/año	800.00	<b>\$ 4,000.00</b>

**Cuadro 5.21 Resumen de beneficios.**

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Mano de obra	\$ 74,124.00
Ahorro de tiempo al recolectar agua de lluvia	\$ 444.00
Suficiente cantidad de agua	\$ 925.00
Ahorro en agua para beber	\$ 3,640.00
Ahorro por enfermedades gastrointestinales	\$ 22,946.00
Ahorro por sustitución de agua de pipa	\$ 4,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 106,070.00</b>

Datos:

$$So = \$ 265,126.76$$

$$Ct = \$ 16,992.12$$

$$Bt = \$106,079.00$$

$$n = 10 \text{ años}$$

$$i = 12\%$$

$$F = 5\%$$

Aplicando las fórmulas del cuadro 5.22, se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro 5.22** Calculo del VPN y del C/B del proyecto.

Vida útil  Del  Proyecto	Periodo	Beneficios		Costos		St = Bt-Ct	$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$	Pago de activos
		Totales	$\sum_{t=1}^n \frac{B_n}{(1+i)}$	Totales	$\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+i)^n}$			
n	Añod	Bt		Ct				
1	2010	106,079.00	94,713.39	16,992.12	15,171.54	89,086.88	79,541.86	-85,584.90
2	2011	116,686.90	93,022.08	18,691.33	14,900.62	97,995.57	78,121.47	-107,463.44
3	2012	128,355.59	91,360.97	20,560.47	14,634.53	107,795.12	76,726.44	-30,737.00
4	2013	141,191.15	89,729.53	22,616.51	14,373.20	118,574.64	75,356.33	44,619.33
5	2014	155,310.26	88,127.21	24,878.16	14,116.54	130,432.10	74,010.68	118,630.01
6	2015	170,841.29	86,553.51	27,365.98	13,864.46	143,475.31	72,689.06	191,319.06
7	2016	187,925.42	85,007.92	30,102.58	13,616.88	157,822.84	71,391.04	262,710.10
8	2017	206,717.96	83,489.92	33,112.83	13,373.72	73,605.13	70,116.20	32,826.30
9	2018	227,389.76	81,999.03	36,424.12	13,134.90	90,965.64	68,864.12	01,690.43
10	2019	250,128.73	80,534.76	40,066.53	12,900.35	210,062.20	67,634.41	69,324.83
Total		1,690,626.06	74,538.32	270,810.63	140,086.73		734,451.59	

VPB = \$ 874,538.32

VPC = \$ 140,086.73

B/C = 6.24

-So = \$ 265,126.76

VPN = \$ 469,324.83

Se pudo observar que la inversión total de activos se recupera en el cuarto año.

Por su parte el valor obtenido de Valor Presente Neto (VPN) es mayor que cero e indica que el proyecto rinde beneficios a través de sus diez años de vida útil, y además son ingresos netos generados en el futuro.

#### *h. Conclusiones*

En esta investigación de caso se comprobó que la integración de los SCALL y el tratamiento biológico de aguas residuales representan una inversión alta, pero sus ventajas ambientales son potencialmente altas, pues se tienen ahorros anuales de agua potable del 20.92 (57.26 m<sup>3</sup>) por ciento y 197 metros cúbicos de agua para riego.

#### 5.1.4 Mediana industria

**Ubicación.** El proyecto se encuentra ubicado en la Calle Antonio Rosas Moreno No. 68, Colonia San Rafael, Delegación Cuauhtémoc México DF.

El procedimiento que se siguió en el sitio fue el método convencional y el propuesto en esta investigación, que en resumen consisten en los pasos siguientes:

1. Determinar la cantidad de agua y la calidad requerida para su proceso.
2. Estimar el volumen de agua de lluvia anual que se espera aprovechar por ambos métodos
3. Infraestructura disponible
4. Diseño de los componentes SCALL

#### Datos:

Número de trabajadores =50 (10 mujeres) personas

Uso de agua diario = 3-4 (Uso industrial y WC) m<sup>3</sup>/día

Capacidad de cisternas y tanques = 16.4 m<sup>3</sup>

Precipitación promedio =740.14 mm

Área de captación ( $A_{\text{captación}}$ ) = 400 m<sup>2</sup>

Material del área de captación = Concreto

Coefficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) = 0.80 adimensional

Numero de bajadas = 4 piezas

Dímetro de las bajadas = 4 pulgadas

De acuerdo a los datos proporcionados en el sitio y aplicando la misma metodología del estudio de caso de “Casa habitación en zona urbana” se presentan un resumen de datos importantes

## Resultados:

Precipitación Neta de diseño = 935.15 mm

$V_{\text{luvia}}$  por el método convencional = 299.25 m<sup>3</sup>

Precipitación Neta de diseño (Ecuación 9) = 357.86 mm

$V_{\text{luvia}}$  por método propuesto (Ecuación 15) = 143.14 m<sup>3</sup>

De los resultados anteriores observamos que el método convencional al considerar la precipitación media tiene una variación considerable del 209 %, por lo que sería un error diseñar con el valor obtenido de una normal climatológica, realizar esto perjudica al usuario, pues a nivel de producción estaría considerando que dispone de un recurso que con una probabilidad de que ocurrencia del 50 por ciento. Razón por la cual se recomienda diseñar con mucha responsabilidad los SCALL para las diferentes aplicaciones.

En seguida se presentan cada uno de los componentes que integran este SCALL-industrial y tal información se obtuvo del manual de operación y mantenimiento que se entregó al usuario final. Tal documento tienen como propósito de servir como una guía para el servicio y aplicaciones del sistema instalado.

### a. Área de captación

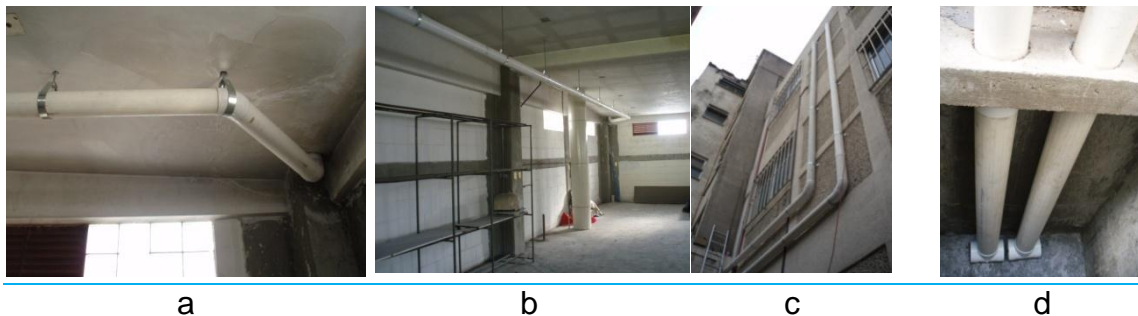
El edificio tiene 600 metros cuadrados de techos. Sin embargo, solo 400 m<sup>2</sup> son los que están en mejores condiciones para el SCALL.



**Figura 5.24 Vista del área de captación.**

## b. Conducción

Esta integrada por 4 bajadas de PVC de 100 mm de diámetro, a las cuales se les intercepto en el segundo nivel del edificio para después solo sacar dos líneas de conducción hasta el primer compartimento del sedimentador (ver figuras 5.25-26). Para corroborar este dato se emplea la ecuación 18 y 21.

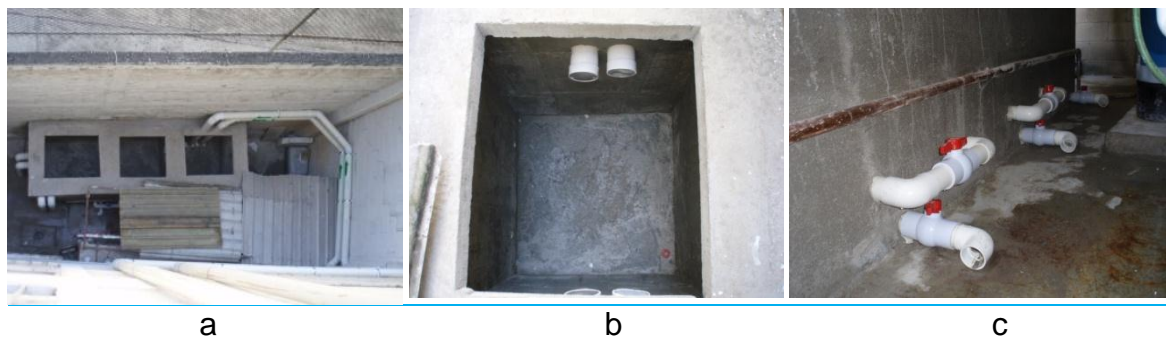


**Figura 5.25 Vista de las líneas de conducción instaladas. (a) Intercepción de bajadas, (b) Línea de conducción sostenida con abrazadera Omega y atornillada en techo, (c) bajadas externas y (d) Descarga de las líneas de conducción en el primer cajón del sedimentador.**

## c. Sedimentador

Esta formado por tres estructuras hidráulicas de 1.0x1.0x1.45 metros, cada uno tiene un piso con una pendiente del 10% en sentido contrario de la dirección del agua, esto permite que las partículas se depositen en la parte más profunda, facilitando así la evacuación periódica de lodos y del mantenimiento en general.

También cuenta con un By pass que permite aprovechar el agua en cada compartimento una vez terminada la lluvia e impedir la proliferación de insectos y bacterias. Este sistema puede ser automático con la instalación de electroválvulas.



**Figura 5.26 Vista de sedimentador. (a) Vista del sedimentador y sus tres compartimentos, (b) Filtros del segundo compartimento y (c) By pass (arriba) y válvulas para la evacuación de lodos (abajo)**

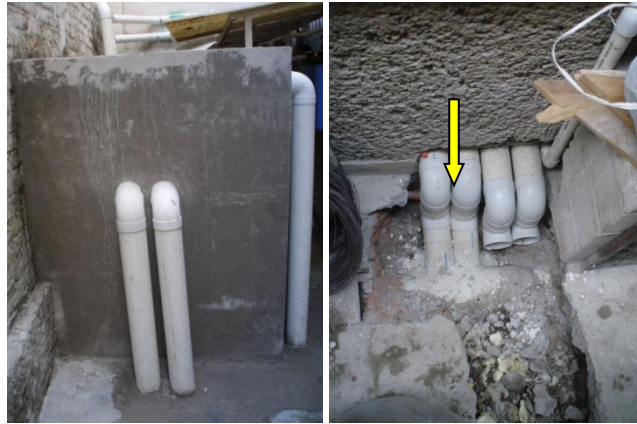
Cuando la línea de conducción sedimentador-almacenamiento esta llena, entonces el agua se envía al drenaje público mediante un vertedor de excedencias. Lo anterior operara básicamente de la apertura o cierre de 2 válvulas Check de 4" instaladas en la descarga del agua pre-filtrada (ver cuadro 5.23).

**Cuadro 5.23 Posición de flotadores de válvula check.**

Diagrama	Identificación	Oportunidad
	<p>Abierta. Flotador tiene un ángulo de 45 grados</p>	<p>Se puede almacenar agua pluvial</p>
	<p>Cerrada. Flotador tiene un ángulo de cero grados</p>	<p>No se puede almacenar agua pluvial y se envía a drenaje</p>



Ahora bien, si se presentará un problema de inundación en esta área de trabajo, a la cisterna se le han instalado 2 líneas de 4" para evacuar de su área a un registro (ver simbología ii).



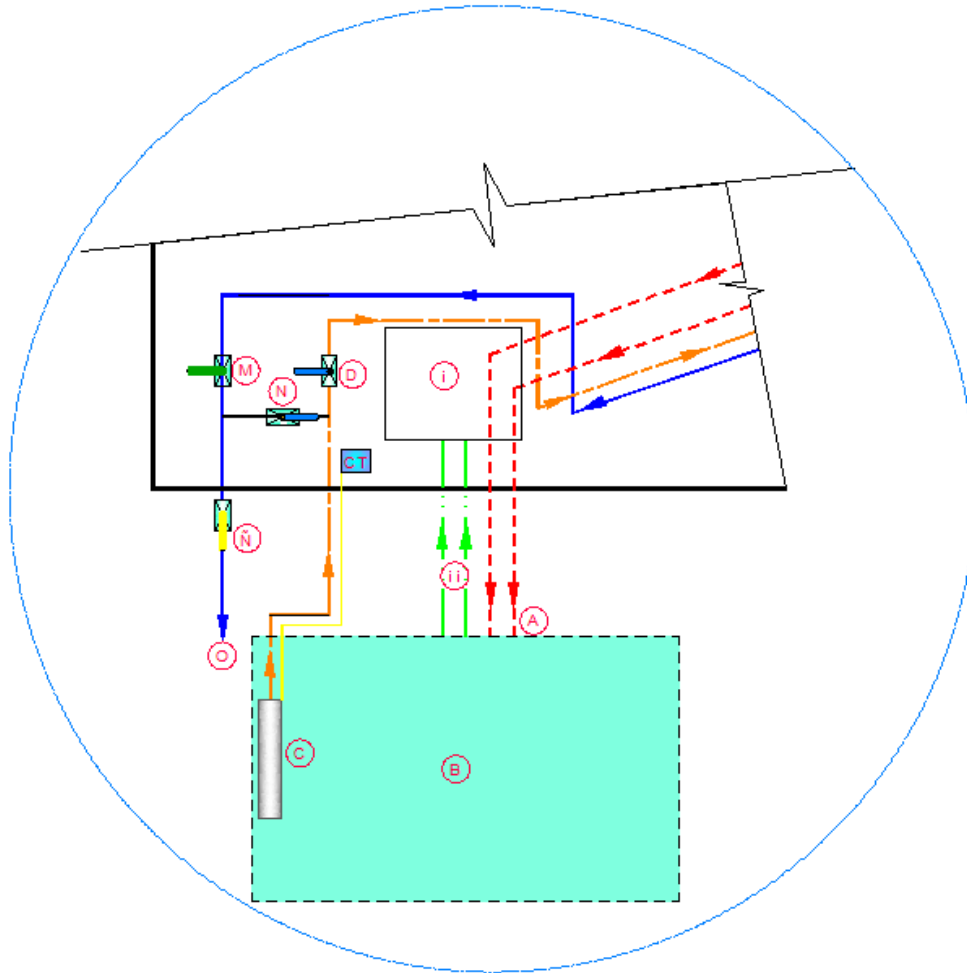
**Figura 5.27 Vista de las líneas de agua pre-filtrada que van del sedimentador a la cisterna (izquierda) y vertedor de excedencias de la cisterna (derecha).**

d. Equipo de purificación

El proyecto contempla que el agua pluvial una vez pre-filtrada en el sedimentador pasa a la cisterna para mezclarse y almacenarse con agua de la red pública. Mediante un mecanismo de electroniveles entre la cisterna y un tinaco ubicado en el tercer nivel, accionan una bomba sumergible de 1 HP marca “Evans”, la cual envía el agua al sistema de tratamiento avanzado para posteriormente elevarla a los tinacos de 1,100 y 2,500 litros, donde el agua se distribuye por gravedad a todas las instalaciones de Platmex.

Al sistema se le adiciono un “By pass” que permite obtener agua de dos diferentes calidades:





## Agua potable



**Figura 5.28 Localización de válvulas (D, M, N y Ñ) para no pasar el agua de la cisterna (B) por el equipo de purificación de agua.**

A continuación se presentan las indicaciones generales a las que se referían en el párrafo anterior, para solo elevar el agua de la cisterna a los tinacos de 1,100 y 2,500 litros de capacidad.

**Cuadro 5.24 Posición de válvulas de esfera para distribuir el agua potable.**

Figura	Identificación	Estado
	D (azul)	Cerrada
	M (verde)	Cerrada
	N (azul)	Abierta
	Ñ (amarillo)	Abierta

## Agua purificada

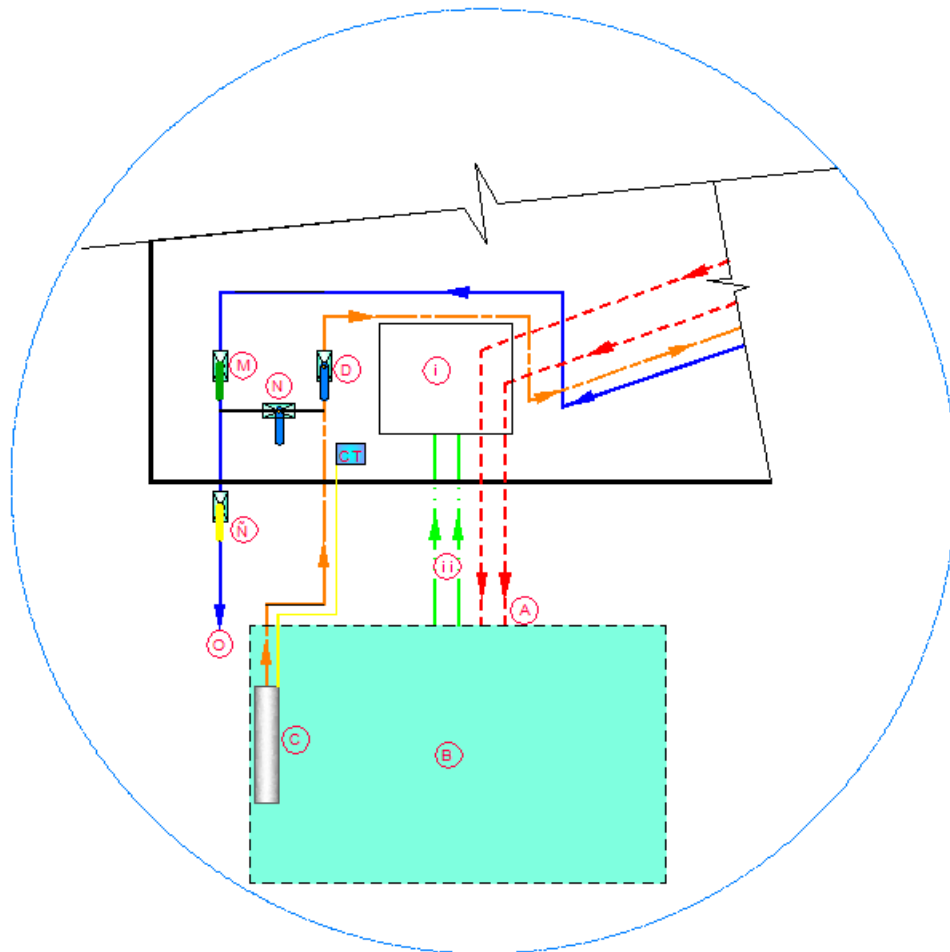






Figura 5.29 Localización y posición de válvulas (D, M, N y Ñ) para pasar el agua de la cisterna (B) por el equipo de purificación de agua.

**Cuadro 5.25 Posición de válvulas de esfera para distribuir el agua purificada.**

Figura	Identificación	Estado
	D (azul)	Abierta
	M (verde)	Abierta
	N (azul)	Cerrada
	Ñ (amarilla)	Abierta

A continuación se describe cada uno de los equipos de tratamiento instalados para tener un agua con características organolépticas, físicas y fisicoquímicas dentro de los estándares de la Norma Oficial Mexicana 041 de la Secretaría de Salud vigente.

El objetivo es conocer las partes que integran el equipo de purificación, su operación, funcionamiento y mantenimiento de estos.

**Filtro Avanti RF de 1 ¼”.** El filtro esta hecho en bronce y tiene una capacidad de filtración de 67 litros por minuto y su presión nominal es de 10 bar.



**Figura 5.30 Avanti RF de 67 litros por minuto.**

**Filtración con multimedia y carbón activado de 13x52”.** Son tanques que resisten hasta 6 kg cm<sup>-2</sup> de presión. En su interior el material filtrante esta integrado por 4 capas de diferente diámetro (grava-arena y carbón activado). En el caso del carbón activado se instaló una capa de grava y el resto de CA.



**Figura 5.31 Filtro multimedia y carbón activado de 35-52 litros por minuto.**

**Micro-filtración.** Estos filtros operan a una presión **operación máxima.**  $6 \text{ kg cm}^{-2}$  y dejan el agua sin partículas visibles al ojo humano. Aunque para su correcta operación los cartuchos deben cambiarse dos veces por año.



**Figura 5.32 Vista de cartuchos plisados de 50 y 20 micras (izquierda) y los 2 portafiltros BB20" Azul (derecha).**

**Desinfección a base de iones de plata y magnetismo Q-100.** El equipo está integrado por una celda iónica y caja de control. La celda iónica tiene la capacidad de desinfección de 100 metros cúbicos por mes, eliminando bacterias, hongos y virus. Sin embargo, debe remplazarse cada 2 años.

La instalación se realizó verticalmente al final del equipo de filtración. Donde se agregó un grifo que despacha agua purificada para consumo humano.





**Figura 5.33 Vista del control de la celda iónica**

e. Almacenamiento

Para este sistema, lo que primero se valoró en conjunto con personal local fue la situación estructural del edificio, llegando a un acuerdo bilateral de solo instalar 4 tinacos de 2,500 litros de capacidad en las esquinas este y oeste del techo, y para tal instalación se construyeron 2 bases de concreto armado (ver figura 5.34).

Si bien es cierto el volumen de agua almacenado no es lo suficiente para los meses de estiaje, pero si para los días en que el Gobierno del Distrito Federal realiza recortes en la red de agua, permitiendo a la mediana industria continuar con la producción por lo menos durante una semana.





**Figura 5.34 Bases de concreto y tinacos instalados en lado este (izquierda) y lado oeste (derecha).**

f. Distribución del agua potable y purificada

El sistema de llenado es mediante un control y electroniveles tinaco-cisterna que accionan una bomba sumergible de 1.5 HP, la cual hace pasar el líquido sin tratar por el tren de purificación, luego la eleva 15 metros y la descarga en un tinaco de 1,100 litros, en seguida la distribución es por gravedad a los 7 depósitos para sumar un total de 14.4 m<sup>3</sup> de agua purificada.

g. Uso eficiente del agua

Uno de los primeros pasos que se realizaron para estimar la eficiencia y el diseño del SCALL, fue considerar el cambio de válvulas convencionales por válvulas ahorradoras, la instalación de mingitorios ecológicos, válvulas reguladoras y aqua-flush para así contabilizar el volumen de agua que uso con el nuevo proyecto y determinar su eficiencia.

**Los mingitorios ecológicos sin agua**, tiene la ventaja de no usar agua para su funcionamiento y ahorrar el cien por ciento del vital líquido (el fabricante indica que es aproximadamente de 250 a 300 m<sup>3</sup> de agua al año por equipo sin contar las refacciones y reparaciones a fluxómetros).

Aunque en el sitio solo se instalaron dos piezas, se contempla que habrá un ahorro de 416 mil litros de agua por año, lo cual es un resultado congruente con el dato que da el fabricante.



**Figura 5.35 Vista del mingitorio ecológico sin agua Modelo CM-3002.**

**Válvulas ahorradoras de 6 litros por minuto.** Equipos que se consideraron importantes para reducir el uso de agua sin la disminución aparente del flujo y la presión, con un buen confort y llegando a ahorrar hasta el 50% del uso actual.

Datos:

Vestidores hombres =	4
Vestidores mujeres =	4
Área de mujeres =	4
Dispositivos de lavabo en oficina principal y baño de mujeres del segundo piso	4



**Figura 5.36 Ahorradores en línea y en lavabo de 6 litros por minuto certificados por Centro de Normalización y Certificación de Productos (CNCP) Organismo Nacional en México.**

Válvulas AQUAFLUSH. Este mecanismo es un diseño de Francia, aunque su valor e importancia radica en que es adaptable a cualquier tanque de cerámica o de plástico y que reduce el consumo de agua en un 50 % del uso actual, es decir, se puede tener un ahorro de 30,000 a 40,000 litros por año.

En el sitio se instalaron 22 válvulas ahorradoras con descarga de 3 litros para líquidos y 6 para sólidos. Tal actividad consistió en quitar las piezas típicas de palanca, cadena y sapito.



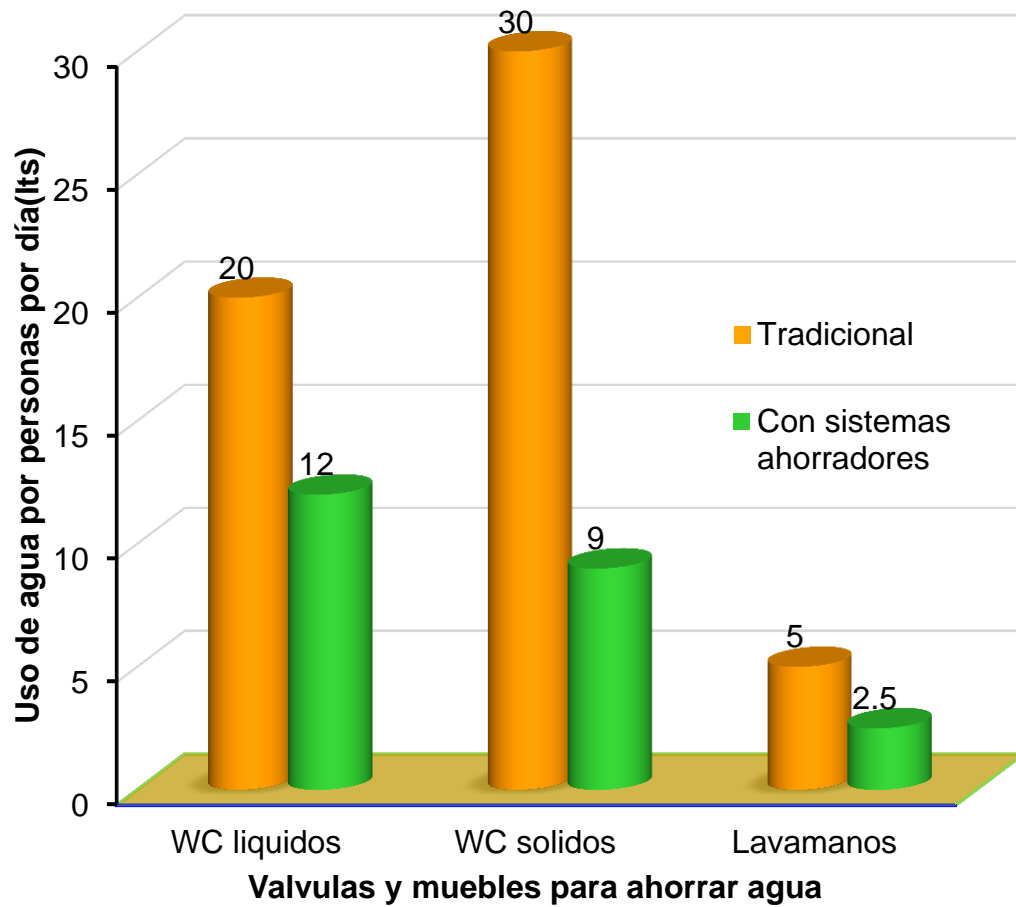
**Figura 5.37 Muebles con Válvulas de doble descarga.**

En resumen se presenta un balance obtenido en esta investigación y que demuestra la importancia de concientizar a todas las medianas industrias, renovar sus muebles sanitarios antes de invertir en un proyecto de SCALL o bien reducir sus costos de tarifa por tal servicio.

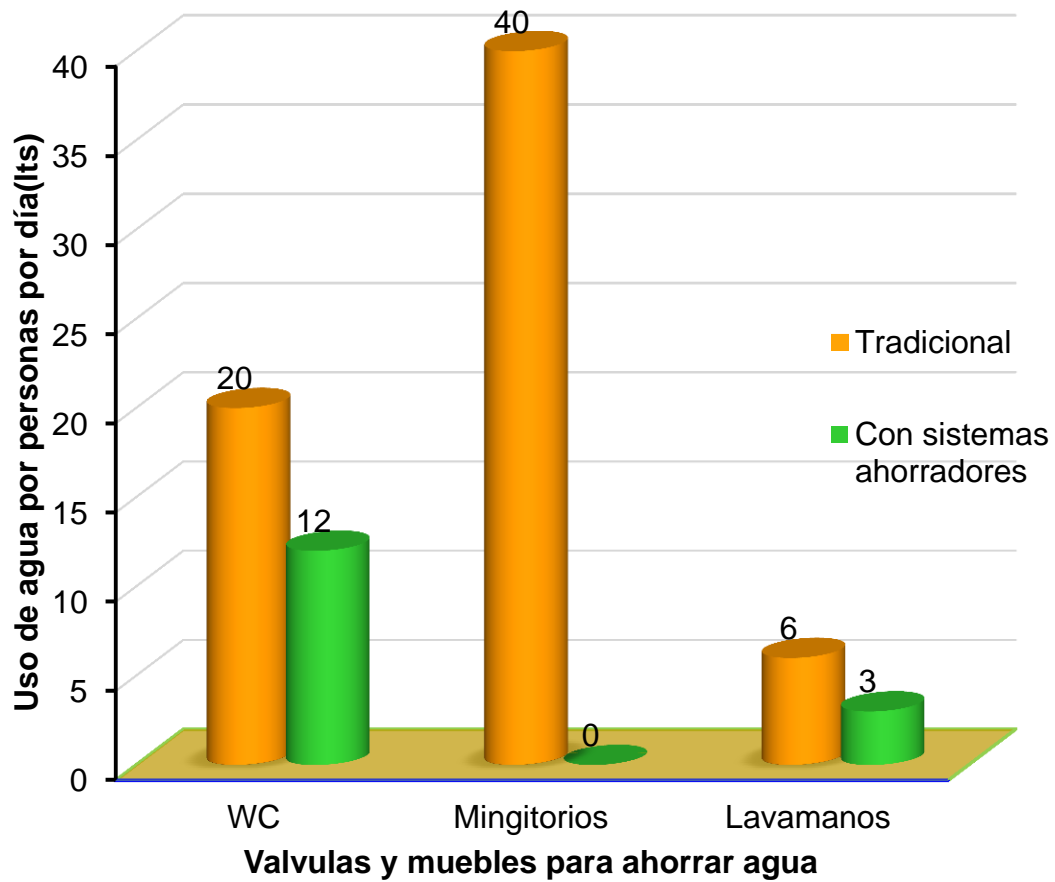
**Cuadro 5.26 Comparación del porciento de agua ahorrado con proyecto y sin proyecto.**

Descripción	Antes por día	Después por día	Ahorro
	Litros de agua		
Pago de agua			
Mingitorios ecológicos	1,600.00	0	100%
Válvulas ahorradoras	290.00	145	50%
Dispositivo de doble descarga	1,300.00	690	47%
Total por día	3,190.00	835	73.82%
Total por semana	15,950 (1.59 pipas)	4,175 (0.4 pipas)	11,775 lts
Total por año	829,400 (82.94 pipas)	217,100 (21.71 pipas)	612,300.00 lts

Cabe aclarar que para obtener los valores anteriores se consideraron dos escenarios, uno donde el uso del agua es responsable, esto significa que para el caso de los hombres hay una descarga de agua en los muebles sanitarios de 66 litros por día y 55 litros para el caso de las mujeres. Sin embargo, cuando se hace un uso eficiente y responsable del líquido solo hay un flujo de 15 litros por día para hombres y 23.5 para mujeres. Tales valores se pueden observar en las figuras siguientes.



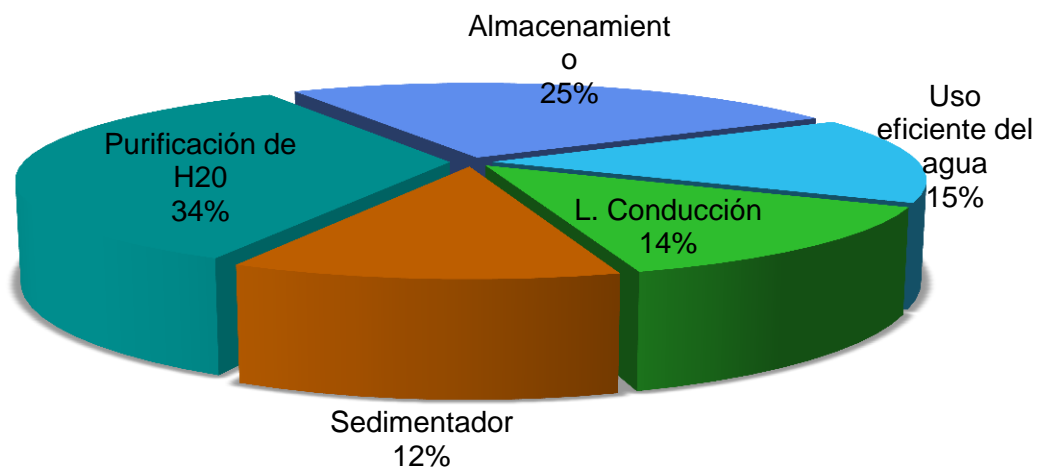
**Figura 5.38 Comparación de dispositivos ahorradores de agua para mujeres en la mediana industria.**



**Figura. 5.39 Comparación de dispositivos de agua para hombres en la mediana industria.**

h. Costos de inversión

Los costos realizados para el desarrollo del SCALL fue por parte del usuario, pues aun de existir en la ley de Aguas del DF y en la del Estado de México, el reglamento para hacer efectiva tal Ley, se carecía de una persona jurídica o institución responsable para hacer cumplir lo enmarcado en tal documento.



**Figura 5.40 Porcentaje de inversión inicial realizada en cada componente SCALL.**

i. Relación beneficio-costo

### Activos Fijos

**Cuadro 5.27 Presupuesto de la inversión inicial del proyecto de investigación.**

Concepto	Importe
<b>Activos fijos</b>	
Uso eficiente del agua	\$ 32,686.00
L. Conducción	\$ 29,190.19
Sedimentador	\$ 26,383.19
Purificación de H <sub>2</sub> O	\$ 74,668.52
Almacenamiento	\$ 54,990.10
<b>Activos diferidos</b>	
Elaboración de estudios y proyecto	\$ 10,000.00
Capacitación	\$ 7,500.00
Supervisión	\$ 8,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 243,418.00</b>

Para ver más detalles del catálogo de conceptos (inversión inicial) ver anexo 3.

**Cuadro 5.28 Costos de operación y mantenimiento.**

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Uso eficiente del agua	\$ 450.00
Línea de conducción	\$ 450.00
Sedimentador	\$ 450.00
Purificación de H2O	
Filtro multimedia	\$ 518.00
Filtro de Carbón Activado	\$ 853.00
Microfiltración	\$ 1,180.00
Desinfección	\$ 3,325.00
	\$ 5,876.00
Almacenamiento	
Renta de bomba	\$ 350.00
Mano de obra	\$ 1,350.00
Materiales de limpieza	\$ 1,000.00
	\$ 2,700.00
<b>Total</b>	<b>\$ 9,926.00</b>

j. Beneficios

En este caso se toma en cuenta los precios sociales que son los valores que reflejan el costo de oportunidad para la empresa de utilizar un bien o servicio y que pueden diferir de los precios del mercado, como el precio social de la mano de obra, de la divisa y del capital.

Los conceptos que se toman en cuenta para la estimación de los beneficios son:

- Costo de oportunidad de la mano de obra
- Ahorro en tiempo al captar agua de lluvia



- Suficiente cantidad de agua
- Ahorro en agua para beber
- Ahorro por enfermedades gastrointestinales,
- Ahorro por sustitución de agua de pipa.

**Cuadro 5.29 Mano de obra para realizar el proyecto de mediana industria.**

Concepto	Cantidad	Unidad	Días	P.U	Importe
Tiempo de instalación del sistema de captación	30	Días			
<b>Personal contratado</b>					
Maestro albañil	2	Jornal	24	333.00	\$ 15,984.00
Ayudante	3	Jornal	24	265.00	\$ 19,080.00
Electricista	1	Jornal	3	333.00	\$ 999.00
Plomero	1	Jornal	24	333.00	\$ 7,992.00
<b>Total</b>		<b>pesos</b>			<b>\$ 44,055.00</b>

**Cuadro 5.30 Beneficios al recolectar agua de lluvia.**

Concepto	Cantidad	Unidad
Tiempo de llenado de la pipa	30	minutos
Tiempo total ocupado en el llenado de la pipa	6	horas/año

$$\text{Costo de oportunidad} = \frac{6}{8 \text{ hr/jornada}} \times 333 = \$ 444.00$$

Ahorro en tiempo = **\$ 444.00**

**Cuadro 5.31 Suficiente cantidad de agua**

Consumo en litros		Importe	Unidad
Límite inferior	Límite superior		
Mayor a 90,000	120,000	\$ 3,065.00	bimestre
Por excedentes	30.00	\$ 1,890.00	bimestre
Total		\$ 4,955.00	

Se refiere al pago de los Derechos por el suministro de agua que se tiene a los usuarios y para el caso del Distrito Federal esta escrito en Artículo 172 de la sección primera del Capítulo IX del Código Fiscal del DF y en el Artículo 95, 129 al 140 del Código Financiero del Estado de México.

La tarifa de agua sin subsidio para uso no doméstico es de 3,065 pesos por 120 metros cubico de agua bimestral y por cada 1,000 litros adicionales se cobran 63 pesos, para este proyecto los 30 m<sup>3</sup> restantes representan un costo de 1,890 pesos por bimestre.

**Cuadro 5.32 Costo de agua para beber por suministro de agua en garrafones.**

Concepto	Cantidad	Unidad	P.U	Importe
Semana				
Numero de garrafones de agua purificada	20	Piezas	20	\$ 4,000.00
Año				
Numero de garrafones de agua purificada	1,040	piezas/año	20	\$ 20,800.00

**Cuadro 5.33 Costo por disminución de enfermedades gastrointestinales**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pea</b>	<b>Importe</b>
Tiempo de reposo por estar enfermo	6	días/año	50	\$ 35,892.00

Se consideró un pago de dos salarios mínimo de \$59.82.

**Cuadro 5.34 Costo generado por compra de medicinas.**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. U.</b>	<b>Importe</b>
Medicinas por episodio	2	Veces/año	120	\$ 12,000.00

Se consideró una Población Económicamente Activa de 50 trabajadores.

Ahorro total por enfermedades gastrointestinales = \$35,892.00 + \$ 12,000.00 = \$ **47,892.00**

**Cuadro 5.35 Sustitución de pipas de agua**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. U</b>	<b>Importe</b>
Veces que compran pipas	24	Pipas/año	800.00	\$19,200.00

**Cuadro 5.36 Resumen de beneficios generados al instalar un SCALL.**

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Mano de obra	\$ 44,055.00
Ahorro de tiempo al recolectar agua de lluvia	\$ 444.00
Suficiente cantidad de agua	\$ 4,955.00
Ahorro en agua para beber	\$ 20,800.00
Ahorro por enfermedades gastrointestinales	\$ 47,892.00
Ahorro por sustitución de agua de pipa	\$ 19,200.00
<b>Total</b>	<b>\$ 137,346.00</b>

Datos:

$$S_0 = \$ 243,418.00$$

$$C_t = \$ 9,926.00$$

$$B_t = \$ 137,346.00$$

$$n = 10 \text{ años}$$

$$i = 12\%$$

$$F = 5\%$$

Aplicando las fórmulas correspondientes del cuadro 5.37, se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro 5.37** Calculo del VPN y del C/B del proyecto en Taller de Joyería Platmx.

Vida útil del Proyecto	Periodo	Beneficios		Costos		St = Bt-Ct	$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$	Pago de activos
		Totales	$\sum_{t=1}^n \frac{B_n}{(1+i)}$	Totales	$\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+i)^n}$			
n	AÑOS	Bt		Ct				
1	2010	137,346.00	122,630.36	9,926.00	8,862.50	127,420.00	113,767.86	-129,650.14
2	2011	151,080.60	120,440.53	10,918.60	8,704.24	140,162.00	111,736.29	- 17,913.85
3	2012	166,188.66	118,289.81	12,010.46	8,548.81	154,178.20	109,741.00	91,827.14
4	2013	182,807.53	116,177.49	13,211.51	8,396.15	169,596.02	107,781.34	199,608.48
5	2014	201,088.28	114,102.89	14,532.66	8,246.22	186,555.62	105,856.67	305,465.15
6	2015	221,197.11	112,065.34	15,985.92	8,098.97	205,211.18	103,966.37	409,431.52
7	2016	243,316.82	110,064.17	17,584.51	7,954.34	225,732.30	102,109.83	511,541.35
8	2017	267,648.50	108,098.74	19,342.97	7,812.30	248,305.53	100,286.44	611,827.79
9	2018	294,413.35	106,168.41	21,277.26	7,672.79	273,136.09	98,495.61	710,323.40
10	2019	323,854.68	104,272.54	23,404.99	7,535.78	300,449.69	96,736.76	807,060.16
Total		2,188,941.52	1,132,310.26	158,194.88	81,832.10		1,050,478.16	

VPB =	\$1,132,310.26
VPC =	\$ 81,832.10
B/C =	13.84
-So =	\$ 243,418.00
VPN =	\$ 807,060.16

Como se puede observar la inversión total de activos se recupera en el tercer año.

Por su parte el valor obtenido de Valor Presente Neto (VPN) es mayor que cero e indica que el proyecto rinde beneficios a través de sus diez años de vida útil, y además son ingresos netos generados en el futuro.

#### k. Conclusiones

En esta investigación del SCALL se constató que es importante integrar en la mediana industria no solo los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia sino también los dispositivos ahorradores que permiten hacer un uso eficiente y responsable del vital líquido, si bien es cierto, la inversión inicial represento un 15 por ciento del total, se deben considerar para crear educación y conciencia a los trabajadores y estos a su vez lo transmitan a sus hijos.

El SCALL sin dispositivos ahorradores ofrece una eficiencia del 24 por ciento (Ecuación 16), es decir, hay un aprovechamiento de 216 m<sup>3</sup> de agua de lluvia por año de los 903 m<sup>3</sup> que se requieren para el uso industrial y sanitario. Sin embargo, con las válvulas reguladoras se tiene una eficiencia del 100%.

Económicamente el proyecto representa un ahorro de \$ 29,730.00 pesos anuales.

### 5.1.5 Industrial

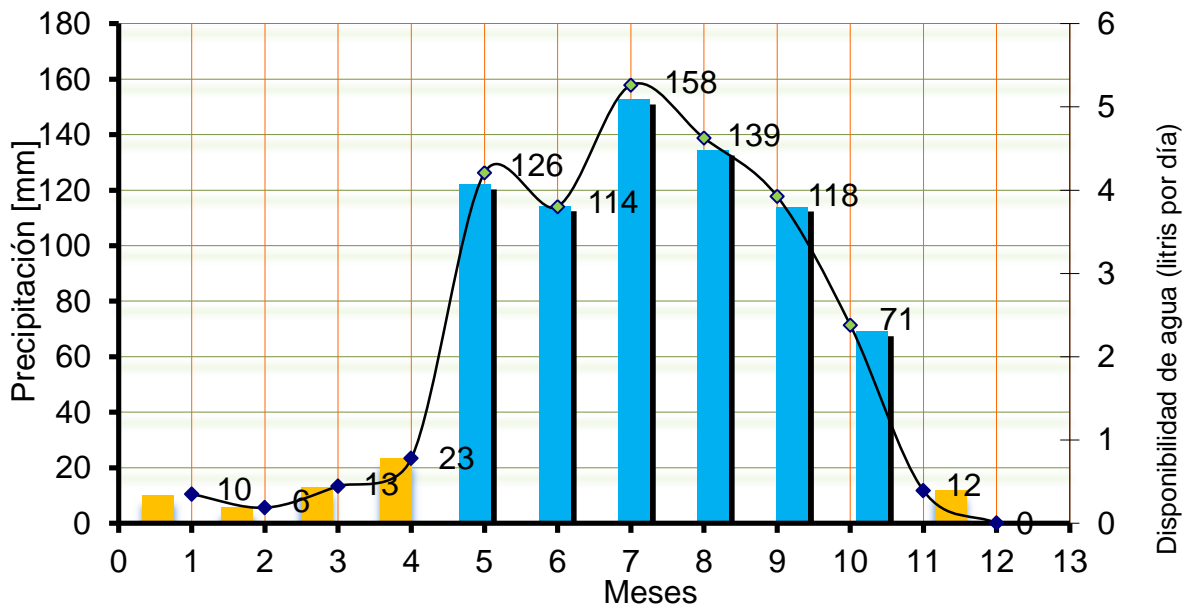
**Ubicación.** El sitio se encuentra en la Calle hidalgo No. 506, colonia ampliación San Miguel, Delegación Iztapalapa, México distrito federal. El propietario es Latinoamericana de concretos S.A. DE C.V.

La implementación de un sistema de aprovechamiento y manejo del agua de lluvia en la Planta Premezcladora de Concretos Moctezuma en Iztapalapa, tiene como objetivo entregar agua para el proceso de la planta, cumpliendo con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004. De esta manera se hace una gran contribución para alcanzar la sustentabilidad en materia de agua y disminuir el riesgo de inundaciones, al usar el agua de lluvia captada dentro de la planta en el proceso de la misma.

Por otra parte, Latinoamericana de Concretos ratifica su compromiso con la comunidad y con el medio ambiente.

#### a. Precipitación

Según los datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional y Eric III, la estación más cercana a la planta de procesos es la 9071 Colonia Educación, con 21 años de registro. En la figura 1 se observa que las mayores precipitaciones ocurren de mayo a octubre, y los meses de mínimas son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre (meses de estiaje). La precipitación media anual es de 714.42 mm.



**Figura 5.41 Precipitación pluvial media mensual histórica (Período 1942-2005)**

b. Consumo de agua

La planta consume en promedio 2,000 metros cúbicos de agua por mes y clasificado en los siguientes usos:

Uso 1. Agua para proceso de fabricación de concreto:

- Numero de entregas por día: 50 veces
- Número de días por mes: 30.4
- Cantidad de agua que se usa para el proceso:  $(2000)/(50 \cdot 30.4) \cdot 1000 = 1,315$  litros por unidad

Uso 2. Agua para lavado de llantas y piezas especiales de cada vehículo:

- Lavado de llantas y piezas especiales de unidad: 100 litros viaje redondo.
- Numero de entregas por día: 50 veces
- Cantidad de agua para servicios de lavado:  $100 \times 50 = 5,000$  litros de agua



### Uso 3 Agua para lavado al final del turno

- Cantidad de agua usada por tolva: 180 litros por unidad (58.685 m<sup>3</sup>)
- Número de vehículos:
- Cantidad de agua usada al final del turno:

**Cantidad total de agua usada por día: Uso 1 + Uso 2 + Uso 3 = 66 m<sup>3</sup> por día**

#### c. Infraestructura disponible

Se tiene una superficie disponible de 10,972.151 metros cuadrados, pero en el proyecto solo se han considerado 9,281.61 metros cuadrados, la superficie restante no esta impermeabilizada. Sin embargo, en las áreas verdes y almacén se ha considerado la construcción de pozos de infiltración para la recarga de acuíferos y de esa manera evitar encharcamientos. Además se cuenta con un tanque de almacenamiento de agua para proceso de 60 m<sup>3</sup>.

#### d. Estación meteorológica considerada

**Cuadro 5.38 Datos de precipitación mensual histórica de la estación 9071. Colonia Educación (Periodo 1982-205)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1982	0	15.1	8.6	20.8	52.1	111.3	147.4	127.4	39.5	36.5	0.4	1.3	560.4
1983	14.7	4.5	5.9	0	12	115.9	240.6	104.5	114.5	52	8.1	0.6	673.3
1984	7.3	0.8	0.2	0	48	84	199.9	143	172.1	108.2	0.7	13.2	777.4
1985	5.8	3.7	1	33.1	60.1	197.8	100.6	117.1	74.4	11.2	0.8	0	605.6
1986	0	0.5	0	11.1	71.6	216.1	95.8	121.2	51	47.9	5.7	1	621.9
1987	0	0	6.5	8	45	119.5	171.4	128.7	47.4	0	5.9	0	532.4
1988	1.5	2.1	31.6	1	58	144.4	199.5	143.6	153.9	28.9	2.6		767.1
1990	4.3	1.5	10.8		33.5	91.9	229.7	107.6	194	69.2	0	0	742.5
1991	3.4	0	0	6.3	39.3	222.8	173.2	67.9	83.3	125	15.3	1.5	738.0

1992	25.9	18.7	11.2	22	74.3	42.7	183.4	180.7	154.7	130.3	62.6	0	906.5
1993	18	1	3.6	27.7	85.5	172.5	112.3	133.3	114.1	10.2	16.1	0	694.3
1994	27	0	7	43.5	19.4	136.7	139.6	153.2	77.9	35.4	16	0	655.7
1996	0	0.3	2	13	43.1	92.4	128.5	151.5	167.6	22.6	0	11	632
1997	0	0	29.8	40.3	39.5	79.5	248.2	178.8	63.5	47	3.6	2	732.2
1998	7.1	0	0	2	1.8	25.5	64.3	157.2	310.8	149.8	0	0	718.5
1999	0	0	11.4	12.6	18.7	60.2	167.4	149.4	42.7	106.7	0	0	569.1
2000					156.8	111.2	55.1	290.5					613.6
2001	2.5	3.5	0	48.8	78.3	100.7	178.2						412
2002	6	2	12.5	18.9	45.1	54	157.7	88.6	175.8	47.9	19.4	0	627.9
2004	18.7	0	33.5	31.2	47.2	128.1	152.1	103.6	141.5	55.4			711.3
2005	4	3.7	1.2	12.1	21.4	87.7	170.2	178.4	58.9	79	6.9	0	623.5

Datos estadísticos del total anual

Años con registro disponibles = 21

$\bar{x} = 662.62$  mm

Desviación estándar (S) = 104.18 mm´

Coefficiente de variación (Cv) = 0.157

Coefficiente de oblicuidad (g) = -24.57

Coefficiente de asimetría (Cs) = -0.077

e. *Longitud de datos meteorológicos*

Aplicando la ecuación:  $n = \frac{t^2(Cv)^2}{e^2} = 10.69$  años, este valor nos indica que son datos confiables.

f. *Función de distribución seleccionada*

Aplicando los criterios de selección que marca el cuadro 4.2, luego dependiendo de los datos estadísticos S,  $\bar{x}$ , Cv, g y Cs para cada mes se aplica una de las funciones

2, 4 y 7. Los resultados de este procedimiento se muestran en el cuadro siguiente.

**Cuadro 5.39 Tipo de distribución emplead para obtener 1.053, 1.11, 2 y 5 años de periodos de retorno.**

Meses	Xi	$P^{Tr=1.053}$	$P^{Tr=1.11}$	$P^{Tr=2}$	$P^{Tr=5}$	Distribución	Ajuste polinomio
Enero	10.44	0.92	2.5	2.72	21.28	Log Normal	9.18
Febrero	5.58	1	1	3.7	15.1	Weibul	0.00
Marzo	13.35	1.17	1.85	8.7	27.95	Log Normal	0.93
Abril	23.29	6.68	8.5	18.66	33.89	Log Normal	34.68
Mayo	126.26	60.2	71.9	85.5	173	Weibul	69.45
Junio	114.04	80.75	87.9	111.2	144.33	Log Normal	93.46
Julio	157.86	89.36	99.8732	144.61	191.27	Log Normal	100.10
Agosto	138.80	97.06	104	130.58	155.14	Log Normal	87.85
Septiembre	117.77	34	43	95.33	173.54	Log Normal	60.35
Octubre	71.36	24.65	30.14	58.95	97.85	Log Normal	26.69
Noviembre	11.72	0.03	0.7	4.3	80.57	Log Normal	0.00
Diciembre	0.00	0	0	0	0	Log Normal	0.00
Media	790.49	395.82	451.36	664.25	1113.92		482.69

g. Estimación de escurrimiento neto de agua sobre la superficie impermeable

Considerando una superficie de captación de 9,281.61 metros cuadrados y un coeficiente de escurrimiento del 0.80 por ser concreto asfaltico; y aplicando la ecuación 8 para cada mes y al final la ecuación 9, se tiene un volumen de agua anual con una probabilidad del 90 por ciento.

Entonces la lluvia de diseño para un periodo de retorno de 1.11 años es:

$$PN_{diseño} = \sum_{j=1}^n PN_{jk}^{90} = 378.06 \text{ mm}$$

*h. Estimación de la precipitación máxima probable*

Para el diseño de los colectores del agua de lluvia se utilizan las precipitaciones máximas registradas para cada año de registro, enseguida se aplica la distribución Gumbel para encontrar el valor correspondiente para el periodo de retorno de 2 años.

**Cuadro 5.40 Precipitaciones máximas anuales de la estación 9071 Colonia Educación.**

<b>Años</b>	<b>P máxima</b>	<b>Años</b>	<b>P máxima</b>
	mm		
1982	42.0	1994	31.0
1983	43.0	1996	29.0
1984	42.5	1997	40.0
1985	78.0	1998	60.2
1986	30.3	1999	22.0
<b>1987</b>	32.0	2000	31.0
1988	66.0	2001	42.0
1990	50.7	2002	31.8
1991	67.5	2004	35.7
1992	40.0	2005	27.8
1993	46.0		

Los datos estadísticos necesarios para aplicar la distribución Gumbel son:

Años con registro disponibles = 21

Promedio ( $\bar{x}$ ) = 42.31 mm

Desviación estándar (S) = 14.74 mm

Coefficiente de variación (Cv) = 0.35

Constantes teóricas  $\bar{y}_n, \sigma_n = 0.5252$  y  $1.0696$

**Cuadro 5.41 Resumen de las lluvias máximas esperadas para 1, 1.053,1.11, 2, 5 y 10 años de periodo de retorno.**

Tr	P ( $X \geq x$ )	y	X	Vol. cisterna
10	0.9	2.25036733	66.08	613.37
5	0.8	1.49993999	55.74	517.38
2	0.5	0.36651292	40.12	372.40
1.111	0.1	-0.8340324	23.58	218.84
1.053	0.05	-1.0971887	19.95	185.18
<b>1</b>	<b>0.003</b>	<b>-1.7594331</b>	<b>10.82</b>	<b>100.47</b>

Para el diseño de los colectores se considera un Tr de 2 años (40.12 mm de lluvia máxima registrada en una hora). Pero para el almacenamiento una Tr de 1.0 años (19.95 mm).

i. Uso el agua

Se conoce que la planta tiene un consumo diario de agua de  $66 \text{ m}^3$ .

Considerando que se tienen actividades los 7 días de la semana, la cantidad de agua que se necesita por mes y por años es la siguiente:

$$Agua_j = 2006 \text{ m}^3 \text{ por mes}$$

$$Agua_{anual} = \sum_{j=1}^{12} Agua_j = 24,072 \text{ m}^3$$

j. Eficiencia de aprovechamiento de agua de lluvia

Con la lluvia de diseño ( $PN_{\text{diseño}}$ ) y el área de captación se puede estimar el volumen de agua que se aprovecha en el sitio, en este caso es:

$$V_{lluvia} = PN_{\text{diseño}} * A_{\text{captación}} = 0.378 * 9281.61 = 3,508.5 \text{ m}^3 \text{ por año}$$

$$EfA = \frac{V_{lluvia}}{Agua_{anual}} * 100 = \frac{3508.5}{24072} * 100 = 14.5\%$$

k. Evacuación de agua de lluvia en edificios

En este apartado se obtiene el gasto máximo que se puede tener en el sitio con un periodo de retorno de 2 años. Tal valor se obtiene a partir de la ecuación 20; y representa la cantidad de agua que entra en el registro y en la cisterna durante una tormenta de 50 mm

$$Qc = \frac{5}{18} (C * I * A_{captación}) = \frac{5}{18} (0.8 * 0.50 * 9281.61) = 129.5 \text{ lps}$$

l. Colectores

La tubería necesaria para evacuar el gasto estimado de 129.5 litros por segundo (Qc) se obtiene a partir de la expresión Qc y la ecuación de continuidad (Q = Av).

El diámetro que se requiere para conectar del registro a cisterna y vertedores de excedencias debe estar comprendido entre 12 ó 14 pulgadas de diámetro.

Para el registro se considera un almacenamiento de agua de 30 segundos como margen de seguridad y por ello las dimensiones de uno de 1.30x1.30x.80 metros y otro de 1.55x1.85x0.75 metros. En estos registros se instalaran rejillas para retener los sedimentos y evitar que el agua de la cisterna se contamine.

m. Cisterna

Con la ecuación 24 se tiene:

$$\text{Vol cisterna} = 0.01082^1 * 9281.61 = 100.47 \text{ m}^3$$

n. Tratamiento de agua de lluvia

Se propone que el agua aprovechada durante las lluvias se trate con un filtro Avanty de dos pulgadas y así retener partículas mayores a 90 micras, luego al agua se le haga pasar por un filtro de carbón activado para eliminar la materia orgánica y demás sustancias que se pudiera generar, y así tener una agua potable. Para el adecuado funcionamiento y entrega del producto líquido a la zona de procesos y baños se necesita una bomba sumergible de 0.5 HP bifásica o una centrifuga de 1HP.

o. Recarga de acuíferos

El área de captación esta definida y corresponde a las áreas verdes y almacén del sitio, la cual se delimito en el plano general, resultando una superficie aproximada de 0.16905 ha.

Por lo tanto el caudal de escurrimiento de la zona de estudio (área urbana) es:

$$Q_c = 0.028 C * i * A_{captación} = 0.028 * 0.8 * 5 * 0.16905 = 18.93 \text{ Lps}$$

Si consideráramos una lluvia que 15 minutos se tendría un volumen 17,037 litros de agua en el tiempo considerado.

Los pozos de recarga que se proponen tienen las siguientes dimensiones:

Diámetro = 1.5 m

Profundidad = 2 m

Volumen = 3.53 m<sup>3</sup>

Numero de pozos = 5 unidades

Volumen de recarga total = 17.65 metros cúbicos.

Entonces con estos sistemas se tiene una eficiencia de recarga del 100 por ciento. Es decir no se generarían encharcamientos en la zona y además el canal también retiene e infiltra el agua.

Anualmente se recargarían:

Volumen de recarga =  $0.378 \text{ m} \times 1690.5 \text{ m}^2 = 639.00 \text{ m}^3$  por año (63.9 pipas de agua de diez mil litros).

**Cuadro 5.42 Inversión estimada para el SCALL de nivel industrial.**

Concepto	Importe
Cisterna de $100 \text{ m}^3$	\$ 318,534.84
Canales colectores (canales pluviales, tubería de 12" y construcción de registros)	\$ 729,293.46
Tratamiento y recarga de acuíferos (canales filtrantes y pozos de recarga; equipo de bombeo, línea de conducción y tratamiento.	\$ 112,884.86
Total	\$1'160,713.16

Se concluye que este sistema tiene una gran demanda de agua y la superficie disponible solo le permite tener una eficiencia del 14.5 por ciento. Es decir, solo aprovecha 3,508.5 de los  $24,072 \text{ m}^3$  que necesita anualmente.



## 6. CONCLUSIONES

- La instalación de un SCALL resulta ser muy fácil, pero la falta de asistencia, capacitación práctica de quien transfiere la ecotecnia y sobre todo el uso de materiales no asequibles de la región dificultan la apropiación y mantenimiento de estos por parte del usuario.
- En el escenario de zona marginada la transferencia del biodigestor representa una relación beneficio-costos de 4.88 y una recuperación de la inversión en cinco años.
- En el escenario de zona urbana la transferencia del SCATALL representa una relación beneficio-costos de 3.66 y una recuperación de la inversión en cinco años.
- La integración de los SCATALL y el tratamiento biológico de aguas residuales en las residencias representan una inversión alta, pero sus ventajas ambientales son potencialmente altas, pues pueden tener ahorros de agua de potable mayor del 20.92%.
- En la mediana industria integrar Sistemas de Captación de Agua de Lluvia y dispositivos ahorradores permiten tener una eficiencia del SCALL del 30.21% y sin estos de tan solo 9.81%.
- La metodología propuesta logro reducir los costos de inversión en comparación con el método tradicional. Además, con el interactivo “Tlaloc V1” permite al usuario conocer el potencial de su infraestructura disponible en poco tiempo.
- Utilizar la metodología tradicional de precipitación media anual para un registro de años conduce a realizar inversiones hasta un 200%.

## **7. RECOMENDACIONES**

### **Difusión de información en tiempo real**

Para difundir el conocimiento de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, se debe cambiar la forma de presentarla al público y estratificar la información de acuerdo a la edad y saberes. Tal información deba estar en una página web, blog y red social, ofreciendo servicios profesionales y canalizando proyectos a empresas certificadas o bien informando sobre algún tema en particular como cursos-taller. Además, se debe aprovechar que los hábitos de adquirir información de la población Mexicana ha cambiado, y de acuerdo al estudio de Hábitos de los Usuarios de Internet en México, en el 2010 el número de internautas alcanzo la cifra de 34.9 millones de personas, lo que representa un incremento del 14 por ciento anual (AMIPCI, 2011).

### **Crear la Asociación Nacional de Especialistas en Captación del Agua de Lluvia AC**

Crear la Asociación Nacional de Especialistas en Captación de Agua de Lluvia para propiciar el intercambio de experiencias a nivel nacional en dicha materia, pero lo más importante que se debe replantear en estos recintos es llegar por la vía pacífica a acuerdos y mecanismos, que sirvan de base para presentar al congreso políticas públicas, de esta manera evitar que la asamblea legislativa apruebe reformas con débiles sustentos técnicos y científicos en las leyes de agua potable del país.

### **Solución a la escasez de agua**

La solución a los problemas de escasez de agua, la crisis y los conflictos generados en el DF y algunos municipios del Estado de México radican en el aspecto social, moral y económico, pero no en lo técnico, ya que actualmente con la globalización se tiene acceso a sistemas de información en tiempo real desde cualquier parte del planeta.

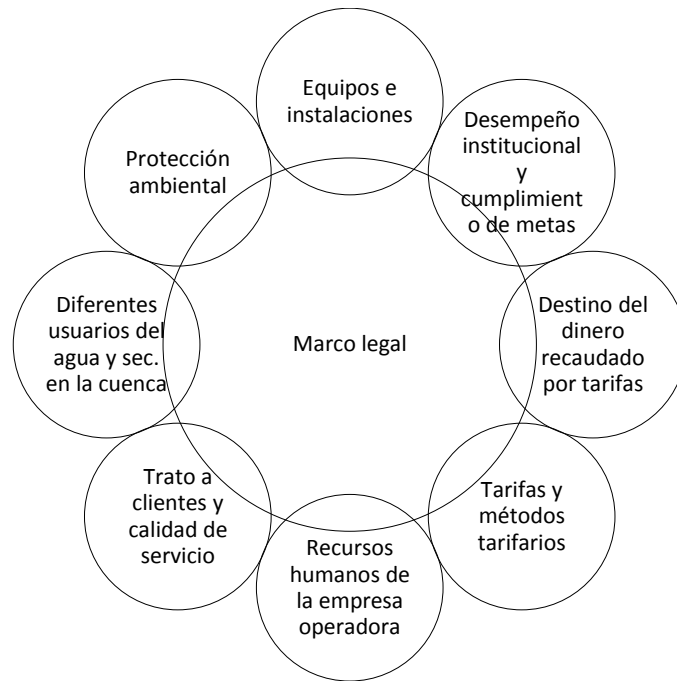
Lo preocupante es ver que las tecnologías se están utilizando para justificar, la ampliación de la cobertura por el crecimiento poblacional. Cuando es claro que si aportan impactos económicos de manera inmediata; aunque de trascendentes consecuencias en el medio natural y la calidad de la vida a largo plazo, el ejemplo más claro son las inundaciones por colapso de drenajes públicos.

Por ello es importante considerar una serie de argumentos de reflexión para solucionar los problemas de escasez de agua:

- Integrar todas las opciones que involucran el uso eficiente del agua,
- En los municipios y zonas urbanas se debe crear un control de crecimiento poblacional e industrial en sitios inadecuados para posteriormente no tener un problema de disponibilidad del recurso.
- Para el aprovechamiento eficiente y conservación del agua, el enfoque debe presentarse como el acceso a un nuevo paradigma a alcanzar y no como un medio para reforzar al sistema tradicional de abastecimiento de agua.

### **Evolución de los marcos legales**

Una de las principales problemáticas de la escasez y conflictos varia frecuentemente, debido a movimientos migratorios, crecimiento demográfico, factores climáticos, demandas de agua en la región, encarecimiento de insumos y abatimiento de acuíferos, por ello el marco legal debe irse adecuando (evolucionando) acorde a las necesidades de cada región, pero sin olvidar los puntos siguientes:



**Figura 7.1 Temas que debe cubrir un marco legal de agua potable.**

Con la evolución del marco legal se resolverían problemas de agua como:

- Asignar facultades de regulación a asociaciones civiles profesionales
- Formalizar el corte del servicio a morosos
- Resolver el sistema financiero para llegar a la autonomía
- Continuidad en funcionarios y planes más allá de los trienios
- Certificación de personal
- Normas y manuales de procedimientos operativos
- Límites de crecimiento y expansión urbana, con respecto a potenciales hídricos
- Revisión y aprobación de tarifas
- Rendición de cuentas y responsabilidades de funcionarios y
- Incentivos y estímulos al personal.

## **Organismos operadores de agua regionales**

Presentar al congreso de la Unión, una revisión al Artículo 115 constitucional, la fracción III, inciso a) para dar cabida a la creación de organismos operadores de agua de tipo regional, algunas de las razones se deben a:

- a. Los organismos regionales, son más capaces de responder a las necesidades de la población, sin depender de los distintos órdenes de gobierno para financiar sus proyectos (Urquiza, 2008).
- b. La capacidad para establecer sus tarifas de acuerdo a sus necesidades operativas y aun procedimiento de aprobación debidamente acordado. Evitando la gran diversidad de criterios e intereses políticos y enfocar los esfuerzo a un criterio técnico-económico.

Aunque este sistema no es legalmente reconocido su operación radica en muchas comunidades donde se administran por usos y costumbres. Además, en cada trienio, han ido evolucionando en varios aspectos ofreciendo imparcialidad, mostrando un espíritu de servicio para su comunidad, atacando los principales puntos:

- Operación y mantenimiento de la red
- Corte del servicio a morosos
- Establecimiento de la tarifa de agua en función de los costos de operación y mantenimiento
- Control de usuarios
- Ampliación de la infraestructura
- Rendición de cuentas.

Pero es importante integrar:

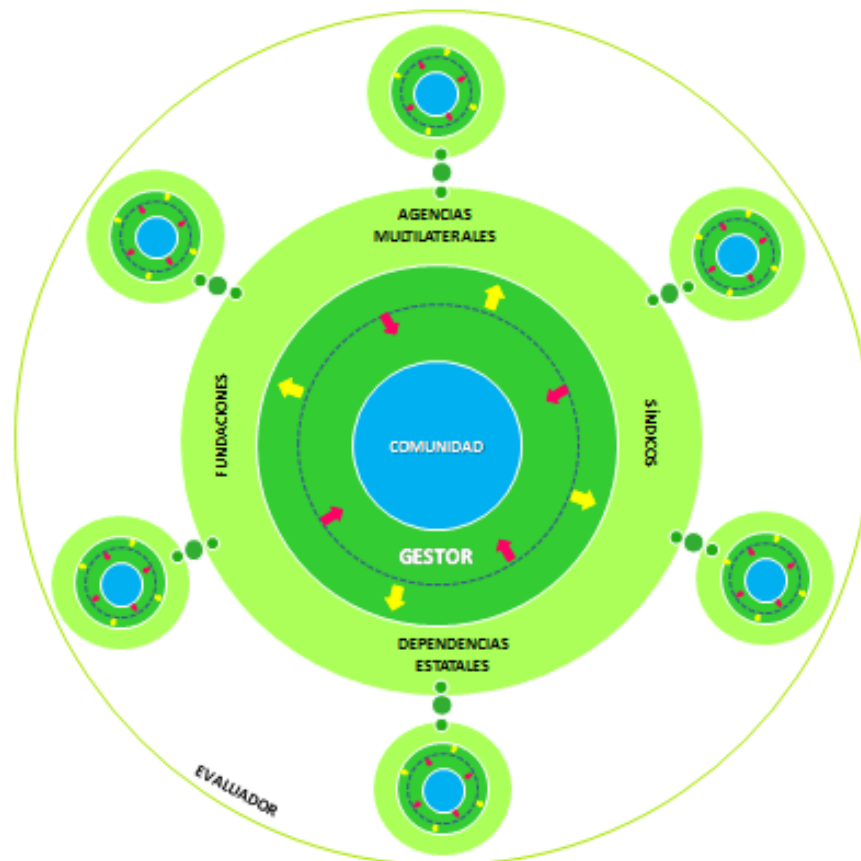
- Programas para el uso eficiente y responsable del agua

- Proyectos productivos para incrementar los ingresos
- Incentivar la captación del agua de lluvia con una eficiencia del 10 al 20 por ciento respecto a su consumo total anual.

### **Certificación de empresas socialmente responsables**

En las zonas industriales a través de la SEMARNAT se exige tratar los aguas residuales e implementar la captación del agua de lluvia para sus servicios o bien financiar proyectos SCALL a comunidades que no tienen acceso al vital líquido.

### **Creación de asociaciones civiles locales en cada municipio para fortalecer la calidad de vida en unidades de producción**



**Figura 7.2 Diagrama general para lograr un bienestar y prosperidad accesible a todos los seres humanos.**

Según resultados de la evaluación de Alianza para el campo en el año 2005, el programa PESA solo fortalecía al agricultor comercial, mientras que en los pobres y de autoconsumo generaba dependencia, por recibir solo el 8% del monto total de recursos asignados, por ello en el 2005 para reducir los costos de operación, los estados contratan a las Agencias de Desarrollo Rural (ADR) como mecanismo de expansión. Luego para el 2010 la cámara de diputados incremento el presupuesto a 1750 millones de pesos en el presupuesto de egresos de la federación, logrando una cobertura en 800 municipios (más de 109,526 familias) en 17 estados. Aunque las estadísticas del mismo programa menciona datos alentadores con la cobertura que se tiene, se debe analizar si realmente se resolvió una necesidad y mejoro la calidad de vida o solo se generó dependencia e irresponsabilidad de la gente, por esperar que el gobierno sigue teniendo la tutela de todos los problemas.

Por ello es importante que en programas de PESA, COUSSA y POH se consideren los puntos siguientes:

**COMUNIDAD.** La comunidad debe estar dispuesta a organizarse para buscar y alcanzar un beneficio mutuo de mayor impacto que los obtenidos anteriormente en el mismo sitio o en las comunidades cercanas. Es decir, debe integrarse para tener proyectos productivos de impacto regional de cadenas agroalimentarias, donde involucre la participación de mujeres y hombres, en actividades que propicie mayor inversión de tiempo, y donde tengan asignados responsabilidades que cada participante considera importantes para potencializar a la organización, hacia el logro de una mejor calidad de vida a largo plazo, porque de no ser así, solo será el preámbulo a problemas del futuro cercano y se continuará generando estadística y dependencias económicas para la población en general.

**GESTORES.** Es una sociedad civil integrada con profesionistas con talento de varias especialidades que conoce el área de trabajo. Su consolidación y fortalecimiento es a través de universidades de prestigio y empresas privadas con éxito empresarial.

Su sistema de trabajo para cualquier proyecto debe ser el siguiente:

- Realizar un análisis FODA
- Si hay un producto final se debe identificar la oportunidad del mercado
- Gestión de recursos en agencias multilaterales, fundaciones y dependencias estatales.
- Fortalecimiento del desarrollo de capacidades humanas, técnicas, sociales, ambientales, económicas y empresariales de la organización.
- Transferencia de tecnologías que resuelven necesidades a corto plazo y generan beneficio prolongado.
- Dar seguimiento a los proyectos con el apoyo de universidades y empresas.

Algo importante de señalar es que todos los individuos en una organización u empresa buscan un bienestar y crecimiento que luego se transforma en felicidad y superación. Sin embargo, cuando no se cumple lo anterior se debe buscar una retribución al trabajo bien hecho, de lo contrario se perturba la forma de pensar y actuar en las obligaciones que se tienen en ese instante. Por lo anterior es importante para la organización tener otras formas de ingreso de proyectos como: una tienda de productos orgánicos en las zonas urbanas, productos biodegradables, calentadores solares, agua purificada y otros que ayuden a la comercialización de productos de la región.

También los gestores pueden asesorar a las autoridades de cada comunidad, pero no ser partícipes del convencimiento en campañas, la sociedad debe ser totalmente plural.

**CAPITAL.** Son los medios que disponen y otorgan capital para el cumplimiento de objetivos de cada “Gestor”.



**EVALUADOR.** Es quien supervisa a los “Gestores” para el cumplimiento adecuado de los proyectos de gran impacto. También se encarga de la enseñanza y organización de eventos nacionales para el intercambio de experiencias entre regiones.

## 8. LITERATURA CITADA

Acosta S., A. 2005. "Las políticas públicas: su aporte", Democracia, desarrollo y políticas públicas. Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas.

Amado A., J. P. 2006 Estudio integral de la calidad de agua en el marco de la ordenación de los recursos hídricos en la cuenca del río Amajac. Colegio de Postgraduados. Tesis de doctorado. Estado de México, México. 143 pp.

Anaya G., M. y Juan M., J. 2007. Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano en America Latina y el Caribe. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 149 p.

Aguilar A., y Lima F. 2009. *¿Qué son y para qué sirven las Políticas Públicas?*, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, septiembre 2009, [www.eumed.net/rev/cccss/05/aalf.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/05/aalf.htm)

Aguilar C. 2009. Los subalternos como limitantes del poder. Hegemonía, legitimidad y dominación, en Contribuciones a las Ciencias Sociales. [www.eumed.net/rev/cccss/04/craa.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/04/craa.htm)

Aguilar G. 2008. El alto consumo de agua embotellada, por falta de información: Conagua y Conacyt. Director de Investigación. <http://www.ciberteca.net/noticias-tratamiento-de-agua/2008/05/24/el-alto-consumo-de-agua-embotellada-por-falta-de-informacion-conagua/>

Aguilar L. 1993. Antologías de Política Pública, México, Porrúa. Varias ediciones.

Altieri M., A. 1996. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable 2ª edición. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Berckefney, California. 281 pp.

Amaya V., M. 2007. Gestión. Doctora en Ciencias Sociales por la Escuela Normal Superior de Cachan, Francia. Profesora Titular "A" de medio tiempo del Departamento de Estudios Institucionales, UAM-Cuajimalpa. Correo-e: [lourdes\\_amaya2004@yahoo.com.mx](mailto:lourdes_amaya2004@yahoo.com.mx).

Arjen Y., H. 2011. The Water Footprint Assessment Manual. ISBN: 978-1-84971-279-8 hardback. En: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

BANOBRAS. 2002b. « PROMAGUA: AVANCES». Presentación. [Http://users.ox.ac.uk/~prinwass/PDFs/Banobras.PDF](http://users.ox.ac.uk/~prinwass/PDFs/Banobras.PDF)

Bardach E. 2004. Los ocho pasos para el análisis de Políticas Públicas; un manual para la práctica, México, CIDE.

- Barkin, D. 2006. Las Contradicciones de la Gestión del Agua Urbana en México. Tomo 1. Gestión y Cultura del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Colegio de Postgraduados, Jiutepec, Morelos. Pp:44-71.
- Barlow. 2004. « Water Privatization: The World Bank's Latest Market Fantasy», Polaris
- Birwas K., A. 2006. Adónde va el mundo del agua.<http://www.thirdworldcentre.org/mundoaguaakb.pdf>
- CAEM. 2006. La cultura del agua en el Estado de México. Gobierno del Estado de México.
- Campos R., Carlos P. 2006. Consumo de agua. CONSULTA MITOFSKY. México DF. (<http://www.consulta.com.mx>).
- Canto M. 2002. Introducción a las políticas públicas, en: Canto, M. y O. Castro (coordinadores) Participación Ciudadana y Políticas Públicas en el Municipio. MCD, México.
- Cardozo M. 2009. Evaluación y meta evaluación en los programas mexicanos de desarrollo social. UAM-X.
- Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES). "Eficiencia y Uso Sustentable del Agua en México: Participación del Sector Privado", Otras publicaciones, CCE. México. [http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Ef\\_Agua/conte.htm](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Ef_Agua/conte.htm)
- Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A. C. (CTMMA). 2002. El Manejo del Agua en la Metropolitana de la Ciudad de México: La forma difícil de aprender. Asit K. Biswas (presidente). [www.thirdworldcentre.org](http://www.thirdworldcentre.org)
- Cervantes S., J. 2008. La privatización de los recursos hídricos. Coordinación Ejecutiva del Frente Social por la Soberanía Popular/Zacatecas, jueves, 14 de febrero, México. [http://www.unidad.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=366&Itemid=9](http://www.unidad.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=366&Itemid=9) [cespedes@cce.org.mx](mailto:cespedes@cce.org.mx)
- Chávez H., E. 2007. Transferencia y adopción de ecotecias a nivel traspatio en dos comunidades rurales de Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 109.
- CNA. 2004. El Estado de México: El Agua una responsabilidad compartida. [http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr2/case\\_studies/pdf/mexico\\_es.pdf](http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr2/case_studies/pdf/mexico_es.pdf)
- Código Fiscal del Distrito Federal. 2010
- CONAGUA. 2008. Realiza junto con el Conacyt encuentro académico sobre el tema y El alto consumo de agua embotellada, por falta de información. Sociedad y Justicia, viernes 25 de abril
- CONAGUA. 2010. Estadísticas del Agua en México. México: SEMARNAT.

- CONAGUA. 2010. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. De: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2006. [http://www.conacyt.mx/Fondos/Mixtos/Tabasco/2006-02/Demandas\\_Tabasco\\_2006-02.pdf](http://www.conacyt.mx/Fondos/Mixtos/Tabasco/2006-02/Demandas_Tabasco_2006-02.pdf)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005. Comunicado de Prensa 25/05: El tamaño promedio del hogar en México es de 4.1 personas. México, D. F.
- De Alba F. 2005. ¿La megalópolis de México es manejable? Cuando la modernidad se transforma en disputa clientelar. *Análisis de la “crisis de Texcoco”*. Territorios, no. 13.
- Díaz B., J. E. 1998. La transferencia de tecnología apropiada al pequeño agricultor. Biblioteca digital CREFAL. pp 75-102.
- Elder C., D. y Roger W., C. 1984. “Formación de la agenda”, Problemas públicos y agenda de gobierno, Aguilar Villanueva (ed.) (1993), México, Porrúa, pp77-104.
- Emilio F. 2008. Detecta OPDAPAS deficiencias en el agua en Nezahualcóyotl, Valle de Chalco, Chalco, Ixtapaluca, Ixtapaluca, Chimalhuacán, Chicoloapan y Los Reyes La Paz. *El Universal*. Los Reyes, La Paz, Edomex. Viernes 25 de abril de 2008. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/501816.html>
- FAO-AQUASTAT. 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. En línea: <ftp://ftp.fao.org/ag/aglw/aquastat/aquastat2003.xls>
- Fernandez R., E., 2008. Clausurarán tomas de agua a edificios públicos en Nezahualcóyotl.
- Farreny R., y Morales P., T. 2011. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain”. *Water Research* 45 (10): 3245-3254, 2011. Doi:10.1016/j.watres.2011.03.036.
- Farreny R., y Gabarrell X.2011. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods”. *Resources, Conservation and Recycling* 55 (7): 686-694, 2011 . Doi:10.1016/j.resconrec.2011.01.008.
- Gallardo M., V. 2002. Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia. Ingeniero civil bioquímico. Documento de trabajo N°5. Valparaíso, Chile.
- García P., F. 2008. Variabilidad de la precipitación pluvial en la región pacífico norte de México. *Agrociencia*. Vol 43. No.1.
- Garrido H., S. 2010. Sistemas de Captación y almacenamiento, tratamiento, y aprovechamiento de agua de lluvia en zonas urbanas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua. Subcoordinación de Potabilización. Email: [sgarrido@tlaloc.imta.mx](mailto:sgarrido@tlaloc.imta.mx)
- Gleason E., A. 2005. Manual de Aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

- Grajales Q., A. 2010. Los nuevos conceptos sobre "Agua Virtual" y Huella Hídrica" aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico., Artículo científico ISSN 0568-3076 publicado en la Revista de Agronomía de la Universidad de Caldas, Colombia.
- Guzman Q., A. 2007. La contaminación del agua superficial en La Cuenca del Río Texcoco, México. Hidrociencias. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. Agrociencia 41: 385-393. arturog@colpos.mx
- Hecló A., W. 1975. "The Private Government of Public Money", Macmillan, London.
- Ilan A. 2008. Manual de Captación de agua de lluvias de lluvia para centros urbanos. PNUMA y IRRIMEX. México Distrito Federal.
- INEGI.2010. En <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- Institut für Energieund Umweltforschung Heidelberg GmbH. 2010. Polyethylene Terephthalate (PET) (Bottle Grade). <http://www.globalpolicy.org/socecon/bwito/wbank/2004/01waterpriv.htm>
- Isabel R. 2001. El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica. Universidade da Coruña. Faculta de de Ciencias. Campus da Zapateira s/n, 15071 A Coruña.
- Jiménez S., J. 2008. Invertirán 43 mil mdp para uso sustentable del agua. El Universal, 19 de junio. [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5138&Itemid=89](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=5138&Itemid=89)
- Juan. M., J. 2006. Captación y purificación de Agua de Lluvia para consumo humano. Tesis de Maestría en Hidrociencias. Colegio de Postgraduados.
- Jungsoo M. y Mooyoung H. The case study of Star-City Rainwater Harvesting System. (Proceedings: The 8<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage Modelling. The 2<sup>nd</sup> International Conference on Rainwater Harvesting and Management. 7<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> September, 2009). -- Yokyo, Japan: 2009. -- p. 49-50.
- Lye, D., J. 2002. Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems. -- J. AWRA, 38(5), 2002. -- p. 1301-1306.
- Lacki P. 2004. Una nueva capacitación para el desarrollo rural ¿Gastar en actividades o invertir en resultados?. <http://www.polanlacki.com.br>.
- Lahera E. 2004. "Introducción a las políticas públicas" FCE. Chile
- Lasswell H. 1971. La concepción emergente de las ciencias de políticas, en Aguilar, El estudio de las políticas públicas, México, Porrúa.

- Legistel. 2008. Secretaría General de Gobierno. Subsecretaría de Asuntos Jurídicos. Secretaría de Finanzas. Subsecretaría de Ingresos. Lineamientos generales para la prestación de la declaración de pago por concepto de aportaciones de mejoras por servicios ambientales.
- Legorreta J. 2008. Crean organismos del agua asociación civil de unidad. Diario de México. 9 de julio. [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5310&Itemid=89](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=5310&Itemid=89)
- Lindblom C. 1979. "Usable knowledge: Social science and social problem solving" Yale University.
- Llamas, M., R. y Delli P., J. 2000. «Water and Ethics», Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, Fundación Marcelino Botín, Santander, Serie A.
- Llamas, M., R. 2005. Los colores del agua, el agua Virtual y los conflictos hídricos. Sección inaugural Real Academia de Ciencias exactas, Físicas y Naturales. Madrid. En: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00187.pdf>.
- López G., P. 2007. Diseño, construcción y evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de bajo costo. Ciidir Oaxaca. Tel/fax 5170610 email:palg@prodygy.net.mx XIIICNIS170.
- Martínez M., S. 2010. Algoritmos para estimar características físicas en cuencas rurales y su aplicación en el calibrado del método racional, en la región hidrológica no. 12 parcial (Río Santiago).
- Mata G., B. 1999. Desarrollo rural en México: una propuesta centrada en los pobres del campo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Texcoco. 285 p.
- Majone G. 1989. Evidencia, argumentación y persuasión en la formulación de políticas. México, D. F.: Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, A. C. y Fondo de Cultura Económica.
- Medellín P. 2004. La política de las políticas públicas: propuesta teórica y metodológica para el estudio de las políticas públicas en países de frágil institucionalidad. Chile. Serie: Políticas Sociales, núm. 93, CEPAL
- Meera, V. y Mansoor A., M. 2006. Water quality of rooftop harvesting systems: a review. – Journal of Water Supply Research and Technology-AQUA. -- Vol 55, (4). p. 257-268.
- Meny Y y Jean C., T. 1992. Las políticas públicas, Barcelona, Editorial Ariel.
- Nava C y Aguilar C. 2008. Capítulo 6: La explicación psico-social de la violencia hacia las mujeres en Miahuatlán, una alternativa para el diseño de políticas de igualdad de género" en Género, Sociedad y Cultura. Luna A. (coord.) Eumed.
- Noyola A. 1999. Desarrollo de tecnologías mexicanas en tratamiento de aguas residuales: una experiencia. Investigador Titular y Coordinador de Bioprocesos Ambientales en el

en el Instituto de Ingeniería UNAM. VOL. 24 N° 3. 0378-1844/99/03/169-04. México, D.F.

- Olivares E., Alonso. 2008. Embotelladoras de agua ganan al año 29 mil mdp. La Jornada, Sociedad y Justicia. 3 de junio. [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5266&Itemid=89](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=5266&Itemid=89)
- Ojeda B., W. y Sifuentes I., E. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* 45: 1-11.
- Ojeda E., L. A. 2000. Innovación interactiva. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 109 p.
- Pacheco V., R. 2004. "Arreglos Institucionales en la Cuenca Lerma-Chapala: Una Visión desde la Política Ambiental", en Boehm-Schoendube, Brigitte (Ed.) *Memorias del III Encuentro de Investigadores de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago*, Chapala, Jalisco, El Colegio de Michoacán y Universidad de Guadalajara.
- Pacheco-Vega y Obdulia V.,L. 2001. "The Challenge of Sustainable Development in Mexico", en Nemetz, Peter N. (Ed.) *Bringing Business on Board: Sustainable Development and the B-School Curriculum*, Vancouver, BC, JBA Press.
- Parsons W. 2007. Una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas; traducción de Atenea Acevedo. México: FLACSO.
- Plan Nacional de Desarrollo. 2011. <http://www.presidencia.gob.mx>
- Pressman J., L. y Wildawsky, A. 1998. Implementación. Cómo grandes expectativas concebidas en Washington se frustran en Oakland. México, D. F.: Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, A. C. y Fondo de Cultura Económica.
- Potter M. C. Mecánica de Fluidos. Segunda Edición. Ed. Person. México. 1998. pp: 36-82.
- Quispe L., A. 2007. Agricultura ecológica en el traspatio, sembrando esperanzas para la seguridad alimentaria. CP-CONACYT. FOMIX. Gobierno del Estado de Tlaxcala. 110 p.
- Ramírez C., V. 2008. Captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar y su impacto en las comunidades rurales de Tlaxcala. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México. 265 pp.
- Rangarajan R. y Ghosh P. 2011. Rainwater Management and Harvesting Strategies for Human Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore, India. *Environ. Sci. Technol.*, Article ASAP. DOI: 10.1021/es203308p.
- Rascón, A., E. y Peña C., E. 2007. Impacto en algunas propiedades físicas del suelo por aplicación de aguas residuales. *Terra Latinoamericana* 26: 69-74.

- Reyes H., J. 2006. El derecho al agua: desafíos para la cuenca del valle de México. II Congreso Iberoamericano Sobre Desarrollo y Medio Ambiente Simposio 13. Cultura del agua y sustentabilidad en Iberoamérica.
- Rico D., J. 2008. Produce Cutzamala una de las aguas más puras y cuesta igual un litro de agua embotellada que mil de ese sistema. Notimex; 2 de abril.
- Robles J. 2008. El Estado Mayor Presidencial y la Secretaría de Marina se encuentran al corriente de sus pagos. Entrevista a Francisco Núñez director ejecutivo del Sistema de Aguas. El Universal Ciudad de México. Lunes 09 de junio. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/513404.html>
- Roemer, A. 1997. Derecho y Economía: Políticas públicas del agua. México: Centro de Investigación y Docencia Económicas, Sociedad Mexicana de Geografía, Miguel Ángel Porrúa.
- Rosen C. 2008. Buscan uso eficiente del agua en la UNAM. Reforma, 18 de junio. [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5129&Itemid=89](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=5129&Itemid=89)
- Roth A. 2006. Políticas Públicas: Formulación, Implementación y Evaluación, Bogotá, Aurora.
- Sánchez L., F. 2007. Tratamientos combinados físico-químico y de oxidación para la depuración de aguas residuales de la industria corchera. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias. Departamento de Ingeniería Química y Química física. Badajoz.
- Sánchez S., R. y Montesillo J. L. 2002. Instrumentos económicos y de regulación para la gestión de los recursos hídricos. Ingeniería hidráulica en México. Vol. XVII. Núm. 2 (abril-junio). 2002. Pp. 95-115.
- Soriano R., A. 2007. Evaluación de aguas residuales en edificios. Editorial Marcombo. ISB 978-84-267-1454-1.
- Subirats J. 1989. Análisis de políticas públicas y eficacia de la administración. Madrid. INAP.
- Suárez J.J., S. 2007. Requerimientos para la construcción de embalses. Revista Obras 100. Las construcciones más importantes de México. "Al Rescate del agua" por José Luis García Rivero, Año XXXVIII. No 393/Septiembre, pag. 242.
- Tamayo S., M. 1997. "El análisis de las políticas públicas", La nueva administración pública, Rafael Bañón y Ernesto Castillo (comps.), Madrid, Alianza editorial.
- Torres C.,I.. 2008. Estudiarán potabilidad de agua mediante monitoreo regional. Academia, 6 de Julio. [http://www.cronica.com.mx/nota.php?id\\_nota=371187](http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_nota=371187)
- Tortajada C. 2002. "Abastecimiento de Agua y Manejo de Descargas Residuales en México: Un Análisis de las Políticas Ambientales", en Ávila-García, Patricia (Ed.) Agua, Cultura y Sociedad en México, Zamora, Michoacán, El Colegio de Michoacán/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.



Valdez S. 2008. Por escasez y contaminación de agua Auge de empresas "purificadoras". Valle de México. <http://www.milenio.com/edomex/milenio/notaanterior.asp?id=939866>

Vargas V., S.. 2003. "Política del Agua y Participación Social: Del Modelo Centralizado al Modelo de Gestión Integral por Cuenca", en Ávila-García, Patricia (Ed.) Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en el Siglo XXI, Zamora, Michoacán, El Colegio de Michoacán/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente/Semarnat/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Velázquez, E. 2008. Agua virtual, huella hídrica y el binomio agua-energía: repensando los Conceptos. Sevilla: Dpto. Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica. Universidad Pablo de Olavide.

### Otros medios electrónicos

<http://www.conapo.gob.mx/prensa/2005/252005.pdf>

<http://aguabiencomun.blogspot.com/2007/05/contra-de-la-privatizacin-del-servicio.html>

[http://cenca.imta.mx/pdf/agua\\_virtual.pdf](http://cenca.imta.mx/pdf/agua_virtual.pdf)

<http://habitat.aq.upm.es/bpn/bp203.html>

<http://master.agua.upv.es/>

<http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html>

<http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt061-c.html>

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/20.pdf>

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind48/uso/uso.html>

<http://www.cepis.org.pe/bvsarg/e/fulltext/mirh4/mirh4.pdf>

<http://www.ecodes.org/efcienciagua/index.htm>

<http://www.edomex.gob.mx/comisionagua/doc/pdf/publicaciones/librohorizontes/librohorizontes.pdf>

[http://www.er.uqam.ca/nobel/ieim/IMG/pdf/chro\\_nava\\_06\\_38.pdf](http://www.er.uqam.ca/nobel/ieim/IMG/pdf/chro_nava_06_38.pdf)

<http://www.geafiltration.com/Espanol/tecnologia/tecnologia.htm>

[http://www.grupochoarlavi.org/webchoarlavi/concurso2002/02\\_127.pdf](http://www.grupochoarlavi.org/webchoarlavi/concurso2002/02_127.pdf)

<http://www.jornada.unam.mx/2008/04/25/index.php?section=sociedad&article=046n2soc>

<http://www.jornada.unam.mx/2008/07/09/index.php?section=estados&article=037n1est>

<http://www.lenntech.es/micro-y-ultra-filtracion.htm#ixzz0o1Atewve>

<http://www.nrm.qld.gov.au/rwue>

<http://www.pnuma.org/forodeminstros/15-venezuela/ven11tre-ForoMundialdelAgua-Marzo2006.doc>

[http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id\\_sec=42&id\\_art=2702](http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=42&id_art=2702)

<http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev2/b03.html>

## 9. ANEXOS

### 9.1 Anexo 1. Zona urbana

#### CATÁLOGO DE CONCEPTOS



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO EN HIDROCIENCIAS

**Atención:** TALLER DE JOYERÍA PLATMX SA DE CV  
**Dirección:** Calle Antonio Rosas Moreno No. 78, Col. San Rafael, Delegación Cuauhtémoc, México D. F.  
**Tel/fax:**  
**Proyecto:** Sistema de Captación y Purificación de Agua de Lluvia para Uso Industrial

**Fecha de inicio:** dic-09  
**Fecha de entrega:** ene-10  
**Móvil:** (044) 5532477463

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE EN NUMERO	%
1.0	<b>Instalación de muebles sanitarios y válvulas ahorradoras de agua</b>					
1.1	Suministro de Mingitorios Ecológico sin Agua Junior Plus	pieza	4.00	\$ 3,612.50	\$14,450.00	6.63%
1.2	Suministro de Válvula Dual Flush para Escusado	pieza	22.00	\$ 350.00	\$ 7,700.00	3.53%
1.3	Suministro de Válvulas Ahorradoras de Agua para Lavamanos	pieza	16.00	\$ 212.50	\$ 3,400.00	1.56%
1.4	Instalación de Mingitorios ecológicos sin agua. El precio unitario incluye lija, soldadura, agua para pruebas; la mano de obra para el acarreo libre horizontal y vertical, cortes, dobleces, presentación, unión de los tubos, soldado, colocación de las piezas especiales, fijación, limpieza, y la herramienta y equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos	pieza	4.00	\$ 435.00	\$ 1,740.00	0.80%
1.5	Instalación de válvula Dual-Flush para excusados. El precio unitario incluye lija, soldadura, agua para pruebas; la mano de obra para el acarreo libre horizontal y vertical, cortes, dobleces, presentación, unión de los tubos, soldado, colocación de las piezas especiales, fijación, limpieza, y la herramienta y equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos	pieza	22.00	\$ 182.00	\$ 4,004.00	1.84%

1.6	Instalación de válvula ahorradora de agua para lavamanos. El precio unitario incluye lija, soldadura, agua para pruebas; la mano de obra para el acarreo libre horizontal y vertical, cortes, dobleces, presentación, unión de los tubos, soldado, colocación de las piezas especiales, fijación, limpieza, y la herramienta y equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos	pieza	16.00	\$ 87.00	\$ 1,392.00	0.64%
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$32,686.00</b>	
<b>2.0</b>	<b>Instalación Sanitaria para la línea de conducción</b>					
2.1	Tubo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, extremos lisos de 100 mm de diámetro	m	117.50	\$ 72.99	\$ 8,576.33	3.94%
2.2	Tubo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, extremos lisos de 75 mm de diámetro	m	2.00	\$ 48.50	\$ 97.00	0.04%
2.3	Tubo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, extremos lisos de 50 mm de diámetro	m	18.30	\$ 35.10	\$ 642.33	0.29%
2.4	Codo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 90° X 100 mm de diámetro	pieza	22.00	\$ 53.68	\$ 1,180.96	0.54%
2.5	Codo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 90° X 50 mm de diámetro	pieza	6.00	\$ 38.75	\$ 232.50	0.11%
2.6	Ye de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 100 X 100 mm de diámetro	pieza	2.00	\$ 36.32	\$ 72.64	0.03%
2.7	Codo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 45° X 50 mm de diámetro	pieza	2.00	\$ 42.35	\$ 84.70	0.04%
2.8	Codo de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 45° X 100 mm de diámetro	pieza	32.00	\$ 56.44	\$ 1,806.08	0.83%
2.9	Cople de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 100 mm de diámetro	pieza	21.00	\$ 49.37	\$ 1,036.77	0.48%
2.10	Reducción excéntrica de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 100 x 75 mm de diámetro	pieza	2.00	\$ 48.74	\$ 97.48	0.04%
2.11	Te sencilla de P.V.C. tipo sanitario unión cementar, de 100 x 100 mm de diámetro	pieza	1.00	\$ 79.92	\$ 79.92	0.04%
2.12	Abrazadera Omega SC-262-A de 100 mm ( 4 " ) de diámetro.	pieza	48.00	\$ 38.30	\$ 1,838.40	0.84%
2.13	Abrazadera Omega SC-262-A de 50 mm ( 2 " ) de diámetro.	pieza	26.00	\$ 13.36	\$ 347.36	0.16%
2.14	Abrazadera Omega SC-262-A de 38 mm ( 1 1/2 " ) de diámetro.	pieza	22.00	\$ 12.37	\$ 272.14	0.12%
2.15	Soportera colgante para tubería de 100 mm ( 4 " ) de diámetro. Con abrazadera tipo pera y esparrago de 3/8", fijados con taquetes expansivos a losa	pieza	39.00	\$ 222.57	\$ 8,680.23	3.98%
2.16	Tapón PVC sanitario 100 mm diámetro	pieza	2.00	\$ 8.02	\$ 16.04	0.01%
2.17	Reducción Bushing 4" a 2" PVC Sanitario	pieza	5.00	\$ 8.38	\$ 41.90	0.02%
2.18	Tubo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 38 mm de diámetro, RD-26	m	28.60	\$ 41.04	\$ 1,173.74	0.54%
2.19	Tubo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 50 mm de diámetro, RD-26.	m	12.43	\$ 55.63	\$ 691.48	0.32%
2.20	Codo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 90° X 38 mm de diámetro.	pieza	3.00	\$ 47.07	\$ 141.21	0.06%

2.21	Codo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 90° X 50 mm de diámetro.	pieza	2.00	\$ 65.43	\$ 130.86	0.06%
2.22	Codo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 45° X 38 mm de diámetro.	pieza	4.00	\$ 46.81	\$ 187.24	0.09%
2.23	Codo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 45° X 50 mm de diámetro.	pieza	4.00	\$ 59.06	\$ 236.24	0.11%
2.24	Cople de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 38 mm de diámetro.	pieza	1.00	\$ 38.20	\$ 38.20	0.02%
2.25	Tee de P.V.C. hidráulico 50 mm de diámetro.	pieza	5.00	\$ 76.24	\$ 381.20	0.17%
2.26	Tee de P.V.C. Hidráulico 38 mm de diámetro.	pieza	1.00	\$ 57.63	\$ 57.63	0.03%
2.27	Tuerca unión hidráulico 2"	pieza	2.00	\$ 157.09	\$ 314.18	0.14%
2.28	Yee 2" P. V. C. hidráulico	pieza	1.00	\$ 141.92	\$ 141.92	0.07%
2.29	Protección de coladera pluvial tipo Elvex, con tela mosquitero plástico, fijada internamente a la estructura tapa	pieza	4.00	\$ 79.20	\$ 316.80	0.15%
2.3	Demolición manual de elementos de concreto simple o reforzado.	m3	0.11	\$ 519.78	\$ 57.18	0.03%
2.31	Carga, acarreo en carretilla y descarga a primera estación de 20 m, de material producto de demolición, volumen medido en banco.	m3	0.11	\$ 47.54	\$ 5.23	0.00%
2.32	Carga manual y acarreo en camión, de material de demolición de concreto, al primer kilómetro, volumen medido en banco.	m3	0.11	\$ 76.09	\$ 8.37	0.00%
2.33	Acarreo en camión, de material de demolición de concreto, kilómetros subsecuentes, zona urbana.	m3-km	0.44	\$ 6.82	\$ 3.00	0.00%
2.34	Piso de concreto hidráulico resistencia normal f'c= 150 kg/cm2 suministrado por proveedor, de 10 cm de espesor.	m2	1.08	\$ 187.90	\$ 202.93	0.09%
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$29,190.19</b>	
3.0	<b>Construcción de sedimentador a base de concreto armado de f'c=200 kg/cm2, armado con varillas de 3/8" de diámetro @ 15 cms ambos lados, doble cama en muros interiores. Dimensiones 3.40 x 1.00 x 1.45 altura terminado.</b>					
3.1	Excavación a mano, zona "B", clase II, de 0.00 a 2.00 m de profundidad.	m3	0.18	\$ 114.95	\$ 20.69	0.01%
3.2	Trazo y nivelación para desplante de obras de edificación, incluye: materiales para señalamiento.	m2	3.40	\$ 3.01	\$ 10.23	0.00%
3.3	Demolición manual de elementos estructurales de concreto reforzado en cualquier nivel.	m3	1.04	\$ 741.00	\$ 770.64	0.35%
3.4	Carga, acarreo en carretilla y descarga a primera estación de 20 m, de material	m3	2.66	\$ 47.54	\$ 126.46	0.06%
3.5	Acarreo en carretilla de material, producto de demolición, a estaciones subsecuentes de 20 m	m3-est.	5.39	\$ 15.74	\$ 84.84	0.04%
3.6	Carga manual y acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, al primer kilómetro, volumen medido en banco.	m3	5.66	\$ 71.54	\$ 404.92	0.19%
3.7	Acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, kilómetros subsecuentes, zona urbana.	m3-km	23.45	\$ 6.37	\$ 149.38	0.07%

3.8	Plantilla de concreto hidráulico resistencia normal f'c= 100 kg/cm2, de 5 cm de espesor, incluye: preparación del fondo de la excavación, nivelación y compactación.	m2	4.32	\$ 72.44	\$ 312.94	0.14%
3.9	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado 42, de 9.5 mm (3/8") de diámetro	ton	0.33	#####	\$ 5,858.64	2.69%
3.10	Cimbra acabado común y descimbra en muros exteriores e interiores de sedimentador a una altura de 1.45 m	m2	28.66	\$ 209.85	\$ 6,014.30	2.76%
3.11	Suministro y colocación de concreto hidráulico de resistencia normal f'c= 200 kg/cm2, elaborado en obra, para elementos de superestructura (columnas, trabes, losas macizas y reticulares, muros, faldones y pretilas) con aceleracreto, acelerador de fraguado sin cloruros, prop: 1 lt/50 kg cemento	m3	1.96	\$ 1,960.60	\$ 3,842.78	1.76%
3.12	Suministro y aplicación de aditivo impermeabilizante integral Mortercreto integral polvo, en proporción de 0.50 kg por cada 50 kg de cemento.	kg	6.50	\$ 26.30	\$ 170.95	0.08%
3.13	Suministro y aplicación de aditivo con llana metálica, recubrimiento impermeable de apoyo para presiones hidrostáticas positivas y negativas Sellocreto UH, en proporción de 3.75 lts/kg de sellocreto UH, agregando Pegacreto N como adhesivo en una relación de 2lts de pegacreto N/6 lts de agua por cada saco de sellocreto UH	m2	17.40	\$ 57.20	\$ 995.28	0.46%
3.14	Suministro, fabricación y colocación de elementos de acero tipo tubular con perfiles comerciales Prolamsa, incluye: trabajos de albañilería y mortero-cemento-arena 1:4.	kg	87.00	\$ 47.32	\$ 4,116.84	1.89%
3.15	Tubo de P.V.C. tipo hidráulico anger, de 75 mm de diámetro, RD-26.	m	1.20	\$ 124.89	\$ 149.87	0.07%
3.16	Tubo de P.V.C. tipo hidráulico anger, de 50 mm de diámetro, RD-26.	m	1.40	\$ 52.81	\$ 73.93	0.03%
3.17	Codo de P.V.C. tipo hidráulico unión cementar, de 90° X 75 mm de diámetro.	pieza	8.00	\$ 118.09	\$ 944.72	0.43%
3.18	Piso de concreto hidráulico resistencia normal f'c= 150 kg/cm2 suministrado por proveedor, de 10 cm de espesor.	m2	3.20	\$ 187.90	\$ 601.28	0.28%
3.19	Suministro y colocación de lamina acrílica color para techado de tren de sedimentación	m2	5.25	\$ 97.20	\$ 510.30	0.23%
	<b>Demolición de piso de concreto, para conducir aguas sucias de filtrado a registro</b>					
3.20	Demolición manual de elementos de concreto simple o reforzado.	m3	0.06	\$ 519.78	\$ 31.19	0.01%
3.21	Carga, acarreo en carretilla y descarga a primera estación de 20 m, de material producto de demolición, volumen medido en banco.	m3	0.06	\$ 47.54	\$ 2.85	0.00%
3.22	Carga manual y acarreo en camión, de material de demolición de concreto, al primer kilómetro, volumen medido en banco.	m3	0.06	\$ 76.09	\$ 4.57	0.00%

3.23	Acarreo en camión, de material de demolición de concreto, kilómetros subsecuentes, zona urbana.	m3-km	0.24	\$ 6.82	\$ 1.64	0.00%
3.24	Excavación a mano, zona "B", clase II, de 0.00 a 2.00 m de profundidad.	m3	0.24	\$ 114.95	\$ 27.59	0.01%
3.25	<b>Piso de concreto hidráulico resistencia normal f'c= 150 kg/cm2 suministrado por proveedor, de 10 cm de espesor.</b>	m2	0.60	\$ 187.90	\$ 112.74	0.05%
	<b>Resguardo de tubería nueva para la cisterna existente</b>					
3.26	Demolición manual de elementos estructurales de concreto reforzado en cualquier nivel.	m3	0.77	\$ 741.00	\$ 570.57	0.26%
3.27	Carga, acarreo en carretilla y descarga a primera estación de 20 m, de material	m3	0.77	\$ 47.54	\$ 36.61	0.02%
3.28	Acarreo en carretilla de material, producto de demolición, a estaciones subsecuentes de 20 m	m3-est.	5.39	\$ 15.74	\$ 84.84	0.04%
3.29	Carga manual y acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, al primer kilómetro, volumen medido en banco.	m3	0.77	\$ 71.54	\$ 55.09	0.03%
3.30	Acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, kilómetros subsecuentes, zona urbana.	m3-km	3.08	\$ 6.37	\$ 19.62	0.01%
3.31	Suministro y colocación de concreto hidráulico, resistencia normal f'c= 150 kg/cm2, elaborado en obra, para cadenas, castillos, cejas y repisones	m3	0.16	\$ 1,730.77	\$ 276.92	0.13%
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$26,383.19</b>	
4	<b>Suministro e instalación del sistema de tratamiento de agua de lluvia</b>					
4.1	Limpieza de piso de concreto, lavado y tallado para recibir piso	m2	1.25	\$ 9.97	\$ 12.46	0.01%
4.2	Suministro y colocación de concreto hidráulico, resistencia normal f'c= 150 kg/cm2, elaborado en obra, para cadenas, castillos, cejas y repisones	m3	0.13	\$ 1,730.77	\$ 225.00	0.10%
4.3	Cimbra acabado común y descimbra en cadenas, castillos, cerramientos, cejas y repisones, de sección con superficie igual o mayor a 0.02 m2, hasta una altura máxima de 4.00 m	m2	0.60	\$ 120.40	\$ 72.24	0.03%
4.4	Bomba sumergible de 6kg/cm2 de 1.5 HP	Pieza	1.00	6,400.00	\$ 6,400.00	2.94%
4.5	Instalación eléctrica fuente y electroneveles		1.00	9,500.00	\$ 9,500.00	4.36%
4.6	Filtro Avanti de 90-100 micras de 1 1/2"	Pieza	1.00	3,960.00	\$ 3,960.00	1.82%
4.7	Filtro AC-2M multicapa para sedimentos	Pieza	1.00	4,850.00	\$ 4,850.00	2.23%
4.8	Filtro AC-2M multicapa carbón/KDF de 1.5 ft <sup>3</sup> y 42 LPM	Pieza	1.00	4,850.00	\$ 4,850.00	2.23%
4.9	Filtro de cartucho, 56 lpm, 50 micras (4.25 " x 20 ")	Pieza	1.00	1,190.00	\$ 1,190.00	0.55%
4.10	Filtro de cartucho, 56 lpm, 20 micras (4.25 " x 20 ")	Pieza	1.00	1,190.00	\$ 1,190.00	0.55%
4.11	lones de plata Q-60 o bien UV de 11-53 LPM (selección)	Pieza	1.00	6,647.83	\$ 6,647.83	3.05%
4.12	Material de instalación (tubería y conexiones)	Lote	1.00	7,500.00	\$ 7,500.00	3.44%
4.13	Instalación y capacitación (máximo 2 personas)	Lote	1.00	10,000.00	\$10,000.00	4.59%

4.14	Póliza de mantenimiento anual, incluye material	Servicio	1.00	7,500.00	\$ 7,500.00	3.44%
	<b>Instalaciones eléctricas en general</b>					
4.15	Tubo conduit pared delgada galvanizado de 16 mm ( 1/2" ) de diámetro	m	15.78	\$ 37.35	\$ 589.38	0.27%
4.16	Codo galvanizado sin rosca, de 90° X 16 mm (1/2") de diámetro	pieza	4.00	\$ 22.83	\$ 91.32	0.04%
4.17	Condulet caja registro serie rectangular catálogo FS-1, de 16 mm (1/2")	pieza	2.00	\$ 174.69	\$ 349.38	0.16%
4.18	Cople galvanizado sin rosca de 16 mm ( 1/2" ) de diámetro	pieza	10.00	\$ 9.50	\$ 95.00	0.04%
4.19	Cable de cobre tipo THW-LS-THHW-LS, con aislamiento vinanel calibre 12,	m	40.00	\$ 9.62	\$ 384.80	0.18%
4.20	Cable de cobre tipo THW-LS-THHW-LS, con aislamiento vinanel calibre 14,	m	20.00	\$ 8.03	\$ 160.60	0.07%
4.21	Contacto polarizado Duplex para intemperie	pieza	2.00	\$ 45.21	\$ 90.42	0.04%
4.22	Conector para tubería sin rosca (1/2")	pieza	4.00	\$ 4.60	\$ 18.40	0.01%
4.23	Cable uso rudo 3 x 12	m	10.00	\$ 25.24	\$ 252.40	0.12%
4.24	Tubo poliducto 1" de diámetro color naranja	m	1.50	\$ 21.62	\$ 32.43	0.01%
4.25	Caja de registro 4x4 con tapa	pieza	4.00	\$ 9.80	\$ 39.20	0.02%
	<b>By pass para el tratamiento de agua pública y de lluvia</b>					
4.26	Tubo de cobre tipo "M" de 32 mm (1 1/4") de diámetro.	m	13.40	\$ 254.85	\$ 3,414.99	1.57%
4.27	Tubo de cobre tipo "M" de 25 mm ( 1" ) de diámetro	m	14.87	\$ 153.77	\$ 2,286.56	1.05%
4.28	Codo de cobre a cobre interiores, de 90° X 32 mm (1 1/4") de diámetro.	pieza	2.00	\$ 95.72	\$ 191.44	0.09%
4.29	Cople de cobre interior a hierro exterior, de 32 mm (1 1/4") de diámetro.	pieza	1.00	\$ 97.65	\$ 97.65	0.04%
4.30	Cople de cobre interior a hierro exterior, de 25 mm ( 1" ) de diámetro.	pieza	1.00	\$ 62.96	\$ 62.96	0.03%
4.31	Codo de cobre a cobre interiores, de 90° X 25 mm ( 1" ) de diámetro.	pieza	8.00	\$ 153.77	\$ 1,230.16	0.56%
4.32	Válvula Check de 1 1/4"	pieza	1.00	\$ 348.49	\$ 348.49	0.16%
4.33	Válvula Check de 1"	pieza	1.00	\$ 217.61	\$ 217.61	0.10%
4.34	Conector rosca exterior 1 1/4"	pieza	2.00	\$ 75.67	\$ 151.34	0.07%
4.35	Conector rosca exterior 1"	pieza	2.00	\$ 42.68	\$ 85.36	0.04%
4.36	Válvula de esfera de 2" de PVC Hidráulico	pieza	5.00	\$ 116.22	\$ 581.10	0.27%
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$74,668.52</b>	
<b>5.0</b>	<b>Distribución y almacenamiento del agua purificada</b>					
5.1	Suministro, instalación y pruebas de cisterna de polietileno, Rotoplas, incluye accesorios.- Cisterna de polietileno de 2,500 lts de capacidad, IUSA	pieza	4.00	\$ 2,530.00	\$10,120.00	4.64%
5.2	Colocación, conexión y pruebas de tinacos con accesorios. Incluye conexión de accesorios- Cisterna de polietileno de 2,500 lts de capacidad,	pieza	4.00	\$ 249.15	\$ 996.60	0.46%

5.3	Elevación de tanques prefabricados de 2500 lts de capacidad, para una altura mayor de 12.00 m, el precio unitario incluye: la mano de obra para la elevación, andamios en su caso, acarreo libre horizontal y vertical, la herramienta y el equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.- Elevación de tinacos de 2500 litros de capacidad, a losa de azotea, a una altura promedio de 12 metros y un acarreo horizontal de hasta 60 metros	pieza	4.00	\$ 432.00	\$ 1,728.00	0.79%
5.4	<b>Construcción de bases de concreto armado para tinacos de 2,500 lts de capacidad, en losa de azotea</b>					
5.5	Demolición manual en azotea de impermeabilizante con acarreo libre hasta 20.0 m	m2	0.60	\$ 14.27	\$ 8.56	0.00%
5.6	Demolición manual de elementos estructurales de concreto reforzado en cualquier nivel.	m3	0.41	\$ 741.00	\$ 303.81	0.14%
5.7	Carga, acarreo en carretilla y descarga a primera estación de 20 m, de material	m3	0.44	\$ 47.54	\$ 20.92	0.01%
5.8	Acarreo en carretilla de material, producto de demolición, a estaciones subsecuentes de 20 m	m3-est.	3.08	\$ 15.74	\$ 48.48	0.02%
5.9	Carga manual y acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, al primer kilómetro, volumen medido en banco.	m3	3.08	\$ 71.54	\$ 220.34	0.10%
5.10	Acarreo en camión, de piedra quebrada o bola, kilómetros subsecuentes, zona urbana.	m3-km	12.32	\$ 6.37	\$ 78.48	0.04%
5.11	Cimbra acabado común y descimbra en losas y trabes, hasta una altura máxima de 4.00 m	m2	31.16	\$ 209.85	\$ 6,538.93	3.00%
5.12	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado 42, de 12.7 mm (1/2") de diámetro	ton	0.13	#####	\$ 2,266.76	1.04%
5.13	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado 42, de 9.5 mm (3/8") de diámetro	ton	0.37	#####	\$ 6,568.77	3.01%
5.14	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado 30, de 6.4 mm (1/4") de diámetro	ton	0.01	#####	\$ 216.07	0.10%
5.15	Suministro y colocación de concreto hidráulico de resistencia normal f'c= 200 kg/cm2, elaborado en obra, para elementos de superestructura (columnas, trabes, losas macizas y reticulares, muros, faldones y pretilas)	m3	1.85	\$ 1,872.48	\$ 3,464.09	1.59%
5.16	Suministro y colocación de concreto hidráulico de resistencia normal f'c= 250 kg/cm2, elaborado en obra, para elementos de superestructura (columnas, trabes, losas macizas y reticulares, muros, faldones y pretilas)	m3	0.63	\$ 1,982.40	\$ 1,248.91	0.57%



5.17	Impermeabilización en azotea (sistema prefabricado) a base de un primario imperprim S, calafateo con cemento plástico bituplastic AT, colocación por termofusión de aero uniplas SBS 4.5 PG ó aero uniplas APP 4.5 PG, con bandas adherentes por la parte inferior formando canales anti-abolsamientos y recubrimiento sílico antinflama, compuesto por asfaltos destilados modificados con polímeros tipo SBS ó APP PLUS, con refuerzo central de fibra poliéster de 180 gr/m2, con filamentos longitudinales de fibra de vidrio de alta resistencia, y acabado superior con gravilla Imperquimia, previa preparación de la superficie.	m2	0.60	\$ 239.47	\$ 143.68	0.07%
5.18	Suministro, y Colocación de tapial de seguridad a base de madera, fijado a estructura del edificio a una altura de 11 metros	lote	4.00	\$ 520.00	\$ 2,080.00	0.95%
5.19	Construcción de chaflán de concreto, de forma triangular, con catetos de 6 cm, acabado con aplanado de cemento	m	3.20	\$ 35.61	\$ 113.95	0.05%
	<b>Instalaciones Hidráulico-Sanitarias requeridas para la canalización y conducción de agua pluvial a sistemas de filtrado y almacenamiento</b>					
5.20	Tubo de cobre tipo "M" de 38 mm (1 1/2") de diámetro.	m	36.70	\$ 308.59	\$11,325.25	5.20%
5.21	Codo de cobre a cobre interiores, de 90° X 38 mm (1 1/2") de diámetro.	pieza	3.00	\$ 118.60	\$ 355.80	0.16%
5.22	Codo de cobre a cobre interiores, de 45° X 38 mm (1 1/2") de diámetro.	pieza	5.00	\$ 126.84	\$ 634.20	0.29%
5.23	Cople de cobre a cobre interiores, de 38 mm (1 1/2") de diámetro.	pieza	3.00	\$ 63.42	\$ 190.26	0.09%
5.24	Cople de cobre a cobre interiores, de 1/2" de diámetro.	pieza	1.00	\$ 42.00	\$ 42.00	0.02%
5.25	Te de cobre a cobre a cobre interiores, de 38 mm (1 1/2") de diámetro.	pieza	4.00	\$ 232.00	\$ 928.00	0.43%
5.26	Te de cobre a cobre a cobre interiores, de 1/2" de diámetro.	pieza	1.00	\$ 172.00	\$ 172.00	0.08%
5.27	Tuerca unión de cobre a cobre interiores, de 38 mm (1 1/2") de diámetro.	pieza	4.00	\$ 308.81	\$ 1,235.24	0.57%
5.28	Válvula de compuerta, extremos soldables de 38 mm de diámetro, figura 702	pieza	5.00	\$ 735.22	\$ 3,676.10	1.69%
5.29	Conector rosca exterior 1 1/2"	pieza	4.00	\$ 54.70	\$ 218.80	0.10%
5.30	Conector cuerda int. 1/2" cobre	pieza	1.00	\$ 46.10	\$ 46.10	0.02%
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$54,990.10</b>	
	<b>TOTAL CON IVA</b>				<b>\$ 252,784.9</b>	



## 9.2 Anexo 2. Zona media industrial

### CATÁLOGO DE CONCEPTOS



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
 INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
 CAMPUS MONTECILLO  
 POSTGRADO EN HIDROCIENCIAS

**Atención:** TAE ARQUITECTOS SA DE CV

**Dirección:** Zamora 63, Col. Condesa, Del. Cuauhtemoc. México D. F.

**Tel/fax:**

**Correo:** sury.atie@taearquitectos.com.mx

**Proyecto:** Tratamiento de agua de lluvia y aguas residuales para uso domestico y en riego.

**Fecha de inicio:** Noviembre 10, 2010

**Fecha de entrega:** Octubre 28, 2011

**Móvil:** (044) 5532477463

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDA D	P. U	IMPORTE	%
	<b>Equipos para el aprovechamiento del agua de lluvia</b>					
1	Suministro de tanques y conexiones para el lavado de techo y control de sedimentos arrastrados por la lluvia; incluye la conexión de sedimentador a tanque azul.	1	lote	5,000.00	5,000.00	2.3%
2	Tren de tratamiento para potabilización de agua de lluvia. Incluye: Suministro de Avanti RF 3/4", Filtro de carbón activado 8 x 40" BP plástico de 0.7 ft3 y filtro BB10 x 4" con filtro utilizado de 10 micras, incluye: ménsula y llave de portacartucho.	1	Lote	15,620.00	15,620.00	7.2%
3	Suministro de materiales e instalación de equipo de tratamiento de potabilización	1	Lote	4,200.00	4,200.00	1.9%
	<b>SUBTOTAL 11</b>				<b>\$ 24,820.00</b>	
	<b>Planta de tratamiento biológica de aguas residuales</b>					
	<b>Instalación de valvulas de mariposa DN 100 y 50</b>					
4	Suministro e instalación de válvulas de mariposa DN 100-4". Incluye bridas, empaques neopreno y tornillos p/brida, y lo necesario para sujeción en techo.	Pieza	2.00	\$ 3,955.00	\$ 7,910.00	3.7%
5	Suministro e instalación de válvulas de mariposa DN 50-2". Incluye bridas, empaques neopreno y tornillos p/brida, y lo necesario para sujeción en techo.	Pieza	2.00	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	0.9%
6	Tubo de P.V.C tipo sanitario unión cementar, extremos lisos de 50 mm de diámetro. Incluye el suministro y piezas especiales para su correcta instalación.	m	18.00	\$ 39.00	\$ 702.00	0.3%
	<b>SUBTOTAL 5</b>				<b>\$ 10,612.00</b>	
	<b>Instalaciones y conexiones de planta MOD-2400</b>					
7	Suministro de micro planta de 2400 lts	pieza	1.00	#####	\$ 21,500.00	9.9%
8	Trampa de grasas de 80 litros de capacidad	pieza	1.00	\$ 5,428.00	\$ 5,428.00	2.5%

9	Acarreo de micro planta Premium de pie de banqueta a zona de instalación	acarreo	1.00	\$ 972.00	\$ 972.00	0.4%
10	Conexión de registro de paso a micro planta Premium	lote	1.00	\$ 768.00	\$ 768.00	0.4%
11	Conexión de micro planta Premium a cárcamo	lote	1.00	\$ 316.00	\$ 316.00	0.1%
12	Suministro e instalación de bomba sumergible de 1/2" de 3 kg/cm2 para el cárcamo	pieza	1.00	\$ 7,100.00	\$ 7,100.00	3.3%
13	Suministro de Polydex para microplanta (suministro de un año)	litro	4.00	\$ 500.00	\$ 2,000.00	0.9%
14	Bacterias Bioxol para trampa de grasas: elimina olores (una pastilla una vez al mes) suministro de un año.	pieza	12.00	\$ 357.00	\$ 4,284.00	2.0%
15	Flete de microplanta	lote	1.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	1.8%
16	Manual de operación y mantenimiento	servicio	1.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	2.3%
	<b>Estructura metálica para soporte de registros y trampa de grasas 220 x 80 x 150</b>	pieza	1.00	\$ 5,800.00	\$ 5,800.00	2.7%
17	Registro tipo arenoso de 0.40 x 0.60x 0.60 m de plástico reforzado, con entrada y salida de efluente de .15 Ø, y rejilla también de plástico reforzado, con tapa de concreto polimérico.	pieza	2.00	\$ 1,600.00	\$ 3,200.00	1.5%
	<b>SUBTOTAL 2</b>				<b>\$ 60,368.00</b>	
	<b>Cárcamo de bombeo, medidas exteriores 1.60 x 0.90 x 1.00 m</b>					
18	Cimbra acabado común, en elementos de concreto, el precio unitario incluye: el suministro de la madera en la parte proporcional que corresponda, según el número de usos para los moldes, obra falsa y contravéntelos, clavos, alambre y demás dispositivos de fijación, desmoldarte, chaflanes, goteros, atiesadotes, separadores; la mano de obra para la carga, acarreo libre horizontal y/o vertical, cimbrado, aplicación de desmoldante, descimbrado, remoción de rebabas, desaparición de juntas, limpieza, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.- Cimbra acabado común y descimbra en muros, hasta una altura máxima de 4.00 m	m2	8.72	\$ 184.18	\$ 1,606.05	0.7%

19	Suministro y colocación de concreto hidráulico de resistencia normal, elaborado en obra, con cemento Portland ordinario tipo (CPO), arena, grava tamaño máximo de 19 mm de diámetro y agua, para elementos de superestructura (columnas, trabes, losas macizas y reticulares, muros, faldones y pretilas), el precio unitario incluye: los materiales puestos en el sitio de los trabajos, desperdicios; la mano de obra para la fabricación del concreto, acarreo libre horizontal y vertical, vibrado, curado, muestreo y pruebas, retiro de desperdicios, limpieza, la revolvedora, la herramienta y el equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.- Suministro y colocación de concreto hidráulico de resistencia normal f'c= 200 kg/cm2, elaborado en obra, para elementos de superestructura (columnas, trabes, losas macizas y reticulares, muros, faldones y pretilas)	m3	0.62	\$ 1,846.35	\$ 1,152.12	0.5%
20	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo, el precio unitario incluye: el acero de refuerzo, alambre recocido para amarres, silletas, separadores, traslapes, bayonetas, columpios, ganchos, desperdicios; la mano de obra para el acarreo libre horizontal y vertical, enderezado, trazo, corte, habilitado, elevación, colocación, amarres, retiro del material sobrante, limpieza, la herramienta y el equipo necesarios para la correcta ejecución del trabajo.- Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado 42, de 9.5 mm (3/8") de diámetro	ton	0.0700	#####	\$ 1,227.91	0.6%
21	Suministro, fabricación y colocación de elementos de acero, el precio unitario incluye: los perfiles de acero, soldadura, materiales para fijación, pintura anticorrosiva; la mano de obra para el acarreo libre horizontal y vertical, habilitado, trazo, cortes, armado, soldado, esmerilado, colocación, fabricación de mortero en su caso, fijación, aplicación de pintura anticorrosiva, limpieza, la herramienta y el equipo necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.- Suministro, fabricación y colocación de elementos de acero tipo estructural en parrillas, rejillas, marcos y contramarcos de registros (1"X1/8" y 1 1/4"x1/8").- Tapa de cárcamo medidas 0.60 x 0.60 m	pieza	1.00	\$ 960.00	\$ 960.00	0.4%
22	Suministro y aplicación de aditivo impermeabilizante integral Mortercreto integral polvo, en proporción de 0.50 kg por cada 50 kg de cemento.	kg	4.20	\$ 28.70	\$ 120.54	0.1%

23	Suministro y aplicación de aditivo con llana metálica, recubrimiento impermeable de apoyo para presiones hidrostáticas positivas y negativas Sellocreto UH, en proporción de 3.75 lts/kg de sellocreto UH, agregando Pegacreto N como adhesivo en una relación de 2lts de pegacreto N/6 lts de agua por cada saco de sellocreto UH	m2	8.60	\$ 64.90	\$ 558.14	0.3%
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 5,624.76</b>	
	<b>Instalación de bomba sumergible y tratamiento adicional.</b>					
24	Instalación eléctrica para la conexión de bomba sumergible en cárcamo; incluye cableado, electroniveles y todo lo necesario para su correcta operación	lote	1.00	\$ 3,698.00	\$ 3,698.00	1.7%
25	Instalación de tratamiento adicional incluye.- Avanti RF 3/4", filtro de lecho profundo de 0.70 ft3, filtro de carbón activado, filtro BB10 x 4" de 5 micras, 1 generador de ozono ionizador para agua	lote	1.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	2.8%
26	Suministro de Venturi dosificador de ozono	pieza	1.00	\$ 4,440.00	\$ 4,440.00	2.0%
27	Suministro de Avanti RF 3/4"	pieza	1.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	1.9%
28	Suministro de Filtro de lecho profundo 8 x 40" BP plástico de 0.7 ft3	pieza	1.00	\$ 7,683.00	\$ 7,683.00	3.5%
29	Suministro de Filtro de CAG 8 x 40" BP plástico de 0.7 ft3	pieza	1.00	\$ 8,732.00	\$ 8,732.00	4.0%
30	Suministro de filtro BB10 x 4" con filtro utilizado de 5 micras, incluye: ménsula y llave de portacartucho	pieza	1.00	\$ 1,180.00	\$ 1,180.00	0.5%
31	Póliza de mantenimiento anual incluye: dos visitas	servicio	2.00	\$ 2,000.00	\$ 4,000.00	1.8%
	<b>SUBTOTAL 4</b>				<b>\$ 39,933.00</b>	
	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBAS SUMERGIBLES</b>					
32	Suministro de bomba sumergible marca EVANS modelo S425ME100G3C de 1HP de 5.0 kg/cm2 de 220V para potabilización de agua de lluvia; y otra para el suministro a la red de WC	2	Piezas	7,281.00	14,562.00	6.7%
33	Suministro de bomba sumergible marca EVANS modelo SP1ME100, tipo domestica de 1HP de 3.2 kg/cm <sup>2</sup> , 1" de diámetro en la descarga, motor eléctrico 2 polos <sup>R.P.M 3450</sup> de 110V para tanque de tormentas y para cárcamo de excedencias	2	Piezas	3,150.00	6,300.00	2.9%
34	Conexiones hidráulicas en tubería de cobre de 1 1/2" para bomba sumergible de agua potable y la de WC. Incluye conexiones, válvulas y piezas especiales para su conexión a tubería existente.	2	lote	4,600.00	9,200.00	4.2%
35	Tanques hidroneumático composite de fibra de vidrio marca EVANS modelo TCFL07-80 litros de capacidad, dimensiones de 84.1 cm de altura, 48 cm de diámetro y un peso de 8.2 kilogramos	2	Piezas	4,950.00	9,900.00	4.6%
36	Mano de obra para la instalación hidráulica de 4 bombas	10	Jornales	350.00	3,500.00	1.6%
	<b>SUBTOTAL 7</b>				<b>\$ 43,462.00</b>	

	<b>SISTEMA DE ARRANQUE Y PROTECCIÓN CON INTERCONEXIÓN DIGITAL</b>					
37	Para bomba de 120 VCD de 1HP por unidad. Incluye:	4	Piezas	1,425.00	5,700.00	2.6%
	Contactor ABB tripolar A9-30-110					
	Guarda motor ABB TIPO MS116					
	Switch de protección de línea					
	Relevador de estado sólido SSR CRYDOM					
38	Para bomba de 240 VCD de 1.5 HP por unidad. Incluye:	2	Piezas	1,710.00	3,420.00	1.58 %
	Contactor ABB tripolar A9-30-220					
	Guarda motor ABB TIPO MS117					
	Switch de protección de línea					
	Relevador de estado sólido SSR CRYDOM					
	<b>SUBTOTAL 8</b>				<b>\$ 9,120.00</b>	
	<b>SISTEMA DE MONITOREO PARA 6 BOMBAS, 3 NIVELES DE AGUA POR BOMBA, 2 INTERRUPTORES DE PRESIÓN Y PANTALLA</b>					
39	Dispositivo electrónico. Incluye:	1	Piezas	2,565.00	2,565.00	0.01
	Tarjeta controladora MICROCHIP AS313					
	LCD 2X16					
	8 Optoacopladores o aisladores de voltaje					
40	Electrodos para los 3 niveles de agua de cada bomba (se consideran 4 bombas)	12	Piezas	14.00	168.00	0.1%
41	Interruptores de presión	2		1,767.00	3,534.00	1.6%
42	Sistemas de LED'S de estados, botones y cable interno. El precio es por bomba instalada. Incluye:	6	Pieza	570.00	3,420.00	0.02
	(Piloto y Block) LED de corriente alterna MOLLER 12-30					
	(Pulsador y clip) SWITCH de activación manual MOELLER					
	Selector 2 posiciones					
	Cable del 16 para conexión eléctrica interna					
	Conector GLANDULA P621					
	Conector GLANDULA P616					
	<b>SUBTOTAL 9</b>				<b>\$ 9,687.00</b>	
	<b>CONEXIONES ELÉCTRICAS</b>					
43	Cordón uso Rudo calibre A.W.G No. 14 para para la instalación de 4 bombas. Se consideran 20 metros por bomba	80	m	20.00	1,600.00	0.7%
44	Cable calibre A.W.G No. 18 para la instalación de 3 electroniveles por bomba, se consideran 4 bombas y 60 metros por unidad.	240	m	10.00	2,400.00	1.1%
45	Caja metálica de protección de sistema de monitoreo	1	Pieza	2,000.00	2,000.00	0.9%
46	Instalación y pruebas del sistema de control eléctrico de bombas	20	Jornales	350.00	7,000.00	3.2%

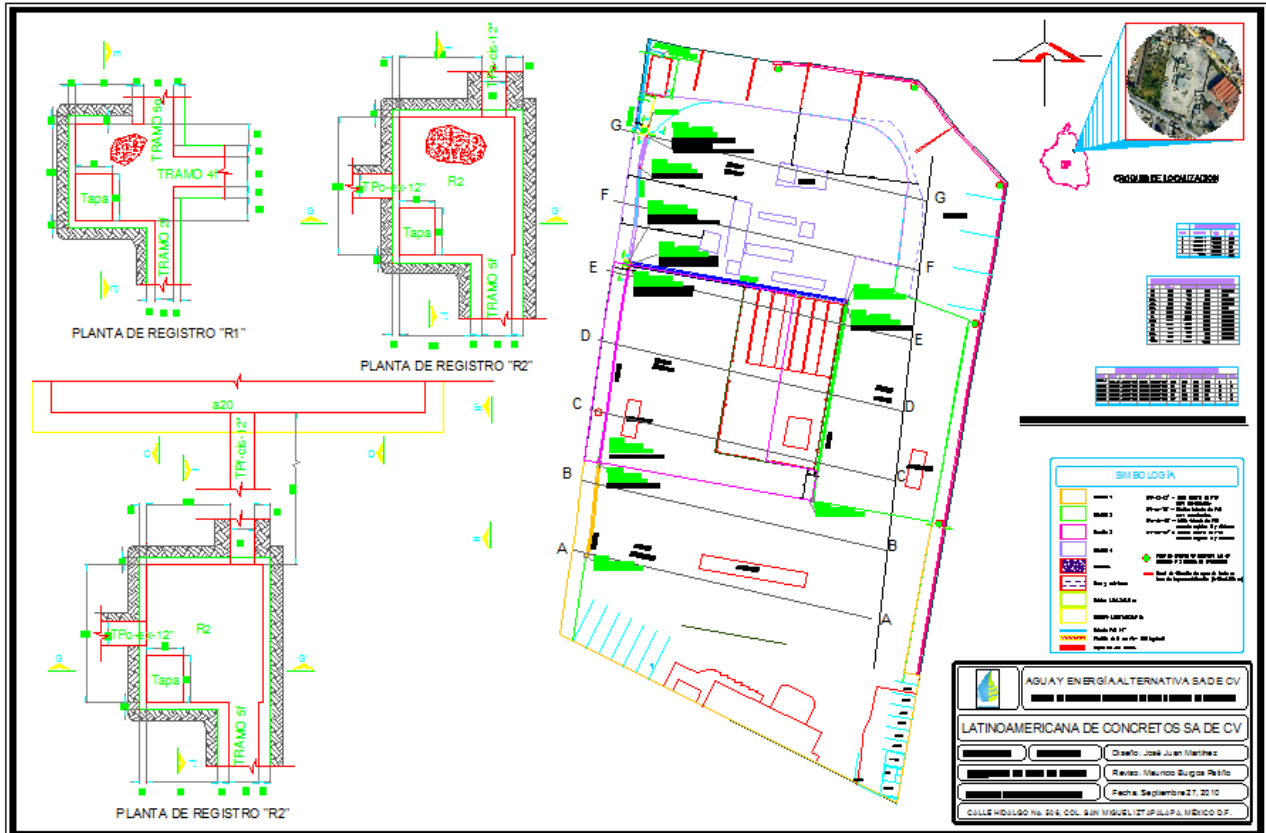
	<b>SUBTOTAL 10</b>				<b>\$ 13,000.00</b>	
	<b>TOTAL CON IVA</b>				<b>\$ 251,287.04</b>	



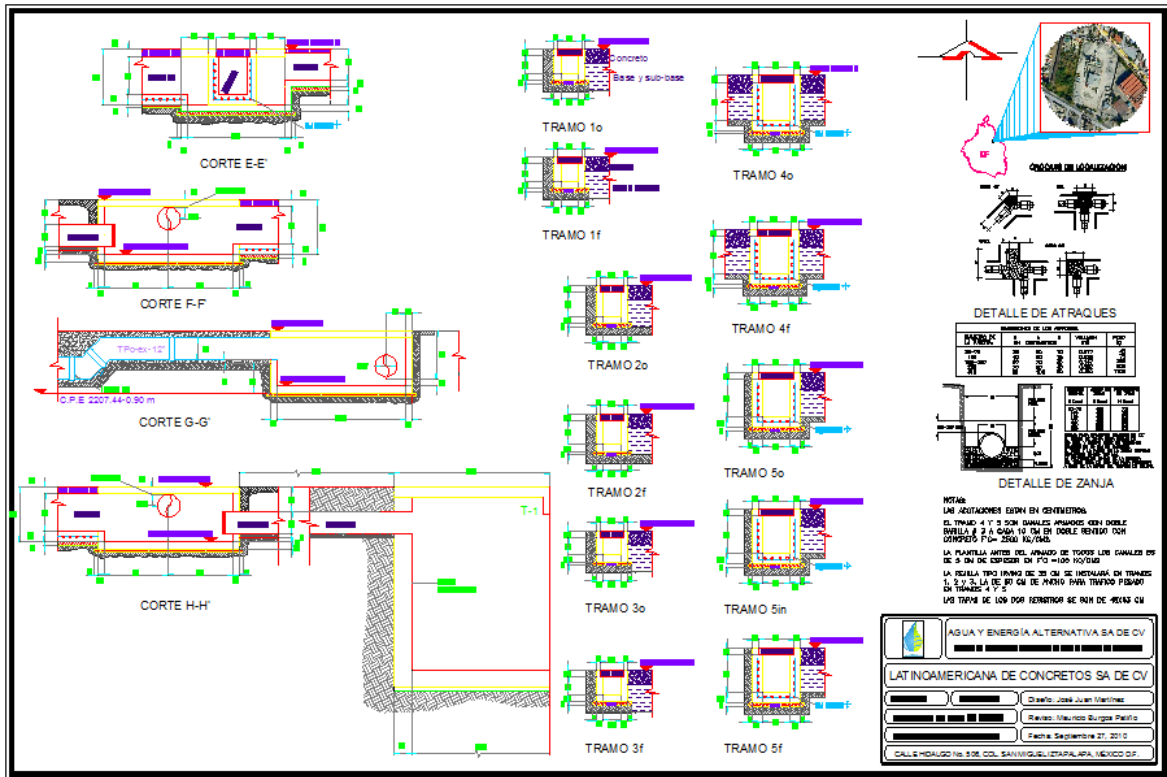


### 9.3 Anexo 3. Zona industrial

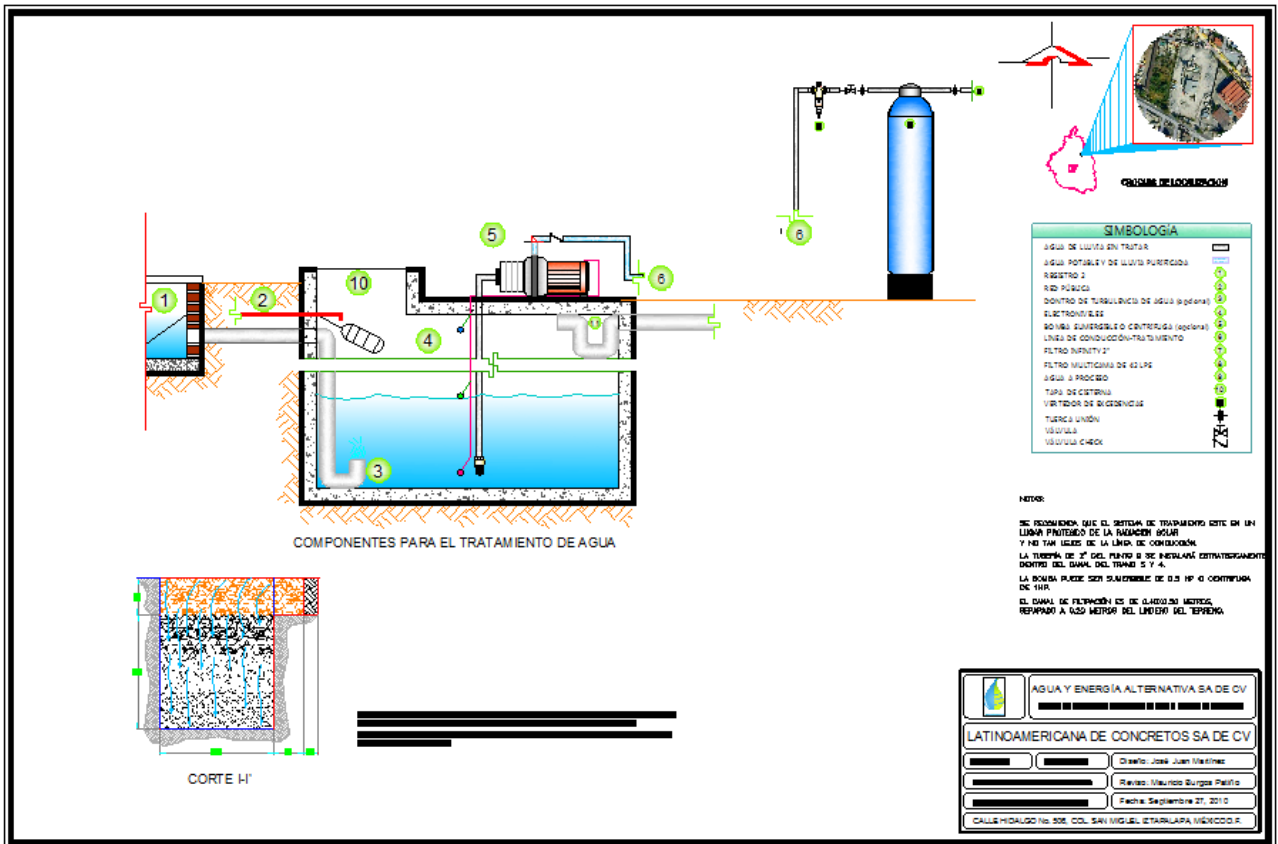
#### VISTA EN PLANTA



# TRAMOS Y CORTE DE COLECTORES



# FILTRACIÓN Y RECARGA DE ACUÍFEROS



#### 9.4 Anexo 4. Portada de Tlaloc

