



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ACATLÁN

**PROPUESTA DE PLAN PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN
TECHUMBRES DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y RECOMENDACIONES
TÉCNICAS**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL TOLENTINO CRISTÓBAL

A S E S O R:

DR. RAÚL PINEDA OLMEDO



SANTA CRUZ ACATLAN, ESTADO DE MÉXICO

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, Por permitirme llegar hasta el día de hoy y poder realizar este trabajo, por todo lo que me ha regalado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, especialmente a la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, por haberme forjado dentro de sus aulas y haberme enriquecido con sus conocimientos.

A mi asesor, DR. RAÚL PINEDA OLMEDO por su incansable labor docente, sus conocimientos, su tiempo y su valiosa colaboración para la realización de este trabajo.

Al Maestro en Ingeniería ANTONIO JIMÉNEZ GONZÁLEZ por darme la oportunidad de iniciar mi carrera profesional, en el campo laboral

A mi FAMILIA, Magdalena, Josefa, Antonio, Anita y Nicolás, así mismo a las familias Cortes Cervantes y Victoriano Tolentino por siempre confiar en mí.

DEDICATORIA

A mis padres Anita Cristóbal Domínguez y Nicolás Tolentino Cervantes (+), a ellos por su entrega, compromiso y esfuerzo durante toda mi etapa de estudiante a cambio de nada. Especialmente a mi papá por sus sabios consejos, su valioso apoyo y por enseñarme muchas cosas invaluable de la vida, ¡Eternamente vivirás en mi Corazón!

A mis hermanos Magdalena, Ramón de Jesús, María de los Ángeles Y Baltazar por compartir momentos únicos y por acompañarme en los instantes más difíciles de mi vida que me alentaron a continuar.

A mis abuelas Magdalena y Rita, mi tía Josefa y de manera especial a mi tío Antonio Tolentino Cervantes (+) por su incansable impulso a prepararme profesionalmente, para tí este trabajo como un reconocimiento a tu entrega, amor y compromiso hacia mí, sé que desde donde puedas verme seguirás alentándome e inspirándome para seguir adelante. ¡Siempre te recordare con profundo Amor y Respeto!

A quienes con su apoyo hicieron posible la realización de este trabajo...

M. A. T. C.

CONTENIDO

PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
I.1 Objetivo	10
I.2 Justificación	10
I.3 Planteamiento	11
I.3.1 Antecedentes	12
I.3.2 Alcances	12
I.3.3 Criterios de Selección	14
I.3.4 Componentes de los proyectos	15
I.3.5 Oferta y Demanda	15
I.3.6 Cobertura	16
I.4 Marco Teórico	16
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
II.1 Definición SCALL	17
II.2 Principales Estudios y Documentos Relacionados	18
II.2.1 Estudio Hidrológico para recuperación de agua de Lluvia	18
II.2.2 Plan Maestro para cosecha de agua de Lluvias	20
II.2.3 Manual de Captación de Agua de Lluvia en Centros Urbanos	23
II.2.4 Paquete Tecnológico y Sistemas de Captación	28
II.2.5 Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento	31
II.2.6 Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia	32
II.3 Marco Normativo: Leyes, Reglamentos y Normas	35
II.3.1 De la Obligatoriedad	35
II.3.2 De los Derechos	36
II.3.3 De los Incentivos	37
II.3.4 De la Promoción de los Sistemas de Captación de Agua	38
II.3.5 Del Fondo general de apoyo a la cosecha de agua de lluvia	40

II.4 Componentes de los Proyectos Ejecutivos	42
II.4.1 Captación	42
II.4.2 Conducción	43
II.4.3 Filtración	44
II.4.4 Almacenamiento	44
II.4.5 Bombeo y Distribución	45
III. METODOLOGIA	47
III.1 Selección y Zonificación	47
III.1.1 Por su ubicación	50
III.1.2 Por el tipo de Servicio	51
III.1.3 Por su nivel socioeconómico	51
III.1.4 Por la Magnitud de las precipitaciones	52
III.1.5 Por el tipo de Inmueble	52
III.2 Recorridos a las Diferentes Zonas	55
III.2.1 Croquis de Recorridos	56
III.3 Levantamiento de Predios	57
III.3.1 Encuesta Tipo	57
IV. ANALISIS DE RESULTADOS	62
IV.1 Elaboración de la Memoria Descriptiva del Proyecto	62
IV.1.1 Localización del Sitio	62
IV.1.2 Determinación de la Precipitación Pluvial Neta	63
IV.1.3 Determinación de la Demanda	67
IV.1.4 Volumen de Captación de agua de Lluvia	73
IV.1.5 Caudal de conducción al sistema de Almacenamiento	74
IV.1.6 Sección de Canaleta	76
IV.1.7 Sección Bajada de Agua Pluvial	77
IV.1.8 Volumen del Almacenamiento	78
IV.1.9 Volumen del Sedimentador	79
IV.1.10 Capacidad de Equipo de Bombeo	83
IV.1.11 Diámetro de Tubería de Descarga	83

IV.1.12 Perdidas de Carga en Tubería de Descarga

84

PRÓLOGO

La presente tesis conlleva el interés de proporcionar conocimientos acerca de la Captación de Agua de Lluvia en la ciudad, tal información está enfocada a los estudiantes de las distintas ramas de la Ingeniería relacionadas con las áreas de la hidráulica, hidrología, ambiental, proyectos y construcción, así como a la población en general que está interesada en estas disciplinas.

La tesis se basa en conceptos, pruebas y planteamientos contenidos en las distintas bibliografías, documentos y normas consultados; sin embargo cabe mencionar que parte importante de esta información se logró mediante el desarrollo en el sector laboral.

El trabajo consiste en proponer y demostrar que es posible desarrollar los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en cualquier parte de la Ciudad de México u otras ciudades, con los mínimos requerimientos y costos, siempre y cuando se cumplan las condiciones necesarias para ejecutar tanto el proyecto como la obra en particular.

Considerando que el agua es ya un problema grave en la Ciudad de México y que esta opción es una de varias alternativas viables para el ahorro y el abastecimiento de agua potable, se recomienda el siguiente trabajo para obtener información y conocimientos acerca de este tema en particular.

En específico este trabajo busca orientar acerca de la Captación de Agua de Lluvia elaborando un plan con la metodología de investigación requerida, con la finalidad de concientizar a la población sobre la escasez de agua que cada vez se vuelve más grave.

INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta tierra ha venido perdiendo el equilibrio entre la cantidad de aguas utilizables y la demanda. El desequilibrio entre el volumen del agua utilizable disponible y la demanda para la misma no sólo ha llevado a la escasez de agua sino también a otros serios problemas vinculados con el vital líquido; uno de los más graves es que de 3 a 4 millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades ocasionadas por la falta de agua potable. Además la disminución de las reservas de aguas subterráneas, la contaminación de las aguas y el deterioro de los recursos hídricos han llevado a la depreciación de especies vinculadas con el agua y un aumento en el número de especies en grave peligro de extinción.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la escasez del agua dulce está surgiendo como uno de los problemas más críticos de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. El siglo XXI ha sido llamado el “Siglo del Agua”, unos 2,000 millones de habitantes en el mundo se enfrentan, hoy con escasez de agua, siendo esta la principal causa que un 15% de la población mundial esté desnutrida.

En México el problema del agua es ya un tema de suma importancia, ya que se presenta cada vez con más frecuencia en sus principales urbes, como es el caso de la Ciudad de México y aunque existen leyes y lineamientos que regulan su uso, es necesario implementar acciones más concretas sobre el tema.

La Ciudad de México ha venido enfrentando año tras año problemas de abasto de agua potable, la creciente demanda y su uso irracional han provocado la sobreexplotación de los mantos acuíferos, así como también el de traer de fuentes externas grandes volúmenes a altos costos técnicos, económicos y sociales.

Ante estas situaciones problemáticas el presente trabajo es producto del proceso de investigación de una alternativa importante mejor conocida como los SCALL o Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, que representan una opción de contribución a ese abasto.

La captación de agua de lluvia representa un medio fácil de obtener agua para consumo y/o uso humano y agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCALL, el cual tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua.

La cosecha de agua de lluvia está ganando importancia en áreas rurales y especialmente en países en vías de desarrollo, donde es necesario garantizar el abastecimiento de agua a través de todas las fuentes posibles, por tal motivo se trabajó en la Ciudad de México que representa la ciudad capital de nuestro país y que debe estar a la vanguardia en este tipo de proyectos para impulsar y concientizar a todo el país.

Se presenta un plan para la captación de agua de lluvia en diferentes zonas de la Ciudad de México donde se realizaron 50 proyectos, dentro de los cuales para el presente trabajo se analiza particularmente un escenario que corresponde al más común, una vivienda particular. La cual contiene todos los componentes de los SCALL para su instalación e implementación en cualquier construcción nueva.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1. OBJETIVO

Exponer y mostrar los proyectos ejecutivos de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, en domicilios particulares y edificios públicos levantados en diferentes zonas en la Ciudad de México, haciendo referencia a un solo proyecto que corresponde a un domicilio en particular que incluye captación, almacenamiento, conducción, así como los usos recomendados de acuerdo a su ubicación, necesidades y características de la vivienda, que sirva de base e instalación de estos sistemas en nuevas construcciones en toda la Ciudad.

I.2. JUSTIFICACIÓN

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) colaboran en el ahorro de agua potable, contribuyen a controlar el equilibrio con el medio ambiente, son de fácil adaptación y además mejoran la calidad de vida, de estos y otros beneficios más surge el interés de mostrar el presente trabajo.

El agua de lluvia en muchas situaciones es de mejor calidad que la suministrada por la red municipal, esta agua es blanda por naturaleza, contiene concentraciones mínimas de sales y minerales, lo que permite, por ejemplo, utilizar menos detergente, extender la vida útil de los equipos de lavado, tener mejores riegos en áreas verdes, ahorrar dinero al bajar al consumo de agua potable y reducir la tarifa en el recibo del agua; al utilizar agua de lluvia se reduce el abasto a la red de agua potable público.

El abasto de agua a la Ciudad de México será cada día más complejo técnica, económica y socialmente, un SCALL contribuirá a crear una mejor conciencia para hacer un mejor uso eficiente del agua, las dotaciones y consumos en la Ciudad de México es de los más altos del mundo y es necesario reducirlos.

I.3. PLANTEAMIENTO

La Ciudad de México ha venido enfrentando año tras año problemas de abasto de agua potable, la creciente demanda y su uso irracional han provocado la sobreexplotación de los mantos acuíferos, así como también el de traer de fuentes externas grandes volúmenes a altos costos técnicos, económicos y sociales; Ante esta situación problemática el presente trabajo es producto del proceso de investigación de una alternativa importante mejor conocida como los SCALL o Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, que representan una opción de contribución a ese abasto.

La lluvia media anual en la Ciudad de México es de 711.51 mm, aprovechar ese valioso recurso natural a través de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) representa una opción real para dotar de agua a aquellos que no cuentan con este servicio.

Considerando lo anterior, la Ingeniería civil juega un papel fundamental para la solución de este tipo de problemas, de ahí parte el interés de desarrollar el presente trabajo. Se ha elegido a la Ciudad de México por diferentes razones, entre las más importantes destaca que es la ciudad más importante de nuestro país por lo que debe estar a la vanguardia para la solución de problemas de cualquier tipo. La cantidad de gente que habita la Ciudad de México también es un índice de suma importancia porque representa una demanda muy elevada en comparación con las cantidades de agua que se tienen disponibles.

I.3.1 Antecedentes

Dentro de los diversos programas llevados a cabo por el Gobierno de la Ciudad de México a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, se encuentra el “Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México” y en específico el “Programa de uso eficiente de agua”, dentro de este ámbito se llevan a cabo los Proyectos de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).

Derivado de estos programas se elaboró en el año 2010 para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México el “ESTUDIO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN TECHUMBRES DE LA ZONA URBANA”, por la empresa BASIN S.A. DE C.V.

El estudio mencionado anteriormente representa la base y los fundamentos del presente trabajo, ya que se tuvo una participación importante en la elaboración del mismo, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional. De este estudio se extrajo un esquema general abordando los conceptos más destacados y un solo proyecto ejecutivo completo de casa habitación para fines de demostrar la importancia y procedimiento técnico de ejecución de estos sistemas, mismos que se presentarán en los capítulos correspondientes.

I.3.2 Alcances

- Se elaboraron 50 proyectos ejecutivos de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, distribuidos a lo largo y ancho de la Ciudad de México abarcando las 16 delegaciones. Mismos que quedaron distribuidos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.3.1 Resumen por categoría y ubicación delegacional

	Casa habitación	Escuela pública	Escuela privada	Edificio público	Comercio	Suma
Iztapalapa	7	3			1	11
Álvaro Obregón	5					5
Gustavo A Madero	1	2				3
Tláhuac	2					2
Tlalpan	2					2
Xochimilco	2					2
Azcapotzalco	1	1				2
Benito Juárez		1	1			2
Coyoacán	1	1		1		3
Cuajimalpa	3					3
Cuauhtémoc		1				1
Iztacalco	1	2		2		5
Magdalena Contreras	1			1		2
Miguel Hidalgo		4				4
Milpa Alta						0
Venustiano Carranza	2	1				3
Suma	28	16	1	4	1	50

- Los 50 proyectos se ubicaron en zonas urbana, rural, zonas con y sin problemas de abasto y en los diferentes niveles socioeconómicos, con la finalidad de mostrar y comprobar que se puede elaborar un SCALL en cualquier zona geográfica.
- Una vez mostrado los proyectos, se propuso un solo proyecto adecuado de acuerdo al tipo de inmueble que incluye captación, almacenamiento, conducción de agua de lluvia, así como los usos recomendados de acuerdo a la ubicación, necesidades y características de la vivienda. Información que se muestra en los capítulos III Y IV.
- Finalmente se presenta en su capítulo correspondiente la metodología, el análisis de resultados y las conclusiones y recomendaciones del proyecto presentado.

I.3.3 Criterios de Selección

El criterio general consistió en contar con sitios de proyecto a lo largo y ancho de la Ciudad de México, cuyo objetivo principal fue cubrir la mayor cantidad posible de situaciones tanto técnicas, económicas, sociales, ecológicas y físicas, que permitieran obtener información para su implementación generalizada, mismos que aparecerán de forma más detallada en el capítulo que le corresponde; los criterios considerados para la implementación fueron los siguientes:

- a) Por su ubicación
- b) Por el tipo de servicio
- c) Por su nivel socioeconómico
- d) Por la magnitud de las precipitaciones
- e) Por el tipo de inmueble

Adicional a estos criterios, también fue fundamental que durante el trabajo de campo y levantamiento de los inmuebles se cumplieran también los siguientes requisitos:

- f) Que técnicamente sea posible implementar un SCALL
- g) Que el propietario del inmueble quiera implementar en su domicilio un SCALL
- h) Que se tuviera una buena y adecuada superficie de captación
- i) Que existiera espacio para ubicar la cisterna de almacenamiento de agua pluvial

Una vez identificadas las zonas y cubiertos los requisitos mínimos antes mencionados se levantaron 50 inmuebles, asimismo se elaboró un plano que muestra la ubicación geográfica de los 50 sitios para la implementación de los Proyectos Ejecutivos de Captación de Agua de Lluvia, mismo que se muestra en el capítulo correspondiente.

I.3.4 Componentes de los Proyectos

Los principales componentes de los Proyectos Ejecutivos de Captación de Agua de Lluvia son los siguientes:

- a) Captación
- b) Conducción
- c) Filtración
- d) Almacenamiento
- e) Bombeo y distribución

Estos componentes se describirán a detalle en el capítulo correspondiente.

I.3.5 Oferta y Demanda

Estos conceptos son factores de suma importancia, ya que representan un balance fundamental con el que se puede determinar si una SCALL es factible de implementarse o no, puesto que la oferta representa lo que se tiene y la demanda lo que se necesita.

El volumen de captación u oferta está en función de dos variables:

- a) De la superficie de captación y
- b) De la lluvia media en el sitio de análisis

Mientras que por su parte la demanda está en función del número de integrantes del inmueble y de los hábitos de consumo que se tengan, en aquellos donde el número de estos es bajo y el consumo también la cobertura que se logra es importante.

I.3.6 Cobertura

Conocidos la oferta y demanda es posible determinar la cobertura que se tendría para cada uno de los escenarios analizados, esto significa el porcentaje de la demanda que cubre el volumen de agua pluvial captado, esto es:

$$Cobertura = \frac{Oferta}{Demanda}$$

Dónde:

Oferta: Volumen de captación pluvial, m³/vivienda/año

Demanda (para el escenario de análisis), m³/vivienda/año

El análisis de la oferta y demanda nos arroja el porcentaje de cobertura que se tendría, ese porcentaje estará en función de los servicios que se quiera cubrir.

I.4. MARCO TEORICO

Finalmente se presentará solo un proyecto de SCALL de casa habitación puesto que se consideró que es el lugar de mayor peso para comenzar a concientizar a la población. La finalidad del presente trabajo es proponer y mostrar el proyecto ejecutivo de una SCALL de manera simple de tal manera que cualquier lector pueda entender la importancia y beneficios de un proyecto de este tipo.

El presente proyecto va dirigido a la población en general, puesto que se puede aplicar en cualquier tipo de inmueble sin importar su nivel socioeconómico y se justifica de tal manera que en la actualidad cualquier forma de ahorro y cuidado del vital líquido es de suma importancia, tanto para la vida actual y futura.

II. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

II.1. Definición SCALL

Como ya mencionamos anteriormente un **Sistema de Captación de Agua de Lluvia** mejor conocido como SCALL por sus siglas, representa un conjunto de elementos relacionados y organizados entre sí para cumplir un objetivo.

La captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Por lo tanto podemos definir que se trata de un **“conjunto de elementos que tienen la finalidad de cosechar, conducir, almacenar y aprovechar el agua pluvial”**.

Las superficies que captan el agua pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes, de tiendas, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines.

En relación a estos conceptos cabe aclarar que el presente trabajo solo considera el agua almacenada para USOS BASICOS, tales como descarga de WC, regaderas de áreas verdes, llaves extras para lavado de carros, pisos y banquetas etc. Debido a que para el aseo personal y consumo humano se requieren filtros más elaborados, lo que representa un aumento considerable en el costo del proyecto.

II.2. PRINCIPALES ESTUDIOS Y DOCUMENTOS RELACIONADOS

A continuación se hace mención de los principales estudios de mayor relevancia encontrados en el medio, referente a los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL):

II.2.1 Estudio Hidrológico para recuperación de Agua de Lluvia

El Estudio Hidrológico de apoyo a la Recuperación de agua de Lluvia en el Distrito Federal (nombre completo) se elaboró en Julio de 1992 por la empresa BASIN S.A. DE C.V., para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, con el objetivo de definir un criterio que permitiera evaluar el volumen de agua precipitable diario que con una cierta frecuencia de incidencia se pueda disponer en cualquier lugar dentro del Distrito Federal y el volumen de almacenaje requerido para su aprovechamiento óptimo, conociendo su demanda.

Dentro de este estudio también se trabajó con los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las zonas meteorológicamente homogéneas dentro del distrito federal desde el punto de vista del régimen mensual de precipitación.
- Deducir el régimen de precipitación mensual para cada zona de acuerdo con su frecuencia de incidencia
- Definir para cada zona el régimen medio diario de la precipitación, de acuerdo con el comportamiento mensual de la misma
- De acuerdo con un esquema de demanda diaria de agua deducir el volumen de almacenaje requerido para el mejor aprovechamiento del agua de lluvia diaria captada en una cierta área.

De acuerdo a los objetivos planteados el estudio se desarrolló en los capítulos:

- a. Recopilación de información y análisis de información
- b. Regionalización régimen precipitación mensual
- c. Análisis régimen precipitación mensual por región
- d. Modelos de distribución diaria de lluvia por región
- e. Volumen aprovechable optimo

De este estudio se identificaron cuatro regiones para el estudio del comportamiento de la precipitación en el D.F., las características de cada es la siguiente:

Región I: corresponde a la zona noreste del D.F., limitada por la isoyeta media anual de 600 mm, con una altura de precipitación media anual de 547 mm.

Región II: Corresponde a la zona sureste del D.F., limitada por la isoyeta media anual de 600 mm, con una altura de precipitación media anual de 515 mm

Región III: Definida por el área comprendida entre las isoyetas medias anuales de 600 mm a 800 mm.

Región IV: Definida por el área comprendida entre las isoyetas medias anuales de 800 mm y mayores, con una precipitación media anual de 968 mm.

Finalmente se elaboran cuatro planos con la siguiente información:

Plano 1 Localización de estaciones climatológicas operadas por la D.G.C.O.H del DDF

Plano 2 Correlaciones entre estaciones de los registros mensuales de precipitación

Plano 3 Isoyetas de precipitación media anual y definición de las regiones de análisis

Plano 4 Zona de influencia de cada estacionen climatológica operadas por la D.G.C.O.H

II.2.2 Plan Maestro para Cosecha de Agua de Lluvias

El Plan Maestro para Cosecha de Agua de Lluvias para las Zonas Rurales y Urbanas (nombre completo) se elaboró en el año 2009 por la Secretaría del Medio Ambiente y el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, con el objetivo de definir las políticas, lineamientos y acciones necesarias para llevar a cabo la cosecha de agua de lluvia, nieve y granizo en el territorio del Distrito Federal, en áreas urbanas y rurales, con la finalidad de aprovechar al máximo la utilización de éste recurso en actividades de consumo humano y uso directo.

Los alcances del presente Plan Maestro se enlistan a continuación:

- Aumentar la disponibilidad de agua de la población mediante el uso, aprovechamiento y explotación del agua pluvial a través de Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL).
- Crear infraestructura de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal.
- Garantizar en las zonas en que esto sea posible los requerimientos básicos de agua de la población a largo plazo, a razón de 50 litros por persona al día según establece el artículo 61 bis de la Ley de Aguas del Distrito Federal.
- Disminuir la vulnerabilidad de abasto de agua para la población del Distrito Federal en el mediano y largo plazo.
- Disminuir paulatinamente la dependencia de fuentes externas al territorio del Distrito Federal.
- Ejemplificar los Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL) y los criterios para su construcción, de manera que sirvan como promoción a la población en general.
- Estudiar y monitorear los primeros SCALL construidos para su futura mejora, reglamentación, regulación y normalización.

- Regular y normalizar el diseño, construcción e instalación de SCALL en el territorio del Distrito Federal.
- Incentivar, alentar y promover la participación de los distintos actores de la sociedad en la construcción de SCALL en el Distrito Federal.

De acuerdo a los objetivos y alcances, el Plan Maestro mencionado se desarrolla en 13 capítulos que a continuación se mencionan:

1. Antecedentes
2. Objetivo
3. Alcances
4. Políticas
5. Marco normativo de la cosecha de agua de lluvia y congruencia con programas y políticas actuales
6. Descripción del área de estudio
7. Problemática de la zona de estudio
8. Diagnóstico
9. Factibilidad
10. Lineamientos
11. Estrategias
12. Plan de acciones
13. Recomendaciones

El plan describe de manera general la problemática prevaeciente en el Distrito Federal en diversos aspectos relacionados con las lluvias, como la carencia de infraestructura para su uso y aprovechamiento, así como la complejidad operativa que se requiere para captar, conducir y desalojar oportunamente los escurrimientos que éstas generan. Además se menciona la problemática que se tiene en el suministro de agua en algunas delegaciones donde se sugiere iniciar la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia.

A partir de las visitas de campo realizadas a sistemas de captación de agua de lluvia que ya operan tanto a nivel nacional como en el Distrito Federal, aunque son muy pocos aún, se elaboró el diagnóstico que describe la situación actual en que se encuentra la Cosecha de Agua de Lluvia en la Ciudad.

Partiendo del análisis detallado de las experiencias a nivel nacional e internacional que se tienen en materia de uso y aprovechamiento del agua de lluvia, además de la situación actual en el Distrito Federal en lo que a esta estrategia se refiere, así como el régimen de lluvias y el marco físico - urbano que prevalecen, se determinó la factibilidad para implementar la estrategia de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal considerando cada uno de los aspectos y elementos que tienen relación directa con dicha actividad, y se proporcionan los argumentos necesarios para demostrar que ésta es una estrategia viable para la ciudad que contribuiría de manera radical a la sustentabilidad de la misma.

De esta manera se fijaron las bases para determinar los lineamientos, estrategias y acciones del Plan Maestro, partiendo del objetivo y políticas planteados inicialmente para el Plan Maestro. Entre los lineamientos más importantes se encuentran los siguientes:

- a) Favorecer y fomentar la mayor cantidad posible de uso y aprovechamiento de agua pluvial a todos los niveles que sea posible.
- b) Fomentar la construcción e instalación de la mayor cantidad posible de Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia en las construcciones existentes del Distrito Federal.
- c) Difundir información general y específica de los Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia entre la ciudadanía, servidores públicos y profesionistas.
- d) Capacitar y acreditar técnicos y profesionistas en el diseño y construcción de Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia.

- e) Estimular la investigación y el desarrollo tecnológico y técnico en relación a la cosecha de agua pluvial.

Además de lo anterior, difundir a todos los niveles de la sociedad la información relacionada con los sistemas de cosecha de agua de lluvia que se estén llevando a cabo en el Distrito Federal y sus beneficios.

A partir de la estrategia y lineamientos que establece el Plan Maestro se definieron las acciones a realizarse en el corto y mediano plazo de 2010 al 2015, entre las que destacan las siguientes:

- a) Construcción de 60,000 sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL) domiciliarios en 44 colonias con suministro intermitente de agua potable de las Delegaciones: Álvaro Obregón, Iztapalapa, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco.
- b) Construcción de 20 sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL) en escuelas de las Delegaciones Álvaro Obregón, Iztapalapa, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco.

II.2.3 Manual de Captación de Agua de Lluvia en Centros Urbanos

Este estudio se elaboró en el año 2008 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el objetivo de Dar en forma sencilla las herramientas necesarias para construir un sistema de captación de agua de lluvia, con la posibilidad de aprovechar la infraestructura ya existente en las viviendas.

De acuerdo a los objetivos planteados, el estudio se desarrolló en siete capítulos que a continuación se indican:

- 1 Introducción
- 2 Antecedentes y problemática urbana
- 3 Los efectos de la urbanización
- 4 Retos e importancia de la captación de agua de lluvia
- 5 Elementos de los sistemas de captación de agua de lluvia
 - 5.1 El factor humano
 - 5.2 Los factores técnicos
- 6 El diseño de un sistema de captación de agua de lluvia
 - 6.1 Uso que se le pretende dar al agua de lluvia captada
 - 6.2 Precipitación pluvial en la ciudad
 - 6.3 Superficies de captación
 - 6.4 Conducción del agua de lluvia (canales y tuberías)
 - 6.5 Cisternas, tanques y otros elementos de almacenamiento
 - 6.6 Filtros y calidad del agua de lluvia
 - 6.7 Bombas o sistemas de elevación de agua
 - 6.8 Espacios para instalación del sistema
 - 6.9 Mantenimiento
 - 6.10 Capacidad de Inversión
7. Sistemas complementarios y alternativos de ahorro de agua

Son varios los retos que este manual y la aplicación misma de los sistemas de captación de agua de lluvia se pretenden alcanzar.

Partiendo de lo general a lo particular pensamos que si la creciente urbanización 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.

El manual pretende por lo tanto lograr que quien lo lea, se capacite para un diseño y un manejo adecuado del sistema de captación a partir de instrucciones fáciles y básicas, con la posibilidad de enfrentar con resultados sólidos, las posiciones críticas que en lo alternativo no ven más que un retroceso.

El manual incluye propuestas prácticas complementarias para lograr la optimización del sistema de captación de agua de lluvia, combinándolo con otros sistemas de cuidado del agua aplicables al ámbito urbano.

A manera de conclusión el presente manual considera que entre los elementos de los sistemas de captación de agua de lluvia más importante se encuentran los que a continuación se presentan, mismos que se resumen de manera clara y simple:

a) El factor humano:

Para que un sistema de captación de agua de lluvia funcione en una zona urbana, debemos tener en cuenta algunos factores fundamentales:

- Querer hacer el cambio.
- Acordarlo con las personas con quien vivimos.
- Acordarlo con nuestros vecinos, en caso de ser un edificio o que esta decisión los afecte de alguna manera.
- Hacerse responsable del mantenimiento para el mejor funcionamiento del sistema.

Es decir, debemos trabajar en equipo con las personas que nos rodean. En las ciudades, donde es poco común que hablemos con nuestros vecinos fuera de dar el saludo, esto puede ser un reto muy grande. Sin embargo, debido a que en las ciudades podemos comenzar por utilizar las instalaciones ya construidas, con un mínimo de modificaciones, los acuerdos pueden llevarse a cabo sin grandes complicaciones.

En muchas ciudades esto se ha llevado a cabo con gran éxito a todos los niveles. Especialmente en ciudades que tienen problemas serios con el abastecimiento de agua potable. Idealmente la comunidad y/o la familia debe expresar sus necesidades y preferencias. Es esencial que sean consensuadas las decisiones más importantes como el tamaño y escala del sistema y las necesidades del mantenimiento del mismo, ya que las necesidades y voluntad de aplicación, varían de una comunidad o familia a otra, de acuerdo a la escasez de agua potable, compromiso ambiental, conocimientos del tema, tradiciones locales, etc.

A un nivel más amplio, como un barrio e incluso una sección de la ciudad, los retos son mayores, ya que incluyen la gestión de fondos para realizar el sistema. Debe incluir un proceso para intercambiar información y llegar juntos a la decisión de qué sistema es el mejor para su comunidad y así hacer la toma de decisiones de manera conjunta con tareas y responsabilidades claras.

b) Los factores técnicos:

A partir del acuerdo de una comunidad o familia y del deseo de diseñar e implementar un sistema de captación de agua de lluvia, se debe tener una clara comprensión de los elementos que componen a este sistema: Los factores materiales (los techos y cisternas con los que contamos o el espacio para construirlos o instalarlos, los sistemas de filtros, etc.). Las condiciones naturales (la cantidad de lluvia, la intensidad de las tormentas, la duración de la temporada). Las variables (el número de integrantes de la familia o comunidad, las costumbres de consumo, etc.) y Las expectativas (los usos para lo que queremos el agua), con la finalidad de lograr la dimensión adecuada del sistema, que traiga el mayor número de beneficios con una menor inversión.

Presentamos en forma resumida a continuación, estos factores técnicos:

- Uso que se le pretende dar al agua de lluvia captada. Según la necesidad o prioridad el agua puede servir para: Usos simples como limpieza de pisos, inodoros o excusados, limpieza de ropa, riego de plantas, limpieza de autos etcétera y Usos complejos: Limpieza corporal, agua para beber y cocinar.
- Precipitación pluvial en la ciudad. El número de milímetros anuales de lluvia en la zona del proyecto, el cálculo de lluvia máxima durante las tormentas y la duración en meses del periodo de lluvias.
- Superficies de captación. Los techos con los que contamos actualmente que sean susceptibles de uso y las techumbres que se puedan construir; para lo cual es necesaria su adecuación y mantenimiento óptimo al utilizarlos como áreas de captación de agua de lluvia.
- Conducción del agua de lluvia (canales y tuberías). Son las tuberías de conducción del agua de lluvia en los diferentes procesos. Las cuales requieren preparación y mantenimiento.
- Cisternas, tanques y otros elementos de almacenamiento. Pueden ser los siguientes: Contenedores existentes viables de usarse, contenedores óptimos que se construyan o compren, los cuales requieren ser preparados y darles mantenimiento.
- Filtros y calidad del agua de lluvia. Los filtros son los elementos más complejos utilizados para la limpieza del agua. Estos se determinan según el consumo que se vaya a realizar con el agua captada. Y deberán cumplirse las normas de mantenimiento y reposición de los elementos con caducidad de los filtros.
- Bombas o sistemas de elevación de agua. Estas pueden ser: Sistemas de elevación electromecánica para algunos procesos de filtración y para subir el agua a contenedores elevados de distribución final. Sistemas de elevación manual o con fuentes de energía distintas a la convencional eléctrica; bombas de mecate, de succión, etc. Bombas accionadas por energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas. Todas ellas llevan una previa preparación y un adecuado mantenimiento.

- Espacios para instalación del sistema. Es el cálculo de los espacios (y de la capacidad de carga de la edificación), a utilizar para la instalación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento y distribución del agua pluvial. En este se debe tomar en cuenta la capacidad de carga del suelo, donde se construyan o instalen componentes nuevos del sistema.
- Mantenimiento. Es la parte del proceso que garantiza la limpieza y reparación de los elementos del sistema que lo requieran y se deberá tener un programa de monitoreo y mantenimiento de todo el sistema, que en muchos casos son pequeñas y rápidas acciones de limpieza.

II.2.4 Paquete Tecnológico y Sistemas de Captación

El Paquete Tecnológico, Sistemas de Captación, Almacenamiento y Purificación de Agua de Lluvia (nombre completo) se elaboró en el 2008 por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el objetivo de transferir una tecnología de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia para las comunidades rurales forestales con altos índices de marginación.

Así mismo transferir la tecnología para la elaboración de un sistema de captación, almacenamiento y potabilización de agua de lluvia de forma sencilla y económica, de igual forma proporcionar herramientas que contribuyan a mejorar las condiciones de vida y el enriquecimiento de la cultura del uso sustentable de los recursos naturales utilizando materiales y herramientas comunes de cada región.

De acuerdo a los objetivos planteados, el estudio se desarrolló en dos capítulos que a continuación se indican:

Capítulo 1

- 1.1 Sistema de captación de agua de lluvia
- 1.2 Materiales para la conducción de agua captada
- 1.3 Materiales del filtro de grava para retención de sólidos
- 1.4 Construcción del sistema de captación de agua de lluvia
 - Paso 1 Preparación de las canaletas
 - Paso 2 Instalación de las canaletas
 - Paso 3 Instalación del bajante
- 1.5 Construcción del filtro de grava
 - Paso 1 Preparación del cuerpo del filtro
 - Paso 2 Llenado del filtro de grava
- 1.6 Recomendaciones para el mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia
- 1.7 Ventajas y desventajas del sistema de captación de agua de lluvia

Capítulo 2

- 2.1 Biofiltro de Arena
- 2.2 Materiales para su construcción
- 2.3 Construcción del biofiltro de arena7
 - Paso 1 Preparación del cuerpo del filtro
 - Paso 2 Llenado del filtro de grava
 - Paso 3 Posición de la placa difusora
- 2.4 Funcionamiento
- 2.5 Mantenimiento
- 2.6 ¿Cómo funciona el biofiltro de arena?
- 2.7 Ventajas y desventajas de uso del biofiltro de arena

Este paquete tecnológico facilita la captación y el almacenamiento de agua de lluvia con la técnica conocida como SCAPT (Sistema de captación de agua pluvial en techos) o SCALL (Sistema de captación de agua de lluvia) en techos, la cual incluye rejillas y filtro de gravas que evitan que el agua arrastre sólidos a los tanques de almacenamiento.

El techo de las viviendas, escuelas, iglesias, almacenes, etcétera, proporcionan una superficie adecuada para interceptar el agua de lluvia y dirigirla, por medio de canaletas y tuberías, hacia un filtro de gravas y posteriormente al sitio final de almacenamiento, de donde después se puede conducir a un biofiltro de arena para que finalmente pueda ser utilizada por los habitantes de la comunidad. El filtro de gravas debe estar en una posición más elevada que el tanque o cisterna de almacenamiento para que el agua pueda fluir.

El biofiltro es un sistema en donde la purificación de agua se realiza por medio de una capa biológica que se forma en la superficie de la arena que contiene el filtro. Al pasar el agua por el filtro, los microorganismos que ahí se desarrollan degradan los contaminantes disueltos y los sólidos suspendidos se retienen por filtración. El agua que sale del filtro se considera de calidad aceptable para su consumo, siempre y cuando se agregue una etapa de desinfección que asegure su calidad bacteriológica.

La cantidad de líquido que se puede captar con este tipo de tecnologías está en función de la precipitación anual de la zona y de la superficie de captación. Esta cantidad puede verse afectada por los materiales del techo, salpicaduras fuera del área de captación, fugas, evaporación y absorción.

La cisterna o tanque de almacenamiento debe tener la capacidad suficiente para almacenar toda el agua que pueda captar. Las dimensiones de las canaletas dependerán de la cantidad de agua que se capte y conduzca.

II.2.5 Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento

El Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (nombre completo) se elaboró en el 2006 por el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia, con el objetivo de conocer los impactos de la creciente crisis del agua, principalmente en comunidades marginadas, en las cuales se observan efectos negativos en la salud y en la calidad de vida.

Se consideran también para este trabajo los siguientes objetivos específicos:

- Conocer el desarrollo histórico de la Captación del Agua de Lluvia para uso doméstico, consumo humano; y el impacto que han tenido estas tecnologías para resolver el creciente problema de escasez de agua.
- Identificar cada uno de los componentes de un sistema de captación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano.
- Identificar los elementos de diseño, acondicionamiento e instalación del sistema de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia, bajo diversas condiciones sociales, culturales, económicas y ambientales.
- Identificar y conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua, así como la normatividad vigente en el aprovechamiento del agua de lluvia para diversos usos: consumo humano y uso doméstico, a fin de tener un control en los locales dedicados al proceso de purificación y envasado del agua de lluvia.
- Describir los métodos de tratamiento del tren terciario avanzado para potabilización y purificación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. A fin de seleccionar el equipo más adecuado a partir de un análisis físico, químicos y bacteriológicos de la fuente, para obtener un sistema viable y eficiente para dotar agua de calidad.

- Reconocer las etapas del proceso de purificación del agua de lluvia a fin de verificar que su funcionamiento cumpla lo establecido en las normas vigentes y tener una buena calidad de agua.
- Conocer las variantes que determinan la adopción de los Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia.

Este documento se compone por nueve capítulos, cuyo desarrollo de los mismos se indican a continuación:

1. Problemática del Agua en el Mundo
2. Experiencias en el Ámbito Internacional
3. Componentes del Sistema de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia
4. Diseño de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia
5. Calidad del Agua y Normatividad de Agua para Consumo Humano.
6. Sistemas de Potabilización y Purificación del Agua de Lluvia
7. Funcionamiento del Sistema de Purificación del Agua de Lluvia
8. La Dimensión de Género en el Manejo Integrado del Recurso Agua de Lluvia
9. Fuentes de Información

II.2.6 Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia

La Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia se elaboró en el 2004 por la Organización Panamericana para la Salud, con el objetivo de mostrar de manera simple los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia mediante ejemplos de aplicación.

En este documento se presentan siete pequeños capítulos donde se muestra de manera clara y simple los componentes y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia, mismos que se mencionan a continuación:

1. Introducción
 2. Ventajas y desventajas
 3. Factibilidad
 - 3.1 Factor técnico
 - 3.2 Factor económico
 - 3.3 Factor social
 4. Componentes
 5. Tratamiento
 6. Diseño
 - 6.1 Bases del diseño
 - 6.2 Criterios de diseño
- Ejemplo 2
7. Bibliografía

En resumen esta guía presenta las siguientes ventajas y desventajas

La captación de agua de lluvia para uso humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia,
- Sistema independiente, por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales
- No requiere energía para la operación del sistema
- Fácil de mantener
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección.

Las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos, y
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

Sobre Factibilidad en el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

Los factores técnicos a tener presente son la oferta y la demanda de agua: La oferta de agua; está relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto. Por su parte la demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

Dentro del Factor económico existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales. Asimismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear. Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas y el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos.

II.3. MARCO NORMATIVO: Leyes, Reglamentos y Normas

La Ley de Aguas del Distrito Federal, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo del 2003, con sus reformas el 31 de mayo de 2006 y 01 de octubre de 2008, es el documento que norma y regula los sistemas de captación de agua de lluvia, a continuación se presentan los artículos íntegros más importantes.

II.3.1 De la obligatoriedad:

Artículo 125.- En todas las nuevas edificaciones, instalaciones, equipamientos, viviendas y obras públicas que se construyan en el Distrito Federal será obligatorio, construir las obras e instalar los equipos e instrumentos necesarios para cosechar agua de lluvia, con base en las disposiciones que se establezcan en el Reglamento de esta Ley.

Artículo 40.- En las construcciones e instalaciones, tanto del Gobierno del Distrito Federal, sus dependencias, entidades y organismos desconcentrados, así como las edificaciones de la Asamblea Legislativa y del Poder Judicial del Distrito Federal, deberán establecer sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas pluviales así como sistemas para el ahorro y usos sustentables del agua.

Artículo 86 BIS 2.- Se deberá utilizar agua residual tratada en sus diversos niveles, en los siguientes casos:

- I. Servicios públicos: riego de áreas verdes, llenado de canales y de lagos;
- II. Abrevaderos y vida silvestre;
- III. Acuacultura;
- IV. Giros mercantiles;
- V. Riego de terrenos de cultivo de forrajes y pastura;
- VI. Riego de terrenos de productos agrícolas que se consumen crudos que no requieren preparación. Libre de contaminantes tóxicos y organismos patógenos;

- VII. Recarga de Acuíferos mediante pozos de inyección o estanques de infiltración, previo cumplimiento de las normas federales y locales de calidad de agua potable y especificaciones que fije la autoridad competente;
- VIII. Riego de terrenos particulares;
- IX. Industrial, con fines de equipamiento, enfriamiento de motores calderas, limpieza de áreas de servicio y utilización en mingitorios y muebles sanitarios;
- X. Limpieza en edificios corporativos y utilización de muebles sanitarios;
- X. Lavado de vehículos automotores;
- XII. En todos aquellos procesos y giros industriales y comerciales que no requieran el uso de agua potable;
- XIII. Limpieza de animales, como caballos, vacas, puercos y las áreas destinadas a su habitación;
- XIV. En la industria, en edificios corporativos, escuelas públicas y privadas y en oficinas públicas y privadas y giros mercantiles: se deberá utilizar agua residual tratada para la limpieza y aseo de áreas de servicios, en mingitorios y muebles sanitarios; y
- XV. En los demás casos previstos en este y en otros ordenamientos.

II.3.2 De los derechos:

Artículo 124.- Con base en el principio de que el agua es de todos los seres vivos presentes y futuros de la Tierra; como se establece en esta Ley, toda persona en el Distrito Federal, tiene derecho al acceso suficiente, seguro e higiénico de agua disponible para su uso personal y doméstico, así como al suministro libre de interferencias; y, que la precipitación del agua de lluvia, nieve o escarcha es un fenómeno natural del ciclo hidrológico que no tiene una distribución uniforme en el territorio del Distrito Federal, esta Ley otorga a las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal, los derechos a:

- I. Cosechar agua de lluvia, individual o colectivamente;
- II. Ser reconocidos como Cosechador(a) Individual o Colectivo de Agua de Lluvia del Distrito Federal e inscritos en el Padrón de Cosechadores de Agua de Lluvia del Distrito Federal;
- III. Obtener los incentivos del Programa General y, en su caso, de sus Subprogramas;
- IV. Gestionar y obtener apoyo, asistencia y capacitación de técnicos y profesionales, así como atención, orientación, asesoría y los beneficios viables y posibles que se establezcan en las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones del Gobierno del Distrito Federal en materia de cosecha de agua de lluvia en esta entidad; y
- V. Ser informados; debatir con seriedad, rigor y tolerancia; proponer; y, decidir democráticamente las políticas gubernamentales en materia de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal.

II.3.3 De los incentivos:

Artículo 27.- El Sistema de Aguas, en coordinación con la Secretaría y las Secretarías de Desarrollo Económico y de Finanzas, promoverá instrumentos económicos para aquellas personas que desarrollen o inviertan en tecnologías y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo integral de los recursos hídricos, siempre y cuando cumplan con los criterios de sustentabilidad aprobados por la Secretaría.

Artículo 86 BIS 1.- Las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos aquellos usos que no requieran agua potable; así mismo, deberán contar con la instalación de sistemas alternativos de uso de agua pluvial.

Las edificaciones existentes que modifiquen sus instalaciones hidráulicas para la reducción en el consumo de agua potable e incrementen la reutilización y tratamiento de la misma obtendrán la certificación de edificación sustentable y tendrán derecho a reducciones fiscales que establezca el Código Financiero del Distrito Federal.

II.3.4 De la promoción de los sistemas de captación de agua de lluvia:

Artículo 123.- El presente título es de orden público, interés social y de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto:

I. Regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro uso en el Distrito Federal, en congruencia con lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal y con el fin de consolidar y fortalecer las políticas, estrategias, programas y acciones gubernamentales y de participación de la población para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales;

II. Establecer los principios para garantizar la participación consiente de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y las y los habitantes del Distrito Federal en la conservación, preservación, rescate, rehabilitación y ampliación de los ecosistemas y, por consiguiente, en el equilibrio ambiental y del ciclo hidrológico en el territorio del Distrito Federal;

III. Contribuir a fortalecer las leyes, políticas, programas, estrategias, presupuestos, proyectos y acciones de los Poderes Federales y Órganos Locales en materia de preservación, rescate, rehabilitación y ampliación del Suelo de Conservación del Distrito Federal; y

IV. Profundizar la conciencia de las y los habitantes del Distrito Federal sobre la urgente necesidad de construir una Cultura del Agua para garantizar el equilibrio ambiental de la Cuenca de México y su imprescindible participación ciudadana para contribuir a mejorar la salud y la protección civil de la población.

Artículo 126.- Los ejes principales de la formulación, ejecución y vigilancia de las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones que deberán observar las autoridades competentes en materia de promoción, organización y otorgamiento de incentivos a la población por acciones individuales o colectivas de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal son:

- I. La cosecha de agua de lluvia debe ser considerada política prioritaria y, por tanto, promovida, organizada e incentivada en congruencia con la regulación de la gestión integral de los hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, como el tratamiento y reúso de aguas residuales;
- II. La planeación de investigaciones, sistematización de sus resultados; elaboración, formulación y actualización de diagnósticos y pronósticos; y, existencia y aplicación de nuevos aportes científicos y tecnologías para analizar e incrementar el acervo de conocimientos sobre las características del ciclo hidrológico, con énfasis en el proceso de precipitación pluvial en la Región Centro de México, en la Cuenca de México y, en particular, en el Distrito Federal, todo con el fin de definir, formular y proponer un Programa General;
- III. Definir, garantizar, diseñar y ejecutar un Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia de la Administración Pública del Distrito Federal: Desconcentrada y Paraestatal, que además de alentar las acciones individuales o colectivas de los sectores privado y social, comunidades y pueblos, así como de los habitantes del D.F., compense las irregularidades de la distribución de la precipitación pluvial en su territorio, mediante suministro de volúmenes de agua pluvial potabilizada por dicho subprograma a las y los habitantes que viven en zonas de baja precipitación pluvial o carezcan de las posibilidades o condiciones de cosechar agua de lluvia;

IV. Apoyar, estimular, promover, organizar e incentivar las acciones de cosecha de agua de lluvia de la población de la ciudad de México, con los siguientes:

- a) Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en los Ejidos, Comunidades, Barrios y Pueblos Rurales del Distrito Federal;
- b) Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en los Hogares de las y los Habitantes del Distrito Federal;
- c) Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en Todas las Nuevas Edificaciones, Instalaciones, Equipamientos, Viviendas y Obras Públicas del Distrito Federal;
- d) Subprograma de Adquisiciones de Tecnología, Materiales de Construcción, Infraestructura, Equipos e Instrumentos para Garantizar la Cosecha de Agua de Lluvia, su Potabilización y Otros Usos en el Distrito Federal; y

V. Introducir en todos las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones del Gobierno del Distrito Federal como eje transversal la cultura del uso racional, ahorro y reúso de agua potable y de construcción en todos sus edificios, oficinas, instalaciones y propiedades, la construcción de obras, infraestructura equipos e instrumentos para la cosecha de agua de lluvia.

II.3.5 Del Fondo general de apoyo a la cosecha de agua de lluvia

Artículo 142.- Se crea el Fondo General de Apoyo a la Cosecha de Agua de Lluvia del Distrito Federal, mismo que será administrado y operado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, de acuerdo a lo señalado en el capítulo correspondiente a la Competencia de esta Ley.

Artículo 143.- El Fondo estará integrado con recursos propios, mismos que se integran con los montos anuales autorizados por la Asamblea en el Decreto de Presupuesto de Egresos del Distrito Federal de cada año, los rendimientos que en cualquier modalidad generan los depósitos en dinero o valores, las donaciones y aportaciones de terceros.

Artículo 144.- El Fondo sólo podrá destinar, autorizar, programar, ejercer y devengar sus recursos para alcanzar los siguientes fines:

I. Adquirir, construir, mantener, rehabilitar, remodelar o ampliar inmuebles cuyo uso exclusivo sea organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, construir obras públicas, dotar de infraestructura, instalar equipos e instrumentos para la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

II. Comprar, rentar, mantener, rehabilitar o incrementar materiales de construcción para obras del sector público y social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del Distrito Federal, cuyo fin exclusivo sea captar agua de lluvia, nieve o granizo, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

III. Comprar, rentar, mantener, rehabilitar o incrementar infraestructura, instalar equipos, instrumentos y todo tipo de objetos muebles cuyo uso exclusivo sea organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

IV. Definir, formular, elaborar investigaciones, estudios, programas, asesoría, capacitación, actualización, superación profesional y técnica, cuyo fin exclusivo sea contribuir a organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

V. Otorgar incentivos económicos y en especie, inalienables e intransferibles, a los cosechadores(as) (dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal) que realicen cualquier acción para captar la unidad básica del Programa General: un metro cúbico de agua pluvial, de acuerdo con los tiempos, espacios y especificaciones técnicas que establece la presente ley, precise su reglamento y norme dicho programa general y sus respectivos subprogramas;

VI. Las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal que conscientes de la fundamental importancia de construir colectivamente una nueva cultura del uso, ahorro y reúso del agua potable realicen las acciones individuales o colectivas que puedan para contribuir con el Gobierno del Distrito Federal a promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia;

VII. Constituir, incrementar y apoyar los fondos particulares de los subprogramas citados en los artículos 16, 17, 18, 19 y 20 de la presente Ley;

VIII. Sufragar gastos que sean necesarios, autorizados por el Sistema de Aguas y justificados para regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro uso en el Distrito Federal; y

IX. Cubrir honorarios fiduciarios y demás gastos que origine la administración y operación del fondo.

II.4. COMPONENTES DE LOS PROYECTOS EJECUTIVOS

Los principales componentes de los Proyectos Ejecutivos de Captación de Agua de Lluvia son los siguientes:

II.4.1 Captación

El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de las diferentes edificaciones revestidos o tratados con materiales que la impermeabilizan. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.

Además, la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en m².

Para este trabajo la única superficie de captación de agua de lluvia considerada son las techumbres existentes en cada uno de los inmuebles, dependiendo de sus condiciones actuales, estas requirieron acondicionarse (impermeabilización y renivelación principalmente) para hacerlas funcionales para los fines que se persiguen.

II.4.2 Conducción

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

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

Los materiales utilizados son: aluminio, lámina galvanizada, PVC y recursos maderables de cada región. Actualmente se ha visto que los arquitectos, ingenieros y dueños de casas consideran estructuras diversas para la colección del agua de lluvia.

II.4.3 Filtración

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

El sistema de filtración es quizá el elemento más importante, de él dependerá la calidad del agua con que se cuente y de los usos potenciales que se le puedan dar; los costos de adquisición, la vida útil, la operación y mantenimiento juegan un papel importante en la selección de los mismos.

Su ubicación es justo antes de la descarga al sistema de almacenamiento esto para tener el agua en las mejores condiciones posible, los usos definidos para el agua pluvial captada son para aquellos servicios que no requieren potabilización, como son: baños, aseo general de casa, áreas verdes y lavado de autos.

En base a lo anterior, en los 28 proyectos en casa habitación particular, donde se tiene poco espacio y cuyas superficies de captación oscilan desde 35 a 159 m², con un promedio de 100 m², se utilizaron los filtros de grava acondicionado en tinaco de polietileno de 200 litros.

Para los restantes 22 proyectos, que correspondientes a escuelas, edificios públicos y comercios, donde las superficies de captación oscilan desde 220 m² hasta 5,045 m² se utilizaron filtros prefabricados para tales fines.

II.4.4 Almacenamiento

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

El almacenamiento es el dispositivo donde el agua pluvial es almacenada para su posterior utilización, su tamaño está en función del análisis de oferta-demanda, del espacio disponible en el inmueble y del volumen máximo mensual que se puede captar. En general para volúmenes de 7.5 y 10 m³ estos almacenamientos son de Polietileno, mientras que para volúmenes mayores son de concreto reforzado.

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

Plásticos: Fibra de vidrio, polietileno y PVC

Metales: Barril de acero, tanque de acero galvanizado.

Concreto: Ferro cemento, piedra y bloque de concreto.

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

II.4.5 Bombeo y Distribución

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

Para este caso que representa el **uso doméstico**, el sistema de bombeo y distribución se compone por el mismo equipo de bombeo, la tubería de succión y descarga de cobre, tinaco de polietileno de aguas pluviales y la tubería de distribución de cobre que alimenta a los servicios.

En la figura II.4.5.1 se muestran los elementos de un sistema convencional a nivel familiar de captación de agua lluvia; el área de captación o techo de la casa, el sistema de conducción o canaleta de lámina galvanizada sobre el borde del techo, la cisterna revestida y la tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro para la bajada del agua de lluvia, que se encuentra conectada al área de captación a través de la canaleta.

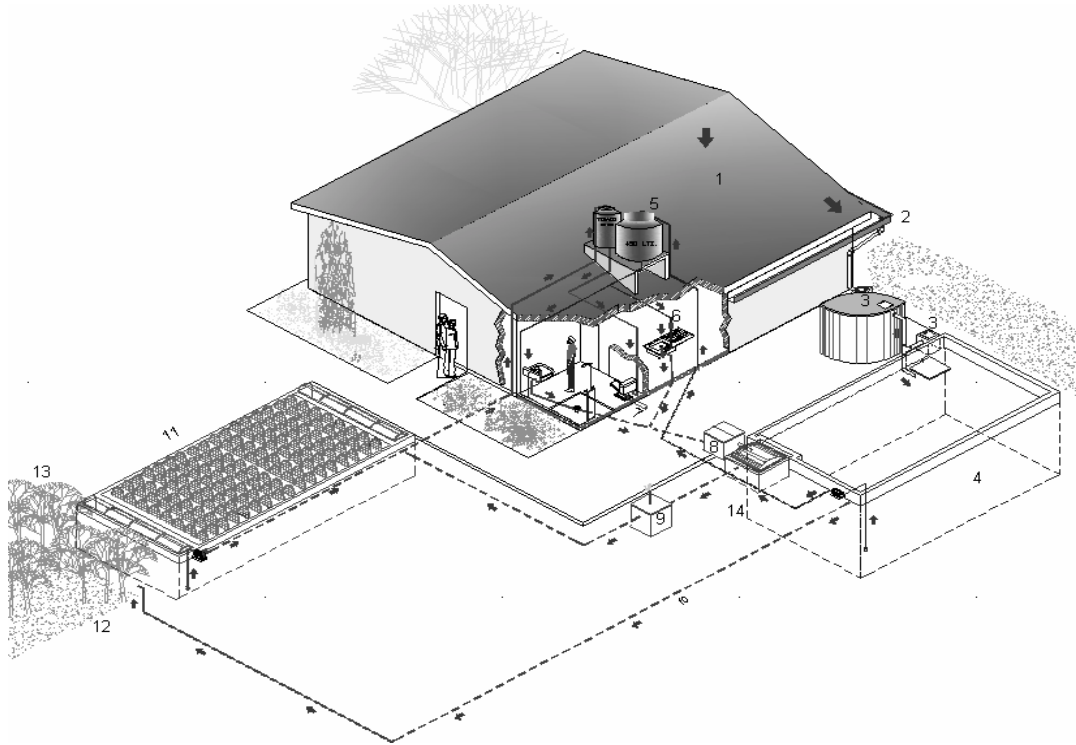


Figura II.4.5.1 Elementos de un sistema convencional de uso doméstico

En la figura II.4.5.2 se presenta de forma más general el sistema de captación, conducción, filtración, almacenamiento y distribución.

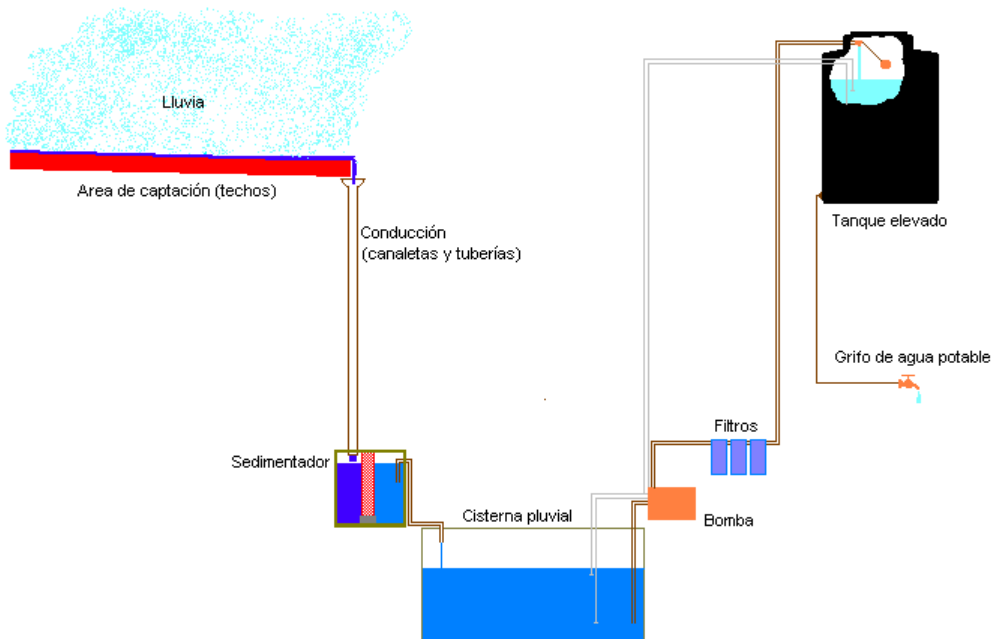


Figura II.4.5.2 Componentes de un sistema de captación de uso doméstico

III. METODOLOGIA

Una vez planteado el problema y fundamentado la teoría en los capítulos anteriores, en el presente capítulo se hace referencia al conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar el objetivo. Como principal estrategia se determinó construir Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia en todas las casas y domicilios particulares, escuelas y edificios públicos de la Ciudad donde las condiciones internas así lo permitieran, iniciando en las colonias con problemas de suministro intermitente de agua potable y que se localicen en zonas con alto índice de lluvias, e incorporar paulatinamente a las colonias con suministro intermitente, bajas presiones y faltas de agua, con menores índices de lluvia.

III.1. SELECCIÓN Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS FACTIBLES

El criterio general fue contar con sitios de proyecto a lo largo y ancho de la Ciudad de México, considerando diversos criterios (que se mencionan más adelante) y cuyo objetivo principal fue cubrir la mayor cantidad posible de situaciones tanto técnicas, económicas, sociales, ecológicas y físicas, que permitieran obtener información para su implementación generalizada.

Bajo esta idea, el “Plan Maestro para Cosecha de Agua de Lluvias para las Zonas Rurales y Urbanas” llevado a cabo por el SACM en el 2009, menciona lo siguiente:

a) Selección del Área de Estudio

Inicialmente se pensó en elegir dentro de la Ciudad de México una o varias zonas de estudio en donde por sus características físicas, meteorológicas y sociales se considerara factible implementar proyectos de Cosecha de Agua de Lluvia, sin embargo, una vez analizados proyectos existentes en México y en el extranjero, la

problemática que se tiene que resolver para implementar un sistema de este tipo y la normatividad vigente en la Ley de Aguas del Distrito Federal, se llegó a la conclusión que no debe limitarse el Plan Maestro para la Cosecha de Agua de Lluvia para las Zonas Rurales y Urbanas solo a ciertas zonas del Distrito Federal, por el contrario considerar toda la ciudad favorecerá la implantación de la estrategia por las siguientes razones:

Necesidad de concientizar a la población.

Implementar esta estrategia en toda la Ciudad de México traería conciencia a la población sobre la gravedad de la situación del agua a nivel, no solo estatal, si no nacional e incluso internacional y promovería una restricción en los hábitos de consumo para las nuevas generaciones, lo cual es fundamental para la subsistencia de las fuentes de abastecimiento actuales y por ende de la ciudad.

Corregir los hábitos de consumo de la población.

La estrategia de cosecha de agua de lluvia, así como cualquier otra medida que se establezca para lograr ahorro de agua potable, tendrá éxito en medida que se involucre a toda la población, puesto que los ahorros de agua que se puedan lograr en unas zonas con la implementación de cualquier estrategia de ahorro podrían repercutir en desperdicios en otras zonas, ya que está demostrado que cuando el recurso abunda, de manera casi natural los hábitos de consumo de la población se vuelven menos estrictos.

Sencillez técnica de los proyectos de cosecha de agua domiciliarios.

Los proyectos de cosecha de agua no necesariamente deben ser complejos y muy elaborados, por lo que se pueden implementar de manera relativamente sencilla a nivel domiciliario, considerando entre otros, casas habitación, unidades habitacionales, edificios públicos y privados, oficinas, centros de servicio,

escuelas, centros comunitarios y tiendas de autoservicio, iniciando por las zonas donde el índice de lluvias es mayor o donde se presenta escases, pero sin que esto sea una limitante para extender la estrategia a toda la ciudad.

Mayor complejidad de los proyectos comunitarios.

La implementación de proyectos en la vía pública implica mayor complejidad en todos los aspectos, por lo que implementar la estrategia a nivel domiciliario sería mucho más eficaz y permitiría implementarlo a corto plazo, sin que esto implique descartar los proyectos urbanos.

Por lo anterior las estrategias que se plantean en el Plan Maestro aplican para todo el territorio de la ciudad de México tanto en su Área Urbana como en los pueblos rurales localizados en el suelo de conservación. Para las primeras etapas del plan se propone iniciar por las zonas que cumplan con dos condiciones básicas:

Zonas con mayor problemática en el suministro de agua potable, como son las colonias con servicio intermitente, esto es que cuentan con suministro a través de redes de distribución solo unas horas a la semana.

Zonas con alto o medio índice de lluvia anual.

De estas condiciones se derivaron las colonias con servicio intermitente de agua potable de las delegaciones: Álvaro Obregón, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac e Iztapalapa.

En base a lo anterior, los criterios a considerar para la identificación y selección de los 50 sitios factibles para llevar a cabo los proyectos de captación de agua de lluvia (SCALL) fueron los siguientes:

III.1.1 Por su ubicación

En este criterio se busca que se tengan sitios de proyecto tanto en zona urbana como en zona rural. La siguiente figura muestra la distribución de las zonas.

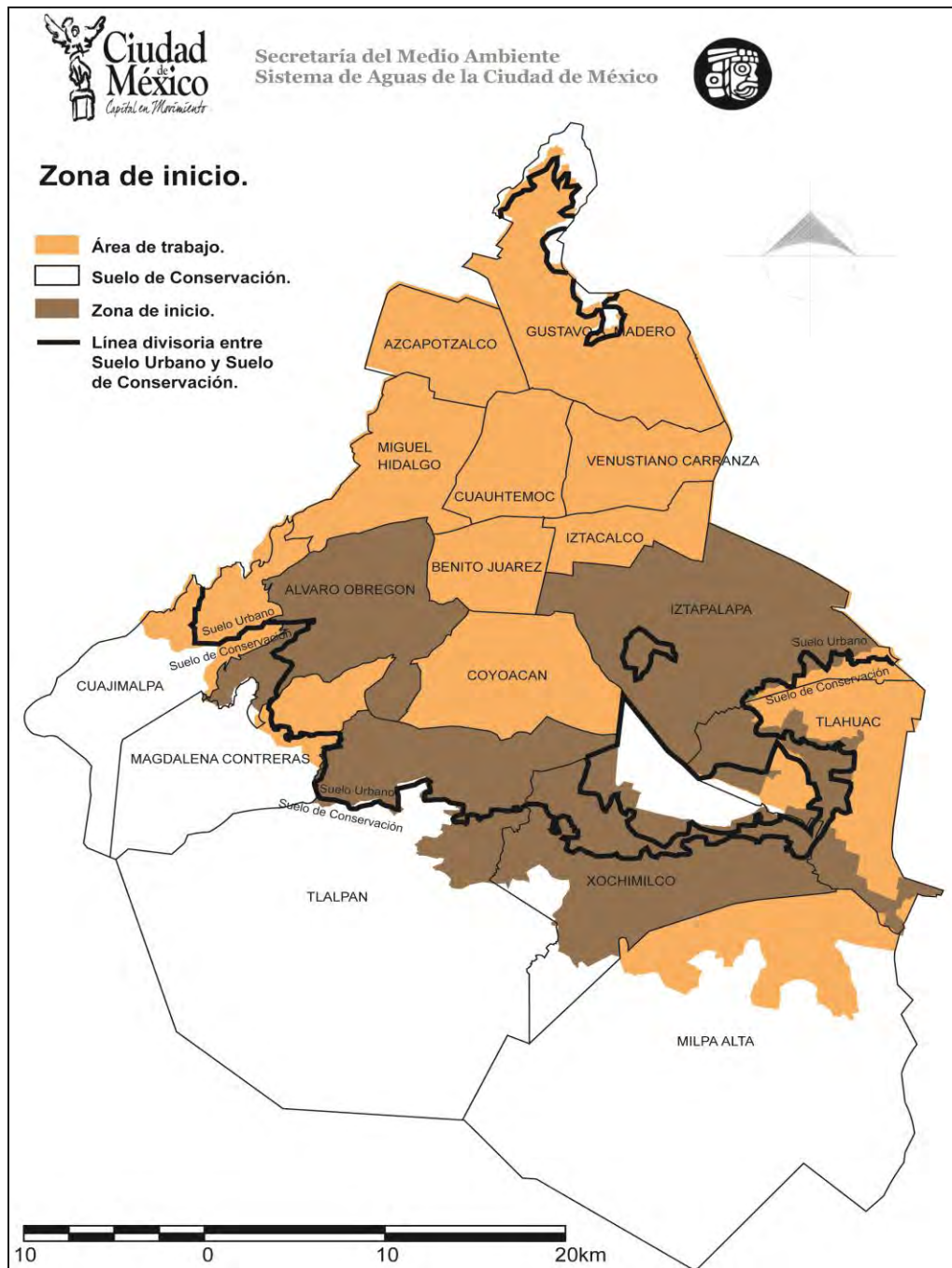


Figura III.1.1.1 Suelo Urbano, Suelo Conservación y Zonas de Inicio de SCALL (Fuente: SACM)

III.1.2 Por el tipo de servicio

Este criterio considera contar con sitios de proyecto tanto en zonas que cuentan con servicio continuo como en aquellas zonas donde el servicio es deficiente.

- a) Zonas con servicio continuo
- b) Zonas con servicio intermitente, tandeo, y/o sin servicio

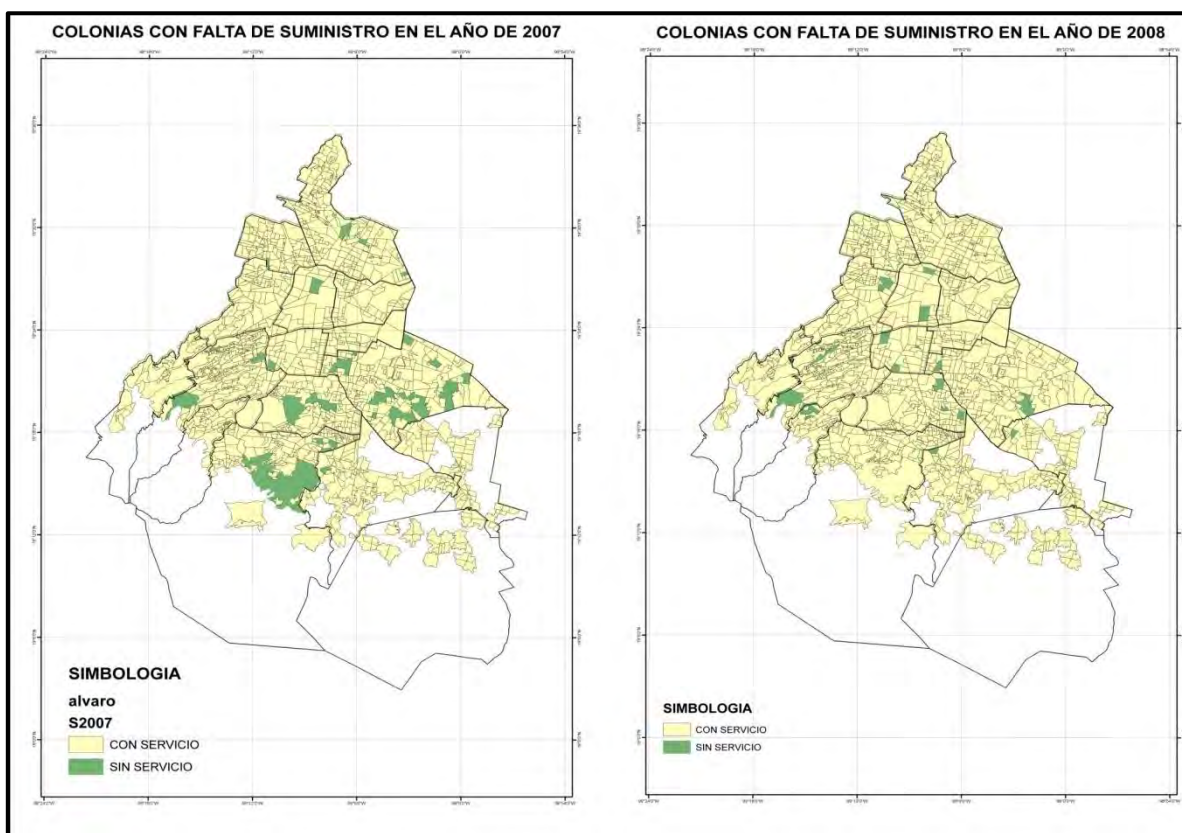


Figura III.1.2.1 colonias con falta de suministro de agua potable

III.1.3 Por su nivel socioeconómico

Se busca diversificar y tener sitios de proyecto en diferentes estratos socioeconómicos, esto es:

- a) Nivel socioeconómico Bajo
- b) Nivel socioeconómico Medio
- c) Nivel socioeconómico Alto

III.1.4 Por la magnitud de las precipitaciones

La distribución de la lluvia a lo largo y ancho de la Ciudad de México es heterogénea, por una parte en las zona poniente (zonas Altas de las Delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras) se tienen precipitaciones medias del doble de las que se presentan al oriente (Delegaciones Iztapalapa y Venustiano Carranza), es por esto que es importante considerar sitios de proyecto en ambas zonas y ver no solamente el potencial de captación, sino también los otros aspectos que hemos mencionado. Por lo anterior se ubicaran sitios en zonas:

- a) De 420 a 600 mm media anual
- b) De 600 a 800 mm media anual
- c) De 800 a 1060 mm media anual

La figura III.1.4.1 que se presenta más adelante muestra la magnitud de las precipitaciones por medio de isoyetas

III.1.5 Por el tipo de inmueble

Uno de los objetivos principales del presente estudio está enfocado a casa habitación, en ellos residió el mayor número de proyectos, otro tipo de inmueble también importante por su superficie de captación y disponibilidad de espacio para ubicar la cisterna de agua pluvial, son las escuelas; finalmente en menor cantidad también se consideraron edificios públicos y comercios.

En base a los criterios antes mencionados, en la figura III.1.5.1 se muestra la ubicación de los 50 sitios seleccionados para llevar a cabo los Proyectos de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).

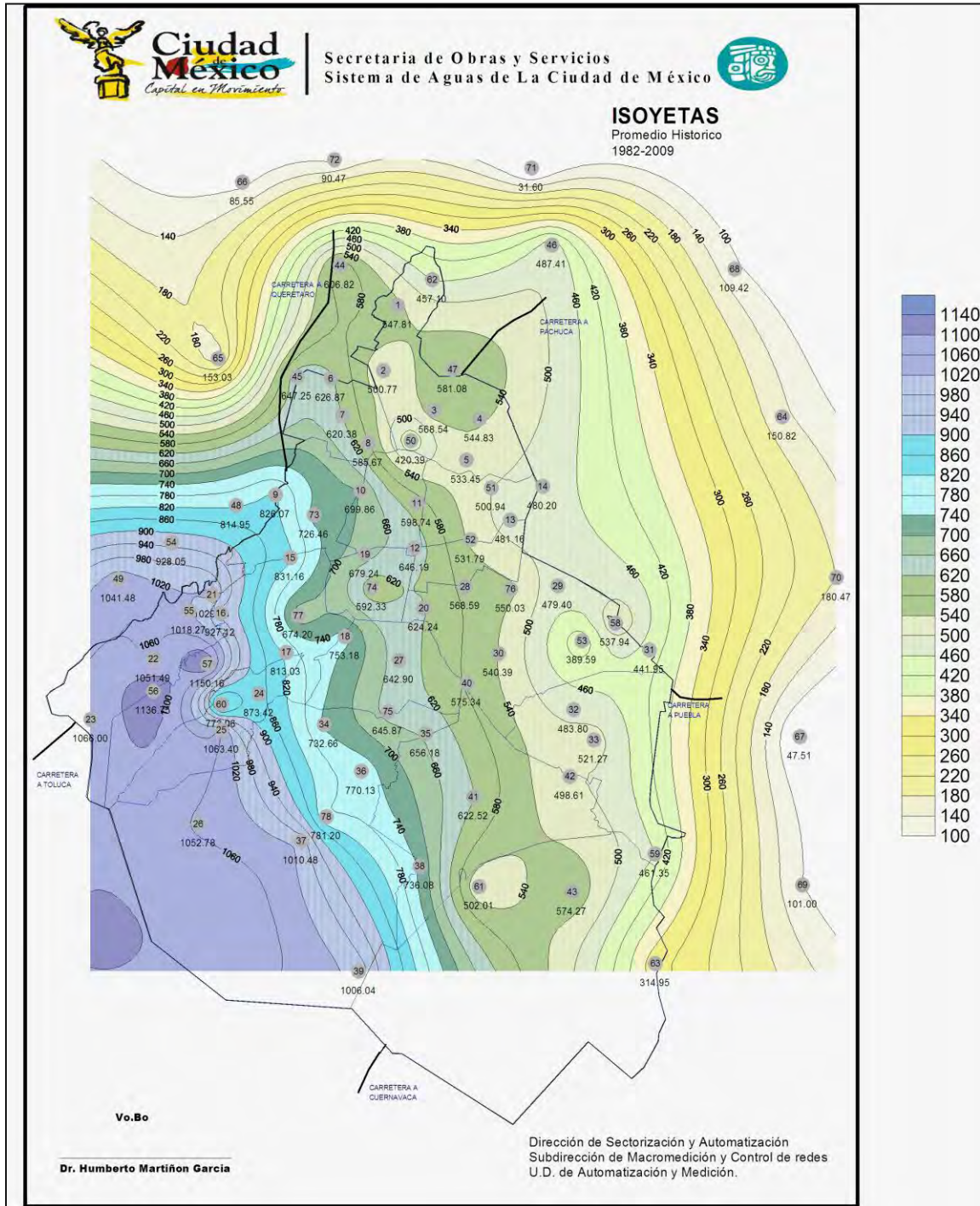


Figura III.1.4.1 Isoyetas promedio históricas 1982-2009
(Fuente: SACM)

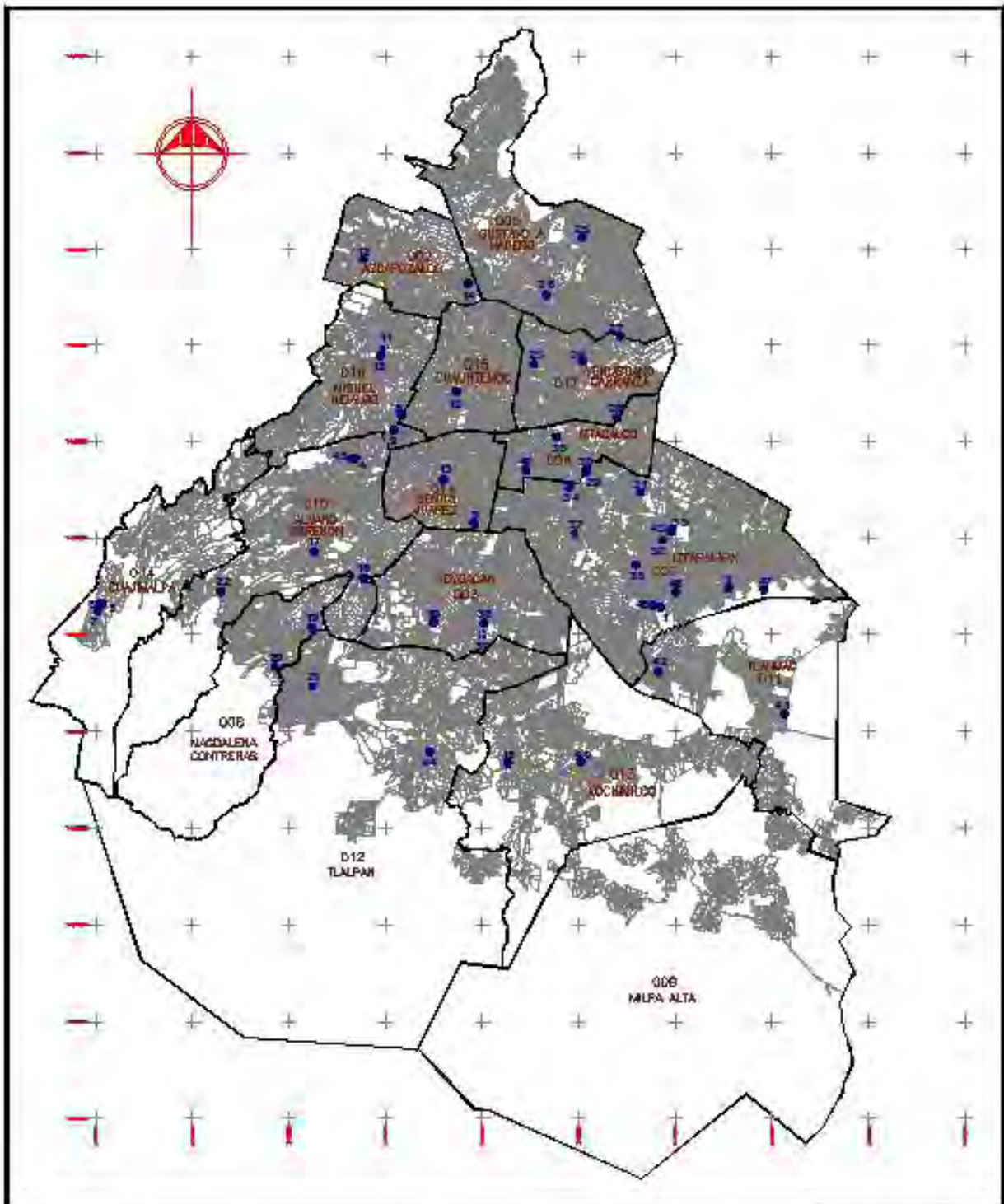


Figura III.1.5.1 Distribución espacial de los 50 sitios para llevar a cabo los SCALL

NOTA: El plano correspondiente a la figura anterior se presenta en el apartado de anexos como ANEXO 1 impreso en tamaño doble carta.

III.2. RECORRIDOS A LAS DIFERENTES ZONAS

Una vez que se tuvo identificado los 50 sitios factibles para elaborar los proyectos ejecutivos de captación de agua de lluvia, se iniciaron los recorridos de campo para la identificación precisa de los inmuebles con el potencial de establecer estos sistemas, posteriormente se contactaron a los propietarios de estos inmuebles para informarles de los objetivos, alcances, propósitos y ventajas del trabajo.

Para poder llevar a cabo la implementación de un proyecto de un SCALL fue necesario que se cumplieran simultáneamente los siguientes requisitos:

- a) Que técnicamente sea posible implementar un SCALL
- b) Que el propietario desee contar en su inmueble con un SCALL
- c) Que se cuente con una techumbre suficiente para la captación de agua de lluvia, que esta sea lo menos transitada posible, en caso de no ser así, se buscó que esta pueda ser aseada debidamente con el objeto de que el agua recolectada tenga la menor cantidad de basura posible
- d) Que se tenga el espacio suficiente para poder habilitar los componentes del SCALL principalmente la cisterna.

En campo fue difícil que en conjunto se cumplieran estos cinco requisitos, el inciso b) fue el que mayor relevancia tuvo dado que si el propietario del inmueble no está convencido de la importancia y bondades de este programa nada se podía hacer.

Cabe mencionar que una parte del trabajo más complejo corresponde a este apartado, debido a que se buscó a cada uno de los propietarios que estuvieran de acuerdo a lo largo y ancho de la ciudad. La importancia de este concepto radica en que primero se tuvo que ubicar el predio, una vez ubicado se tuvo que convencer al propietario para poder tener acceso a la vivienda y a la información, se agregaría que por cada 50 sitios visitados se encontraba en promedio uno.

III.2.1 Croquis de Recorridos

La siguiente figura muestra un croquis con los 50 sitios levantados y sus recorridos, cabe mencionar que la oficina central se encuentra cerca del metro taxqueña, en la delegación Coyoacán (Plano correspondiente al ANEXO 2).

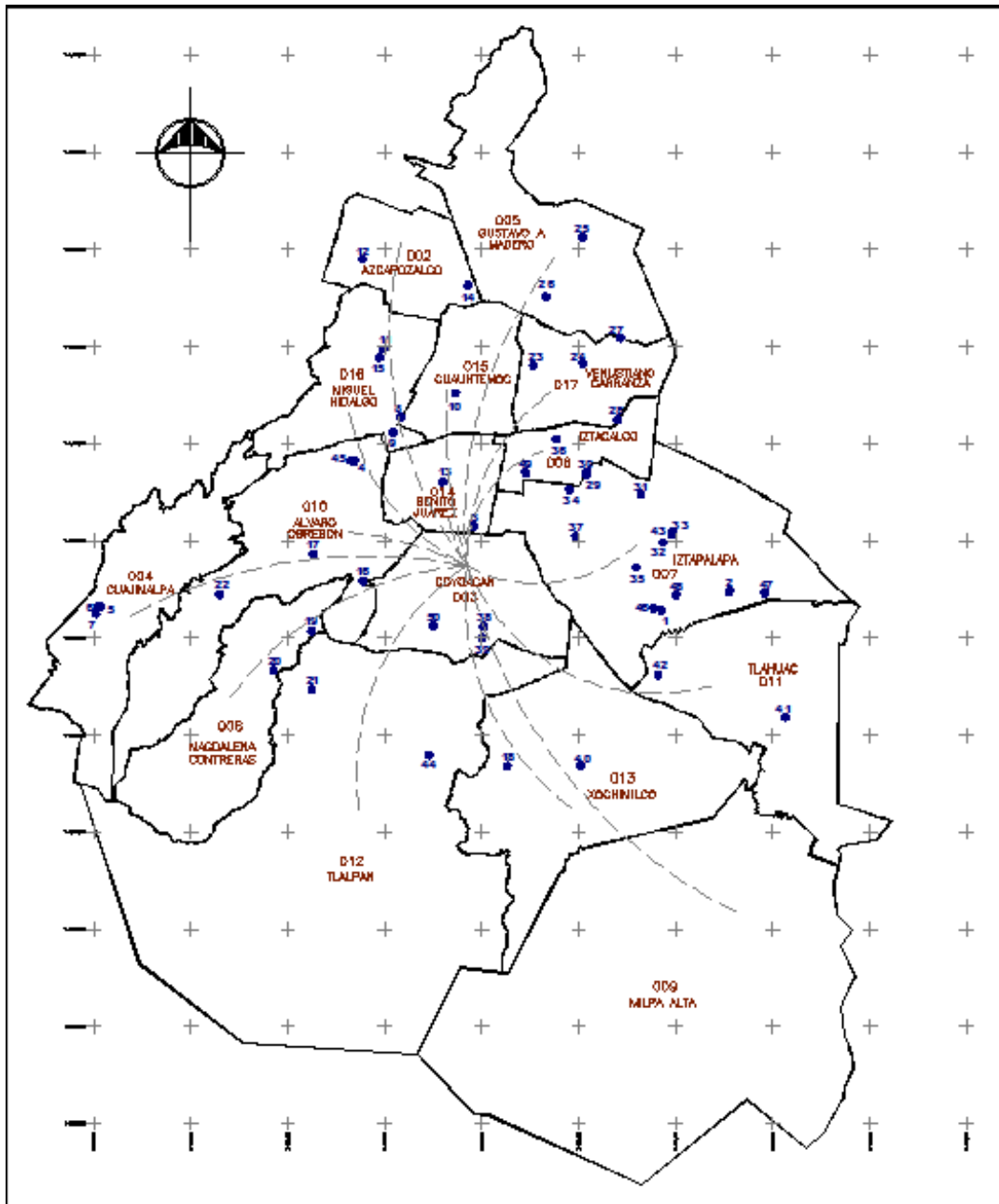


Figura III.2.1 Recorridos a los diferentes sitios desde oficina central

III.3. LEVANTAMIENTO DE LOS PREDIOS

Se llevó a cabo el levantamiento de cada uno de los inmuebles seleccionados en los que el propietario autorizó el mismo, en especial se puso mayor énfasis en la superficie potencial de captación y en la ubicación de la cisterna.

Durante dicho levantamiento se fue identificando conceptualmente cada uno de los componentes del SCALL:


- Captación
- Conducción
- Almacenamiento
- Distribución

Una vez identificado el funcionamiento conceptual se llevaron a cabo las mediciones respectivas, se hicieron las anotaciones referentes y se tomaron las fotografías correspondientes.

III.3.1 Encuesta Tipo


Se elaboró una encuesta para identificar las características principales del inmueble como son: dirección, número de habitantes, nombre del propietario, características de la distribución de agua potable, entre otros y una pequeña encuesta de 5 preguntas asociadas al motivo del presente trabajo.

La figura III.3.1.1 y III.3.1.2 muestran el tipo de encuesta ejecutada, asimismo la figura III.3.1.3 muestra una hoja en blanco que corresponde al dibujo del croquis y un espacio para las firmas tanto del propietario como del técnico encuestador, mismas que a continuación se muestran (se agrega formato en el ANEXO 3 para mejor visualización, las imágenes solo son ilustrativas).



Ciudad México
Capital del Bicentenario

Secretaría del Medio Ambiente
Sistema de Aguas de la Ciudad de México



HOJA 1 DE 3

DATOS DE IDENTIFICACIÓN	CONSECUTIVO	FECHA
TIPO DE INMUEBLE: CASA PARTICULAR () CONJUNTO HABITACIONAL () EDIFICIO PÚBLICO () EDIFICIO PRIVADO () PARQUE () ESCUELA () COMERCIO () OTRO		
ZONA URBANA () ZONA RURAL ()		
DOMICILIO _____		
NÚMERO EXTERIOR _____ COLONIA _____ CÓDIGO POSTAL _____		
DELEGACIÓN POLÍTICA _____ (1) PROPIA (2) RENTADA (3) COMODATO (4) OTRO _____		
USO TIPO PREDIAL _____ CLASE PREDIAL _____ NÚMERO DE CUENTA PREDIAL _____		
NOMBRE DEL PROPIETARIO _____		
NIVELES DE CONSTRUCCIÓN PB: () 1 PISO () 2 PISO () 3 PISO () MAS ESPECIFIQUE _____		
NÚMERO DE DEPARTAMENTOS _____ NÚMERO DE HABITANTES _____		
COPIA DE BOLETA PREDIAL _____		
DATOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE		
EXISTE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE (SI) (NO)		
NO. DE CUENTA SACM _____ NO. DE MEDIDOR _____ ZONA DEL SACM _____		
DIÁMETRO DE LA TONA _____ SERVICIO _____ (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____ (5) _____		
(1) SERVICIO CONSTANTE (2) INTERMITENTE (3) TAJERO (4) PREGA (5) OTROS (ESPECIFIQUE)		
OBTENER COPIA DEL ÚLTIMO RECIBO DE AGUA POR EL SACM ()		
ALMACENAMIENTO ACTUAL		
TIPO DE ALMACENAMIENTO		
CISTERNA _____ CANTIDAD _____ CAPACIDAD _____		
TINACOS _____ CANTIDAD _____ CAPACIDAD _____		
ABASTECIMIENTO A TINACOS Y/O CISTERNA		
(GRAVEDAD) _____ (BOMBEO) _____ CAPACIDAD (HP) _____ CALIDAD DEL AGUA (VISIBLEMENTE) _____		
EXPIDE OLORES EL AGUA (SI) (NO) TINACOS (ESTADO) BUENO (SI) (NO) REGULAR (SI) (NO) MALO (SI) (NO)		
TUBERÍAS DE CISTERNA A TINACOS (ESTADO) BUENO _____ REGULAR _____ MALO _____		
TUBERÍAS A RED DE DISTRIBUCIÓN (ESTADO) BUENO _____ REGULAR _____ MALO _____		

Figura III.3.1.1 Formato de Encuesta Levantada Hoja 1 de 3



	Secretaría del Medio Ambiente Sistema de Aguas de la Ciudad de México		HOJA 2 DE 3
SERVICIOS			
DIAMETRO DE TUBERIA DE DISTRIBUCION _____			
INODOROS TOTALES POR INMUEBLE (CANTIDAD) _____ FUNCIONAN _____ FUERA DE SERVICIO _____			
WIGITORIOS TOTALES POR INMUEBLE (CANTIDAD) _____ FUNCIONAN _____ FUERA DE SERVICIO _____			
LAVAMANOS TOTALES POR INMUEBLE (CANTIDAD) _____ FUNCIONAN _____ FUERA DE SERVICIO _____			
AREAS VERDES (SI) (NO) SUPERFICIE DE AREAS VERDES _____			
RIEGO CON AGUA TRATADA (SI) (NO) CUENTAN CON ALMACENAMIENTO (SI) (NO) _____			
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO: TINACO _____ LTS. CISTERNA _____ LTS			
EVENTOS DE RIEGO POR DIA _____			
HIDRANTES CONTRA INCENDIO (SI) (NO) CONECTADO A RED MUNICIPAL (SI) (NO) _____			
CONTROL DE FOTOGRAFIAS			
FACHADA (1 FOTOS) _____			
UBICACIÓN DE LA RED SECUNDARIA (2 FOTOS) (CAJA DISTRIBUIDORA Y/O CALLE) _____			
TOMA DE AGUA (1 FOTOS) (TOMA Y MEDIDOR) _____ CISTERNA EN SU CASO (1 FOTO) _____			
TINACOS DE LOS INMUEBLES (2 FOTOS) _____ SISTEMA DE DISTRIBUCION (2 FOTOS) _____			
HIDRANTES Y AREAS VERDES (FOTOS LAS NECESARIAS) _____			
SITIO FACTIBLE DE UBICAR CISTERNA DE SCALL (2 FOTOS) _____			
CUESTIONARIO			
¿SABE USTED DE DONDE VIENE SU AGUA _____			
¿SABE USTED A DONDE VA SU AGUA UNA VEZ USADA _____			
¿QUE ES LO QUE MAS LE INTERESA AL INSTALAR UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA?			
() AHORRO DE AGUA () QUE SEA SU ALIMENTAMIENTO DE AGUA () INTERES ECOLOGICO () OTRO _____			
¿QUE USOS LE PIENSA DAR AL AGUA RECOLECTADA			
() POTABLE (PARA BEBER) () AGUA PARA BAÑARSE (USO DOMESTICO, CON CONTACTO DIRECTO PERO NO PARA BEBER)			
() EXCUSADAS UNICAMENTE (NO) () RIEGO (ESPECIFICAR SI ES PARA ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO)			
() LIMPIEZA, LAVADO DE COCHAS, ETC () OTROS _____			
¿DESEA UN SISTEMA QUE FUNCIONE SOLO EN EPOCA DE LLUVIAS O DURANTE TODO EL AÑO? _____			

Figura III.3.1.2 Formato de Encuesta Levantada Hoja 2 de 3

Ciudad México

Secretaría del Medio Ambiente
Sistema de Aguas de la Ciudad de México

HOJA 3 DE 3

CROQUIS DE LA VIVIENDA
(AZOTEAS Y UBICACIÓN DE ALMACENAMIENTO)

NOMBRE Y FIRMA DEL PROPIETARIO

NOMBRE Y FIRMA DE ENCUESTADOR

Nota: La firma de la presente encuesta es acto de carácter formal y de uso confidencial entre el propietario y el SACM, en ningún momento se compromete a ninguna de las partes a que se efectuó este proyecto en su propiedad.

Figura III.3.1.3 Formato de Hoja de Croquis y Firmas Hoja 3 de 3

En tabla III.3.1.1 se muestran los 50 levantamientos llevados a cabo, los datos y características en los que finalmente el propietario dio su autorización y firma de conformidad de que en su propiedad se llevara a cabo la implementación de un SCALL.

Tabla III.3.1.1 Sitios de Proyecto llevados a cabo

SITIOS DE PROYECTO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA					
No.	TIPO	DELEGACIÓN	COLONIA	CALLE	NÚMERO
1	Casa habitación	Iztapalapa	Consejo Agrarista Mexicano	Sol 2da cerrada	Mza 3 Lote 1
2	Casa habitación	Iztapalapa	Tenorios	La Era	Mza 97 Lote 6
3	Escuela pública	Benito Juárez	Portales	Esq. Av. Repúblicas y Bélgica	S/N
4	Casa habitación	Ávaro Obregón	Molino de Santo Domingo	Santa Salomé	No. 43
5	Casa habitación	Cuajimalpa	San Lorenzo Acoapilco	Camino de Hita	No. 10
6	Casa habitación	Cuajimalpa	San Lorenzo Acoapilco	Camino de Hita	S/N
7	Casa habitación	Cuajimalpa	San Lorenzo Acoapilco	Cerrada de Ocampo	No. 4
8	Escuela pública	Miguel Hidalgo	San Miguel Chapultepec	Protasio Tagle	No. 27
9	Escuela pública	Miguel Hidalgo	San Miguel Chapultepec	Vicente Egula	No. 31
10	Escuela pública	Cuahuhtemoc	Juarez	Abraham González	No. 151
11	Escuela pública	Miguel Hidalgo	Anahuac	Lago Helmar	No. 12
12	Casa habitación	Azcapotzalco	Petrolera	M. Lerdo de Tejada	No. 436-A
13	Escuela privada	Benito Juárez	Del Valle	Heriberto Frías	No. 949
14	Escuela pública	Azcapotzalco	Piso-Hogar	Calle 21	No. 103
15	Escuela pública	Miguel Hidalgo	Ampliación Granada	Lago Melar	S/N
16	Casa habitación	Ávaro Obregón	Tizapán-San Angel	Chapas	No. 51
17	Casa habitación	Ávaro Obregón	San Clemente	Oyamel	No. 15-A
18	Casa habitación	Xochimilco	Santa Cruz Xochitlapac	Zapoco	No. 8
19	Edificio Público	Magdalena Contreras	Heroes de Padlema	Oaxaca	S/N
20	Casa habitación	Magdalena Contreras	Pueblo de San Nicolas T.	Soledad	No. 35
21	Casa habitación	Tlalpan	Torres de Padlema	Tekit	No.188
22	Casa habitación	Ávaro Obregón	Pueblo de San Bartolo A.	Guillermo Prieto	No.21
23	Casa habitación	Venustiano Carranza	Morelos	Sastrería	No.90
24	Casa habitación	Venustiano Carranza	Moctezuma 2da. Sección	Oriente 162	No.325
25	Escuela pública	Gustavo A. Madero	Vasco de Quiroga	Fray Juan de Padilla	S/N
26	Casa habitación	Gustavo A. Madero	3 Estrellas	Granito	No. 6211
27	Escuela pública	Gustavo A. Madero	San Juan de Aragón	Avenida 585	28
28	Escuela pública	Venustiano Carranza	Aviación Civil	Simon Audenard	S/N
29	Edificio Público	Iztacalco	Cuchilla Ramos Millan	Oriente 116	S/N
30	Escuela pública	Iztacalco	Gabriel Ramos Millan	Sur 183	S/N
31	Casa habitación	Iztapalapa	Leyes de Reforma	16 de Marzo de 1861	No. 1657
32	Comercio	Iztapalapa	U.H. Vicente Guerrero	Campaña de Ebanó	S/N
33	Casa habitación	Iztapalapa	U.H. Vicente Guerrero	3ra de Rosendo S.	No. 13
34	Edificio Público	Iztacalco	Caños Zapata Vela	Canal de Apatlaco	No. 502
35	Escuela pública	Iztapalapa	Los Angeles	Orquidea	S/N
36	Escuela pública	Iztacalco	Granjas México	Añil	No.154
37	Escuela pública	Iztapalapa	Barrio San Lucas	Libertad	No. 23
38	Edificio Público	Coyoacán	El Reloj	Caliz y Coriba	S/N
39	Escuela pública	Coyoacán	Santa Ursula Coapa	Esfuerzo	No. 36
40	Casa habitación	Xochimilco	Barrio de Xaltocan	Central	No. 5
41	Casa habitación	Tlahuac	San José	Guadalupe Trigo	No. 1129
42	Casa habitación	Tlahuac	Del Mar	Sabaib	No. 13
43	Casa habitación	Iztapalapa	U.H. Vicente Guerrero	1ra de Dimas E.	No. 2
44	Casa habitación	Tlalpan	San Andres Tototepac	2da. Cda. Herreria	No. 12
45	Casa habitación	Ávaro Obregón	Molino de Santo Domingo	Santa Rosa	No. 39
46	Casa habitación	Iztapalapa	Consejo Agrarista Mexicano	Morelos	Lote 5, Mza 43
47	Escuela pública	Iztapalapa	San Pablo II	Noche Buena	S/N
48	Casa habitación	Iztapalapa	Hank González	16 de Septiembre	No. 78
49	Casa habitación	Iztacalco	Santa Cruz Izacalco	Juarez	No. 22
50	Casa habitación	Coyoacán	Ajusco	Zapotecas	No. 517

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

Se levantaron 50 sitios a lo largo y ancho de la ciudad de México, para el presente documento se eligió solo uno debido al poco espacio que se tiene, el cual corresponde a una casa habitación por la sencilla razón de que se tiene que comenzar a concientizar a la población comenzando desde casa.

Los resultados que se mostrarán a continuación pertenecen al **SITIO número 1**, el cual corresponde a una Casa Habitación que se encuentra ubicada en la **Calle de 2da Cerrada de Sol, Manzana 3, Lote 1, Colonia Consejo Agrarista Mexicano, Delegación Iztapalapa**. Entre varias razones por las que se eligió este sitio para presentarse, una es que fue la primera persona en permitirnos el acceso a su vivienda y otra por pertenecer a una de las delegaciones con más problemas en cuanto a la distribución de agua potable.

IV.1. ELABORACIÓN DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

IV.1.1 Localización del sitio

Se llevó a cabo el levantamiento del inmueble según los criterios definidos por los términos de referencia y **la residencia de obra**, realizándose el levantamiento a detalle de la superficie factible de captación de agua de lluvia y de la ubicación de la cisterna de agua pluvial, para mayor referencia de localización en el ANEXO 4 se presenta el álbum fotográfico que corresponde a este sitio.

Información adicional importante aparte de la superficie potencial de captación, será el número de habitantes y la dirección del inmueble para la determinación de la demanda y oferta respectivamente, mismos que se presentan a continuación.

IV.1.2 Determinación de la precipitación pluvial neta (Pn)

Se obtuvo la precipitación media mensual histórica para cada uno de los meses del año, esta representa la lluvia total (P) a captar, sin embargo, parte de esta queda atrapada, se evapora o se infiltra en la misma superficie de captación por lo que esto representa una pérdida que hay que descontar necesariamente.

A la altura de precipitación que resulta de restar la total menos la debida a las pérdidas de precipitación se le conoce como altura de precipitación neta (Pn), en exceso o efectiva y es la que da origen al escurrimiento directo y es la que es posible captar y almacenar. Se define como coeficiente de escurrimiento “C” al volumen del escurrimiento directo (VED) entre el volumen total de lluvia (VLL) (Aparicio, 1999), es decir:

$$C = \frac{V_{ED}}{V_{LL}}$$

La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento “C” de los materiales del área de captación, en la Tabla IV.1.2.1 y IV.1.2.2 se muestran algunos valores.

Tabla IV.1.2.1 Coeficientes de escurrimiento (C) de diferentes materiales área de captación

Tipo de Captación	C
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.5 - 0.6
Pavimento	0.6 - 0.8
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Tabla IV.1.2.2 Diferentes valores del coeficiente de escurrimiento C
(Fuentes y Franco, 1999)

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
ZONAS COMERCIALES		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espacios	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES		
CAMPOS DE JUEGO		
PATIOS DE FERROCARIL		
ZONAS SUBURBANAS		
CALLES		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS		
TECHADOS		
PRADERAS		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 ó menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias(0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

La fórmula para estimar la precipitación neta es la siguiente:

$$P_{nij}k = P_{ijk} C$$

Dónde:

$P_{nij}k$ = precipitación neta del día i, mes j y año k, en mm

P_{ijk} = precipitación total del día i, mes j y año k, en mm

C = coeficiente de escurrimiento

Las precipitaciones totales se obtienen del análisis de los registros históricos de la red pluviométrica que opera el SACM, la cual consta 78 estaciones distribuidas a lo largo y ancho de la Ciudad de México y zona conurbada y cuyos registros datan del año 1982 al 2010, en el ANEXO V se muestra el plano con la ubicación de las 49 estaciones climatológicas que se encuentran en la Ciudad de México de donde se obtuvieron los registros históricos proporcionados a su vez por el SACM. Asimismo la siguiente tabla muestra los nombres de las 49 estaciones ubicadas en la CDMX.

Tabla IV.1.2.3 Estaciones Climatológicas ubicadas en la CDMX

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA SACM			ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA SACM		
CLAVE	NOMBRE	LLUVIA MEDIA ANUAL (MM)	CLAVE	NOMBRE	LLUVIA MEDIA ANUAL (MM)
1	CHALMITA	541.14	26	MONTE ALEGRE	1028.25
2	REMEDIOS	528.36	27	XOTEPINGO	682.42
3	LINDAVISTA	609.75	28	ACUJCO	570.89
4	COYOL	548.17	29	EJERCITO DE ORIENTE	479.46
5	GENERADORA 11	544.05	30	PLANTA CERRO DE LA ESTRELLA	538.42
6	ROSARIO	635.82	31	LA CALDERA	442.25
7	CAMPAMENTO MECOAYA	664.90	32	PLANTA SANTA CATARINA	509.87
8	NUEVA SANTA MARIA	591.64	33	TLAHUAC	530.52
9	SAN JOAQUIN	842.11	34	BOSQUE DE TLALPAN	794.66
10	TIZOC	725.78	35	VILLA COAPA	699.85
11	GDF	606.06	36	SAN PEDRO MARTIR	796.62
12	MARCOS CARRILLO	630.09	37	AJUSCO	1032.90
13	LOPEZ MATEOS	505.92	38	TOPILEJO	759.05
14	CHURUBUSCO LAGO	511.18	39	CASETA FLORESTAL PARRES	987.73
15	TRIANGULO	812.00	40	GAVM SUR	599.59
16	SANTA FE	945.03	41	NATIVITAS	632.85
17	TANQUE LIENZO	844.78	42	SAN LUIS TLAXIATEMALCO	507.81
18	UNIVERSIDAD	743.55	43	MILPA ALTA	578.64
19	RADIO COMUNICACIÓN	698.24	44	BARRIENTOS	629.43
20	MUNICIPIO LIBRE	654.16	45	VASO DE CRISTO	672.88
21	EL CARTERO	1023.78	46	CHICOMAUTLA I	516.52
22	LA VENTA	1144.04	47	CHICOMAUTLA II	567.95
23	ZARCO	1096.42	48	PALMAS	836.98
24	SAN FRANCISCO	855.03	49	EL VENADO	1003.76
25	RIO MAGDALENA	1084.82			

Del análisis de esta información se elaboró el plano de isoyetas medias anuales con periodo de registro de 1982 a 2002, en el ANEXO V se muestra el plano respectivo, mismo que se ilustra en la siguiente figura:

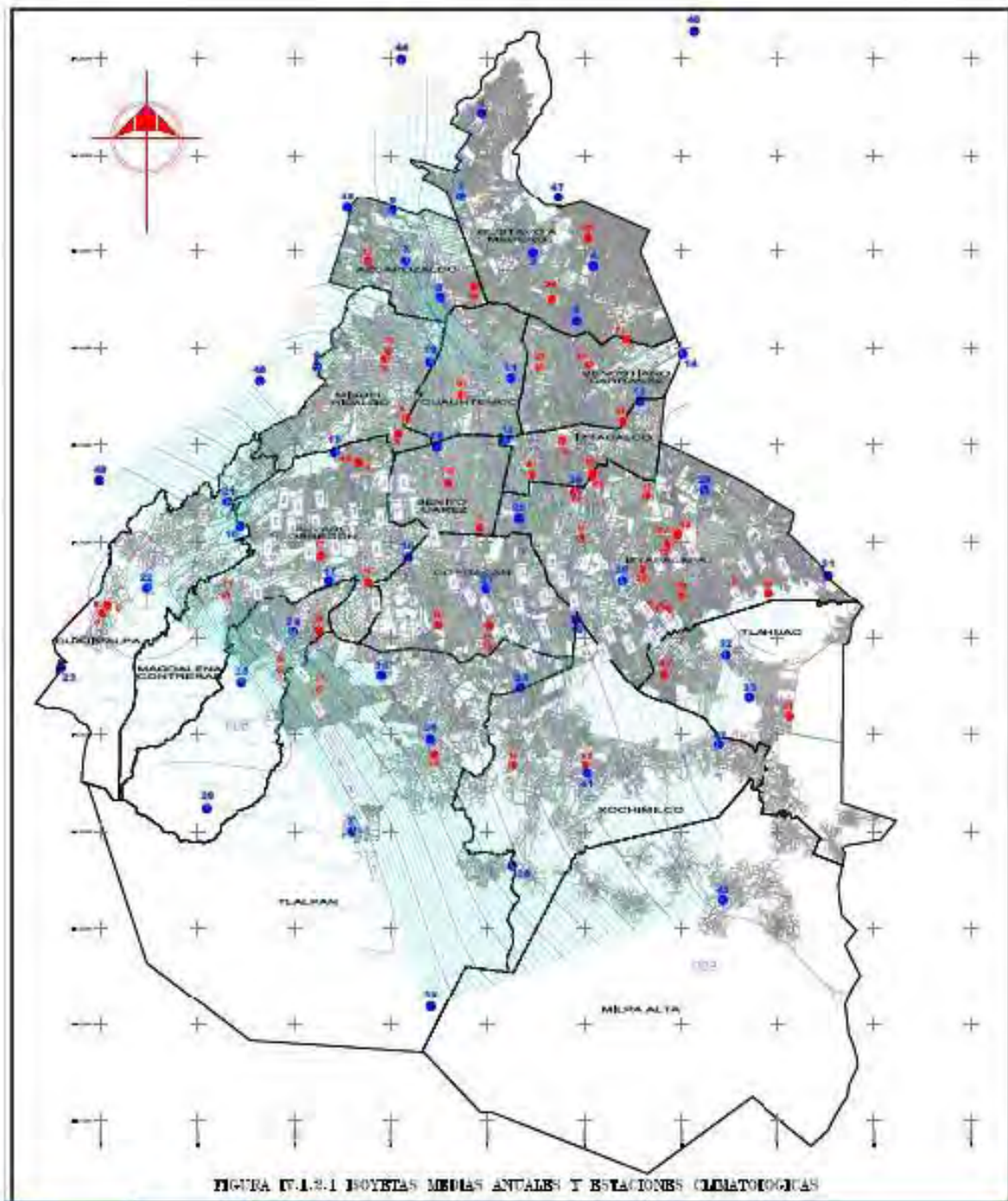


Figura IV.1.2.1 Isoyetas Medias Anuales y Estaciones Climatológicas

IV.1.3 Determinación de la Demanda

Las NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL menciona lo siguiente:

Dotación.- En agua potable, es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios municipales, industriales y comerciales y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual.

En estas mismas normas se menciona que dichas dotaciones podrían variar desde 100 a 250 l/hab/día, aunque en el mismo documento se menciona que en viviendas esta no debe ser menor a 150 l/hab/día, ver tabla IV.1.3.1

Tabla IV.1.3.1 Consumos per cápita, Fuente: RCDF

6 de octubre de 2004		GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL		125	
de edificios comerciales o de servicios e industrias la que se presenta en la tabla 2-13.					
TABLA 2-13.- Dotación mínima de agua potable.					
TIPOLOGÍA		DOTACIÓN			
I. HABITACIONAL					
I.1 Vivienda de hasta 90 m ² construidos		150 l/hab./día			
I.2 Vivienda mayor de 90 m ² construidos		200 l/hab./día			
II. COMERCIAL					
II.1 Comercios		6 l/m ² /día			
II.2 Mercados públicos y tianguis		100 l/puesto/día			
III. SERVICIOS					
III.1 Servicios administrativos y financieros		50 l/persona/día			
III.1 Oficinas de cualquier tipo		50 l/persona/día			
III.2 Servicios automotrices		100 l/trabajador/día			
TABLA 2-13 (continuación)					
TIPOLOGÍA		DOTACIÓN			
III.3 Servicios diversos					
III.3.1 Baños públicos		300 l/bañista/día			
III.3.2 Servicios sanitarios públicos		40 l/kg ropa seca			
III.3.3 Limpieza		100 l/trabajador/día			
III.3.4 Otros servicios		25 l/animal/día			
III.3.5 Dotación para animales, en su caso		12 l/sitio/paciente			
III.4 Servicios de salud y asistencia		800 l/cama/día			
III.4.1 Atención médica a usuarios externos		300 l/huésped/día			
III.4.2 Servicios de salud a usuarios internos		20 l/alumno/turno			
III.4.3 Orfanatorios y asilos		20 l/alumno/turno			
III.5 Educación, ciencia y cultura		25 l/alumno/turno			
III.5.1 Educación preescolar		25 l/alumno/turno			
III.5.2 Educación básica y media		25 l/alumno/turno			
III.5.3 Educación media superior y superior		50 l/persona/día			
III.5.4 Institutos de investigación		10 l/asistente/día			
III.5.5 Museos y centros de información		10 l/asistente/día			
III.6 Centros de reunión					
III.6.1 Servicios de alimentos y bebidas		12 l/comida/día			
III.6.2 Espectáculos y reuniones		10 l/asistente/día			
III.6.3 Recreación social		25 l/asistente/día			
III.6.4 Prácticas deportivas con baños y vestidores		150 l/asistente/día			
III.6.5 Espectáculos deportivos		10 l/asistente/día			
III.6.6 Lugares de culto		10 l/asistente/día			
Templos, iglesias y sinagogas		10 l/asistente/día			
III.7 Servicios turísticos					
III.7.1 Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes		300 l/huésped/día			
III.7.2 Campamentos para remolques		200 l/persona/día			
TABLA 2-13 (continuación)					
TIPOLOGÍA		DOTACIÓN			
III.8 Seguridad					
III.8.1 Defensa, policía y bomberos		200 l/persona/día			
III.8.2 Centros de readaptación social		200 l/interno/día			
III.9 Servicios funerarios					
III.9.1 Agencias funerarias		10 l/sitio/visitante			
III.9.2 Cementerios, crematorios y mausoleos		100 l/trabajador/día			
III.9.3 Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos		10 l/sitio/visitante			
III.10 Comunicaciones y transportes					
III.10.1 Estacionamientos		8 l/cajón/día			
III.10.2 Sitios, paraderos y estaciones de transferencia		100 l/trabajador/día			
III.10.3 Estaciones de transporte y terminales de autobuses foráneos		10 l/pasajero/día			
III.10.4 Estaciones del sistema		10 l/pasajero/día			

Por otra parte los “Lineamientos Técnicos para la elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario” de la Comisión Nacional del Agua establece lo siguiente con relación a las dotaciones y consumos.

Consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

Dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab/día.

La CONAGUA determina los consumos con base en las tablas que se presentan a continuación, ya sea para usos públicos o privados cuyos valores fueron obtenidos de mediciones estadísticas, registradas en su bibliografía técnica.

Tabla IV.1.3.2 Consumos per cápita uso particular, Fuente: CONAGUA

Tabla 16. Consumos domésticos per cápita (ref. 3).			
CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMICALIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100
NOTAS: Para los casos de climas semifrío se consideran los mismos valores que para el clima templado El clima se selecciona en función de la temperatura media anual (Tabla 17.)			

Tabla 17. Clasificación de climas por su temperatura (ref. 3).	
TEMPERATURA MEDIA ANUAL: (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

Tabla 18. Consumo mínimo en comercios (ref. 13).		
TIPO DE INSTALACIÓN	CONSUMO DE AGUA	
Oficinas (cualquier tipo)	20 l/m ² /día	(a)
Locales comerciales	6 l/m ² /día	(a)
Mercados	100 l/local/día	
Baños públicos	300 l/bañista/regadera/día	(b)
Lavanderías de autoservicio	40 l/kilo de ropa seca	
Clubes deportivos y servicios privados	150 l/asistente/día	(a, b)
Cines y teatros	6 l/asistente/día	(b)

Tabla IV.1.3.3 Consumos per cápita uso público, Fuente: CONAGUA

Tabla 21. Consumo para usos públicos (ref. 13).		
TIPO DE INSTALACION	CONSUMO DE AGUA	
SALUD: Hospitales, Clínicas y Centros de salud. Orfanatorios y asilos	800 l/cama/día 300 l/huésped/día	(a, b) (a)
EDUCACION Y CULTURA: Educación elemental Educación media y superior	20 l/alumno/turno 25 l/alumno/turno	(a, b) (a, b)
RECREACION: Alimentos y bebidas Entretenimiento (teatros públicos) Recreación social (deportivos municipales) Deportes al aire libre, con baño y vestidores. Estadios	12 l/comida 6 l/asiento/día 25 l/asistente/día 150 l/asistente/día 10 l/asiento/día	(a, b) (a, b) (a) (a) (a)
SEGURIDAD: Cuarteles Reclusorios	150 l/persona/día 150 l/interno/día	(a) (a)
COMUNICACIONES Y TRANSPORTE: Estaciones de transporte Estacionamientos	10 l/pasajero/día 2 l/m ² /día	
ESPACIOS ABIERTOS: Jardines y parques	5 l/m ² /día	

Nota: a) Las necesidades de riego se considerarán por separado a razón de 5 l/m²/día.
b) Las necesidades generadas por empleados o trabajadores se considerarán por separado a razón de 100 l/trabajador/día.

En la ponencia “Los principales retos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México” de septiembre de 2009, presentada por el Ing. Ramón Aguirre Díaz director General del SACM, menciona lo siguiente con relación a los consumos:

Tabla IV.1.3.4 Uso del agua servicio doméstico, Fuente: SACM

Los principales retos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México			
USO DEL AGUA SERVICIO DOMÉSTICO			
USO	USO NEGLIGENTE	USO NORMAL SIN REDUCTORES	USO CUIDADOSO CON REDUCTORES Y BUENOS HABITOS
Inodoros	36	24	20
Lavado de dientes	16.5	10.5	0.69
Lavados de manos y cara	29.3	22	10
Rasurarse	38.5	21	2.5
Ducha	204	132	40
Lavado de utensilios de cocina	82.5	31.5	22.5
Limpieza general de casa	35.85	21.28	14.06
Lavado de ropa	40	28	20
Lavado de patio y áreas verdes	30.85	16.98	8
TOTALES	513.5	307.26	137.75

Así mismo en el “Manual de Captación de Agua de Lluvia para Centros Urbanos” elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año 2008 menciona que los Consumos promedio por persona y por actividad para una vivienda en la Ciudad de México son los siguientes:

Tabla IV.1.3.5 Consumos promedio por persona y por actividad para una vivienda urbana en la Ciudad de México, Fuente PNUMA, 2008

Litros	Concepto de uso	Porcentaje
64	Regadera	32%
60	Desechar heces fecales y orina	30%
20	Limpieza de Trastes	10%
18	Limpieza de ropa	9%
12	Lavamanos y lavado de dientes	6%
10	Auto plantas y otros	5%
8	Aseo de casa	4%
6	Comida	3%
2	Consumo personal	1%
200	Total	100%

En resumen, de las cuatro fuentes antes mencionadas se tiene lo siguiente:

Tabla IV.1.3.6 Consumos según fuente indicada

Dependencia	Consumo l/hab/día		
		A < a 90 m ²	A > a 90 m ²
RCDF		150	200
CONAGUA (clima templado)	250 residencial	195 media	100 Popular
SACM	513 Uso negligente	307 Uso normal	137 Uso cuidadoso
PNUMA		200 Consumo promedio	

Como se observa en la tabla anterior los consumos oscilan desde 100 hasta 307 l/hab/día y en casos extremos hasta 513 l/hab/día, por lo que para la estimación de las demandas se utilizara lo mostrado en la **tabla IV.1.3.4 (SACM)** así como los consumos promedio por actividad indicados en la misma.

En función de la calidad del agua de lluvia disponible, del volumen que se pueda captar y de su tratamiento para lograr su potabilización será la demanda que se pueda cubrir, por lo que se analizan tres escenarios con el objeto de cubrir el rango de cobertura que se tendría bajo ciertos supuestos, estos análisis se llevan solo para usuarios de casas particulares.

Escenario 1 (base): Demanda considerando solo servicios que no requieren potabilización (uso normal sin reductores)

En la tabla IV.1.3.4 se muestran los servicios que no requieren potabilización, los cuales se indican a continuación:

No.	Uso	Consumo	Unidad
1.-	Inodoros	24.00	litros/hab/día
2.-	Limpieza general de casa	21.28	litros/hab/día
3.-	Lavado de patios y áreas verdes	16.98	litros/hab/día
	Total consumo por persona día	62.26	litros/hab/día

Lo anterior nos indica que para un consumo promedio de 307.26 litros/hab/día en una vivienda urbana en la Ciudad de México, 62.26 litros no requieren potabilización, lo que representa el 20.26%.

Escenario 2: Demanda considerando solo servicios que no requieren potabilización (uso cuidadoso)

En la tabla IV.1.3.4 se muestran los servicios que no requieren potabilización, los cuales se indican a continuación:

No.	Uso	Consumo	Unidad
1.-	Inodoros	20.00	litros/hab/día
2.-	Limpieza general de casa	14.06	litros/hab/día
3.-	Lavado de patios y áreas verdes	8.00	litros/hab/día
	Total consumo por persona día	42.06	litros/hab/día

Escenario 3: Demanda considerando solo servicios que no requieren potabilización (uso negligente)

En la tabla IV.1.3.4 se muestran los servicios que no requieren potabilización, los cuales se indican a continuación:

No.	Uso	Consumo	Unidad
1.-	Inodoros	36.00	litros/hab/día
2.-	Limpieza general de casa	35.85	litros/hab/día
3.-	Lavado de patios y áreas verdes	30.85	litros/hab/día
	Total consumo por persona día	102.70	litros/hab/día

Es importante recordar que el presente trabajo considera la captación de agua de lluvia solo para servicios que no requieren potabilización, debido a que la potabilización implica mayor gasto económico por los equipos que se requieren.

Finalmente la demanda anual en una vivienda particular se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{\text{No. de habitantes} \times \text{consumo} \times 365}{1000}$$

Dónde:

V: Volumen o demanda, en m³/vivienda/año

Número de habitantes: habitantes en el domicilio particular, en habitantes

Consumo: Consumo por habitante en domicilio particular, en l/hab/día

365: días por año

1000: factor de conversión a m³

IV.1.4 Volumen de captación de agua de lluvia (oferta)

El volumen de captación de agua de lluvia u oferta, depende de dos variables importantes:

- a) De la superficie de captación y
- b) La precipitación media anual

En el caso de este análisis, la superficie de captación corresponde únicamente a la techumbre existente, mientras que la precipitación media anual corresponde a la media histórica registrada.

Sin embargo, aún es necesario hacer un par de reducciones, el primero corresponde a la eficiencia de captación (h), que como se comentó anteriormente, corresponde a las pérdidas debidas básicamente a la infiltración y evaporación, y el segundo corresponde a la recomendación realizada por el Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico (Capítulo 4), de que para precipitaciones medias mensuales menores a 40 mm no se debe considerar para su almacenamiento debido a su cantidad y calidad.

El análisis se realiza mensualmente y si se considera que cada milímetro de lluvia corresponde a un litro por metro cuadrado, entonces al volumen total a captar se determina mediante la siguiente expresión:

$$V = P_n \times A_c$$

Dónde:

P_n : Precipitación neta media mensual en el sitio de análisis, en m

A_c : Area efectiva de captación, en m²

V : Volumen de captación mensual, en m³

IV.1.5 Caudal de conducción al sistema de almacenamiento

El agua pluvial captada en techos y áreas de escurrimiento debe ser conducida al sistema de almacenamiento mediante canaletas de lámina galvanizada y tubería de PVC o fierro fundido, el caudal de conducción se obtiene mediante la aplicación del Hidrograma unitario triangular (HUT), obteniéndose el gasto pico con la ecuación siguiente:

$$q_p = 0.208 \frac{A}{t_p}$$

$$t_r = 1.67t_p$$

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

$$P_e = P C$$

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$Q_p = q_p P_e$$

Dónde:

q_p : gasto de pico unitario, en m³/s/mm

Q_p : gasto de pico, en m³/s

t_p : tiempo de pico, en h

A : área de captación, en km²

T_r : tiempo de retraso, en h

P : altura de lluvia, en mm

P_e : lluvia efectiva, en mm

C : coeficiente de escurrimiento, adimensional

t_c tiempo de concentración, en h

S pendiente techumbre, adimensional

L longitud de techumbre, en m

El hidrograma de escurrimiento directo se calcula multiplicando cada una de las ordenadas del hidrograma unitario triangular por la lluvia efectiva, P_e , expresada en mm.

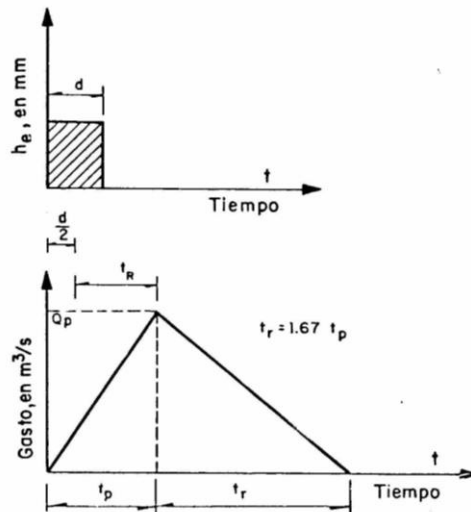


Fig IV.1.5.1 Hidrograma unitario triangular (Fuentes y Franco)

La altura de lluvia (P) es el asociado al tiempo de concentración, para su determinación emplearemos los resultados del análisis de lluvias máximas en 24 horas. A través de la relación R , cociente entre la precipitación de una hora y la de 24 horas, $R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$, (Campos 1987) obtendremos la precipitación asociada a una duración de una hora.

Se utilizara un segundo criterio para determinar el gasto pico que se presenta sobre una techumbre, para este nos apoyaremos en el artículo publicado por la revista Investigación y Ciencia denominado “Diseño hidrológico e hidráulico del drenaje pluvial de cubiertas de edificaciones”.

IV.1.6 Sección de Canaleta

Con el gasto pico determinado en el inciso anterior se está en posibilidad de dimensionar las canaletas y las bajadas de agua hacia la cisterna de almacenamiento pluvial, para esto nos apoyaremos en la ecuación de continuidad y de manning que dicen:

$$Q_p = A v$$

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Dónde:

Q_p : gasto de pico, en m³/s

v : velocidad, en m/s

A : área hidráulica, en m²

S : pendiente canaleta, adimensional

P_m : perímetro mojado en m

R_h : radio hidráulico, en m

Se iniciara proponiendo una velocidad de 0.5 a 1.0 m/s para tener una pendiente promedio menor a 1%, con estas condiciones se obtiene la geometría comercial de la canaleta.

En diversos sitios es posible sustituir la canaleta por una o dos hiladas de tabique sobre el perímetro de la superficie de captación para obligar al flujo a dirigirse al sitio más conveniente para hacer la bajada de agua pluvial (BAP).

IV.1.7 Sección Bajada de Agua Pluvial (BAP)

De la misma manera que en inciso anterior y de la ecuación de continuidad se tiene que el diámetro de la bajada de aguas pluviales es:

$$D = 2 \sqrt{\frac{Q_p}{\pi v}}$$

Donde:

D : diámetro de tubería, en m

Qp : gasto de pico, en m³/s

v : velocidad, en m/s

Se iniciara proponiendo una velocidad de 0.6 a 1.0 m/s para tener el diámetro comercial más económico, además de considerar en su selección el diámetro mínimo que se requiere para su operación y mantenimiento.

Al igual como en el caso anterior, la sección de la bajada pluvial también se obtuvo con el procedimiento recomendado en el artículo antes mencionado, en él se muestra el procedimiento y cálculo respectivo.

Por otra parte las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas, en su capítulo 6.1.2.3 mencionan lo siguiente:

6.1.3.2 LÍNEAS DE DRENAJE

II. Las bajadas pluviales deben tener un diámetro mínimo de 0.10 m por cada 100 m² o fracción de superficie de cubierta, techumbre o azotea;

IV.1.8 Volumen del Almacenamiento

Para determinar el tamaño de la cisterna de agua pluvial más conveniente se realiza el análisis de oferta-demanda del inmueble (obtenido en los incisos IV.1.3 y IV.1.4) para cada uno de los meses del año; se resta el “volumen mensual captado acumulado” menos la “demanda mensual acumulada”; de esto se obtendrá un excedente (signo positivo) y un déficit (signo negativo) para cada mes del año, el volumen de la cisterna será entonces la suma en valor absoluto del máximo excedente y déficit, esto es:

$$V_{\text{cisterna}} = \text{Máximo Excedente} + \text{Máximo déficit}$$

Adicionalmente al valor anterior y del análisis de sensibilidad de cada inmueble en particular se determinan dos valores más del volumen de la cisterna:

- En base al máximo excedente acumulado considerando solo signos positivos
- En base al máximo mensual captado

El tamaño definitivo de la cisterna será el máximo de estos dos últimos criterios (cuando el primero no proceda), si hay espacio en el inmueble este será el definitivo, si no, se deberá adecuar al espacio disponible.

Así mismo, como se ha comentado anteriormente, para efectos de determinar la capacidad de almacenamiento no se consideraran aquellas precipitaciones medias mensuales menores a 40 mm ya que la cantidad y calidad del agua de lluvia no es la más recomendable.

IV.1.9 Volumen del Sedimentador

La sedimentación es un proceso físico que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Las variables de diseño de la trampa son el área efectiva de captación del agua de lluvia y la intensidad máxima de precipitación registrada y está dada por la siguiente expresión:

$$V_{\text{sedimentador}} = A_{ec} \times I_p$$

Dónde:

V sedimentador : volumen del sedimentador, m³/hora

A_{ec} : área efectiva de captación del agua de lluvia, m²

I_p : intensidad de precipitación, m/hora

La expresión anterior requiere de grandes espacios el cual se adolece en la mayoría de los inmuebles, razón por la cual es necesario adaptar algún otro dispositivo a las condiciones existentes; de la revisión de la información existente se encontraron dos dispositivos que bien pudieran funcionar para los casos de análisis:

- a. En el documento “Paquete Tecnológico, Sistemas de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia”, que se menciona anteriormente en el subcapítulo II.2.4, se recomienda un filtro de grava graduada el cual se habilita en un tinaco de polietileno de 200 litros
- b) Filtros prefabricados: en el mercado existen diversos fabricantes de filtros para agua de lluvia que por sus características funcionales, de mantenimiento, durabilidad y costos bien pudieran probarse y monitorear sus verdaderos resultados

Un ejemplo de filtros lo encontramos en el fabricante 3P Technik México, empresa que ofrece una amplia gama de filtros para el sector del uso de agua de lluvia, dicho fabricante recomienda los siguientes cuatro niveles de limpieza y filtración:

1er. Nivel de limpieza-Filtro

El primer nivel de limpieza en la instalación es el filtro. El agua de lluvia fluye de la techumbre al filtro, allí se separa la suciedad del agua. Antes de llegar al filtro es importante considerar un separador de hojas como parte de los trabajos preliminares.

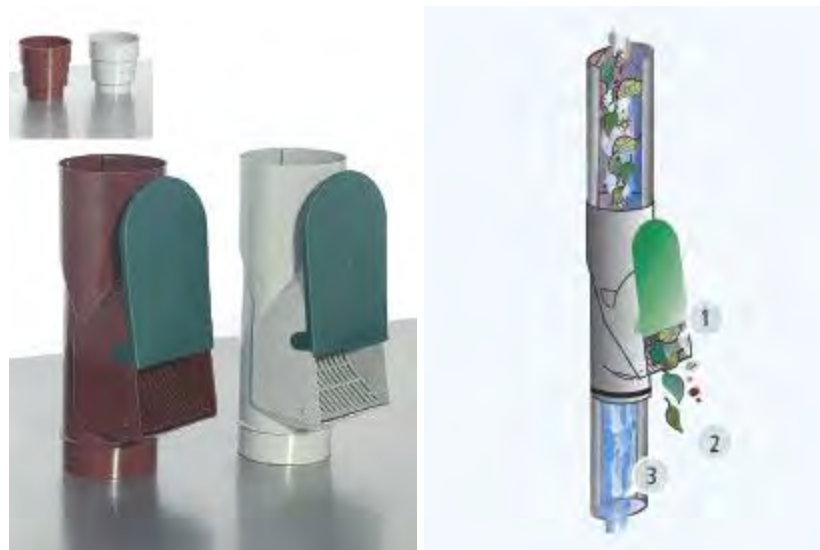


Figura IV.1.9.1 Separador de Hojas y suciedad gruesa (Fuente: 3P Technik)

Esta agua filtrada llega a la cisterna, la suciedad se arrastra hacia el drenaje o al sistema de infiltración conectado junto con una pequeña cantidad de agua de lluvia. Los filtros de 3P tienen todos insertos de acero inoxidable los cuales pueden ser sacados para el mantenimiento y limpiados fácilmente. Varios principios de funcionamiento y posibilidades de conexión permiten el uso en las más diferentes situaciones de instalación. La siguiente figura muestra la colocación de un filtro en la entrada de la cisterna



Figura IV.1.9.2 1er Nivel de limpieza (Fuente: 3P Technik)

2do. Nivel de limpieza

El agua normalmente se almacena en una cisterna subterránea, aquí se realiza el segundo nivel de limpieza: Finas partículas de suciedad las cuales quedaron dentro del agua hunden lentamente al fondo. Por la admisión calmada del agua se evita que la capa de sedimentación se remoline, al mismo tiempo se alimenta oxígeno la parte baja de la cisterna, el oxígeno reduce la descomposición anaerobia en la cisterna, esto ayuda a mantener el agua en buenas condiciones.

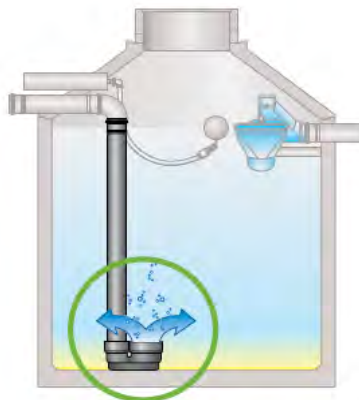


Figura IV.1.9.3 2do Nivel de limpieza (Fuente: 3P Technik)

3er. Nivel de limpieza

Partículas de suciedad más ligeras que el agua (por ejemplo el polen) suben lentamente y flotan en la superficie del agua. Esta capa flotante se elimina con el rebosamiento de la cisterna con el “sifón de rebose”.

El rebosamiento regular de la cisterna es importante para una buena calidad de agua para evitar la podredumbre del agua. La capa flotante podría cerrar la superficie del agua tanto que evite la entrada de oxígeno al agua lo que provocaría un proceso de degradación anaerobio.



Figura IV.1.9.4 3er Nivel de limpieza (Fuente: 3P Technik)

4to. Nivel de limpieza

Poco abajo de la superficie del agua se puede aspirar el agua más limpia con una grifería de aspiración flotante. Una bola llena de aire sostiene la grifería la cual está equipada con otro filtro apenas bajo de la superficie de agua donde se encuentra el agua más limpia. Normalmente la aspiración flotante está equipada con una válvula de retención.



Figura IV.1.9.5 4to Nivel de limpieza (Fuente: 3P Technik)

IV.1.10 Capacidad de Equipo de Bombeo

Para la determinación de la capacidad de la bomba utilizaremos la siguiente expresión:

$$Hp = \frac{Q_b H}{76h}$$

Dónde:

Hp : Potencia de la bomba, en caballos de fuerza

Qb : Gasto de bombeo, en l/s

H : Carga de bombeo, en m

h : Eficiencia de la bomba, para efectos de cálculo teóricos se supone 60%

IV.1.11 Diámetro de Tubería de Descarga

De la ecuación de continuidad se tiene:

$$Q = A \times V$$

Despejando el diámetro:

$$D = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi V}}$$

Dónde:

D : Diámetro de tubería de descarga, en m

Qb : Gasto de bombeo, en m³/s

V : Velocidad, en m/s

IV.1.12 Pérdidas de Carga en Tubería de Descarga

a) Tuberías

Para determinar la carga de fricción en tuberías se utiliza la fórmula de Darcy-Wesback:

$$h = \frac{fLv^2}{D 2g}$$

Dónde:

h= pérdida de carga en metros por columna de agua

f = factor de fricción (sin dimensiones)

L= longitud del tubo en metros

D= diámetro interior del tubo en metros

v= velocidad del flujo en metros / segundo

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

b) Locales, conexiones y válvulas

Se usa el método de las longitudes equivalentes utilizando los valores de las tablas 5.7.1 a 5.9.11 de las Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales del Instituto Mexicano del Seguro Social.

XIII. Proyecto eléctrico para el sistema de bombeo

Se deberá tener una alimentación eléctrica independiente al existente desde el punto de la acometida hasta el sitio de ubicación de la bomba.

Se considera la acometida eléctrica de 127 vca, a 1f-2h, 60 Hz, la alimentación eléctrica para la bomba centrífuga con motor es por un interruptor de seguridad servicio industrial NEMA1, dicha alimentación será independiente de la utilizada para circuitos de alumbrado del inmueble.

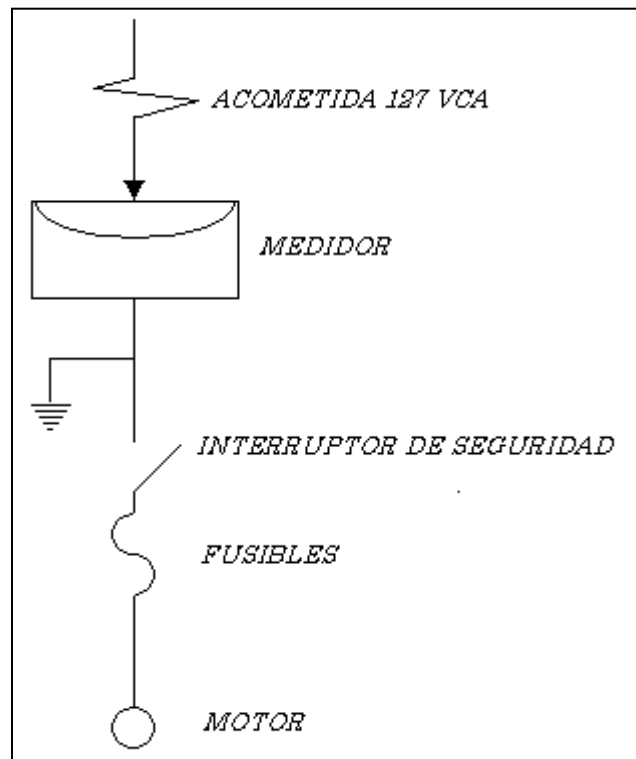


Fig 5.6 Distribución eléctrica

Cálculo y selección del cable y protecciones

De acuerdo a lo señalado en el Art.430-6 de la Norma Oficial Mexicana la cual menciona que el tamaño nominal de los conductores para alimentación eléctrica de motores debe seleccionarse de la tabla 310-16 así como la selección de capacidad de conducción de corriente de los conductores.

Tabla 310-6 Capacidad de Conducción de Corriente Permisible de Conductores Aislados

Tamaño	ó Designación	Temperatura Nominal del Conductor	
		75°C	90°C
mm ²	AWG	THW-LS	THW-LS
5.26	10	35*	40*

*La protección contra sobrecorriente del conductor de cobre de 5.26 mm² de sección transversal correspondiente al calibre 10 AWG no debe superar los 30 Amperes.

Por ampacidad

Para el cálculo de la corriente de un motor eléctrico se dispone formulas directas para motores de corriente alterna monofásicos.

$$I_t = \frac{\text{H.P.} \times 746}{V \times \text{f.p.}} = \frac{W}{V \times \text{f.p.}}$$

$$I_t = \frac{1.5 \times 746}{V \times \text{f.p.}}$$

$$I_t = \frac{1119}{127 \times 0.9} = 9.79 \text{ A}$$

Donde:

W= Potencia real en watts.

V= Voltaje de suministro en Volts.

I_t= Corriente que circulara por el circuito.

F.P.= Factor de potencia de la carga expresado en decimales (normalmente varía de 0.85 a 0.90)

Tomando en cuenta un factor de asimetría, el cual representa las variaciones espontáneas de corriente (picos) que se generan por las fluctuaciones severas en la carga, que generalmente se toma como el 25% adicional a la corriente nominal, para impedir que el interruptor se dispare por esta situación, se tiene:

$$IN = 1.25 \times 9.79 = 12.23 A$$

Esta capacidad se utilizara para la selección del interruptor que protegerá al circuito derivado.

Por tanto se instalaran un interruptor de de seguridad servicio industrial NEMA1 de 2 Polos, 30 A, 60Hz.

Considerando que el interruptor funge como protección del circuito (Según Art. 240-3(f) de la Norma Oficial Mexicana) y considerando que un conductor calibre 10 AWG, con aislamiento THW-LS a 75 grados centígrados, el cual conduce hasta 30 Amperes (Según tabla 310-16 de la Norma Oficial Mexicana) por tanto utilizaremos 1 conductor de fase calibre 10 AWG y un hilo neutro del mismo calibre.

B Caída de Tensión

Calculando caída de tensión para un conductor calibre 10 AWG el cual tiene una sección transversal de 5.26 mm², para una corriente de 9.79 Amperes, una longitud de 20 metros y una tensión de 127 Volts.

$$e\% = \frac{4 \times L \times I}{V \times S}$$

$$e\% = \frac{4 \times 20 \times 9.79}{127 \times 5.26} = 1.17 \%$$

Donde:

L = Longitud del conductor en metros

I = Corriente que circula por el conductor en Amperes

V = Tensión a la cual opera el sistema en Volts

S = Sección transversal del conductor en milímetros cuadrados

Por tanto la caída de tensión de este circuito derivado es aceptable (Debido a que la Norma Oficial Mexicana en el artículo 210-19 nota 4 dice que el 5% de caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación, se debe distribuir razonablemente entre circuito derivado y alimentador, procurando que en ninguno de los 2 sea más del 3%).

C Tubo Conduit

De acuerdo al Art. 346-3 de la NOM se permite el uso de tubo conduit metálico tipo pesado en todas las condiciones atmosféricas y en casas o edificios de cualquier ocupación En la Tabla 1 se mencionan dos valores respecto a las áreas interiores de tubos conduit, mientras el 100% es el área absoluta, el 40% nos da el área que deben ocupar como máximo los conductores eléctricos (con todo y aislamiento) conociéndose este valor como factor de relleno.

Dos conductores calibre 10 AWG ocupan un área total de 27.98 mm² (Tabla 2) y considerando el factor de relleno en los tubos conduit, tenemos que dichos conductores pueden alojarse en tubería conduit de 13mm de diámetro ya que esta puede ocuparse hasta 96mm²

Tabla 1.-Diámetros y Áreas Interiores de Tubos Conduit

<i>Diámetro Nominal</i>		<i>Áreas Interiores en mm²</i>	
<i>Pulgadas</i>	<i>mm</i>	<i>Pared Gruesa</i>	
		<i>40%</i>	<i>100%</i>
<i>1/2</i>	<i>13</i>	<i>96</i>	<i>240</i>

Tabla 2.-Área Promedio de los Conductores Eléctricos de Cobre con Aislamiento THW-LS

<i>Calibre</i>	<i>Área del Cobre</i>	<i>Área Total con todo y aislamiento</i>	<i>Área total de acuerdo al calibre y al numero de conductores eléctricos</i>
<i>AWG</i>	<i>mm²</i>	<i>mm²</i>	<i>Numero de Conductores</i>
			<i>2</i>
<i>10</i>	<i>5.26</i>	<i>13.99</i>	<i>27.98 mm²</i>

IV.2. PROYECTO EJECUTIVO

Meter Proyecto de isométrico de casa habitación

Proyecto estructural de Cisterna

IV.3. DESARROLLO DE CATALOGO

Desarrollo de catálogos de concepto (meter cuantificaciones, cálculos y catálogo de conceptos)

IV.4. COSTOS

Meter costos de construcción y materiales

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Generar, recopilar, sistematizar, exponer y difundir la información que se genere de la construcción de SCALL en el Distrito Federal a través de un sistema de información disponible por Internet. Incluyendo una base de datos de SCALL construidos y propuestos en el Distrito Federal.
- 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.

V.1. INFORME FINAL

V.2. OBSERVACIONES

Además de lo anterior, los proyectos de cosecha de agua no necesariamente deben ser complejos y muy elaborados, por lo que se pueden implementar de manera relativamente sencilla a nivel domiciliario, considerando entre otros, casas habitación, unidades habitacionales, industrias, edificios públicos y privados, oficinas, centros de servicio, escuelas, centros comunitarios y tiendas de autoservicio, iniciando por las zonas donde el índice de lluvias es mayor y se presenta escases, pero sin que esto sea una limitante para extender la estrategia a todo el Distrito Federal.

Inicialmente se pensó en elegir dentro del Distrito Federal una o varias zonas de estudio en donde por sus características físicas, meteorológicas y sociales se considerara factible implementar proyectos de Cosecha de Agua de Lluvia, sin embargo, una vez analizados los sistemas que ya se encuentran operando en México y en el extranjero; la problemática que se tiene que resolver para implementar un sistema de este tipo y la filosofía de la estrategia de aprovechar el agua de lluvia de manera directa, se llegó a la conclusión que no debe limitarse la cosecha de agua de lluvia a ciertas zonas del Distrito Federal, por el contrario considerar toda la ciudad favorecerá la implantación de la estrategia, porque se contribuirá a concientizar a la población, ya que cualquier medida de ahorro de agua debe estar ligada de manera natural al uso racional de la misma.

V.3. RECOMENDACIONES

- Apoyar, estimular, promover, organizar e incentivar la construcción e instalación de sistemas de cosecha de agua de lluvia que permitan el uso del agua pluvial potabilizada con fines domésticos; y el aprovechamiento directo del agua pluvial cosechada para usos urbano, rural, comercial, industrial o de cualquier otro uso en el territorio del Distrito Federal.

- Reducir gastos energéticos y operativos del sistema de distribución de agua potable del Distrito Federal a través de la construcción e instalación de Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia.
- Apoyar, estimular, promover y regular que las acciones de cosecha de agua de lluvia se realicen en paralelo de la adopción de medidas de uso racional, ahorro y reuso de agua potable.

V.4. CONCLUSIONES

VI. ANEXOS

VI.1. ANEXO 1 “PLANO UBICACIÓN DE 50 SITIOS”

VI.1. ANEXO 2 “CROQUIS DE RECORRIDOS”

VI.1. ANEXO 3 “ENCUESTA TIPO”

Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes y de tiendas, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo. Para el proyecto que se presenta utilizaremos el agua para fines meramente básicos como los que se mencionaron anteriormente.

1.2.10. Glosario

Agua potable. Agua para uso y consumo humano que no tiene contaminantes objetables (Según la NOM-127-SSA1-1994), ya sean químicos o agentes infecciosos que no causan efectos nocivos para la salud del ser humano.

Agua purificada. Agua sometida a un tratamiento físico o químico que se encuentra libre de agentes infecciosos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud y para su comercialización se presenta en botellones u otros envases con cierre hermético, que además cumple con las especificaciones que se establecen en la NOM- 041.

Potabilización. Proceso de tratamientos donde la sustancia constituida exclusivamente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno en la naturaleza tenga un grado de pureza ya que está siempre impurificada con una serie de componentes inorgánicos y orgánicos.

Purificación del agua. Eliminación de las impurezas suspendidas y disueltas en el agua.

Desinfección. Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

Filtración. Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

Sedimentación. Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas en el agua, por efecto gravitacional.

Lluvia ácida. Se ha asignado este nombre a aquello que presenta valores de pH menores de 5.6, ya que esto indica la presencia de ácidos fuertes como el sulfúrico y el nítrico. Las causas a las que se atribuye este fenómeno, son las emisiones atmosféricas principalmente de los óxidos de azufre y de nitrógeno, por el uso de combustibles fósiles, operación de la industria, transporte, uso de fertilizantes, combustión de desechos industriales, urbanos y agrícolas. La lluvia ácida produce daños en los materiales expuestos, así como alteraciones en el desarrollo de la vegetación y alteraciones químicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos.

I. BIBLIOGRAFÍA

- a) SACM, **“Estudio para la Elaboración del Plan para la Captación de Agua de Lluvia en Techumbres de la Zona Urbana”** México D.F., 2010
- b) Hacer una tabla de antecedentes con los siguientes datos:
 - Autor y año de publicación
 - Fuente de publicación
 - Objetivo del estudio
 - Diseño del estudio
 - Muestra y localización
 - Instrumentos
 - Resultados
- c) INEGI
- d) HIDROLOGÍA, Aparicio