



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS ESTADO DE MÉXICO.**

336213
19 NOV 2013



**FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS
ANCESTRALES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA
PLUVIAL EN EL DISTRITO FEDERAL.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRA CIENCIAS EN DESARROLLO
SOSTENIBLE PRESENTA:**

ARQ. PSJ. CHANTAL CARIUS ESTRADA

ASESORA: DRA. MARISOL UGALDE MONZALVO

**COMITÉ DE TESIS: DR. JOSÉ ANTONIO RUEDA GAONA.
DR. ROBERTO RODRÍGUEZ GARZA.**

**JURADO: DR. JOSÉ ANTONIO RUEDA GAONA PRESIDENTE.
DR. ROBERTO RODRÍGUEZ GARZA SECRETARIO.
DRA. MARISOL UGALDE MONZALVO VOCAL.**

ÍNDICE

Índice de Figuras	7
Índice de Tablas	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS PARTICULARES.....	11
HIPÓTESIS	11
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. El agua de lluvia	14
1.1.1. El ciclo natural del agua.....	14
1.1.2. El “ciclo urbano” del agua pluvial.....	15
2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	19
3. MARCO TEÓRICO.....	25
3.1. Definiciones	25
3.1.1. Precipitación de agua pluvial.....	25
3.1.2. Evaporación y Evapotranspiración.....	26
3.1.3. Escurrimientos Superficiales.....	26
3.1.4. Infiltración.....	27
3.1.5. Agua Subterránea.....	29
3.2. Agua de lluvia a través de la historia.....	30
3.2.1. Antecedentes históricos del agua pluvial en el mundo.....	30
3.2.2. Antecedentes históricos del agua pluvial en la ciudad de México.....	33
3.3. El agua de lluvia en la actualidad.....	38

3.3.1	Distribución del agua pluvial y usos actuales.....	38
3.3.2	Perspectivas del agua de pluvial.....	40
3.3.2.1	Agua pluvial en caso de desastre.....	40
3.4.	Reglamentos y leyes en México sobre el agua pluvial.....	44
3.4.1.	Necesidad de Regulación del agua pluvial.....	44
3.4.2.	Propuesta de Regulación del agua pluvial.....	44
3.5.	Plan integral del manejo de agua.....	48
3.6.	Conclusiones del capítulo.....	50
4.	ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y VARIABLES DE LAS TÉCNICAS ANCESTRALES DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL A NIVEL INTERNACIONAL Y LOCAL.....	51
4.1	Localización.....	51
4.2	Análisis Climático.....	53
4.3	Análisis del Suelo.....	54
4.4	Análisis Espacial.....	55
4.5	Análisis de Materiales.....	56
4.6	Función.....	56
4.7	Técnica de Construcción.....	57
4.8	Mantenimiento.....	57
4.9	Aplicabilidad.....	57
4.10	Fichas de Análisis de Técnicas Ancestrales.....	57
4.11	Análisis Cualitativo de las Técnicas Ancestrales.....	77
4.12	Análisis Comparativo entre las Técnicas Ancestrales y las Técnicas Actuales.....	77
4.13	Conclusiones del Capítulo.....	80
5.	CONDICIONANTES DE LA CIUDAD ACTUAL PARA EL MANEJO DEL AGUA PLUVIAL.....	82
5.1	Características Generales de los Tipos de Suelos.....	89
5.2	Unidades Ambientales.....	90
5.2.1	UNIDAD A – 2100 – 2300 msnm.....	90
5.2.2	UNIDAD B – 2400 – 2600 msnm	91
5.2.3	UNIDAD C – 2700 - 2900 msnm	91
5.2.4	UNIDAD D – 3000 – 3500 msnm	92
5.2.5	UNIDAD E – 3600 – 3700 msnm	92
5.2.6	UNIDAD F – 3800 msnm	92
5.3	Resultados de las Unidades Ambientales por Delegación.....	96

5.4 Conclusiones del Capítulo.....	99
6. FACTIBILIDAD DEL USO DE TÉCNICAS ANCESTRALES EN LA CIUDAD ACTUAL.....	100
6.1 Delegación Gustavo A. Madero.....	100
6.2 Delegación Azcapotzalco.....	101
6.3 Delegación Venustiano Carranza.....	104
6.4 Delegación Iztacalco.....	106
6.5 Delegación Cuauhtémoc.....	108
6.6 Delegación Miguel Hidalgo.....	110
6.7 Delegación Benito Juárez.....	112
6.8 Delegación Álvaro Obregón.....	114
6.9 Delegación Coyoacán.....	114
6.10 Delegación Iztapalapa.....	115
6.11 Delegación Cuajimalpa de Morelos.....	119
6.12 Delegación Tláhuac.....	119
6.13 Delegación Milpa Alta.....	120
6.14 Delegación Xochimilco.....	124
6.15 Delegación Tlalpan.....	126
6.16 Delegación Magdalena Contreras.....	128
6.17 Conclusiones del Capítulo.....	130
7. RESULTADOS.....	131
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
8.1 Conclusiones.....	135
8.2 Recomendaciones.....	137
8.2.1 Líneas de Investigación.....	137
GLOSARIO.....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	141
REFERENCIAS.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo natural del agua pluvial. Desarrollado en VENSIM PLE.....	14
Figura 2. Ciclo urbano del agua pluvial. Desarrollado en VENSIM PLE.....	15
Figura 3. Porcentaje de infiltración dependiendo del porcentaje de zonas impermeables. Tomado de DUNNETT, Nigel. CLAYDEN, Andy(2007) Rain gardens : sustainable rainwater management for the garden and designed landscape. Timber Press, Inc.....	16
Figura 4. Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje	17
(http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/091/html/sec_7.html)	
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología de investigación	24
(http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/091/html/sec_7.html)	
Figura 6. Imagen de un pluviómetro.....	25
(http://globe.gov/sda/tg97cs/atmosfera/Precipitacion.html)	
Figura 7. Imagen de un evaporímetro o evapotranspirómetro.....	26
(http://www.quimisur.com/)	
Figura 8. Cantidad de agua pluvial y escurrimientos.....	27
(http://www.sagan-gca.org/hojared_urbanismo/paginas/PROBL%20ciudad%20y%20agua.html)	
Figura 9. Infiltración.....	28
(http://ga.water.usgs.gov/edu/graphics/spanish/wcinfiltrationsoilzonc.gif)	
Figura 10. Imagen de un infiltrómetro de doble anillo.....	28
(http://globe.gov/sda/tg97cs/suelos/Infiltracion.html)	
Figura 11. Ciclo del agua subterránea.....	29
(http://water.usgs.gov/gotita/graphics/gwflow.gif)	
Figura 12. Imagen de casas escarbadas en roca y los aljibes. © Pietro Laureano	32
Figura 13. Imagen de reservas escarbadas en el cerro las cuales recolectaban agua pluvial para abastecer a la población (PETRI S. Juuti, Tapio S. Katko, Heikki S. Vuorinen (2007).....	32
Figura 14. Cauces de ríos en el Distrito Federal. (Fuente SEMARNAT).....	34
Figura 15. Consumo de agua en México 2002. (Instituto Nacional de Ecología).....	34
Figura 16. Disponibilidad de agua limpia: m ³ / persona / año. (FAO).....	38
Figura 17. Plano de Isoyetas por delegación en el Distrito Federal (CONAGUA).....	39
Figura 18. Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, (2006. CONAGUA).....	39
Figura 19. Probabilidad de sismo (GLOBAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT PROGRAM).....	42
Figura 20. Mapa de localización de las técnicas ancestrales de agua pluvial (Chantal Carius).....	51
Figura 21. Mapa de climas mundial.....	53
http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wpcontent/blogs.dir/42/files/370/o_Mapa%20de%20los%20Climas%20del%20Mundo.jpg	
Figura 22. Proceso de formación de un suelo	54
http://2.bp.blogspot.com/_lj3eTOQ70qo/TJl6SFb1Q4I/AAAAAAAAAIA/pf4Uk2EzRhw/s1600/horizontes+de+suelo.png	
Figura 23. Resumen de técnicas ancestrales a través del tiempo (Chantal Carius).....	80

Figura 24. Plano de Clima	82
(Chantal Carius con el apoyo de los Cuadernos Estadísticos 2005-2007 INEGI)	
Figura 25. Plano de Altimetría.....	83
(Chantal Carius con el apoyo de los Cuadernos Estadísticos 2005-2007 INEGI)	
Figura 26. Plano de Uso de Suelo y Vegetación	84
(Chantal Carius con el apoyo de los Cuadernos Estadísticos 2005-2007 INEGI)	
Figura 27. Plano de Isoyetas (INEGI).....	85
Figura 28. Plano de Geología.....	86
(Chantal Carius con el apoyo de los Cuadernos Estadísticos 2005-2007 INEGI)	
Figura 29. Plano de Edafología.....	87
(Chantal Carius con el apoyo de los Cuadernos Estadísticos 2005-2007 INEGI)	
Figura 30. Planos superpuestos para creación de unidades ambientales (Chantal Carius).....	88
Figura 31. Plano de Unidades Ambientales y Matriz.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Kilometraje total del sistema del drenaje profundo (CONAGUA).....	18
Tabla 2. Efectos a corto plazo de los grandes desastres en daños al sistema de abastecimiento	41
(modificada de original realizada por ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE SUMINISTROS EN EL SECTOR SALUD Washington, D.C.: OPS, © 2001)	
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la captación in situ. (Chantal Carius).....	52
Tabla 4. Ventajas y desventajas de la captación en otro lugar (Chantal Carius).....	52
Tabla 5. Tabla de elementos que conforman el clima (Chantal Carius).....	53
Tabla 6. Análisis Cualitativo de Técnicas Ancestrales de manejo de agua pluvial (Chantal Carius).....	78
Tabla 7. Tabla Comparativa entre Técnicas de agua pluvial antiguas y actuales(Chantal Carius).....	79
Tabla 8. Matriz de Unidades Ambientales (Chantal Carius).....	94
Tabla 9. Rapidez de infiltración en base a la textura del tipo de suelo (Chantal Carius).....	96
Tabla 10. Porcentaje de infiltración total, precipitación pluvial y porcentaje de potencial de almacenamiento por Delegación. (Chantal Carius).....	97
Tabla 11. Porcentajes de infiltración de agua en suelo por delegación en el Distrito Federal.....	98
(Chantal Carius)	

INTRODUCCIÓN

El agua potable, fuente de vida para los seres vivos, ha comenzado a escasear en los últimos 50 años. Escasea porque aunque se renueva continuamente mediante su ciclo hidrológico; la industria, la urbanización desmedida, la desaparición de ríos, escurrimientos y cuerpos de agua así como de infiltración han modificado el ciclo hidrológico del agua, provocando un manejo insostenible que no garantiza la permanencia de este recurso en el futuro.

El agua de lluvia es un recurso que se ha utilizado en México principalmente en zonas que no poseen abastecimiento como Oaxaca, Querétaro, Tlaxcala, entre otros estados¹. Sin embargo, el agua pluvial se utilizaba esencialmente para calmar la sed de los animales y muy pocas veces para autoconsumo o reutilización dentro de casas.²

En la antigüedad, el agua de lluvia se manejaba de manera integral como en el caso de las casas romanas con sus impluviums y compluviums o en México con los drenajes pluviales que regresaban el exceso de agua pluvial al río cercano por mencionar algunas y se empleaba para diversos usos como abastecimiento, abrevadero, infiltración, para beber, regar, limpiar, bañarse, entre otras. Existían técnicas ancestrales como las plazas y desniveles enfocadas en la captación, técnicas como los curvatos, chultunes y aljibes enfocadas en el almacenamiento, técnicas como los canales, desagües, y bajadas de agua pluvial enfocadas en la distribución, técnicas como los pozos infiltrantes y terracedos enfocadas en todos los aspectos de infiltración y prevención de la erosión del suelo. Así el agua de lluvia se integraba al diseño de las ciudades, inmuebles y ambiente.

La ciudad de México presenta dos dualidades, por un lado el agua escasea y por el otro lado la ciudad se inunda en por exceso de agua. Debido a las inundaciones ocurridas a través de su historia, el agua de lluvia en la Ciudad de México se percibe como un problema de importantes consecuencias en la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, el adecuado manejo de este recurso podría convertirlo en un aliado para el abastecimiento de agua de la ciudad.

Otras ciudades en México como Morelia, Durango y Villahermosa o como Paraguay, Buenos Aires, en Latinoamérica también tienen problemas con el manejo de agua pluvial para prevenir inundaciones. De una manera general, se deduce que en la ciudad actual se ha perdido o excluido el agua de lluvia como una consideración importante de su diseño.

De los inconvenientes que posee el agua pluvial en la Ciudad uno es que según estudios como el de World Health Organization (WHO) entre otros, no es recomendable consumirla.¹

¹ *Giardia, Campylobacter, Vibrio, Salmonella, Shigella y Pseudomonas*. Por lo tanto el agua pluvial está contaminada en mayor o En su FactSheet sobre *Water Quality And Health Risk In Rainwater Harvesting*: La WHO menciona que la contaminación microbiana del agua pluvial recolectada indica la presencia de E.coli, o alternamente coliformes fecales; al igual que patógenos como: *Cryptosporidium*, menor índice. (http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrcvission/rainwater.pdf)

El manejo del agua de lluvia, para ser considerado sustentable, debe incluir consideraciones de tipo social, económico y ambiental. Para fines de este trabajo se define como: El aprovechamiento del agua pluvial con el fin de utilizarla como medio de abastecimiento para la población, reduciendo costos de transporte y extracción, y permitiendo en zonas infiltrantes el paso de la misma para recargar acuíferos.

Este manejo requiere el análisis de dos aspectos generales:

1. La posibilidad de uso: El agua de lluvia puede estar contaminada tanto por los contaminantes atmosféricos como los residuos de aceites e hidrocarburos y las materias en suspensión ³ lo que limita y condiciona sus aplicaciones para consumo directo:
 - a) Servicios.
 - b) Limpieza.
 - c) Riego.
 - d) Consumo para animales.
 - e) Consumo humano con la debida filtración.

Para su uso y consumo requiere la revisión de aspectos como la recolección, almacenaje, distribución y transporte.

2. La posibilidad del sitio: El sitio condiciona el manejo del agua de lluvia ya sea para su almacenamiento y uso posterior o bien, para filtrarla y alimentar los mantos acuíferos.
 - a) Para infiltrarla se requieren características específicas del suelo ya que de él depende el grado de infiltración como se verá más adelante.
 - b) Para almacenarla se requiere la revisión de aspectos como la recolección, almacenaje, tipo de suelo, uso que se le desee otorgar.

En esta investigación se propone analizar técnicas tradicionales de manejo de agua de lluvia para identificar sus posibilidades de adaptación, aplicación y uso en la ciudad actual.

Preguntas de investigación:

1. *¿Cuáles son las técnicas ancestrales empleadas para el manejo de agua pluvial?*
2. *¿Qué características tienen?*
3. *¿Qué características de la Ciudad actual son relevantes para el manejo del agua pluvial?*
4. *¿Qué técnicas ancestrales son factibles para ser utilizadas actualmente?*
5. *¿A qué se le consideraría un manejo de agua pluvial sustentable?*

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad de la aplicación de técnicas tradicionales de manejo de agua pluvial aplicadas a diferentes escalas a niveles internacionales, dentro del Distrito Federal mediante métodos cualitativos para conocer el porcentaje de aplicación de las mismas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar técnicas tradicionales de manejo de agua de lluvia.
- Analizar y clasificar las técnicas tradicionales del manejo de agua de lluvia y sus características técnicas, materiales, formales y funcionales.
- Identificar las variables que intervienen en la factibilidad de aplicación de las técnicas ancestrales en la ciudad actual.
- Evaluar la factibilidad de su aplicación en la Ciudad actual.

HIPÓTESIS

La factibilidad de aplicación de técnicas, adaptación y uso sustentable de técnicas ancestrales de manejo de agua de lluvia en la ciudad actual, en función de algunas características físicas de ésta.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

1. Estado del arte del manejo de agua pluvial actual. Es una de las primeras etapas que debe desarrollarse dentro de una investigación, puesto que su elaboración, que consiste en “ir tras las huellas” del tema que se pretende investigar, permite determinar cómo ha sido tratado el tema, cómo se encuentra en el momento de realizar la propuesta de investigación y cuáles son las tendencias. Para su elaboración, es recomendable establecer un período de tiempo, de acuerdo con los objetivos de la investigación.⁴
2. Identificación de Técnicas ancestrales. Es la investigación que se realizó para encontrar todas las técnicas ancestrales a nivel mundial posibles en un determinado periodo de tiempo, se revisaron libros, revistas científicas, tesis, trabajos, internet entre otros.
3. Recopilación de Datos
4. Fichas de análisis de técnicas ancestrales
5. Identificación de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.
6. Descripción de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.
7. Tabla comparativa de factores.
8. Valoración de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.

9. Identificación de factores determinantes para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
10. Descripción de factores determinantes para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
11. Valoración de factores determinantes para el aprovechamiento de agua de lluvia en la ciudad actual.
12. Datos de los factores determinantes para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
13. Generación de unidades ambientales para determinantes para conocer el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
14. Tablas de evaluación de factibilidad de aplicación de las técnicas ancestrales para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
15. Resultados y conclusiones.

Una vez realizado el estado de arte se recopilaron datos que ayudaron a obtener y delimitar las técnicas ancestrales, se realizó un análisis y para ello se buscaron más datos. Una vez realizadas las fichas, se identificaron y describieron los factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.

Con éstos resultados se realizó una tabla comparando cada factor para saber que tan sostenibles eran las técnicas en su época y valorando cualitativamente cada una

Posteriormente con el uso de planos y datos por delegación se determinaron los factores más importantes para el aprovechamiento del agua pluvial en la ciudad actual comprendida dentro del Distrito Federal. Estos factores se describieron y valoraron. Los considerados más importantes fueron unidos mediante un plano y matriz de unidades ambientales generando con ello una tabla de porcentaje de infiltración y porcentaje de almacenamiento de cada delegación.

En base a esta tabla y a los factores determinantes para el aprovechamiento de agua de lluvia por delegación se evaluó la factibilidad de aplicación de las técnicas ancestrales para el aprovechamiento del agua de lluvia en el Distrito Federal. De esta forma se obtuvieron los resultados y conclusiones.

Para conocimiento, el documento está organizado de la siguiente manera:

El primer capítulo expone la introducción el problema, los objetivos, la hipótesis.

El segundo capítulo esta dedicado a la metodología que se siguió para conformar esta investigación, que fue a grandes rasgos la siguiente: Estado del arte del manejo de agua pluvial actual, identificación de técnicas ancestrales, fichas de análisis de técnicas ancestrales, identificación y descripción de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas, tabla comparativa de factores, valoración de factores para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual, y factibilidad del uso del agua de lluvia en la ciudad actual.

En el capítulo tercero se habla del agua pluvial históricamente y en la actualidad. Su definición, su historia, de que manera ha sido utilizada por el hombre así como las leyes y reglamentos que la regulan en México.

En el cuarto capítulo se analizan todas las variables que se utilizaron para comprender cada una de las técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial halladas. El capítulo quinto, muestra las condicionantes o limitantes a las que están sujetas estas técnicas en la ciudad actual dependiendo de las características de las Delegaciones. El capítulo sexto, se refiere a principalmente a la evaluación de las técnicas ancestrales de agua pluvial y saber que tan factible es utilizarlas en la ciudad actual. El capítulo séptimo son los resultados obtenidos en el proceso de investigación para finalizar con el capítulo octavo en dónde se encuentran las conclusiones y recomendaciones en las que se presentan las líneas de investigación.

Este documento está dirigido a arquitectos paisajistas, arquitectos, ingenieros y carreras afines al igual que para toda persona interesada en el tema.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. EL AGUA DE LLUVIA.

1.1.1. EL CICLO NATURAL DEL AGUA.

Dentro del ciclo del agua natural, el agua cae en forma de lluvia, granizo o nieve hacia el suelo infiltrándose para crear mantos acuíferos, alimentar plantas o escurrir para formar ríos o lagos o mares, después sube por evaporación y evapotranspiración hacia la atmósfera para condensarse y caer de nuevo mediante la precipitación.

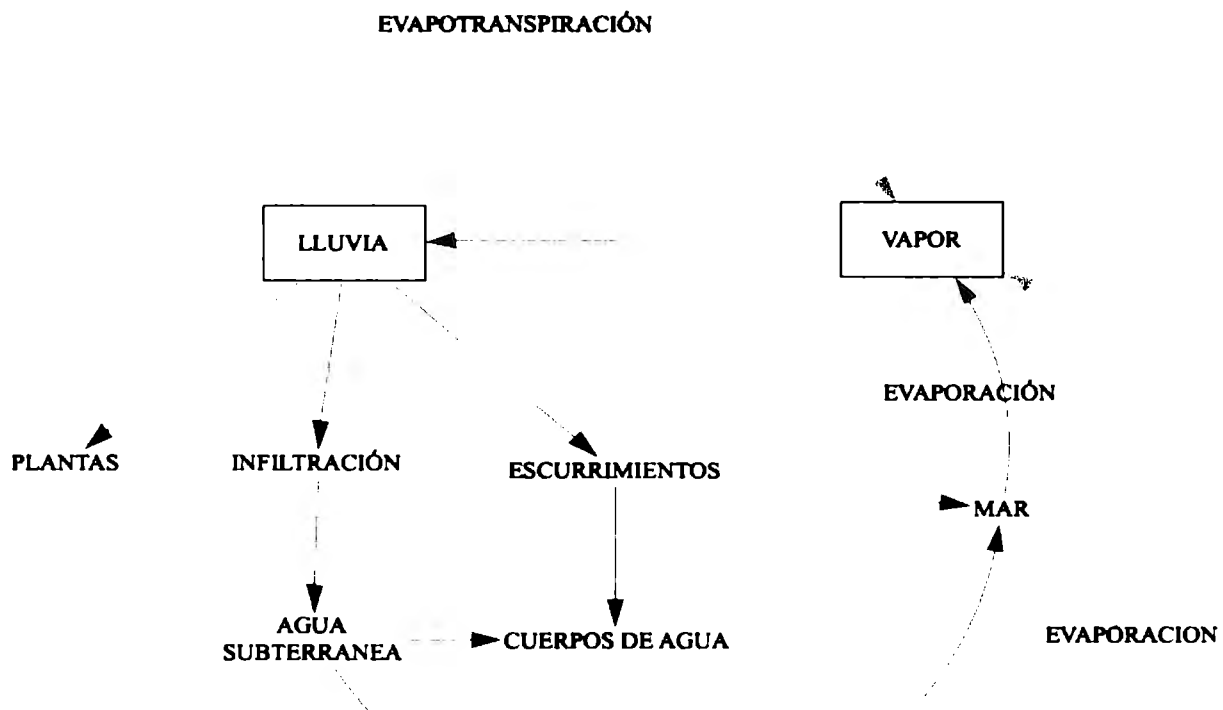


Figura 1. Ciclo natural del agua pluvial. Desarrollado en VENSIM PLE.

El agua se limpia y renueva en el ciclo natural del agua, dando paso a la creación de manantiales, cuerpos de agua, mares que a su vez crean vida.

1.1.2. EL “CICLO URBANO” DEL AGUA DE PLUVIAL.

El ciclo hidrológico en las ciudades cambia ya que el uso de materiales impermeables reduce la posibilidad de infiltración, reduciéndola no se renuevan los mantos acuíferos, en su lugar se crean escurrimientos y encharcamientos, los cuales en exceso provocan inundaciones y toda esa agua acumulada deteriora el ambiente, la salud humana, y crea fauna nociva como los mosquitos. El Distrito Federal tiene una superficie total de 1495 km² ⁵ de los cuales 632.66 km² es área urbana construida y 128.28 km² de áreas verdes⁶ eso deja un 59% de suelo de conservación.

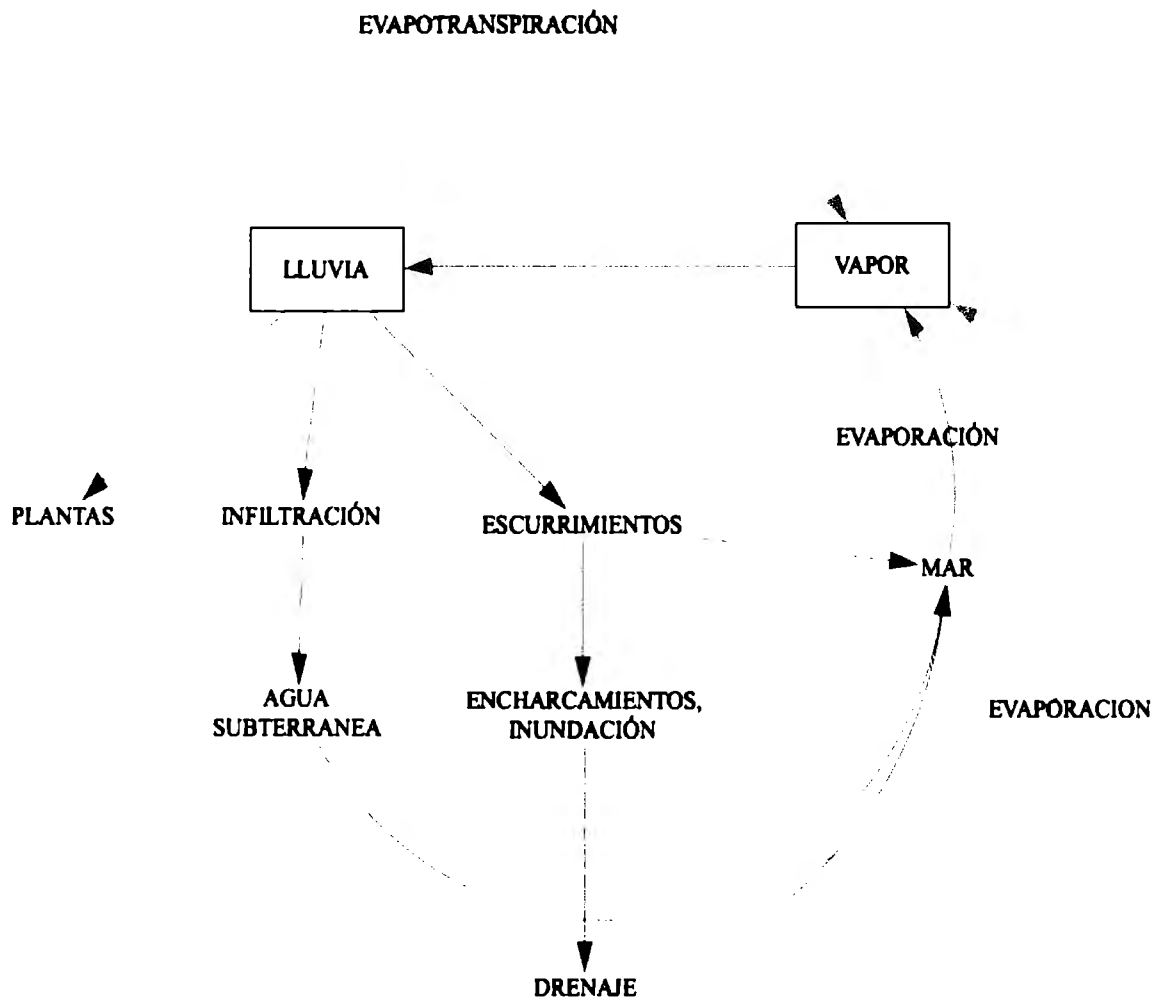


Figura 2. Ciclo del agua pluvial en la ciudad. Desarrollado en VENSIM PLE.

Al no existir suficiente infiltración por las construcciones y pavimentos impermeables, hay mayor cantidad de escurrimientos, lo que trae consigo encharcamientos e inundaciones en la ciudad que se resuelven mandando el agua de lluvia al drenaje.

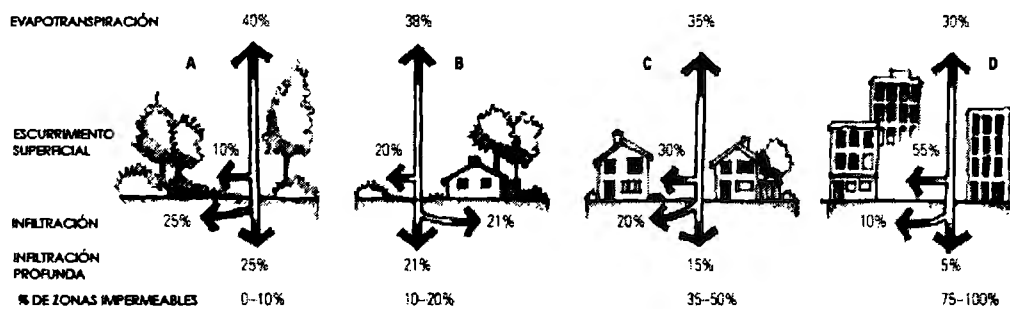


Figura 3. Porcentaje de infiltración dependiendo del porcentaje de zonas impermeables. Tomado de DUNNETT, Nigel. CLAYDEN, Andy(2007) Rain gardens : sustainable rainwater management for the garden and designed landscape. Timber Press, Inc

La ciudad de México presenta una contradicción; por un lado en la metrópoli escasea el agua potable y por otro lado la ciudad se inunda en época de lluvia. Para prevenir los encharcamientos e inundaciones en la Ciudad de México, se han establecido algunas técnicas que si bien no captan el agua pluvial para un uso redituable la captan para desalojarla lentamente hacia el drenaje, como es el caso de los vasos reguladores. Los vasos reguladores o colectores pluviales fueron creados a raíz de la inundación acaecida el 1 de junio de 1937 en la ciudad. Inundación que causó daños a la infraestructura y a la población; por esta razón, se elaboró un plan de control pluvial.⁷

Estos sistemas captan el agua pluvial de una zona determinada por un periodo de tiempo determinado y la conducen a los drenes para su desalojo periódico. De esta manera se puede minimizar el daño a las viviendas, comercios y carreteras causado por la inundación y estancamiento de aguas pluviales.⁸ Este sistema sirve para recolectar grandes cantidades de agua pluvial, aguas de desagües, escurrimientos naturales dentro de la ciudad y agua de canales. Según Moreno⁹ existen dos tipos de vasos reguladores, el que sirve para contener el agua, la cual al desbordarse es desaguada por un ducto y el segundo es el vaso regulador solo retiene el agua pluvial, no la canaliza y la infiltra lentamente hacia el subsuelo.

En la ciudad de México los vasos reguladores forman parte del sistema de desagüe de agua pluvial en la ciudad, entre algunos están: El Salado ubicado en el límite de la delegación Iztapalapa y el municipio de Nezahualcóyotl, el vaso regulador Guelatao ubicado en Cabeza de Juárez y en Xochimilco el vaso regulador San Lucas que anteriormente era utilizado para pesca deportiva y esparcimiento pero ahora es una mezcla de aguas pluviales, basura y aguas negras.

Otro método para controlar las inundaciones fue tapar los ríos, este método nació durante 1940-1944 época en la que la ciudad se inundó dos veces más, una provocada por el desbordamiento de los ríos y otra debido a las torrenciales lluvias del año 1944,¹⁰ por lo mismo se construyeron más y mejores colectores y se inició el entubamiento de los ríos de la ciudad.

El último método de control de inundación fue sin duda el Drenaje Profundo. La ciudad de México ha contado con innumerables sistemas de drenaje. A pesar de esto, todos fueron

insuficientes hasta el drenaje profundo. Antes de su creación, el gran canal se encargaba del desalojo de agua cloacales, pluviales y grises, sin embargo empezó a tener problemas más graves por los escurrimientos que aumentaban al crecer el área urbana de la ciudad, y la proporción elevada de áreas impermeables por las pavimentaciones y los techos de las construcciones.¹¹ Aclarando la cita anterior, no es que los escurrimientos aumentaran como lo dice la memoria del drenaje profundo, sino que al crecer la población crecieron las áreas impermeables desfavoreciendo la infiltración del agua y provocando inundaciones ya que el agua no tiene a dónde irse.

En 1950 tuvo lugar la peor inundación en muchos años de la ciudad, pérdidas materiales y humanas, motivo por el cual se crearon plantas de bombeo en los colectores para desalojar con mayor rapidez el agua pluvial y las aguas negras. La metrópoli sufría año con año inundaciones de aguas negras y pluviales, situación desencadenada por las siguientes causas: el lento desalojo de las redes de desagüe, el hundimiento acelerado de la ciudad por la sobreexplotación de los acuíferos entre otras cosas, la disminución de pendiente del gran canal provocado por el hundimiento ya mencionado, pero más que nada, por los problemas ocasionados debido al manejo de agua, que desde la época colonial a nuestros días prevalecen.

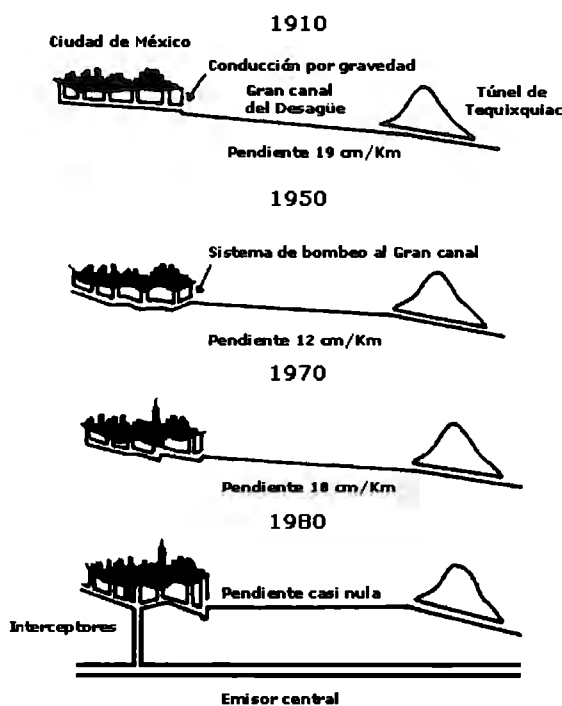


Figura 4. Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje.

Las inundaciones de la ciudad fueron reducidas cuando en 1967 se construyó el Drenaje Profundo, obra que opera por gravedad y no es afectada por los asentamientos; ya que está construido a profundidades que van desde 20 hasta más de 200 metros de profundidad, desalojando 200 m³ de aguas pluviales y residuales por segundo.¹² El Drenaje Profundo terminó de construirse en 1999, más de 137 Km. de longitud en tuberías llevan consigo la mezcla de agua pluvial con aguas negras hasta desembocar, ayudándose de distintos ríos, en el Golfo de México.

SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO	
KILOMETRAJE	DRENAJE
5.5	INTERCEPTOR IZTAPALAPA
0.8	INTERCEPTOR OBRERO MUNDIAL
11.6	CANAL NACIONAL- CANAL DE CHALCO
16.0	INTERCEPTOR PONIENTE
16.1	INTERCEPTOR CENTRAL
28.0	INTERCEPTOR ORIENTE
13.8	INTERCEPTOR ORIENTE-SUR
50.0	EMISOR CENTRAL
3.7	INTERCEPTOR CENTRO-CENTRO
16.2	INTERCEPTOR PONIENTE
3.4	INTERCEPTOR ORIENTE-ORIENTE
1.0	INTERCEPTOR GRAN CANAL
166.14 KM TOTALES DE DRENAJE PROFUNDO.	

Tabla 1. Kilometraje total del sistema del drenaje profundo.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Para la resolución de este problema se utilizará el método científico que son los pasos a seguir para obtener un nuevo conocimiento, o en otras palabras, para comprobar hipótesis o para predecir conductas de fenómenos desconocidos;. Resumiendo, podemos decir que el método científico es un conjunto de procedimientos en los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo.¹³

Las características del método científico son: La objetividad al basarse en hechos reales y objetivos, la factibilidad porque se apega a los hechos, la trascendencia de los hechos ya que se va más allá de las apariencias o creencias, se vale de la valoración empírica para dar solución a los problemas anteriormente expuestos, se autocorriges y progresa ajustando sus conclusiones, clasifica cada hecho.¹⁴

Las cinco etapas del método científico para la resolución de un problema son:

1. Percepción de un problema. En este el individuo detecta alguna o dificultad que es preocupante pero no tiene los medios para llegar a la resolución total. Se determina el carácter de un objeto o no se puede explicar un acontecimiento inesperado.¹⁵
2. Planteamiento del problema: En esta etapa se investiga y se efectúan observaciones más concisas acerca del problema para definirlo con mayor precisión.¹⁶
3. Hipótesis: Son conjeturas o soluciones propuestas para el problema realizadas a partir del estudio de los hechos.¹⁷
4. Deducción de las consecuencias de las hipótesis propuestas: Se obtienen conclusiones del estudio y se observa si las hipótesis son verdaderas, si lo son poseen ciertas consecuencias.¹⁸
5. Verificación de la hipótesis mediante la acción: Se pone a prueba cada una de las hipótesis buscando hechos observables que permitan confirmar las consecuencias que se producen. Determinando si la hipótesis concuerda con los hechos observables hallando así una solución más confiable al problema anteriormente planteado.¹⁹

Existen diferentes tipos de métodos generales para la investigación científica, los cuales son:

- a) Método Inductivo: proceso en el que a partir de un estudio de casos particulares o hechos se obtienen conclusiones o leyes universales que explican o relacionan los fenómenos estudiados.²⁰

- b) Método Deductivo: Consiste en tener conclusiones particulares a partir de una ley universal. Parte de verdades generales y progresa por el razonamiento. ²¹
- c) Método Sintético: Proceso mediante el cual se relacionan hechos aparentemente aislados y se formula una teoría que los unifica. ²²
- d) Método Analítico: En este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. ²³

Todos estos métodos se relacionan y complementan. La inducción puede ser considerada un análisis y la deducción una síntesis.

Esta tesis está basada en la metodología analítica inductiva en la que se eligieron casos particulares y se distinguieron ciertos elementos de la ciudad actual y de las técnicas ancestrales para ser analizados, estudiados y comprendidos con el fin de saber sus características y analizar que tan factible es la aplicación de las técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial para la ciudad actual comprendida en el Distrito Federal.

La metodología seguida fue en primer lugar revisar el estado del arte en cuanto al manejo de lluvia en la actualidad, para encontrar los vacíos dejados en las investigaciones y técnicas. Posteriormente se buscaron e identificaron técnicas ancestrales de agua pluvial en la antigüedad utilizando documentos, libros y tesis para establecerlas.

La historia del manejo de agua pluvial de la Ciudad de México así como de las ciudades antiguas fueron encontrados en diversos libros de historia del agua y de historia en general. El agua pluvial no era un tema único en estos libros, por lo general se tomaba como una fuente de abastecimiento o en el caso de la ciudad de México como la fuente causante de enfermedades, muerte e inundaciones.

Se comenzó a redactar el documento de investigación y después se tuvo la necesidad de analizar técnica por técnica para comprenderlas mejor y analizar la factibilidad de uso que poseían en la antigüedad. Mediante esto se establecieron los factores que determinaron el funcionamiento de las técnicas, sobre todo que tan factibles fueron en cuestión de factores ambientales. Las técnicas ancestrales para el manejo de agua pluvial fueron encontradas en diferentes libros de historia, el archivo histórico del agua, el ENAH y el INAH; por motivos de tiempo, accesibilidad u otros obstáculos, se reunieron únicamente 15 técnicas de manejo de agua pluvial en la antigüedad.

Se hizo un análisis de las técnicas ancestrales a través de fichas estableciendo ciertas variables y criterios como fueron: localización, línea del tiempo, clima actual, clima prehistórico, suelo, materiales, técnica de construcción, funcionalidad, mantenimiento, aplicabilidad y análisis espacial. Éstos fueron los criterios básicos para comprender el porque de la técnica, en que año fue establecida, su forma, su función, que tanto se adaptaban al entorno, si utilizaban materiales de su región o no y cómo era el suelo y si en base a el las técnicas infiltraban o almacenaban el agua de lluvia.

Algunas técnicas no estaba ilustradas, otras no poseían una explicación, dimensiones, materiales de construcción, tipo de suelo, uso, técnica constructiva, por lo que se tuvo la necesidad de analizar el sitio en dónde se encontraban localizadas y deducir los datos faltantes para el análisis.

Se realizó posteriormente una tabla comparativa de factores utilizando las fichas de análisis de las técnicas ancestrales previamente realizadas y los factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas que son: el clima, el suelo, la topografía, el grado de contaminación del agua, el mantenimiento, la economía de construcción y la facilidad de uso. El resultado más próximo a 0 es la técnica que más adaptada estaba a su medio físico.

Se establecieron los índices de suelo en función de su textura siendo grava 1 por ser la textura que permite una mayor infiltración y arcilla 4 como la textura de menor infiltración.

Los indicadores climáticos fueron de acuerdo a su clasificación: Tropical 1, Árido 2, Templado 3, Continental 4, Ártico 5, y las técnicas que se encontraron en diferentes climas fueron valoradas con 6.

La topografía fue tomada en función de sus pendientes cuyas condiciones físico naturales que permiten la urbanización y el uso humano, siendo 1 la de mayor pendiente desde un 10% hasta el 60% de pendiente, esta está recomendada como reserva ecológica, recarga acuífera natural, aprovechamiento recreativo o contemplativo. La pendiente del 5 al 10% valorada en 2 cuyo aprovechamiento recomendable es para usos urbanos e industriales de mediana intensidad recreativos y agrícolas. La pendiente más plana del 0 al 5% fue valorada en 3 cuyas características son apropiadas en cuestión de urbanización y uso humano para la agricultura, preservación ecológica, áreas recreativas, construcción, agricultura y recarga acuífera natural.

Ya obtenidos estos resultados se valoraron las técnicas antiguas con las técnicas utilizadas hoy en día para saber cuanto fueron modificadas y si mantienen su propósito. Las variables utilizadas fueron las mismas analizadas en las fichas de análisis de las técnicas ancestrales de agua pluvial que son suelo, clima, topografía, contaminación de agua, mantenimiento, economía de construcción, material y forma.

Cabe mencionar que las tablas de análisis de esta tesis fueron adaptadas de la tesis doctoral la Dra. Marisol Ugalde, las cuales son a su vez una adaptación del análisis multicriterio y del análisis cualitativo.

Posteriormente para saber que tan factibles son las técnicas a nivel Delegación, se obtuvieron planos de Cuadernos Estadísticos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) entre los años 2005-2007 que son los más actuales. De estos planos se adquirieron datos como: la topografía, precipitación pluvial, uso de suelo, vegetación, geología, edafología y altimetría por delegación

En la ciudad de México, comprendida en el Distrito Federal, los datos de características físicas fueron localizados principalmente en INEGI, CONAGUA y el Archivo Histórico del Agua. Los planos que ayudaron a realizar las unidades ambientales para la mejor comprensión

del sitio fueron proporcionados por el INEGI, sin embargo los planos son genéricos, por lo que la matriz de unidades ambientales y el plano de unidades ambientales son muy generales.

Los planos encontrados fueron el de Topografía, Hidrología Superficial, Geología, Edafología, Uso de suelo y vegetación, Isoyetas y Clima. Como algunas delegaciones no poseían el plano de Hidrología, éste no fue tomado en cuenta. En base al plano de Topografía se hizo un plano de altimetría que ayudaría más a la formación de unidades ambientales. El clima varía muy poco en el Distrito Federal, el clima en general es Templado pero varían las lluvias; como ya se tomó en cuenta el plano de Isoyetas se descartó el plano de Clima. El plano de uso de suelo fue separado del plano de vegetación ya que aunque se presentan en un solo plano, no son iguales. Uso de suelo es la utilidad que se da al suelo agrícola, forestal, habitacional entre otros, y la Vegetación es la materia vegetal encontrada en el suelo, es decir bosque mixto, bosque templado, bosque, selva, pastizal entre otros. Lamentablemente en el éste plano proporcionado por el INEGI no dividen el tipo de bosque ni el tipo de pastizal encontrado en la ciudad. Por último el plano de Geología no se tomó en cuenta porque principalmente esta investigación se interesa en la infiltración inmediata la cual es proporcionada por el suelo, es por ello que se únicamente se tomo en cuenta el plano Edafológico; no obstante este plano se tomó de manera general, se debe recordar que cada tipo de suelo tiene un subtipo por ejemplo el feozem posee feozem haplico, feozem léptico, entre otros. Pero por tiempo y por efectos de investigación se tomó en general el tipo de suelo sin sus subtipos.

Una vez analizados los planos se propuso una matriz compuesta por los planos de altimetría como base, edafología, uso de suelo y vegetación. De los cuales se obtuvieron unidades ambientales que ayudarían a comprender mejor el comportamiento del distrito Federal. También se utilizó el plano de precipitación pluvial para comprender la conducta del agua pluvial por Delegaciones.

Del plano de unidades ambientales se obtuvieron ciertos porcentajes de tipo de suelo, tipo de vegetación, uso de suelo y zona urbana en el distrito federal presentados en la tabla de la página 87. En base a los resultados anteriores se seleccionó el porcentaje de tipo de suelo ya que éste es vital para conocer sus propiedades de infiltración del suelo según sus características. Se investigaron las texturas de los tipos de suelo y en base a ello se establecieron indicadores de infiltración o almacenamiento en el caso de que el suelo no permitiese la infiltración del agua; con esta información se obtuvo una tabla de porcentajes de infiltración y porcentajes de almacenamiento de agua pluvial de acuerdo a las características de suelo de las Delegaciones y se comparó la cantidad de agua pluvial obtenida por delegación según el plano de Isoyetas del INEGI.

Después de la tabla anteriormente mencionada se compararon las técnicas ancestrales con el perfil de cada Delegación para de ésta forma se saber la factibilidad de las técnicas ancestrales para ser utilizadas dependiendo de la delegación en la que será utilizada. Cabe mencionar que los únicos dos destinos de manejo de agua pluvial de éste estudio, son infiltración y almacenamiento, ya que desperdiciar el agua de lluvia llevándola al desagüe o drenaje local y municipal no es una opción realista ni sustentable.

Gracias a todo este proceso se obtuvo la factibilidad de aplicación de las técnicas ancestrales en el manejo de agua de lluvia en la Ciudad Actual. Contestando de ésta forma la hipótesis propuesta para ésta investigación y concluyéndola con los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación.

Entre otros datos que se investigaron y redactaron de la metodología son: los datos de la cantidad de precipitación pluvial del Distrito Federal los cuales son un promedio obtenido en base a isoyetas y al área establecida del Distrito Federal que se calculó, ya que no se pudo encontrar la cantidad exacta de precipitación pluvial en el Distrito Federal. Cabe mencionar que por falta de recursos económicos no se pudo obtener la poligonal exacta del Distrito Federal y el área de cada una de sus Delegaciones, por lo que son aproximadas.

Los datos sobre la logística humanitaria, son datos muy extensos y resolver el problema del abastecimiento de agua en caso de desastre es sin duda un tema muy importante que exige una investigación completa, es por ello que únicamente se mencionan algunas opciones y los desastres naturales en los que más podría apoyar el agua pluvial al abastecimiento de la población.

En cuestión de los reglamentos y leyes en México sobre el agua pluvial, se hizo una investigación para saber que tan regulado está este recurso en México y se hizo una propuesta propia de política ambiental para la regulación de agua pluvial. Cabe mencionar que aunque se buscó no se encontraron programas, planes o políticas de regulación de agua pluvial en México y en Estados Unidos solo se encontraron programas. Es por ello que la propuesta es propia, esta en base a lo aprendido dentro del curso Política Ambiental y de dos libros sobre política ambiental encontrados en la bibliografía y referencias. Cabe mencionar que no se ha establecido aún quienes pueden ser los organismos que se encarguen de implementarla, revisarla y cumplirla.

Los datos sobre la calidad del agua de lluvia en el Distrito Federal fueron incluidos en un inicio como parte del documento, sin embargo no fueron encontrados en ninguna dependencia gubernamental pública o privada, es por ello que en éste documento no fueron mencionados. Se tuvo por objeto entonces recolectar el agua pluvial por un mes o dos y llevarla al laboratorio para conocer su calidad, no obstante por tiempo, economía y alto índice de incertidumbre no fue posible llevar a cabo el estudio.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento realizado para ésta investigación, en donde las flechas negras muestran la continuidad y las rojas la reciprocidad entre temas y resultados para lograr una nueva información para de esta forma finalizar con las conclusiones. El inicio de la investigación esta enmarcada en azul oscuro al igual que las conclusiones de la misma, los rombos son los temas investigados y sus resultados producidos por medio del análisis y la recopilación de datos, mientras que los rectángulos son el producto final de estos temas y datos obtenidos.

1. Identificación de técnicas ancestrales
2. Recopilación de Datos
3. Fichas de análisis de técnicas ancestrales
4. Identificación de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.
5. Descripción de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.
6. Tabla comparativa de factores.
7. Valoración de factores determinantes en el funcionamiento de las técnicas ancestrales.
8. Identificación de factores determinantes para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
9. Descripción de factores determinantes para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
10. Valoración de factores determinantes para el aprovechamiento de agua de lluvia en la ciudad actual.
11. Generación de unidades ambientales para determinantes para conocer el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
12. Tablas de evaluación de factibilidad de aplicación de las técnicas ancestrales para el aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad actual.
13. Resultados y conclusiones

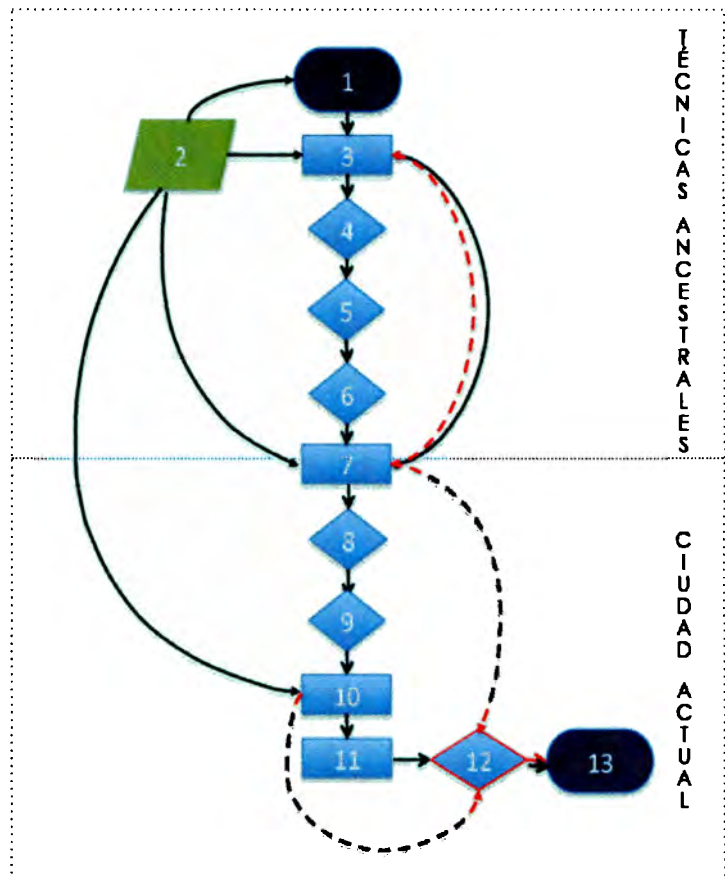


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología de investigación.

El diagrama se encuentra dividido en dos grandes temas la investigación, análisis y resultados de las técnicas ancestrales del número 1 al número 7 y la investigación, análisis y resultados de la ciudad actual con el número dos y después del número 8 al número 13. Juntos los resultados previamente analizados dan como producto final la comprobación de la hipótesis planteada.

Los procesos fueron realizados de forma cíclica ya que todos los datos ayudaron a comprobar u obtener unos nuevos como se explicó en la introducción.

3. MARCO TEÓRICO.

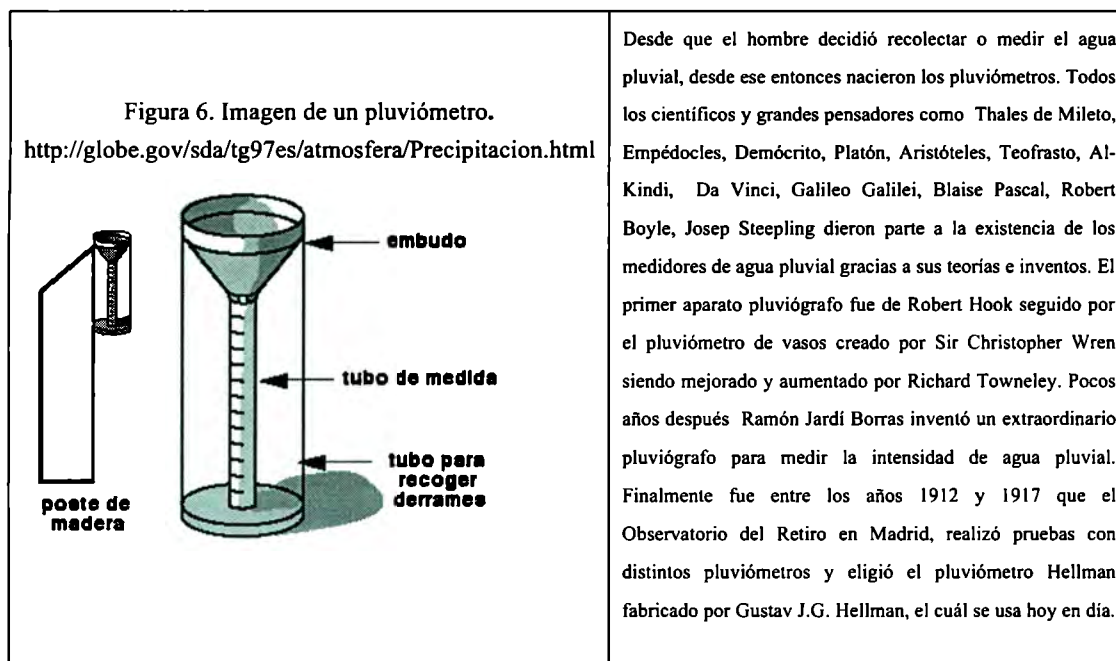
3.1. DEFINICIONES.

3.1.1. PRECIPITACIÓN DE AGUA PLUVIAL.

El agua de lluvia es toda aquella agua que cae del cielo y se precipita en forma de gotas, nieve o granizo hacia la tierra. Es la parte fundamental del ciclo de agua, ya que junto con la evapotranspiración y el vapor de agua, unen la tierra con el cielo. El agua de lluvia precipita el agua al suelo y la evaporización la devuelve al cielo.

El agua que se precipita a la tierra se evapora gracias al sol, ese vapor de agua al subir a la atmósfera se va condensa y enfría, las partículas de agua se hacen más grandes creando nubes. Cuando esas gotas son demasiado pesadas para ser retenidas por la nube o no hay suficiente calor para evaporarlas nuevamente, éstas se precipitan hacia la superficie terrestre formando lo que conocemos como agua de lluvia o agua pluvial.

El volumen de agua pluvial es medida en milímetros (mm) o en litros por m^2 (l/m^2), y se mide a través de un pluviómetro. Este artefacto recoge la lluvia caída en una caja cuadrada de 1 m de lado. Cuando deja de llover, se mide la altura del agua dentro de la caja utilizando una regla métrica. Cada milímetro de altura de agua es equivalente a 1 $litro/m^2$. Es decir una precipitación de 5 cm, equivale a 50 $litros/m^2$ y en 1 km^2 habrían caído 50,000,000 litros de agua de lluvia.



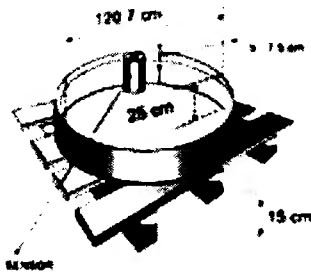
3.1.2. EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

La evaporación es el proceso mediante el cual, el agua pasa de la fase líquida a la gaseosa con ayuda del calor, regresando de vuelta a la atmósfera.²⁴ Los cuerpos de agua con ayuda del sol, evaporan directamente el agua hacia la atmósfera, por lo tanto ríos, lagos y mares son grandes superficies de agua en constante evaporación.

La evapotranspiración es también el paso del agua de líquida a gaseosa, sólo que en lugar de evaporarse a través de un cuerpo o superficie de agua, se evapora a través de la transpiración de las hojas de plantas. El agua que se absorbe a través de las raíces es transferida por toda la planta. En las hojas, el aire entra en su epidermis a través de las estomas, los cloroplastos dentro de las hojas usan el bióxido de carbono del aire y una parte del agua disponible para generar la fotosíntesis y nutrir la planta. Mientras más aire entra a la hoja, se va escapando más agua a través de los estomas abiertos dando paso al conocido como transpiración.

La cantidad de agua evaporada por evaporación o por evapotranspiración depende de algunos factores climáticos como la temperatura, la humedad, la radiación solar o el viento. Para medir la evaporación y la evapotranspiración se pueden utilizar varios métodos matemáticos como son: el método Meyer, el método de balance energético, el método Contagne, el Método Blaney-Criddle; pero también se puede utilizar el evaporímetro, evapotranspirómetro, lisímetro y atmómetro.²⁵

Figura 7. Imagen de un evaporímetro o evapotranspirómetro.



<http://www.quimisur.com/>

El evapotranspirómetro está diseñado para obtener medidas directas de evapotranspiración potencial a partir de la ecuación del balance hídrico. Consiste en uno o más depósitos excavados en el terreno y rellenos con el producto de la excavación, o con el perfil que se quiera estudiar. En la superficie se planta un césped vegetal continuo. El fondo tiene un tubo colector que recoge las salidas y las conduce a un depósito colector también enterrado y situado a nivel inferior, para medirlas.

Fuente:

http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Anejos/Metodos_Determinacion_Evapotranspiracion/Metodos_Directos/MetodosDirectos.asp

3.1.3. ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES.

Los escurrimientos se forman al derretirse la nieve o cuando el agua se precipita sobre el suelo y la tierra llega a su capacidad de campo, que es la capacidad máxima en la que el suelo puede

retener el agua de lluvia antes de escurrir. El concepto de capacidad de campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una Capacidad de Campo claramente definida.²⁶

El agua comienza a moverse cuesta abajo por la acción gravitacional, parte de esta agua se infiltra reponiendo los mantos acuíferos, pero la mayor parte del agua sigue su curso, recargando a su paso ríos y lagos, cambiando contornos y formas en el suelo, pero también erosionándolo al llevarse los nutrimentos hacia abajo.

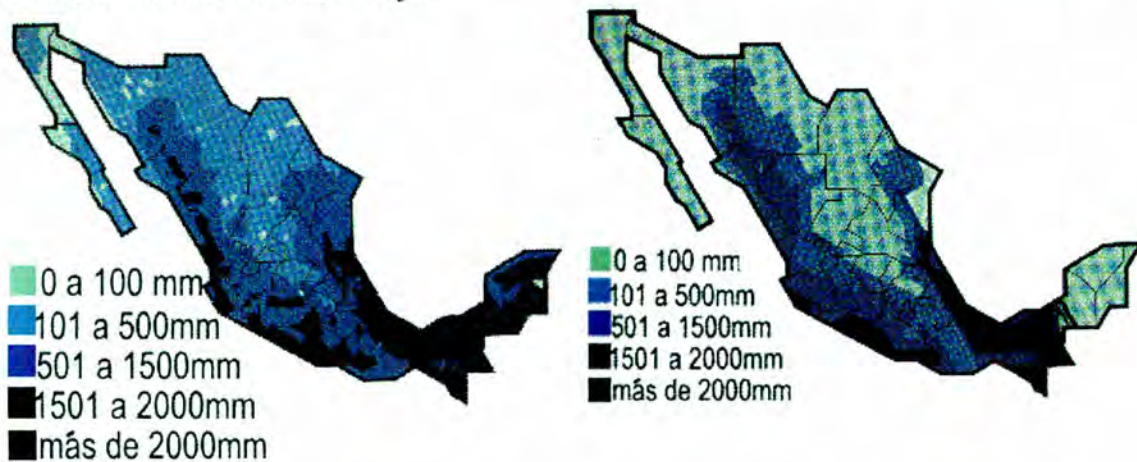


Figura 8. Cantidad de agua pluvial y escurrimientos , En los ríos se escurre ¼ de esta precipitación alrededor de 410 000 millones de m³ formados por escurrimiento superficial y corrientes subterráneas.
http://www.sagan-gea.org/hoiared_urbanismo/paginas/PROBL.%20ciudad%20v%20agua.html

Los escurrimientos son factores que deben tomarse en cuenta al planear las ciudades para permitir que el ciclo hidrológico funcione correctamente de forma artificial. El no tomar en cuenta los escurrimientos en la ciudad o en zonas habitadas por el hombre puede traer como consecuencia deslaves, erosión del suelo, inundaciones y estancamientos. Que a la larga pueden traer enfermedades, entorpecer el quehacer cotidiano, pérdidas humanas, pérdidas agrícolas, impactos ambientales como la erosión del suelo, desabastecimiento de agua subterránea o en el peor de los casos polución, que es la pérdida de la pureza del elemento.

La escorrentía se analiza usando modelos matemáticos y exámenes de calidad de agua. También se han desarrollado modelos informáticos que permiten rastrear el curso de las escorrentías.

3.1.4. INFILTRACIÓN

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. El índice de infiltración, en la ciencia del suelo, es la medida a la cual el suelo es capaz de absorber

la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por hora o milímetros por hora. Si el agua de lluvia no se infiltra, se generarán las escorrentías.

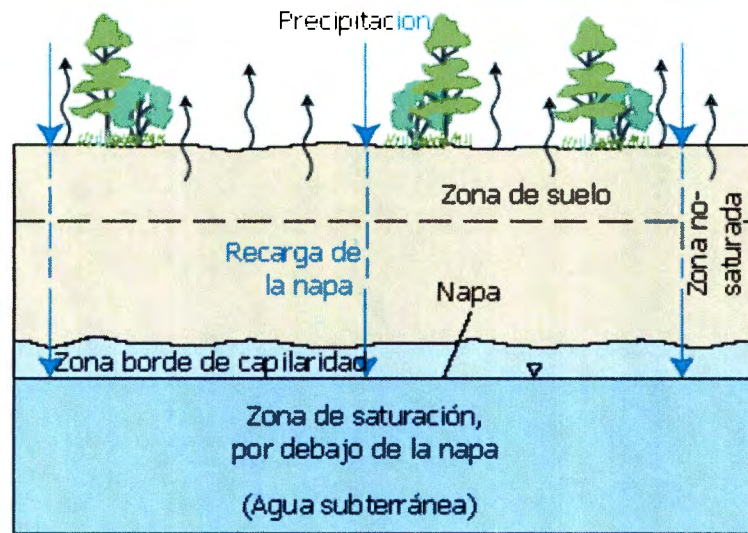


Figura 9. Infiltración.

<http://ga.water.usgs.gov/edu/graphics/spanish/wcinfiltrationsoilzone.gif>

El índice de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro. ²⁷

<p>El diagrama muestra un infiltrómetro de doble anillo. Es un cilindro con un diámetro de 15-25 cm. La parte superior tiene una altura de 2-5 cm. La parte inferior tiene una altura de 20-40 mm. La altura total del cilindro es de 9 cm. Hay un anillo piratado (por la superficie interna) que se encuentra a 2-5 cm bajo la tierra.</p>	<p>Sirven para determinar la capacidad de infiltración en pequeñas áreas cerradas, aplicando artificialmente agua al suelo.</p> <p>Los infiltrómetros se usan con frecuencia en pequeñas cuencas o en áreas pequeñas o experimentales dentro de cuencas grandes. Cuando en el área se presenta gran variación en el suelo y vegetación, ésta se subdivide en subáreas relativamente uniformes, de las cuales haciendo una serie de pruebas se puede obtener información aceptable.</p> <p>Siendo la infiltración un proceso complejo, es posible inferir con los infiltrómetros la capacidad de infiltración de cualquier cuenca en forma cualitativa, pero no cuantitativa. La aplicación más favorable de este equipo se obtiene en zonas experimentales, donde se puede evaluar la infiltración para diferentes tipos de suelo y contenido de humedad.</p> <p>Los <i>infiltrómetros</i> se pueden dividir en dos grupos: de carga constante y simuladores de lluvia.</p> <p>Fuente de ficha: http://www.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/ARCHIVOS/INFIL.htm</p>
<p>Figura 10. Imagen de un infiltrómetro de doble anillo. http://globe.gov/sda/tg97es/suelos/Infiltracion.html</p>	

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar.²⁸ Es decir, se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje o capacidad de campo y la tasa de transmisión por el suelo.²⁹ En el control de la tasa

y capacidad infiltración desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación³⁰. Por ejemplo, los suelos arenosos de grano grueso tienen espacios grandes entre cada grano y permiten que el agua se infiltre rápidamente.

La propiedad de infiltrar, se le da al suelo por medio de la textura y la porosidad; el uso de vegetación favorece la creación de la porosidad y estructura del suelo, protegiéndolo de los estancamientos pluviales. Un suelo con cubierta vegetal inerte (hojarasca, corteza de pino, acolchados) o con cubierta vegetal viva (cubresuelos y/o follaje) será un suelo protegido contra la caída vertiginosa de agua pluvial, será poroso y de rápida infiltración. Sin protección, el suelo puede hacerse mucho menos permeable y erosionarse rápidamente.

Una vez que el agua se ha infiltrado en el suelo, permanece allí y se filtra al agua subterránea, o pasa a formar parte del proceso de escorrentía subsuperficial.³¹

3.1.5. AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea es aquella agua que ya infiltrada en el suelo se mueve a través de los horizontes del suelo hacia abajo donde se llenan con agua todos los espacios entre partículas de tierra y roca, la zona saturada. Se mueve lentamente, por lo general en pies por año. A la parte superior de esta zona se le llama capa freática. La capa freática puede estar de unos cuantos pies a cientos de pies debajo de la superficie.³²

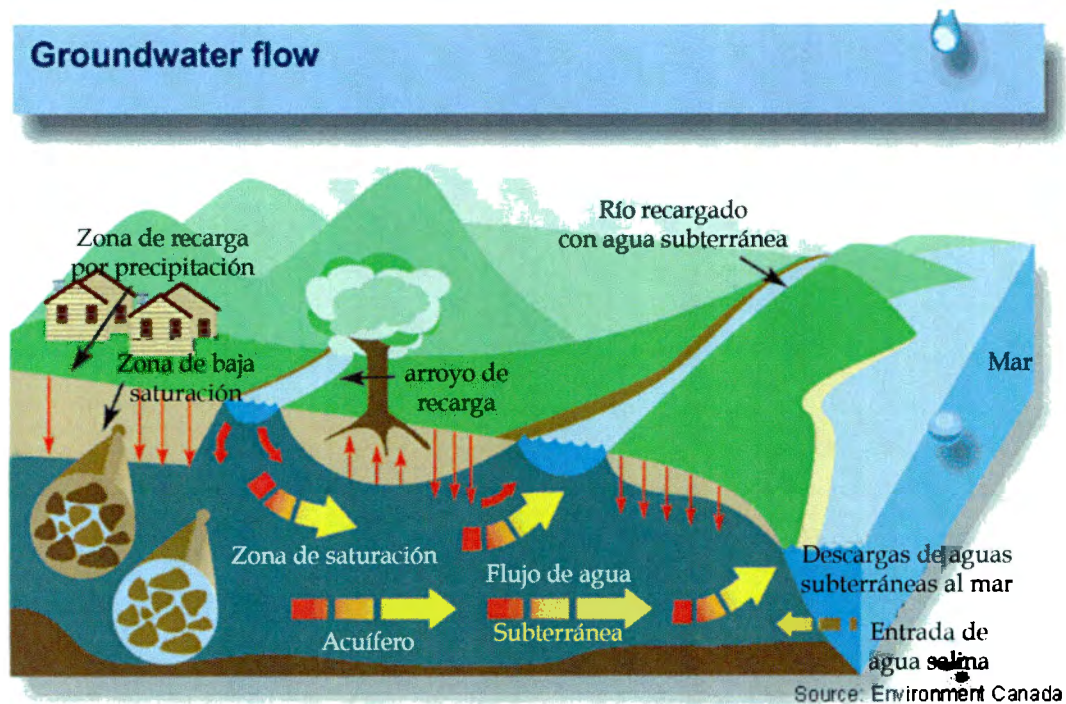


Figura 11. Ciclo del agua subterránea. <http://water.usgs.gov/gotita/graphics/gwflow.gif>

El agua subterránea se reabastece o recarga con la lluvia, nieve derretida, arroyos y otra agua superficial que se trasmina hacia la tierra. La tierra cuenta con procesos naturales de purificación que pueden filtrar, diluir, transformar o destruir contaminantes naturales y humanos en el subsuelo. El agua subterránea se contamina cuando las sustancias contaminantes se mueven a través de la tierra y acuíferos más rápido de lo que los procesos naturales pueden reducirlos a niveles aceptables. Los químicos y microorganismos pueden hacer que el agua subterránea sea desagradable para beber o presente riesgos a la salud. Debido a que eventualmente toda el agua pasa por todo el ciclo de agua, los contaminantes en la atmósfera, o tierra, o en el agua superficial pueden llegar a cualquier otra parte del ciclo, incluyendo el agua subterránea. Los acuíferos poco profundos de arena y grava de los valles del río son los más vulnerables a la contaminación.³³

3.2 AGUA DE LLUVIA A TRAVÉS DE LA HISTORIA.

3.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL AGUA PLUVIAL EN EL MUNDO.

Los seres humanos en un inicio eran nómadas, iban de lugar en lugar acabando recursos y cuando éstos ya no eran suficientes simplemente se movían y se establecían en otro lado; sin embargo se fueron estableciendo cuando comenzaron a domesticar animales y descubrieron la agricultura. Esta forma sedentaria de vida hizo posible la construcción de pueblos, villas, ciudades y eventualmente estados. Para todas estas formas de vida el agua, a mi parecer, fue el recurso que lo hizo todo posible.

Se tiene registro de que el manejo de agua pluvial ha acompañado al hombre desde siempre, las primeras ciudades que la usaban y manejaban datan desde el año 8000 a.C.³⁴ Manejaban el agua mediante canales, canaletas, tuberías de barro, pozos abiertos y pozos profundos o shaduf, los cuales se establecieron a lo largo de las ciudades; algunos ejemplos claros se encuentran en Jericó, Mohenjo-daro, Ur, Babilonia y Egipto.

Los pozos fueron el primer sistema de manejo de agua que se han encontrado, por su fácil construcción y manejo de agua³⁵. Posteriormente el sistema se fue perfeccionando y aún hoy en día se utilizan para extraer y guardar agua.

La creación de pozos creó sistemas novedosos en la edad de bronce. En Creta, Grecia las ciudades como Knossos, Phaistos y Mali estaban muy avanzadas en cuanto al manejo del agua. En Phaistos no existía cuerpo de agua cerca de la ciudad, por esta razón se tuvo la necesidad de construir pozos grandes de ladrillo para mantener el agua pluvial, éstos pozos son llamados cisternas. Las cisternas de agua pluvial recolectaban el agua de lluvia ayudándose de canales y tuberías de barro para cubrir los requerimientos de agua de la ciudad³⁶. Sistemas como éstos se desarrollaron a lo largo de toda Grecia, dando paso a una evolución más grande y sofisticada del agua de lluvia.

Los romanos antiguos (509 a.C.), manejaban el agua de lluvia a nivel arquitectónico y a nivel urbano. Las reservas de agua privadas se encontraban en casas de personas con mayor poder económico. El sistema de agua pluvial se componía del compluvium o área de captación conformada por el espacio ocupado por las pendientes de los techos que conducían el agua de lluvia al interior de la casa, el agua caía del compluvium hacia un depósito ubicado al interior de la casa romana llamada impluvium, cuando el agua pluvial llenaba este depósito, era conducida por gravedad hacia la cocina para su uso inmediato o hacia la cisterna que se encontraba debajo del impluvium para usarla posteriormente.³⁷ El impluvium, además de ser un depósito de agua de lluvia, se utilizaba para refrescar el ambiente interior de la casa favoreciendo la creación de un microclima.

Las reservas a nivel urbano eran conocidas como reservas públicas o cisternas; estas estaban ubicadas a lo largo de la ciudad, en anfiteatros o zonas con gran afluencia de gente y en la parte superior de los departamentos de alta densidad de las ciudades Romanas.³⁸

El proceso de llenado era similar al de las reservas privadas, el agua resbalaba de los techos que eran principalmente bóvedas y caía en la reserva. Estas cisternas eran impluvios colosales hechos de mortero de cal y arena o piedra. Cuando el agua del compluvium era insuficiente para llenar el impluvium, se construían canales o canaletas en plazas y calles con una ligera pendiente para conducir las escorrentías de agua de lluvia hacia las cisternas.

La gran ingeniería romana permitió la creación de 3 diferentes tipos de cisternas romanas públicas: Cisternas de cámaras abovedadas con pilares, cisternas de cámaras abovedadas sin pilares y cisternas de cámaras paralelas; siendo éstas últimas ampliamente recomendadas por Marco Vitrubio en los Diez libros de la Arquitectura por sus múltiples ventajas y mayor limpieza del agua pluvial.³⁹

Las cisternas de agua pluvial permitieron incluso el uso de este recurso utilizándolo en fuentes ubicadas a lo largo de toda la metrópoli Romana.

El sistema de recolección de agua pluvial persistió en Roma aún después de la creación de los acueductos, pero fue olvidado con el tiempo ya que el agua de manantial traída desde los acueductos cubrió la cuota de abastecimiento de la ciudad. Con la construcción de las primeras cloacas el agua pluvial junto con el agua potable se emplearon para crear corriente, técnica que causa pérdida de agua limpia utilizada aún en nuestros días, la razón probablemente sea porque es una manera fácil y sencilla de llevarse las excretas humanas causando corriente sin tener contacto alguno con ellas. Ésta técnica no existía en Tenochtitlán, por lo que puedo deducir que fue heredada por los españoles que a su vez la heredaron de los romanos.

Además del uso de reservas privadas mencionadas anteriormente, los romanos utilizaron otro tipo de depósitos más naturales. El ejemplo más claro está en los Sassi de Matera localizado en Italia. En ésta zona al estar asentada la urbe sobre piedra toba, lejos de cualquier cuerpo de agua superficial y subterráneo, se cavaron las casas sobre la piedra y cada casa posee una cisterna o aljibe para la recolección del agua de lluvia.

Para aprovechar al máximo el agua de lluvia, los pozos recolectores se construyeron alrededor de un patio. En el patio, se cava un gran aljibe que recoge el agua de los tejados. De hecho, el agua que proviene de la lluvia y de la escarcha es colectada por un sistema de drenaje dentro de las cuevas. Los bordes de los tejados nunca sobrepasan las paredes de las casas. Como el techo está excavado en la misma piedra, ello permite que no se pierda ni una sola gota de agua, ya que está compuesto de canales de terracota que llevan el agua al aljibe.⁴⁰ La forma de construcción de las casas y los aljibes permiten la creación de microclimas que enfrían el lugar o lo refrescan en época de sequía y mantienen el agua limpia, además de que previenen la erosión provocada por escorrentías y fuertes torrentes pluviales.

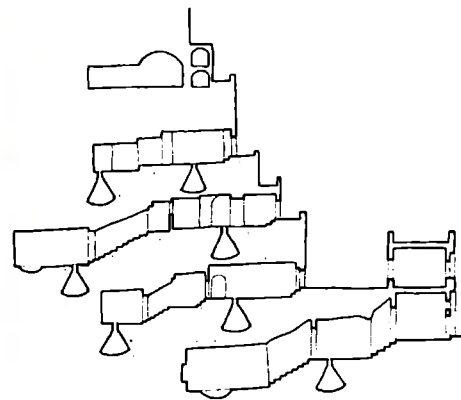


Figura 12. Imagen de casas escarbadas en roca y los aljibes. © Pietro Laureano

A finales del XIX un asentamiento ubicado en la topografía de un cerro al igual que Los Sassi fue utilizado para recolectar agua pluvial. En Gibraltar comenzó una construcción de recolección de agua de lluvia sobre 140,000 m² del cerro para colectarla en las superficies, guiándose de canales y llevándola hasta uno principal ubicado en la base de la zona de captación, a unos 100 metros sobre el nivel del mar. El agua era canalizada en diferentes reservas y fue la manera de suministrar agua potable durante todo el siglo XX hasta que fue insuficiente el agua para la cantidad de habitantes del lugar⁴¹. Hoy en día la principal agua potable de Gibraltar se obtiene de la desalinización del agua de mar.

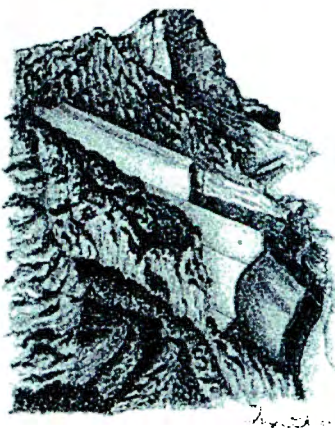


Figura 13. Imagen de reservas escarbadas en el cerro las cuales recolectaban agua pluvial para abastecer a la población

Con la llegada de las tuberías y los acueductos, así como de otras alternativas tecnológicas e ingenieriles para el abastecimiento de agua como es la desalinización del agua de mar, se olvidaron en los sistemas de recolección de agua pluvial, en las ciudades y lugares afines.

No obstante, en lugares con alta marginación y desabasto de agua potable como India, Kenya, China, Japón, México y Perú han desarrollado sistemas de captación de agua pluvial poco técnicos pero funcionales para subsistir.

Actualmente éstos países junto con Alemania, Francia, Australia, Singapur y Estados Unidos de Norteamérica han tomado conciencia con respecto al pronóstico global que se presenta con respecto al abastecimiento de agua para la humanidad y han creado nuevas técnicas para la infiltración y almacenamiento de agua pluvial, así como se han establecido manuales, leyes y reglamentos para su correcto aprovechamiento.⁴²

3.2.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL AGUA PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

En la época actual existe una creciente necesidad por restaurar los ciclos naturales del planeta, entre ellos el ciclo hidrológico, el cual se ha deteriorado y ha cambiado principalmente por el mal manejo del agua en las ciudades, conformado por el crecimiento sin planificación de la población, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la contaminación y extinción de los cuerpos de agua naturales y artificiales.

México opera con indolencia, falta de previsión e irresponsabilidad en materia de recursos hídricos, y larva, así una crisis futura, pero no muy lejana, en la que la escasez del líquido será detonador de conflictos sociales y políticos de dimensiones por ahora imprevisibles, pero sin duda graves y riesgosos para la estabilidad, la gobernabilidad y la capacidad misma de subsistencia de la nación.⁴³ Si no se establecen políticas públicas, reguladoras del agua en México que propicien conciencia sobre el recurso y muestren su correcta utilización, el agua como se conoce hoy en día llegará a su fin, probablemente existan maneras de potabilizarla pero ya no será agua 100 % natural, será agua tratada y potabilizada para consumo humano.

Actualmente el país México tiene una disponibilidad intermedia de agua para los habitantes, esto quiere decir que por cada año un habitante puede usar 4 mil 547 metros cúbicos de agua; treinta y ocho ciudades del país tienen problemas de abasto y 11 millones de mexicanos no tienen acceso al agua potable.⁴⁴ Y aún teniendo tan poca agua, el recurso no se regula, siguen explotando los mantos acuíferos, los ríos en las ciudades se utilizan como drenajes, los escurrimientos están contaminados, todos los cuerpos de agua superficial han desaparecido o están contaminados, y el agua pluvial casi no se utiliza para uso agrícola, arquitectónico, o para consumo humano, sino para crear corriente de agua junto con los ríos, en los drenajes de pueblos y ciudades⁴⁵.



Figura 14. Cauces de ríos en el Distrito Federal. Fuente SEMARNAT.

En México el agua, está distribuida de la siguiente manera según su uso. Como se puede observar en la gráfica inferior, la mayor parte de agua potable se usa para la agricultura, seguida por la industria, los hogares y la ganadería.

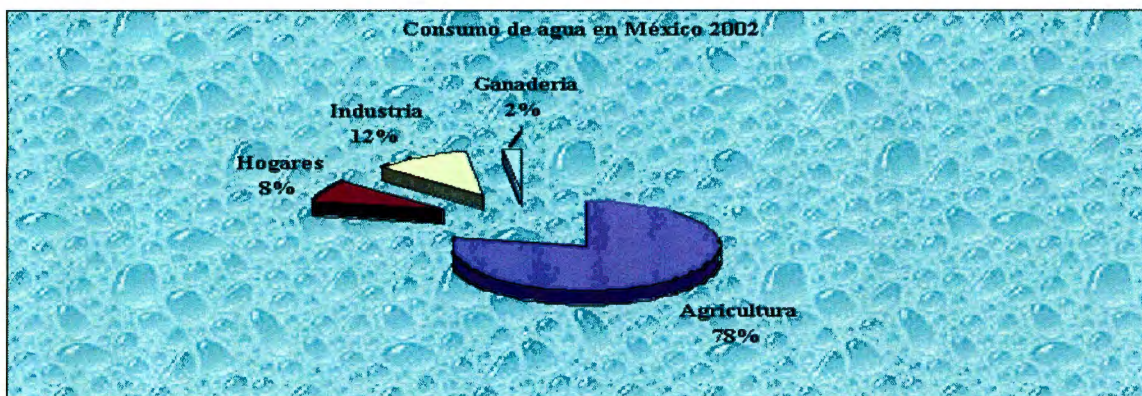


Figura 15. Consumo de agua en México 2002. Instituto Nacional de Ecología.

El agua de lluvia podría intervenir en cualquiera de estas secciones; en la agricultura, reduciendo la cantidad de agua potable utilizada en los campos, en la industria, utilizando el agua pluvial para procesos de enfriamiento y movimiento de las máquinas, en los hogares al reutilizarla para lavadoras, W.C., limpieza de la casa o almacenamiento y en la ganadería en la creación de abrevaderos de agua pluvial para los animales, como actualmente se utilizan en Tlaxcala, Querétaro e Hidalgo con los llamados jagüeyes.

Antes de la conquista se podían encontrar técnicas de agua pluvial utilizadas en distintas partes de la República Mexicana. Como son los chultunes, que eran aljibes mayas en los que se recolectaba el agua pluvial, la recolección de agua de lluvia en techos y bajadas de agua pluvial característicos de Teotihuacán en las cuales se recolectaba el agua de pluvial para ser desalojada mediante canales de desagüe, hacia el Río San Juan Teotihuacán o infiltrarse mediante los patios hundidos, terrazados presentes en las laderas, para controlar la erosión e infiltrar el agua pluvial, como fueron los terrazados de Chacaltzingo Morelos ahora desaparecidos, entre otras técnicas que se conocerán y analizarán más adelante, todas ellas creadas a partir de la observación e imitación de la naturaleza; sin embargo, después de la conquista, los españoles quienes se pensaba eran más avanzados en tecnología, vieron el agua en general como un problema. A sus ojos, la Cuenca del Valle de México tenía agua en exceso y esto dificultaba la construcción de vistosos edificios en la Nueva España.

En las afueras de la Ciudad y algunos pueblos el agua de lluvia fue aprovechada por medio de jagüeyes, aljibes, canaletas, presas de agua pluvial, tanques de agua de lluvia, y Curvatos. Sin embargo las tuberías de agua potable fueron desplazando estas técnicas y algunas como los Curvatos y los aljibes solo existen en la memoria de la gente y olvidados en los museos.

Las frecuentes inundaciones en la metrópoli condujeron posteriormente a la construcción del Albarradón de San Lázaro y al no ser suficiente en 1607 el Geógrafo alemán Enrico Martínez sugirió la construcción del Tajo de Nochistongo, el cual fue el primer canal de desagüe⁴⁶ dando de esta forma inició a un manejo inadecuado del agua en la ciudad, que sigue vigente hasta nuestros días.⁴⁷

De todas las inundaciones de la época colonial, la más grave fue la de 1629. Las obras de desagüe, emprendidas bajo la dirección de Enrico Martínez, no impidieron que la ciudad estuviese cinco años bajo el agua.⁴⁸ El geógrafo Alan Musset explica en su libro que las causas de ésta catástrofe no fueron sólo climáticas, sino también porque los especialistas no sabían el origen de las crecidas del lago de Texcoco. Para Enrico Martínez, el culpable era el río Cuautitlán y las reservas del norte, pero para Adrián Boot, ingeniero holandés enviado por la Corona para juzgar el estado de las obras, el peligro venía del sur; según él, el desagüe general planteado desde esa época era un error y su proyecto consistía en rodear la ciudad de un dique y expulsar las aguas superfluas mediante bombas hidráulicas como las que había en Holanda, preservando las lagunas que eran fuente de ingreso para las poblaciones indígenas y medio de transporte rápido y barato para las mercancías.⁴⁹ Pero finalmente el virrey optó por el proyecto de Enrico Martínez. El periodo de inundación de la ciudad fue tan largo que proliferaron las enfermedades, la gente moría continuamente debido al cólera, diarreas, infecciones respiratorias entre otras, siendo ésta una de las mas grandes y peores inundaciones de la Ciudad de México.

Ésta y todas las inundaciones anteriores y subsecuentes fueron producto, a mi parecer, del rompimiento del delicado equilibrio lacustre establecido en la cuenca por nuestros antepasados, provocando la mezcla del las aguas de los lagos y destruyendo albarradones. Los lagos fueron perdiendo volumen pero las inundaciones aumentaron. El día 21 de septiembre de 1629, una violenta y torrencial tormenta descargó sus aguas durante 36 horas continuas sobre la ciudad y las lagunas del valle. El volumen del agua proveniente de los lagos de Zumpango, Xaltocán, San Cristóbal y Texcoco que se encontraban por arriba del nivel de la ciudad, descargaron sus

excedentes en cascada, hasta romper totalmente las protecciones del Albarradón de San Lázaro.⁵⁰ Este desastre natural motivado probablemente por la falta de observación y comprensión del medio ambiente pudo haberse prevenido si se hubiese adaptado la ciudad al medio circundante y no al revés. Sin embargo, el pensamiento humano prevaleciente de pasar por encima de la naturaleza y encontrar la solución aparentemente menos trabajosa, rápida y factible permitió que el problema de las inundaciones se resolviera parcialmente, ya que actualmente la ciudad continua inundándose, al construir nuevos canales de desagüe que trabajaran en contra de la pendiente, la construcción del Gran Canal y más adelante el Drenaje Profundo.

Durante el Porfiriato las haciendas utilizaban el agua de lluvia como aliada para irrigación de cultivos o bebederos. Pero en la metrópoli ésta seguía siendo un problema. Es por esto que en el siglo XX el Ingeniero Francisco de Garay, construyó el Gran Canal de Desagüe y el primer Túnel de Tequixquiac, proyecto que prometía desaguar rápida y eficazmente la ciudad. Por otra parte el constante crecimiento de la ciudad demandó agua potable, fue cuando se decidió utilizar los pozos artesianos que son perforaciones en la tierra que llegan hasta los mantos acuíferos para extraer agua de éstos, al sacar más agua de la que se infiltraba a los mantos, la ciudad comenzó a hundirse.

El Gran Canal se terminó en 1900 pero la ciudad se inundó nuevamente en 1925, esta inundación fue causada por el exceso de precipitación pluvial de ese año, por el rápido hundimiento de la ciudad⁵¹ provocado básicamente por la extracción desmedida de agua de los mantos acuíferos sin permitir la infiltración que necesitan para recargarse, así como por el dislocamiento del sistema de drenaje ocasionado por ese mismo hundimiento.

El 1 de junio de 1937 hubo otra inundación causando daños a la infraestructura y a la población, por este motivo se crearon los colectores pluviales o vasos reguladores explicados en la sección de “ciclo urbano” del agua pluvial. A pesar de esto el Gran Canal ya no podía desalojar eficazmente el agua pluvial, ya que los escurrimientos crecían al no haber zonas para que el agua se infiltrase y por el crecimiento de la mancha urbana.⁵²

Durante 1940-1944 la ciudad se inundó dos veces más por el desbordamiento de los ríos y por las torrenciales lluvias de 1944 y fue cuando se tuvo la idea de entubar todos los ríos y poner más y mejores colectores.

En 1950 según historiadores como Alain Musset, la ciudad tuvo la peor inundación en muchos años, hubo pérdidas materiales y humanas, La metrópoli sufría año con año inundaciones de aguas negras y pluviales, situación desencadenada por: el lento desalojo de las redes de desagüe, el hundimiento acelerado de la ciudad, la disminución del gran canal provocado por el hundimiento, y principalmente por el pésimo manejo de agua, que desde la época colonial a nuestros días prevalece en la ciudad.⁵³

Las inundaciones de la ciudad fueron reducidas cuando en 1967 se construyó el Drenaje Profundo obra que opera por gravedad y no es afectada por los asentamientos, ya que está construida a profundidades que van desde 20 a más de 200 metros de profundidad, desalojando 200 m³ de aguas pluviales y residuales por segundo.⁵⁴ Estas aguas se ayudan de distintos ríos para desembocar en el Golfo de México.

Actualmente la ciudad más grande de la República Mexicana, la ciudad de México, maneja sus recursos hídricos de manera tal que produce una gran contradicción, por un lado la escasez de agua que vive la ciudad provocada por la contaminación de sus aguas superficiales inmediatas, por la altura en la que esta ubicada, por su mala planeación, y por otro lado las crecientes inundaciones que aparecen de junio a septiembre, meses en los cuales llueve un 67% del agua pluvial total anual.⁵⁵ De este porcentaje sólo el 10% se utiliza y lo demás se lleva al drenaje. Esto quiere decir que la metrópoli se inunda pero no tiene agua y aún así lleva al agua de lluvia a un destino que permite que el agua se pierda, en esa forma, para siempre.

Con base a lo descrito anteriormente puedo concluir que la solución inmediata y viable fue secar los lagos filtrándolos al subsuelo y crear canales de desagüe para desalojarla rápidamente. La idea de adaptarse al vital líquido o entender el control de agua que habían logrado los aztecas y texcocanos para así sacar del agua el mayor provecho, siguiendo el ejemplo de la ingeniería prehispánica parecía no haber sido la solución más viable. Lo más curioso es que si utilizaron técnicas indígenas para luchar contra las aguas y construir la ciudad ayudándose de las calzadas prehispánicas, diques y embalses. Hubo quienes se opusieron ante tal resolución como Adrián Boot, quien se ganó la animadversión de los españoles al proponerles volver a las técnicas de agua indígenas⁵⁶ y el científico José Antonio Álzate quien opinó que en lugar de continuar evacuando el agua por medio del Tajo de Nochistongo, en su lugar se construyera un canal regulador para controlar los niveles del lago de Texcoco y que también se conservaran los lagos de la cuenca. Sin embargo, lo señalan ecólogos como Ezequiel Ezcurra, las autoridades de la Ciudad de México desde entonces optaron por una alternativa tecnológica eficientista más que por una conservadora del ecosistema.⁵⁷

El agua de lluvia nunca ha sido un problema, el problema es la manera en la que la manejamos, este recurso puede ser recolectado y manejado de manera adecuada para que sea capaz de solucionar el desabasto de agua potable, y prevenir de manera sostenible las inundaciones de la ciudad. Además de permitir que el ciclo hidrológico natural pueda mantenerse en la metrópoli.

3.3. EL AGUA DE LLUVIA EN LA ACTUALIDAD

3.3.1. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PLUVIAL Y USOS ACTUALES

La escasez de agua es un hecho mundial. La Organización de las Naciones Unidas señala que una persona necesita como mínimo 50 litros de agua diarios para bañarse, beber, cocinar, entre otras. No obstante en el año 1990, más de mil millones de personas no contaban con ese mínimo.⁵⁸ Hoy en día la población se ha duplicado, esto ha provocado la necesidad de llevar agua a más zonas y personas en el mundo, esta agua escasea día con día en ciertas regiones en el planeta. Según la BBC de Londres, el consumo de agua aumentó seis veces entre 1990 y 1995 y continúa aumentando a medida que incrementa tanto la demanda doméstica como la industrial.

Como se puede observar en la imagen inferior, el agua está distribuida de forma irregular en el mundo además parte de esta agua se contamina por los usos humanos que se le da, otra está en los mantos acuíferos a profundidad tal que es muy caro extraerla, otra parte se desperdicia en las ciudades y se pierde en los drenaje dando paso a una insostenibilidad del agua en las ciudades y en el campo.

Según la Comisión Nacional del Agua, la precipitación anual en el país es la siguiente:

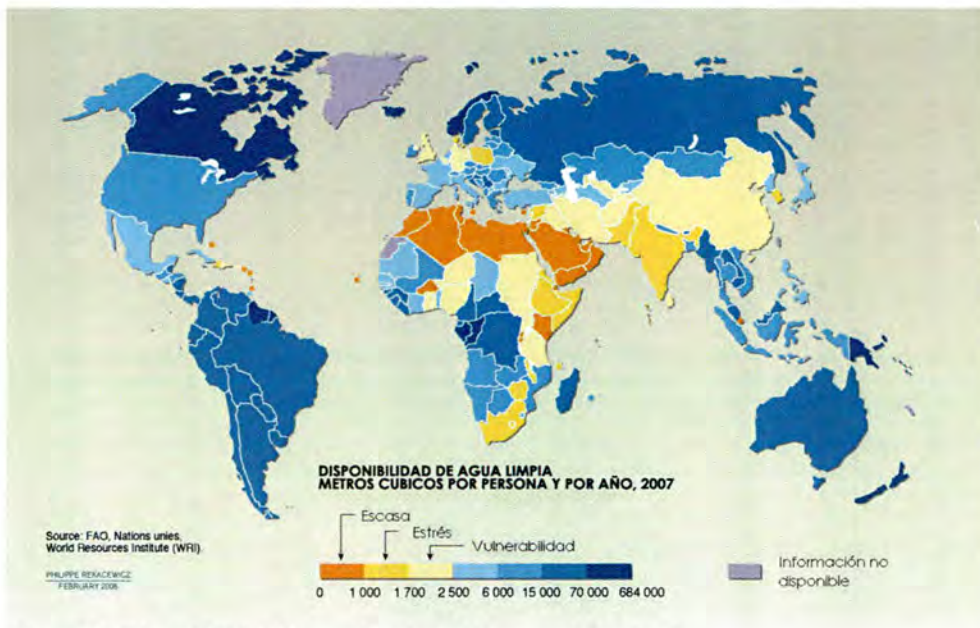


Figura 16. Disponibilidad de agua limpia: m³/ persona / año. FAO.

En la Ciudad de México llueven de 500 a 1000 mm de agua pluvial anuales. Es decir, la cantidad de precipitación es intermedia, sin embargo llueven de 500 a 1000 litros de agua por m², por cada m² llueven 1000 litros al año.



Figura 17. Precipitación en las delegaciones del Distrito Federal. CONAGUA.

Si la ciudad de México mide según el INEGI 1495 km² y 1 km²=1,000,000 m² = 1,000,000 de litros de agua pluvial, entonces una gran cantidad de agua pluvial se podría recolectar en el distrito federal. No obstante, toda esa cantidad de agua se va al drenaje. El total de agua residual es de 7.63 Km³/año, es decir 7,630,000 litros de agua por año, de las cuales 6,500,000 litros se recolectan en el alcantarillado, la mayoría de esta agua es agua de lluvia, y solo se tratan 2,350,000 litros de agua por año.⁵⁹

La comisión Nacional del Agua, indica los siguientes resultados en cuanto a aguas negras:

Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2006	
Centros urbanos (descargas municipales):	
Aguas residuales	7.63 km ³ /año (242 m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.5 km ³ /año (206 m ³ /s)
Se tratan	2.35 km ³ /año (74.4 m ³ /s)
Se generan	2.06 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se recolectan en alcantarillado	1.75 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.52 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Usos no municipales, incluyendo a la industria:	
Aguas residuales	5.77 km ³ /año (183 m ³ /s)
Se tratan	0.87 km ³ /año (27.7 m ³ /s)
Se generan	6.74 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.82 millones de toneladas de DBO ₅ al año

NOTA: DBO₅, Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días. 1 km³ = 1 000 hm³ = mil millones de m³.
 FUENTE: Conagua, Subdirección General de Agua Potable y Drenaje y Saneamiento, y Subdirección General Técnica.

Figura 18. Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2006. CONAGUA.

El ser humano ha modificado el ciclo del agua para su beneficio, cambiando el curso de los ríos, construyendo represas, secando manantiales, lagos y lagunas, contaminando ríos y mares, impidiendo la infiltración de agua hacia los mantos y extrayendo agua mediante pozos.

Estas acciones han afectado no sólo al ciclo natural, también a los seres vivos, a la vegetación, a los ecosistemas y con esto a la atmósfera, provocando indirectamente el cambio climático.

Algunas áreas se han beneficiado con el aumento de lluvias, pero otras se han convertido o se están convirtiendo en zonas secas, el ser humano no ha reconocido que hay un problema, el agua se mal usa, y ese manejo insostenible trae como consecuencia a largo plazo la incapacidad de mantener al ser humano y a las especies con vida en este planeta. Un manejo sustentable del agua de lluvia consiste en utilizar el agua de lluvia respetando su ciclo hidrológico natural; esto quiere decir que el agua debe ser captada, conducida e infiltrada hacia el subsuelo o almacenada para uso propio. El fin es no dejar que se pierda en el drenaje, sino darle un uso para nuestro beneficio y del ambiente.

Actualmente para millones de personas en África, China, India, Australia y otros países, encontrar el balance en el uso del agua es una cuestión de subsistencia. Más de cinco millones de personas mueren al año por enfermedades relacionadas con el agua, lo que equivale a diez veces más que el número de muertos a causa de guerras en el mundo.⁶⁰

En la República Mexicana, algunos estados hablan de falta de agua para consumo de la población, sin embargo, anualmente en el territorio nacional llueve un promedio de 1,500 km³ de agua pluvial, la cual se va directo al drenaje sin aprovechamiento alguno, por lo cual el propósito de esta investigación es mostrar las diferentes formas en las que se puede manejar el agua de lluvia en el espacio abierto o exterior de manera sostenible y bajo qué condiciones.⁶¹

3.3.2. PERSPECTIVAS DEL AGUA PLUVIAL.

3.3.2.1. Agua pluvial en caso de desastre.

El término "desastre" suele aplicarse a una situación de ruptura del funcionamiento normal de un sistema (o comunidad), que causa fuerte impacto sobre las personas, sus obras y su ambiente, superando la capacidad local de respuesta. Esta situación puede ser el resultado de un evento de origen natural (por ejemplo, un huracán o un terremoto) o la consecuencia de la acción humana (la guerra, entre los más comunes), combinado con sus efectos nocivos por ejemplo, la pérdida de vidas o la destrucción de infraestructura.⁶² En supuesto de un desastre o catástrofe el objetivo principal, es restablecer la situación normalidad, en el menor tiempo posible y en todos los niveles. Es por esto que muchos estudiosos del tema, han propuesto algunos objetivos secundarios para restablecerla.⁶³

1. Se debe delimitar y valorar la dimensión de la catástrofe.
2. Minimizar el daño provocado hacia los habitantes.

3. Restablecer el orden
4. Se forman brigadas de rescate de víctimas y se les debe proporcionar atención.
5. Restablecer la gestión de transporte, personal, equipo y abastecimiento.

El plan logística desde el punto de vista sanitario, involucra el recurso agua de manera importante, ya que el agua junto con los alimentos, son los suministros indispensables para cubrir las necesidades básicas humanas que permiten la subsistencia. Y por otro lado el recurso agua convertido en aguas grises y aguas negras, quienes llevan residuos químicos, tóxicos y excretas humanas pueden llegar a comprometer la salud humana si no son controladas.

Las catástrofes por lo general no son sorpresivas, por lo tanto pueden ser prevenidas y clasificadas. Por lo mismo independientemente del tipo de catástrofe, siempre existirán similitudes en cada una de ellas, en materia de agua la mayoría de desastres provocarán un daño severo a las redes de distribución de agua potable así como de alcantarillado.

Efecto	Terremotos	Vientos destructivos (sin inundación)	Maremotos e inundaciones repentinas	Inundaciones progresivas	Aludes	Volcanes y torrentes de barro (lahares)
Defunciones ^a	Muchas	Pocas	Muchas	Pocas	Muchas	Muchas
Lesiones graves que requieren tratamientos complejos	Muchas	Moderadas	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Mayor riesgo de enfermedades transmisibles	Riesgo potencial después de cualquier gran desastre natural: la probabilidad aumenta en función del hacinamiento y el deterioro de la situación sanitaria					
Daños de los establecimientos de salud	Graves (estructura y equipos)	Graves	Graves, pero localizados	Graves (solo los equipos)	Graves pero localizados	Graves (estructura y equipos)
Daños de los sistemas de abastecimiento de agua	Graves	Leves	Graves	Leves	Graves pero localizados	Graves
Escasez de alimentos	Infrecuente (suele producirse por factores económicos o logísticos)		Común	Común	Infrecuente	Infrecuente
Grandes movimientos de población	Infrecuentes (suelen ocurrir en zonas urbanas que han sido dañadas gravemente)		Comunes (generalmente limitados)			

^a Con efecto potencial letal en ausencia de medidas de prevención.

Tabla 2. Efectos a corto plazo de los grandes desastres en daños al sistema de abastecimiento.

Pensando en estos daños, se puede sugerir el uso del recurso agua pluvial como una forma de abastecimiento en algunos casos de emergencia, ya que tanto puede ser utilizada como agua potable dependiendo de la zona, como puede servir para la higiene personal y de casa.

A continuación se definirán los desastres naturales que provocan más estragos en los sistemas de abastecimiento de agua según la tabla de la Organización Panamericana de la Salud, presentada anteriormente.

Terremotos.

Los terremotos o sismos son vibraciones superficiales de la Tierra causados por la brusca liberación de energía acumulada durante un largo tiempo que se da al rozarse o quebrarse un bloque de la corteza. Esto con la finalidad de reajustarse geológicamente. Actualmente se ha descubierto que la sismicidad es provocada por el movimiento de las placas tectónicas, por ruptura de la corteza terrestre, por acción volcánica, por explosiones subterráneas provocadas por el hombre.⁶⁴

Los terremotos pueden destruir casas e inmuebles que no posean adecuados elementos estructurales además de que pueden provocar deslizamientos y caídas de rocas, todo esto depende del tipo de suelo y del foco o epicentro del terremoto.

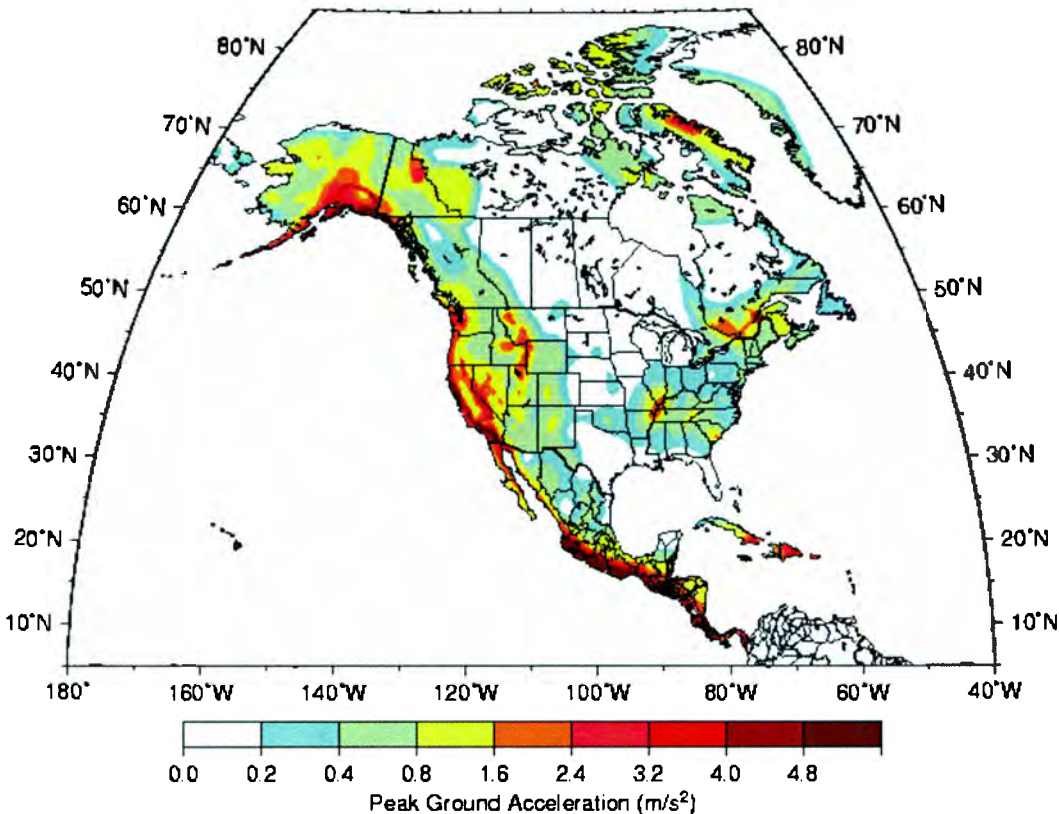


Figura 19. Probabilidad de sismo. GLOBAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT PROGRAM

El sistema de abastecimiento de agua se daña gravemente con estos movimientos terrestres, probablemente porque las tuberías de agua potable generalmente están muy cercanas a la superficie, es por esto que son fácilmente afectadas ya que no poseen una estructura antisísmica.

Los depósitos de agua pluvial contruidos de forma estructural pueden ser una opción para el abastecimiento de agua pluvial.

Los sistema de captación de agua pluvial sobre una construcción adecuadamente estructurada la cual capte el agua de lluvia en la azotea y la guarde para uso posterior, puede ser una alternativa arquitectónica sencilla.

Tener una zona de captación de agua pluvial de manera natural cercana a cerros y laderas, pero lejana a las metrópolis puede ser otra posibilidad.

Maremotos e inundaciones repentinas.

Los maremotos son grandes olas provocadas por un terremoto al interior del océano, cuando ocurre una ruptura en el fondo marino se forman ondas que viajan hacia las costas, éstas se van haciendo cada vez más grandes al acercarse a la superficie terrestre llegando a medir más de 20 metros de altura.⁶⁵

Las inundaciones repentinas, por otra parte son ocasionadas generalmente por el agua pluvial que cae sobre superficies impermeables, formando encharcamientos y escurrimientos que llegan a drenajes. En el caso de México, deberían existir drenajes o desagües de agua pluvial, para que toda esta agua no se pierda completamente junto con las aguas negras.

En materia de maremotos, es muy poco probable que ocurra uno en la ciudad de México. Sin embargo las inundaciones repentinas provocadas por el agua pluvial se pueden prevenir manejándola adecuadamente.

Si se respetara el ciclo natural del agua en la ciudad, las inundaciones serían mínimas. Para esto se pueden proponer sistemas de infiltración de agua pluvial como son las fosas infiltrantes en distintas escalas por la ciudad.

Los escurrimientos provenientes de los cerros y laderas que circundan la ciudad pueden ser disminuidos mediante el uso de terracedos y surcos infiltrantes.

El agua pluvial en mayor escala puede recolectarse al recuperar los vasos reguladores existentes en la metrópoli y usar una fitoremediación en ella, de ésta forma se purificaría lo suficiente para ser utilizada para animales, aseo personal, riego, limpieza en coches y casas.

De la misma forma, el agua pluvial puede ser recolectada para almacenamiento o infiltración en zonas residuales, parques, jardines, plazas y azoteas de cada inmueble en la ciudad, comenzando por aquellos de uso corporativo, escolar, científico o industrial.

Aludes

Los aludes son grandes masas de nieve que se desprenden de las laderas.⁶⁶ Para la ciudad de México es muy poco probable que ocurra este desastre natural. Sin embargo la obtención de agua pluvial en estos casos puede ser a través de cisternas de abastecimiento de agua de lluvia como son cisternas y tinacos ubicados estratégicamente.

El agua pluvial puede ser una opción rentable para el abastecimiento de la población en caso de desastre: no obstante falta aún más información e investigación al respecto para saber que tan factible es su aplicabilidad y en que situaciones.

3.4. REGLAMENTOS Y LEYES EN MÉXICO SOBRE EL AGUA PLUVIAL.

3.4.1. NECESIDAD DE REGULACIÓN DEL AGUA PLUVIAL.

El 27 de abril del 2011 se aprobó la ley de Aguas del Estado de México, en la cual se habla del uso eficiente del agua y manejo integral del agua utilizando el agua pluvial como parte de ese manejo sustentable; sin embargo también la mencionan en el uso del drenaje, por lo tanto el manejo propuesto del agua no es sustentable.⁶⁷

En la ley de Aguas para el estado de Chiapas y la ley de usos del agua del Estado de Tabasco, el agua pluvial tiene un uso vago, ya que por una parte mencionan que el agua pluvial puede estar separada de las descargas de aguas negras o pueden estar juntas.⁶⁸ Pero simplemente el drenaje pluvial termina siempre mezclándose con el de aguas negras y grises. Fuera de estas premisas, el agua pluvial no es mencionada como opción de abastecimiento y/o infiltración.

La ley de aguas Nacionales no contempla el uso del agua pluvial, ni si quiera tiene una definición de la misma, solamente se menciona dentro de la definición del alcantarillado más que para drenaje.

El agua de lluvia no está regulada en el Distrito Federal, sólo se regula cuando ya es un escurrimiento; no hay políticas, reglamentos ni leyes que la contemplen en su totalidad, es decir de manera económica, sanitaria, sustentable.

3.4.2. PROPUESTA DE REGULACIÓN DEL AGUA PLUVIAL.

Mi propuesta de política ambiental para la regulación del agua de lluvia en el Distrito Federal es la siguiente:

Lineamientos de la política ambiental.

Mediante esta política se podría regular y poner en práctica acciones que favorezcan el uso de agua de lluvia en las zonas urbanas y áreas verdes, con el fin de prevenir la escasez y favorecer la infiltración dependiendo del área que se vaya a intervenir.

- I. Se puede establecer en las escuelas cursos y materias por medio de las cuales se siembre la cultura del agua, esto se aplicará tanto a escuelas particulares como de gobierno.
- II. Se podrían lanzar campañas, programas y planes para concientizar a la población de manera teórica y práctica sobre el uso sustentable del agua pluvial.
- III. Sería una buena opción establecer una ley de agua pluvial en la que se regularice el uso de este recurso en la República Mexicana.
- IV. En el reglamento de construcción se deberían ilustrar, explicar y detallar las técnicas de manejo de agua pluvial que pueden utilizarse en la ciudad de México y las condiciones que debe tener el sitio para su correcta aplicación. Así mismo se detallarían los tipos de materiales de construcción que pueden utilizarse en cada una de las técnicas.
- V. Se puede proponer una norma en la cual todo inmueble de la ciudad de México debería manejar el agua pluvial eligiendo un destino final para la misma, ya sea infiltración o almacenamiento para reutilización en el inmueble.
- VI. Se debería reglamentar el uso de pavimentos permeables que permitan la infiltración del agua pluvial en la ciudad.
- VII. Sería de utilidad promulgar planes de recuperación de espacios residuales y vasos reguladores en la ciudad con el fin de restaurarlos y utilizarlos como reservas públicas de agua de lluvia o como zonas de limpieza e infiltración de agua pluvial.
- VIII. La Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales pueden ser la opción para vigilar y mantener el correcto uso del agua pluvial.
- IX. La Secretaría de Ganadería y la Secretaría de Agricultura podría promover el uso del agua pluvial, construyendo bebederos para animales de agua de lluvia y la construcción de terrazas, surcos, diques, jagüeyes y presas que sirvan para el riego de cultivos y promuevan la infiltración del agua pluvial.
- X. El gobierno federal debería promover la creación de fondos, ayudándose de sus organismos, para financiar el cambio hacia un manejo sustentable del agua pluvial en el sector público y privado.

Propuestas para encontrar una solución

Los lineamientos de la política ambiental pueden arrojar diferentes soluciones para la conciliación de éste problema. Ya que todas las zonas de la ciudad de México son diferentes y la política debe adecuarse a cada una de ellas para ser factible.

Las soluciones expuestas están divididas en tres:

Soluciones prioritarias.

- a) Se debería promover la creación de una nueva cultura del agua, influenciando de manera positiva el conjunto de costumbres, hábitos, valores y actitudes de los individuos que conforman la sociedad con respecto al cuidado y a la importancia del agua para el desarrollo de todo ser vivo y de las generaciones futuras.
- b) Esto se logrará mediante: talleres, comerciales, museos interactivos del agua, pláticas y programas delegacionales que incentiven la participación ciudadana. El incentivo principal será tener agua hoy y siempre, la consecuencia de no responder serán reducciones más largas y continuas así como aumento en las tarifas del agua y la pérdida del agua tal y como la conocemos hoy en día.
- c) El reciclaje de agua pluvial debería regularse, en un inicio, en parques, jardines, camellones, casas individuales, pequeñas colonias de no más de 15 casas, escuelas, universidades, inmuebles industriales y empresariales; posteriormente podrían ser reguladas en colonias más grandes, plazas y demás zonas públicas y privadas. Con el fin de sembrar la cultura del agua hasta llegar al nivel local.
- d) Se deberían realizar estudios para conocer la calidad de agua pluvial, de esta manera se sabrá si es potable o no es potable, mientras tanto, no debe ser para consumo humano de preferencia, pero puede ser utilizada para consumo de animales y para riego de áreas verdes entre otras cosas.
- e) Toda obra nueva en la ciudad podría tener sistemas de recolección de agua pluvial y los pavimentos deben ser permeables, excepto en la zona centro de la ciudad de México ya que los mantos acuíferos están muy cerca del suelo.
- f) En las zonas de cerros y con escurrimientos pluviales, se promovería la planeación sustentable de las casas habitación de manera en que se respeten los escurrimientos pluviales para evitar de esta forma, catástrofes posteriores.
- g) Una vez utilizada el agua pluvial, se convertiría en aguas negras o aguas grises, las aguas negras deben ir al drenaje convencional, de ninguna manera deben ser infiltradas ya que sólo contribuirán a la contaminación de los mantos acuíferos. Las aguas grises pueden ir al drenaje, o utilizarlas para riego de las plantas, el jabón no lastima la vegetación, también puede limpiarse mediante filtros vegetales o químicos, o dirigirla hacia las plantas de tratamiento.

Soluciones viables

- a) El agua pluvial sería recolectada en inmuebles industriales y empresariales para procesos de enfriamiento, así como para uso de las instalaciones del inmueble.
- b) Los inmuebles escolares, recolectarían el agua pluvial de sus patios y azoteas para reutilizarla en las propias instalaciones.
- c) Se identificarían las zonas residuales en la ciudad y se analizarían para saber si pueden ser utilizadas como plantas depuradoras con filtros vegetales que favorezcan la infiltración del agua pluvial.
- d) Se aprovecharían al máximo las azoteas de los edificios para recolectar el agua pluvial y tener una cisterna común o privada para su almacenamiento y limpieza. Las personas podrían captar únicamente el agua de pluvial que corresponda a su inmueble, y en común acuerdo, a su colonia.
- e) Se adecuarían las áreas verdes con surcos infiltrantes, plantas depuradoras con filtros vegetales, tiras infiltrantes para favorecer la rápida y limpia infiltración de agua.
- f) Se promovería la rotación de cultivos en las zonas agrícolas para mantener el suelo y se regarían los cultivos con agua tratada y agua pluvial.
- g) Se conduciría el agua pluvial de las calles principales y segundos pisos utilizando canales o badenes hacia reservas de agua o hacia los vasos reguladores para un uso posterior y limpieza.
- h) En las zonas agrícolas ubicadas en montes o cerros se promovería el uso de terrazados para controlar y aprovecharía al máximo los escurrimientos y el agua pluvial.
- i) Se crearían más desniveles y caminos que lleven el agua de lluvia a los vasos reguladores de la ciudad, los cuales se adecuarían para convertirse en humedales de agua pluvial y garantizar la limpieza de la misma y su posterior infiltración.

Soluciones financiables.

- a) Con el fin de promover el uso de la bioarquitectura para hacer sostenibles los inmuebles, se financiarán con un 15% de apoyo económico proporcionado por instancias gubernamentales, las construcciones de azoteas verdes, que amortigüen la caída del agua pluvial, limpien el agua pluvial, regulen el clima dentro de los edificios y artificialmente disminuyan el impacto ambiental.
- b) Se modificarían paulatinamente los pavimentos impermeables de las aceras utilizando ecocreto o pavimentos permeables con juntas de arena o gravilla para facilitar la infiltración de agua pluvial en el espacio público y se pondrían filtros para evitar que el agua pluvial contaminada por aceites y basura, llegue a los mantos.

- c) Se crearían reservas públicas de agua pluvial para captar el agua de las calles, banquetas y plazas. El agua de las reservas se potabilizaría y podría ser consumida por las personas.
- d) Se daría mantenimiento a los vasos reguladores para adaptarlos a recibir agua pluvial y poder, limpiarla, tratarla o infiltrarla.
- e) Se construirían plantas de tratamiento de agua pluvial con filtros vegetales y con químicos para limpiar el agua de lluvia y reusarla.
- f) En las zonas agrícolas se impulsaría la construcción de cisternas para el riego de agua pluvial en terrazas y sembradíos.
- g) Se construiría un drenaje de agua pluvial que la lleve a reservas de agua pluvial o a plantas de tratamiento, para utilizarla posteriormente en riego, inmuebles, potabilizarla, pipas de agua, infiltrarla, entre otras cosas.

3.5. PLAN INTEGRAL DEL MANEJO DE AGUA.

Plan Integral

Las soluciones prioritarias son a corto plazo, deberán llevarse a cabo en el orden en el que están puestas durante 3 años; la solución a) deberá ser la primera en realizarse y seguir realizándose periódicamente con diferentes temas sobre el agua y su tratamiento.

Las soluciones viables a),b),c),e),f),h) se llevarán a cabo después de terminar de concientizar a la población, y durante el tiempo que sea requerido

Las soluciones viables d),g),h),i) se realizarán paulatinamente y conforme existan fondos para financiar.

Soluciones de alto financiamiento- Durante los años en que las soluciones prioritarias y las viables son puestas en marcha, se prepararán las finanzas de manera tal que al 5 año de puesta en marcha la política existan fondos para apoyar y adecuar paulatinamente la ciudad de México para volverse sustentable en cuanto al manejo de agua pluvial.

Soluciones	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año	6 año	7 año	8 año	9 año	10 año
Prioritarias										
A										
B										

C			■	■	■					
D	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
F										
Viables	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A	■	■	■							
B		■	■		■	■		■	■	
C			■							
D				■						
E	■		■		■		■		■	■
F	■	■	■							
G		■	■	■						
H			■	■	■					
I		■			■	■				
Financiables	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A					■	■	■			
B			■	■						
C		■		■		■		■		■
D			■	■	■					
E				■	■				■	■
F					■	■	■			
G		■	■	■	■					
H						■	■	■	■	■

3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

Desde que el hombre se estableció permanentemente empezó a modificar en cierto nivel el ciclo del agua. Al crecer los asentamientos humanos y la revolución industrial, la urbanización cambió totalmente el ciclo hidrológico.

La historia muestra que algunas culturas del mundo antiguo adaptaban sus ciudades al entorno circundante y manejaban el agua pluvial de manera útil y sustentable. En esta época se crearon diversas técnicas que en algún punto de la historia fueron olvidadas.

Una de las metrópolis del mundo antiguo fue la ciudad de Tenochtitlán asentada en una cuenca endorreica, cuya característica es que los escurrimientos corren al interior formando los lagos, en su ciudad los aztecas supieron observar y adaptarse al entorno ambiental, ellos sabían que el agua era su mejor aliada, no tiraban desperdicios ni desechos en ella, los desechos humanos se ponían en una especie de jarra que viajaba en una lancha y una vez acumulados eran utilizados como abono. A su llegada, los españoles no supieron cómo manejar tanta agua y al provenir de un lugar en el que el agua era escasa vieron en ella un problema en vez de una solución. Se buscó desesperadamente sacar el agua para que la ciudad prevaleciera sin importar que con esto se rompiera totalmente el ecosistema. A mi parecer no hay ciudad además de la ciudad de México que haya tenido una fractura tan grande en cuestión ambiental. Esta violación al ecosistema sigue pagándose hoy en día, ya que desde la conquista hasta nuestros días, las inundaciones han estado presentes en la ciudad.

La presencia del agua pluvial en la ciudad es vista como un problema; sin embargo, manejada adecuadamente puede ser una aliada para el abastecimiento de la población en cierta medida, ya que puede ser utilizada en caso de desastre captándola en el sitio y puede ser regulada para su correcto aprovechamiento.

La escasez del agua para el consumo humano es un hecho mundial, México no es la excepción, no obstante son muy pocos los monumentos, edificios o inmuebles que captan agua pluvial para su posterior aprovechamiento. Si bien la cantidad de agua pluvial del país no es mucha a comparación de otros países como Costa Rica, tampoco es poca como en el Norte de África, es por ello que no deberíamos darnos el lujo de desperdiciarla o no aprovecharla.

4. ANÁLISIS CLASIFICACIÓN Y VARIABLES DE LAS TÉCNICAS ANCESTRALES DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL A NIVEL INTERNACIONAL Y LOCAL

En la antigüedad también existía el problema del agua, aunque por diferentes situaciones, los romanos antiguos por ejemplo, utilizaban el agua pluvial como su fuente de abastecimiento ya que no sabían como utilizar y canalizar el agua de los manantiales y ríos. Algunos indígenas como los olmecas trataban de controlarla infiltrándola para que no deslavara sus casas y templos, algunos otros la almacenaban ya que no contaban con otro recurso natural de agua dulce cerca de ellos.

A través del tiempo, muchas de estas técnicas desaparecieron, otras fueron modificadas y muy pocas siguen siendo utilizadas.

Se estudió y analizó un compendio de técnicas ancestrales de agua pluvial durante la investigación dividiéndolas por localización, análisis climático, suelo, topografía, análisis espacial, materiales, función, construcción, mantenimiento y aplicabilidad.

4.1 LOCALIZACIÓN

En cuestión regional, es necesario conocer el país, estado, municipio en el que se utilizará la técnica; ya que cada lugar es diferente, tiene diferentes suelos, diferente pluviometría, distinto clima, entre otros que se explicarán más adelante. Por ejemplo, no podremos meter un sistema de captación de agua pluvial con el que un lago de agua lluvia de grandes dimensiones y descubierto en el desierto de Chihuahua, ya que el agua pluvial se evaporará rápidamente durante el día.



Figura 20. Mapa de localización de las técnicas ancestrales de agua pluvial

A escala arquitectónica también es importante tomar en cuenta el sitio en el que se ubicará la técnica de agua pluvial junto con el uso que se le desee dar, ya que dependiendo de éstas premisas se sabrá si es ventajoso o no captar el agua *in situ*. Por ejemplo, si el agua pluvial se utilizará para consumo y uso directo, es preferible que se capte y se almacene rápidamente, ya que entre más corra el agua pluvial sobre superficies, bajará su calidad al estar expuesta a contaminantes, tierra y residuos.

Tabla 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CAPTACIÓN *IN SITU*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El agua es más limpia al estar en menor contacto con el exterior.	Se tiene una menor interacción con el agua pluvial.
El agua captada se encuentra cercana y disponible en todo momento.	El incorrecto uso del almacenamiento puede atraer fauna nociva para el ser humano como los mosquitos.
Es sencillo reparar la infraestructura dañada y dar mantenimiento.	

Para el agua de lluvia que se desee infiltrar se debe tomar en cuenta el medio circundante, el uso de suelo del sitio y el grado de contaminación presente en el sitio. Por ejemplo si nosotros deseamos infiltrar el agua pluvial en un estacionamiento público, se debe tomar en cuenta que el agua se contaminará rápidamente gracias a la cantidad de aceites y residuos que se encuentran en el sitio, por lo tanto, antes de infiltrarla se debe pensar en limpiarla o fitoremediarla para después dejarla pasar hacia el subsuelo.

Tabla 4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CAPTACIÓN EN OTRO LUGAR

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Con un diseño adecuado, existirá una interactividad con el agua pluvial.	El agua que es captada y se deja correr, se ensucia por los residuos y contaminantes presentes en el sitio.
Si el agua se capta en zonas lejanas pero altas, se puede llevar por gravedad hacia poblados o casas.	El agua no es accesible al 100% y generalmente se comparte.
Se harán necesarias reformas, reglamentos y leyes para regular el uso del agua pluvial captada de forma lejana para pueblos y ciudades	Actualmente es muy difícil que esto suceda, ya que la recolección de agua pluvial no es una prioridad.

4.2. ANÁLISIS CLIMÁTICO

El clima sirve para comprender el comportamiento de una zona. Es el promedio de condiciones atmosféricas en un área o región a través del tiempo, determinada por los elementos climáticos que varían para conformar el clima de un área determinada y los patrones estacionales.⁶⁹

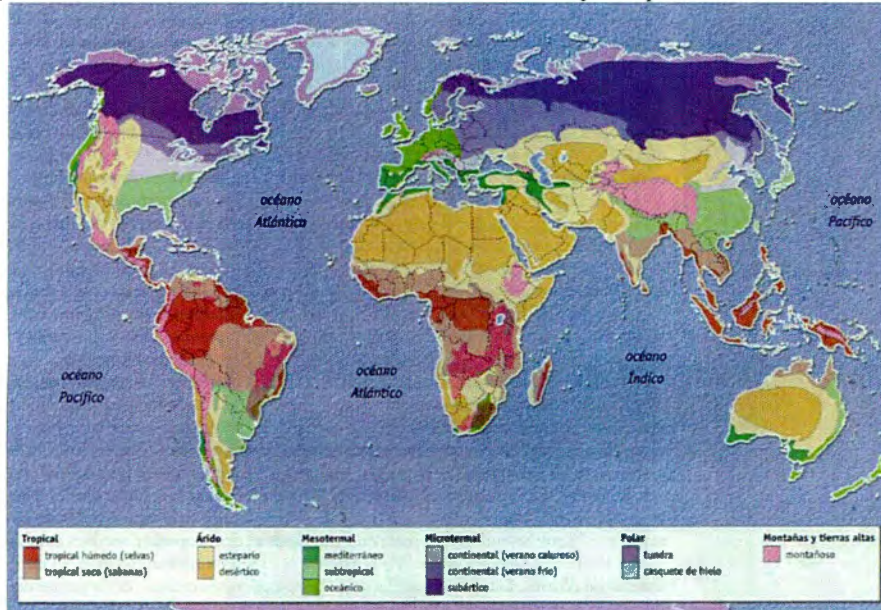


Figura 21. Mapa de Climas Mundial.

Los elementos que conforman el clima son:

Humedad	Es la cantidad de vapor de agua existente en el aire. Depende de la temperatura, de forma que resulta mucho más elevada en las masas de aire caliente que en las de aire frío. ⁷⁰
Temperatura	Es la medida del grado de calor de una sustancia, es decir, su nivel de energía calorífica. ⁷¹
Vientos	Es el movimiento del aire que fluye respecto de la superficie de la tierra. ⁷²
Precipitación	Es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre o de otro planeta. ⁷³
Asoleamientos	Cantidad de sol que ingresa a una determinada zona o lugar.
Visibilidad	Transparencia de la atmósfera, definida por la distancia máxima a la cual son visibles los objetos. Grado de visión de las cosas determinado por factores climáticos. ⁷⁴
Presión atmosférica	Es el peso ejercido sobre la unidad de superficie de la columna a gas que está por encima de la propia superficie. ⁷⁵

Tabla 5. Elementos que conforman el clima

No obstante estos elementos son modificados por factores mayores y factores menores; entre los factores mayores están la latitud, las corrientes marinas y la distribución de los océanos y continentes. En menor intensidad, el clima es afectado por relieve, vegetación, las actividades humanas de gran impacto como la agricultura, la industria, la urbanización, y por último el clima es modificado por los cuerpos continentales de agua.

Actualmente, el calentamiento global ha propiciado cambios climáticos en distintas partes del mundo, siendo diferente el clima prehistórico al clima actual. Las zonas áridas se han vuelto más áridas, los polos han comenzado a derretirse, las zonas templadas han tenido tendencias hacia el calor o hacia el frío extremo, entre muchas otras características.

En las ciudades, las islas de calor urbanas provocadas por la inmensa masa de edificios de concreto, construcciones con materiales artificiales que absorben el calor, la industrialización y el aumento de las construcciones verticales, ha causado estragos en los ciclos naturales de la metrópoli. Una manera refrescar el clima sería permitiendo la infiltración de agua pluvial, aumentando la cantidad de cuerpos de agua, utilizando en mayor cantidad la vegetación nativa arbórea y la utilización de herbáceas, arbustos y cubresuelos para restaurar y proteger los suelos.

Dependiendo del clima, de la localización y de otros factores que se mencionarán a continuación, obtendremos un manejo de agua pluvial sustentable.

4.3. ANÁLISIS DEL SUELO.

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre formada por materia mineral, materia orgánica, microorganismos, agua y aire.⁷⁶

Para la formación del suelo se debe descomponer la roca madre para donar al suelo la parte mineral y se deben descomponer los organismos vegetales y animales para aportar materia orgánica, necesaria sustentar la vida.

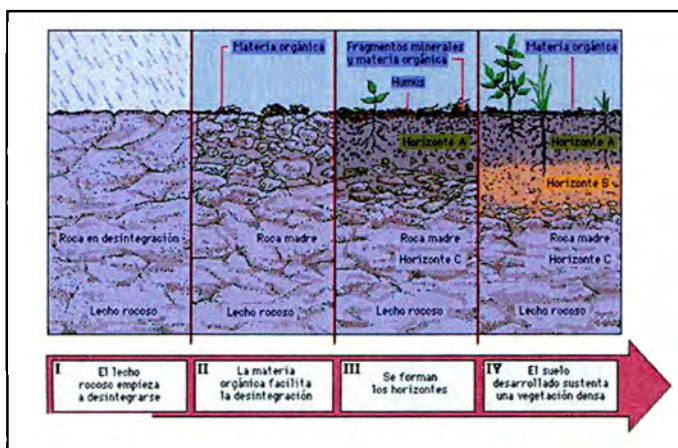


Figura 22. Proceso de formación de un suelo.

La influencia de los factores formadores del suelo que son la naturaleza de la roca madre, el clima, la topografía, el drenaje, la actividad biológica y la cantidad de años que se tardó el suelo para desarrollar sus perfiles u horizonte, le dan al suelo ciertas características físicas, las cuales se deben tener en cuenta para poder diseñar en él.

Las características físicas del suelo son:

1. Textura: Proporción de arcillas, limos y arenas que conforman el suelo. Los suelos arenosos son suelos sueltos ya que sus partículas son muy grandes y no se unen. En cambio los suelos arcillosos y limosos, con partículas aún más pequeñas pueden llegar a ser muy compactos presentando problemas de drenaje, escurrimientos y permeabilidad.
2. Estructura. Manera en la que se juntan las partículas de arena, limo y arcilla. La estructura es otorgada por la materia orgánica la cual agrega hidrógeno entre las partículas. Por lo tanto podemos decir que un suelo sin materia orgánica carece de estructura, así como un suelo erosionado afecta la estructura del suelo provocando su infertilidad entre otros problemas.
3. Porosidad: Son los espacios de aire que dejan las partículas permitiendo el drenaje y la aireación. Un suelo compactado o erosionado perderá su porosidad.
4. Capacidad de campo: Capacidad del suelo para retener el agua antes de que se desborde o escurra superficial o subterráneamente.
5. Humedad: Capacidad del suelo para retener el agua captada por un periodo determinado. El grado de retención de este vital recurso en el suelo, depende de la textura del mismo, de su estructura, de su porosidad, de la capacidad de campo y del drenaje.
6. Drenaje: Cantidad de agua que escurre de manera subterránea hacia los mantos freáticos.
7. Permeabilidad: Capacidad del suelo para dejar pasar el agua entre los distintos perfiles del suelo hacia el subsuelo dando paso al drenaje.
8. Escurrimientos: Agua que el suelo no puede infiltrar ni contener, que escurre en la superficie. La velocidad y cantidad de escurrimientos dependen entonces de todas las características físicas anteriormente mencionadas entre otras como la pluviometría y la vegetación.

En conclusión el tipo de suelo es muy importante en este estudio para entender algunos factores de funcionalidad de las técnicas ancestrales y actuales de agua pluvial.

4.4. ANÁLISIS ESPACIAL.

El análisis espacial sirve para poner en evidencia la forma de organizar el espacio. Para efectos de ésta investigación llamaremos análisis espacial a la descripción del sistema de agua pluvial incluyendo la manera en la que está organizado, construido o distribuido.

Dentro de este análisis, se especificará simultáneamente la ubicación espacial que ocupa este sistema, es decir si se encuentra cercano a la ciudad, en la ciudad, lejos de la ciudad o en el campo.

4.5. ANÁLISIS DE MATERIALES.

Este análisis nos sirve para entender el funcionamiento del sistema de agua pluvial principalmente, como secundario ayuda a la comprensión del sistema constructivo, del suelo original del sitio y de los materiales existentes en el momento en el que fue construido.

Los sistemas de manejo de agua pluvial ancestrales, utilizaron únicamente los recursos circundantes, y se apoyaron en ellos para ser óptimos y funcionales.

4.6. FUNCIÓN.

La función o utilidad de los sistemas muestran para que se utilizó el agua pluvial, cual era su función o propósito, cómo y por qué fue establecida.

Dentro de las funciones se diferencia si era para captación, conducción, almacenamiento o infiltración del agua pluvial. También, se especificará si era para consumo humano, para consumo animal, para refrescar el ambiente entre muchas otras posibilidades.

Captación. Es toda aquella zona en la que cae el agua de lluvia, puede captarse verticalmente al utilizar una malla o camanchaca la cual condensa las gotas pluviales y las lleva a una cisterna, o bien puede captarse de manera horizontal ya sea en el piso y suelo o en una cubierta.

Conducción: Son aquellas zonas que dirigen o conducen el agua pluvial hacia un destino final que puede ser almacenamiento, infiltración o drenaje. La conducción puede ser vertical, a través de bajadas de agua sobre los edificios, u horizontal en la cuál se utilizan badenes, canaletas, efusionadores y tuberías para dirigir el agua de lluvia a su destino.

Infiltración: Son todas aquellas zonas en las cuales el agua de lluvia permea hacia el subsuelo: estas zonas se dividen en áreas con granulometría- son zonas que permiten el paso del agua ya que utilizan sustratos como gravas o arenas que permiten la rápida infiltración, o sin granulometría- son zonas que permiten el paso del agua por las propiedades físicas que tienen los suelos.

Almacenamiento: Son aquellas áreas destinadas para guardar el agua pluvial y utilizarla posteriormente. Las zonas de almacenamiento pueden ser abiertas como piscinas, humedales, jagüeyes, estanques, aljibes , o pueden ser cerradas, como cisternas o diferentes tanques de almacenamiento.

4.7. TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN.

Este apartado explica los procesos constructivos de la técnica, la cual complementa el análisis de materiales, espacial y de función.

Sabiendo la técnica constructiva se puede comprender de mejor manera el sistema de manejo de agua pluvial, su forma y su utilización. Lamentablemente las técnicas constructivas y dimensiones reales no están presentes en cada sistema de captación, éste ha sido uno de los limitantes en la investigación.

Al ser técnicas antiguas se han perdido registros de dimensiones, funcionalidad y escala en muchos sistemas o simplemente no se registraron; es por ello que algunas dimensiones, materiales, formas y funcionamiento han sido deducidos o comparados con ejemplos análogos.

4.8. MANTENIMIENTO.

Dentro del mantenimiento se especificará que tanto tiempo debe pasar para que la técnica siga funcionando en perfectas condiciones.

Para esto se establecieron los siguientes rubros en base a la limpieza actual de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Mantenimiento Alto: Limpieza menor o igual a seis meses.

Mantenimiento Medio: Limpieza regular de al menos una vez al año.

Mantenimiento Bajo: Limpieza cada dos años.

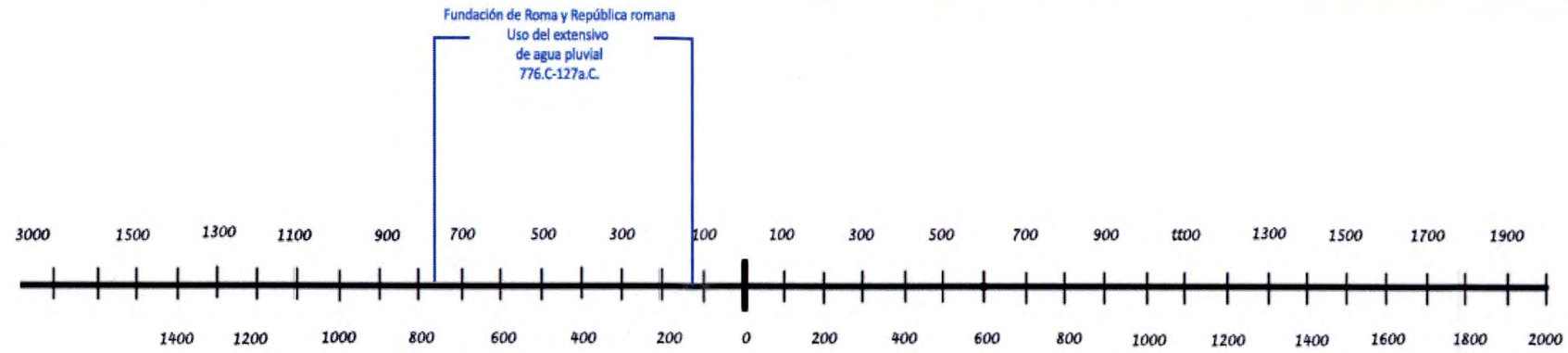
4.9. APLICABILIDAD.

Teniendo un análisis previo de todos los apartados posteriores para la comprensión del sistema de agua pluvial. El paso siguiente es saber en dónde sería factible proponer un sistema de manejo de agua pluvial y bajo que premisas.

4.10. FICHAS DE ANÁLISIS DE TÉCNICAS ANCESTRALES

A continuación se presentarán el compendio de técnicas ancestrales encontradas, estudiadas y analizadas durante la investigación.

Ficha de evaluación del Sistema impluvium-compluvium-cisterna.



Localización: Roma, Pompeya

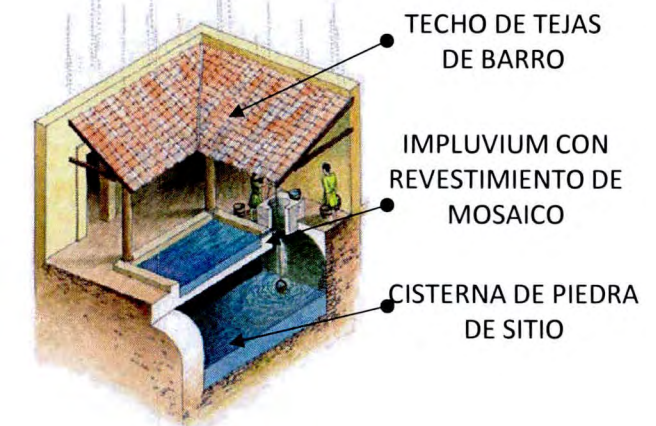
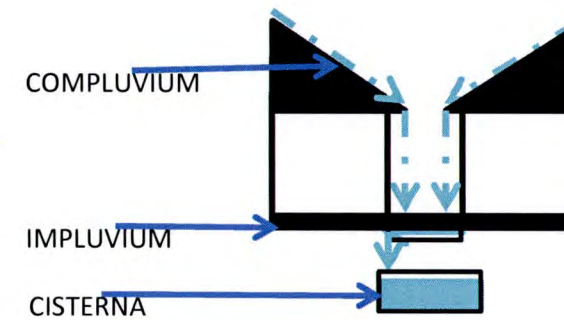
Clima Prehistórico: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas en verano, bajas en invierno, con lluvias moderadas concentradas principalmente en invierno y seco totalmente en verano.

Clima Actual: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas y sin lluvias en verano, bajas en invierno y lluvias escasas, concentradas en primavera y otoño.

Análisis de Suelo:

Al estar Italia rodeada de montañas, el suelo seguramente era fértil, ya que permitía la agricultura, sobre todo en los poblados cercanos al Monte Vesubio. Puedo concluir en base a algunos escritos que el suelo contenía mucha materia orgánica y era permeable.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio ya que era un material de fácil adquisición e impedía la infiltración de agua pluvial hacia los mantos. Las tejas de barro se utilizaron en todas las casa,s y ayudándose de ellas se construyeron los impluviums. El mármol se utilizó en los compluviums por estética y para mantener fría el agua. La argamasa era el mortero de ese tiempo, también llamado opus.



Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en las ciudades romanas, se tuvo la necesidad de construir este tipo de sistema para abastecerse y subsistir. Usualmente la casa romana es una construcción que gira en torno de un espacio central, que a nivel de piso es conocido como atrium, es ahí en donde se ubica el impluvium romano, encargado de ventilar la casa y refrescarla. Ese mismo espacio central esta abierto en la parte superior, compuesto por cuatro techos en pendiente conocidos como compluvium. En la parte subterránea se ubica la cisterna, encargada de almacenar el agua pluvial restante. Las dimensiones de este sistema son variables, ya que dependían básicamente del poder adquisitivo de la familia romana. Mientras más adinerada era, mejores acabados y dimensiones poseía.

Técnica de Construcción: Ubicada en la zona subterránea de la casa, se encuentra la cisterna con un techo abovedado a la cual no se podía tener acceso, se sustraña el agua por medio de cubetas y entraba el agua a ella por medio del impluvium que era un espejo de agua rectangular de no más de 30 cm de profundidad y de longitud variable, el impluvium era un techo con pendiente hacia el interior de la casa, para que el agua se deslizara hacia el compluvium.

Funcionalidad: Sistema de manejo de agua pluvial romano mediante el cual, el agua era captada en el techo o compluvium, deslizada por gravedad hacia una pequeña piscina o impluvium y el agua pluvial restante era llevada por caída desde el impluvium hacia la cisterna para almacenarse o se llevaba a la cocina para usarla posteriormente. Acumular el agua en el impluvium servía también para refrescar el ambiente y generar microclimas.

Fuentes:

MALISSARD, Alain (2002). Les Romains et l'eau. Editorial Les Belles Lettres. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 137-138.

Internet:

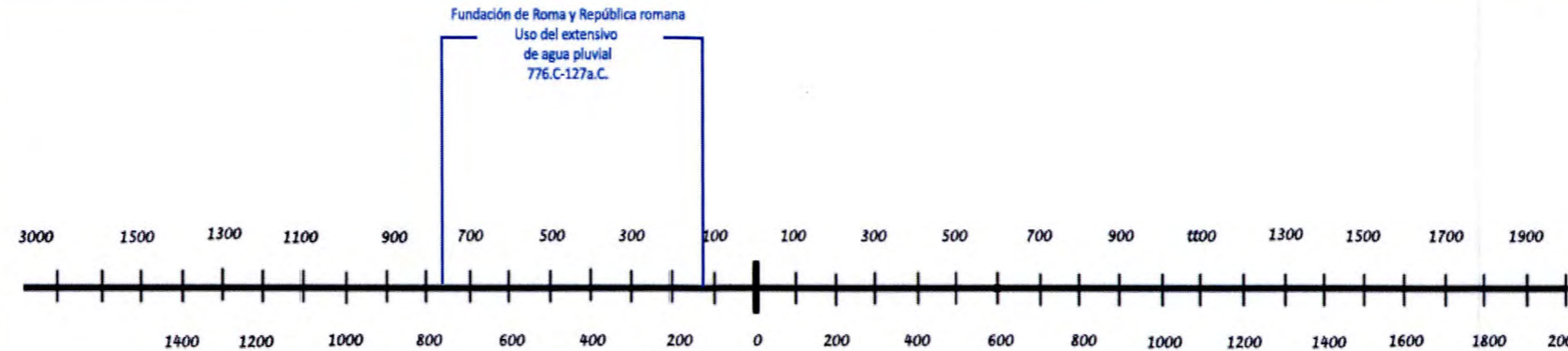
<http://library.thinkquest.org/26602/geography.htm>

Mantenimiento: Sistema de mantenimiento regular. El agua no puede mantenerse estancada a cielo abierto por mucho tiempo ya que desarrolla organismos como los mosquitos, y se vuelve babosa. Para mantener la pureza del agua, ésta debía tener algún tipo de movimiento y el impluvium debía estar muy limpio.

Imagen: Corte perspectiva de casa romana. http://www.asambleamurcia.es/murcia_agua/infografias12.htm

Aplicabilidad: El sistema puede adaptarse a cualquier sitio.

Ficha de evaluación del Sistema impluvium-cisterna de cámaras con pilares.



Localización:
Constantinopla, Estambul.

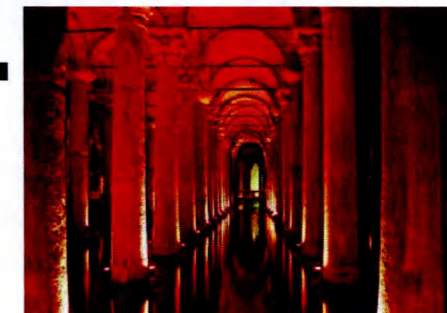
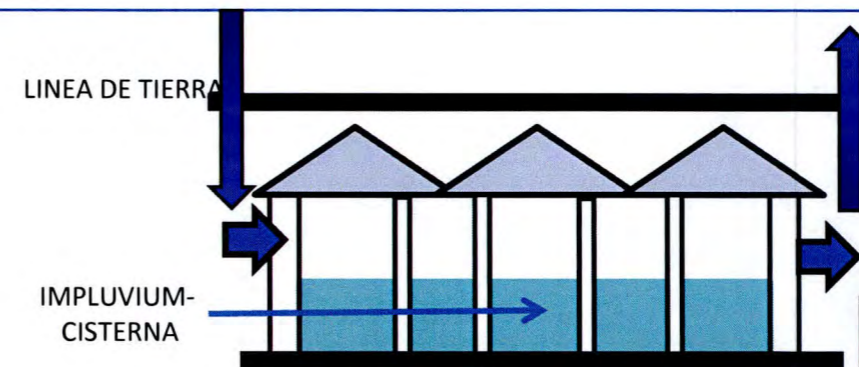
Clima Prehistórico: Al estar cerca Rusia y el Mar negro, el clima cambia. No hay sol de octubre a abril y esos seis meses llueve sin parar pero escasamente, los veranos son secos sin embargo no son calientes y el invierno es muy largo y duro.

Clima Actual: Clima continental. Durante los meses de verano las temperaturas suelen ser altas con escasez de lluvias. El invierno es fresco gracias al aire frío que proviene del Mar Negro. Los meses más lluviosos, de diciembre y enero, llueve varios días consecutivos sin abundancia.

Análisis de Suelo : Parte del suelo era fértil, ya que permitía la agricultura, sobre todo cerca de los ríos de agua dulce que desembocan en el cuerno de oro. En base a algunos escritos, el suelo contenía mucha materia orgánica y era permeable en ciertas zonas. Sin embargo las zonas cercanas al río Bósforo y el Mar Negro, los suelos probablemente son muy salinos y arenosos.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio ya que era un material de fácil adquisición e impedía la infiltración de agua pluvial hacia los mantos. La mampostería fue usada dentro y fuera de la cisterna. La argamasa era el mortero de ese tiempo, también llamado opus y servía para impermeabilizar y unir las piezas.

Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en las ciudades romanas, se tuvo la necesidad de construir este tipo de sistema para abastecerse y subsistir. La construcción de las cisternas fue un gran reto para los romanos, ya que éstas debían resistir la presión interna del agua y la presión externa del suelo.



Técnica de Construcción: Cisterna cubierta por bóvedas de cañón cuyos muros de arranque se abrían en arcos apoyados sobre pilares: eran siempre subterráneas y el propio suelo soportaba la presión del agua. La mayor parte de estas reservas, recibían agua de los acueductos únicamente. La hermeticidad de las grandes cisternas dependió de la mano de obra: las paredes se cubrían con una gruesa capa de opus o argamasa que se impermeabilizaba con una capa de cal y arena llamada Opus signaninum o mortero rojo.

Funcionalidad: Sistema de manejo de agua pluvial romano mediante el cual almacenaba el agua traída de los mantiales o ríos a través de los acueductos para su uso posterior.

Fuentes:

MALISSARD, Alain (2002). Les Romains et l'eau. Editorial Les Belles Lettres. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 137-138.

Internet:

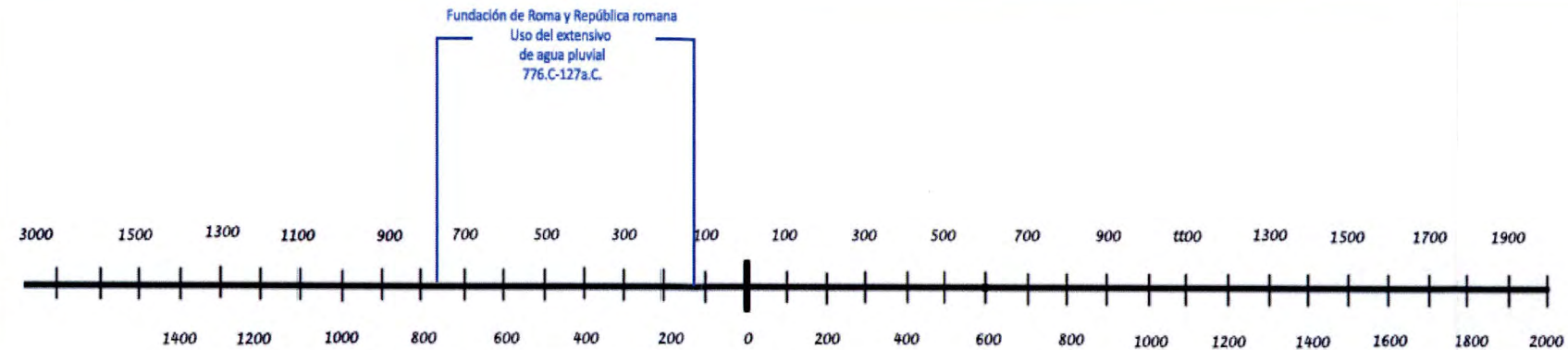
- INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS. Gobierno de España: centros5.pntic.mec.es/les.lucia.de.medrano/CBG/mat_const.htm
- Constantinopla National Geographic, 1914 maggieblanck.com/Azarian/NationalGeographic/NG1914.html

Figura: Yerebatan Sarayi, ejemplo de Cisternas de cámaras con pilares. www.laktoz.net/istanbul-yerebatan-

Mantenimiento : Sistema de medio mantenimiento, probablemente al ser las cisternas tan grandes y sin filtros había acumulación de sedimentos, no obstante, al estar bajo tierra y evitar los rayos del sol, no permiten la formación de algas, musgos y moho. Para mantener la pureza del agua, ésta debía tener algún tipo de movimiento..

Aplicabilidad: por su composición, algunos impluviums son mejores que otros ya que dejan el agua pluvial más pura. Pero pueden utilizarse en cualquier espacio lo suficientemente amplio.

Ficha de evaluación del Sistema cisterna de cámaras sin pilares.



Localización: Roma, Pompeya

Clima Prehistórico: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas en verano, bajas en invierno, con lluvias moderadas concentradas principalmente en invierno y seco totalmente en verano.

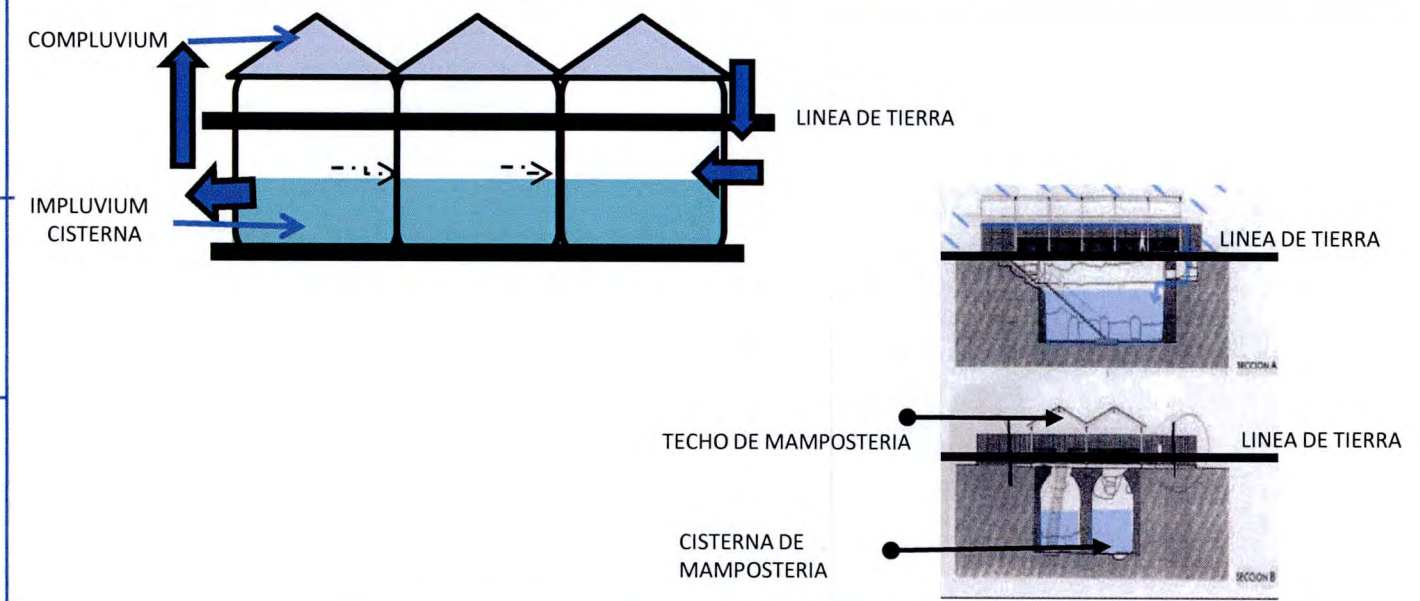
Clima Actual: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas y sin lluvias en verano, bajas en invierno y lluvias escasas, concentradas en primavera y otoño.

Análisis de Suelo:

Al estar Italia rodeada de montañas, el suelo seguramente era fértil, ya que permitía la agricultura, sobre todo en los poblados cercanos al Monte Vesubio. Puedo concluir en base a algunos escritos que el suelo contenía mucha materia orgánica y era permeable.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio ya que era un material de fácil adquisición e impedía la infiltración de agua pluvial hacia los mantos. La mampostería fue usada dentro y fuera de la cisterna. La argamasa era el mortero de ese tiempo, también llamado opus y servía para impermeabilizar y unir las piezas.

Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en las ciudades romanas, se tuvo la necesidad de construir este tipo de sistema para abastecerse y subsistir. Estas cisternas se presentaban en forma de galería con una bóveda de medio punto y eran bastante más largas que anchas. Su propósito era recibir agua pluvial. Los cuerpos de almacenamiento podían estar subterráneos o superficiales.



Técnica de Construcción: Estas bóvedas eran más largas que anchas ya que se ejercía una presión más fuerte contra las paredes interiores, su estructura misma reducía su capacidad real ya que no permitía el almacenamiento de grandes volúmenes de agua.

Funcionalidad: Sistema de manejo de agua pluvial romano mediante el cual, el agua era captada en el techo o compluvium, deslizada por gravedad el impluvium en dónde se almacenaba para usarla posteriormente.

Mantenimiento: Sistema de alto mantenimiento, probablemente al ser las cisternas tan grandes y sin filtros había acumulación de sedimentos, algas, musgos y moho.

Aplicabilidad: El sistema puede adaptarse a cualquier sitio.

Fuentes:

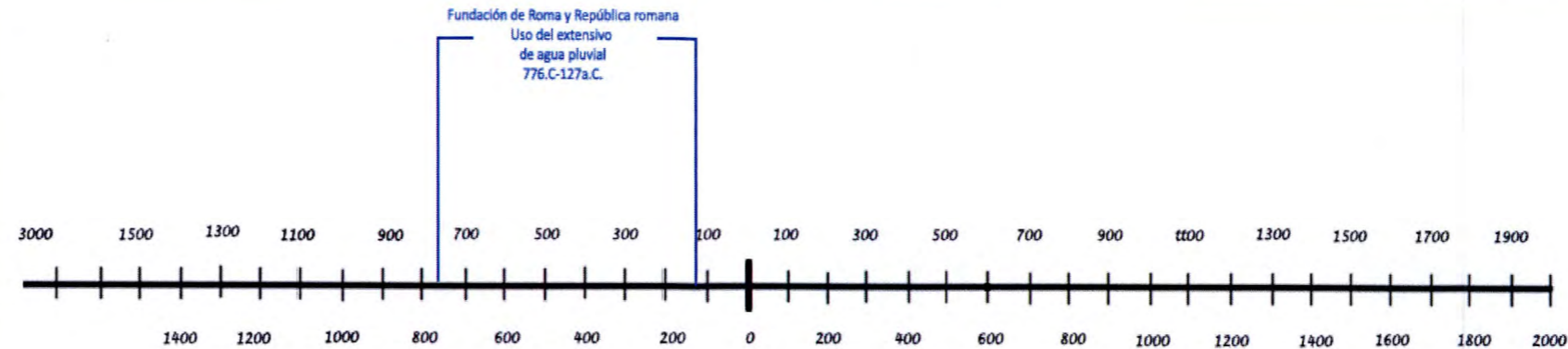
MALISSARD, Alain (2002). Les Romains et l'eau. Editorial Les Belles Lettres. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 137-138.

Internet:

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS. Gobierno de España: centros5.pntic.mec.es/les.lucia.de.medrano/CBG/mat_const.htm

Figura: Corte esquemático de las cisternas Romanas <http://www.culturaclasica.com/files/cisternas-romanas-molacillos.jpg>.

Ficha de evaluación del Sistema cisterna de cámaras paralelas.



Localización: Roma, Pompeya

Clima Prehistórico: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas en verano, bajas en invierno, con lluvias moderadas concentradas principalmente en invierno y seco totalmente en verano.

Clima Actual: Clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas altas y sin lluvias en verano, bajas en invierno y lluvias escasas, concentradas en primavera y otoño.

Análisis de Suelo:

Al estar Italia rodeada de montañas, el suelo seguramente era fértil, ya que permitía la agricultura, sobre todo en los poblados cercanos al Monte Vesubio. Puedo concluir en base a algunos escritos que el suelo contenía mucha materia orgánica y era permeable.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio ya que era un material de fácil adquisición e impedía la infiltración de agua pluvial hacia los mantos. La mampostería fue usada dentro y fuera de la cisterna. La argamasa era el mortero de ese tiempo, también llamado opus y servía para impermeabilizar y unir las piezas.

Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en las ciudades romanas, se tuvo la necesidad de construir este tipo de sistema para abastecerse y subsistir. Estas cisternas son un grupo de unidades adyacentes y superpuestas de cisternas abovedadas sin pilares; cuya función era permitir el paso lento del agua de una cámara a otra, facilitando y mejorando la decantación. Éstos depósitos no eran subterráneos. Algunas veces se mezclaban en ellos el agua de lluvia con el agua de los acueductos, y fueron altamente recomendados por Vitruvio por sus múltiples ventajas. Las ciudades poseían este sistema para abastecer de agua a la población de clase baja, media. Algunos anfiteatros poseían su propio impluvium.

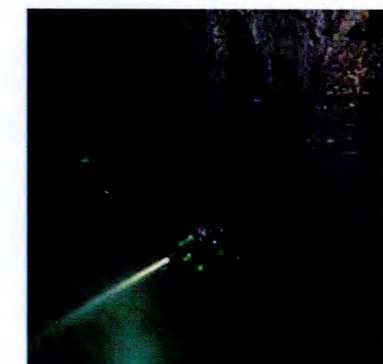
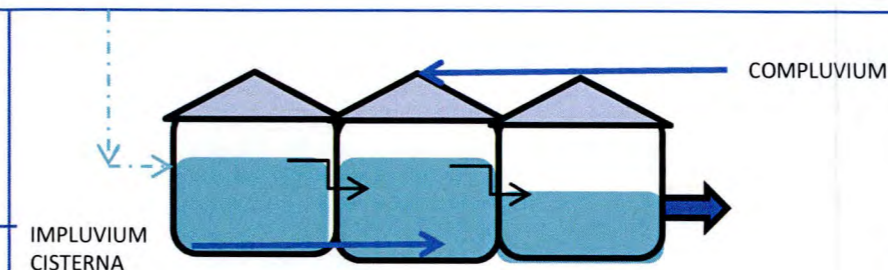
Fuentes:

MALISSARD, Alain (2002). Les Romains et l'eau. Editorial Les Belles Lettres. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 137-138.
VITRUVIO, Marco(1997). Los diez libros de la arquitectura. Editorial Alianza, Madrid, versículo 50-51 p.p.207.

Internet:

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS. Gobierno de España: centros5.pntic.mec.es/les.lucia.de.medrano/CBG/mat_const.htm

Figura: Cisterna de Albano, ejemplo de Cisterna de cámaras paralelas-



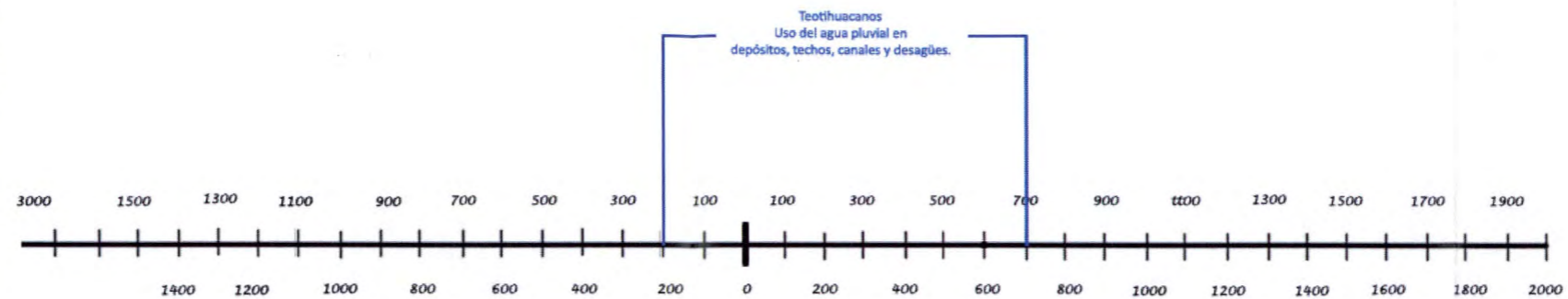
Técnica de Construcción: Sistema abovedado construido con piedra y argamasa, compuesto por tres o cuatro cámaras distintas adyacentes y superpuestas con el fin de que el agua pluvial pasara a cada una de ellas y fuera filtrandose por decantación.

Funcionalidad: Sistema de manejo de agua pluvial romano mediante el cual, el agua era captada en el techo o compluvium, deslizada por gravedad el impluvium en dónde se almacenaba para usarla posteriormente.

Mantenimiento: Sistema de alto mantenimiento, probablemente al ser las cisternas tan grandes y sin filtros había acumulación de sedimentos, algas, musgos y moho.

Aplicabilidad: De acuerdo con Marco Vitruvio, este tipo de cisternas son las mejores que existieron en Tiempos romanos..

Ficha de evaluación del Sistema techos/desniveles-canales-desagüe.



Localización: Estado de México.

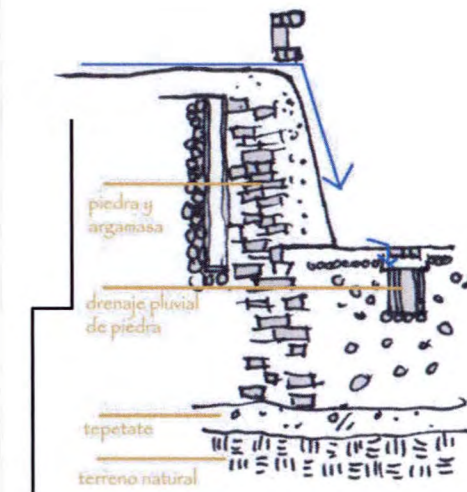
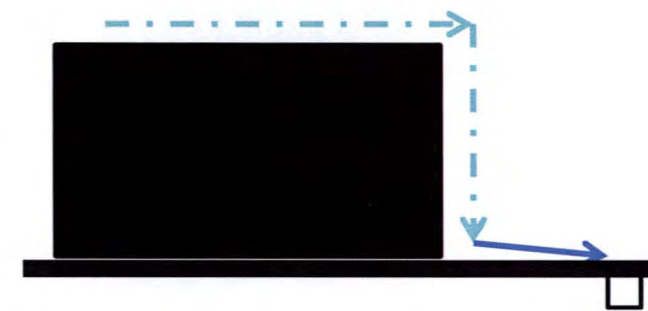
Clima Prehistórico: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno.

Clima Actual: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno

Análisis de Suelo:

Establecido sobre toba volcánica conocida también como tepetate. El tepetate fino permite la infiltración, sin embargo el tepetate en general es una capa endurecida que no permite la infiltración del agua y es difícil de cultivar.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio. La mampostería fue usada dentro y fuera de las casas y canales. Se utilizó mortero para unir la mampostería de piedra.



Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en dos estaciones del año y a la gran cantidad de agua que cae en verano, los teotihuacanos se vieron en la necesidad de captar el agua pero también de desalojarla rápidamente para evitar inundaciones. Este sistema de manejo, permitía sacar el agua pluvial de la ciudad para evitar inundaciones, unirla a algunos canales para conducirla a un depósito o simplemente regresar el agua limpia. Los canales de desagüe conducen únicamente el agua pluvial hacia un río o manantial cercano. Su propósito es sacar el agua pluvial separándola de las aguas negras para regresarla a algún cuerpo de agua.

Técnica de Construcción: Techos, canales y bajadas de agua contruidos con piedra y mortero. La casa era de dimensiones variables y poseía una pendiente que llevaba el agua del techo hacia el desagüe encargado de dirigir el agua hacia el Río San Juan.

Funcionalidad: Las zonas habitacionales del conjunto oeste poseían este sencillo sistema para abastecerse de agua y para desalojarla rápidamente de la ciudad.

Fuentes:

- NAVA Rivera, Felipe de Jesús (2008). Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacan. Tesis ENAH p.p. 119.
- MORELOS García, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacan*. Colección Científica INAH, México p.p. 58.
- SEJOURNÉ, Laurette(1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*, Editorial siglo XXI. México.

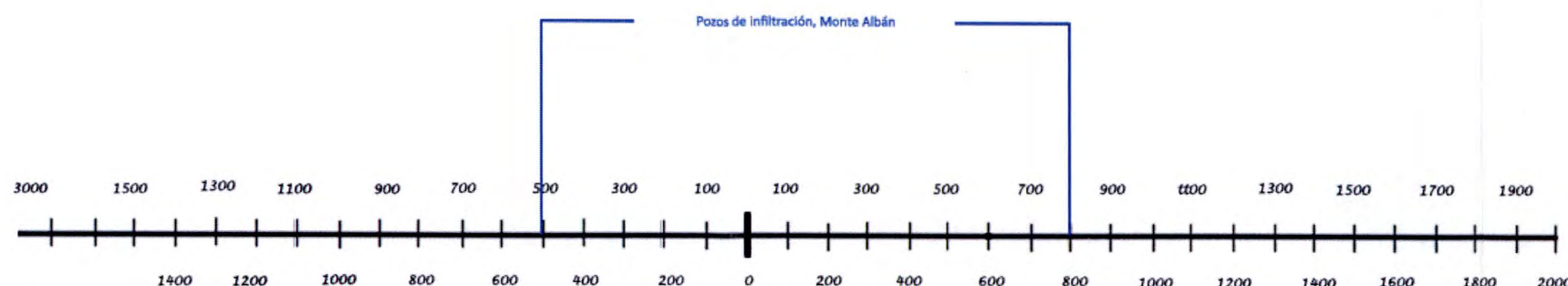
Internet:

[http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/\(11\)Gama.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/(11)Gama.pdf) Los tepetates y su dinámica ambiental.133 Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana tomo liX, núM. 1, 2007, p. 133-145. Consultado

Mantenimiento: Sistema de medio mantenimiento, probablemente al estar expuestos al aire libre existían musgos alrededor.

Aplicabilidad: por su composición simplicidad y sencillez es posible ubicarla en cualquier parte utilizando algún filtro para evitar que el agua se contamine.

Ficha de evaluación del Sistema desniveles-canales-fosa infiltrante.



Localización: Estado de Oaxaca

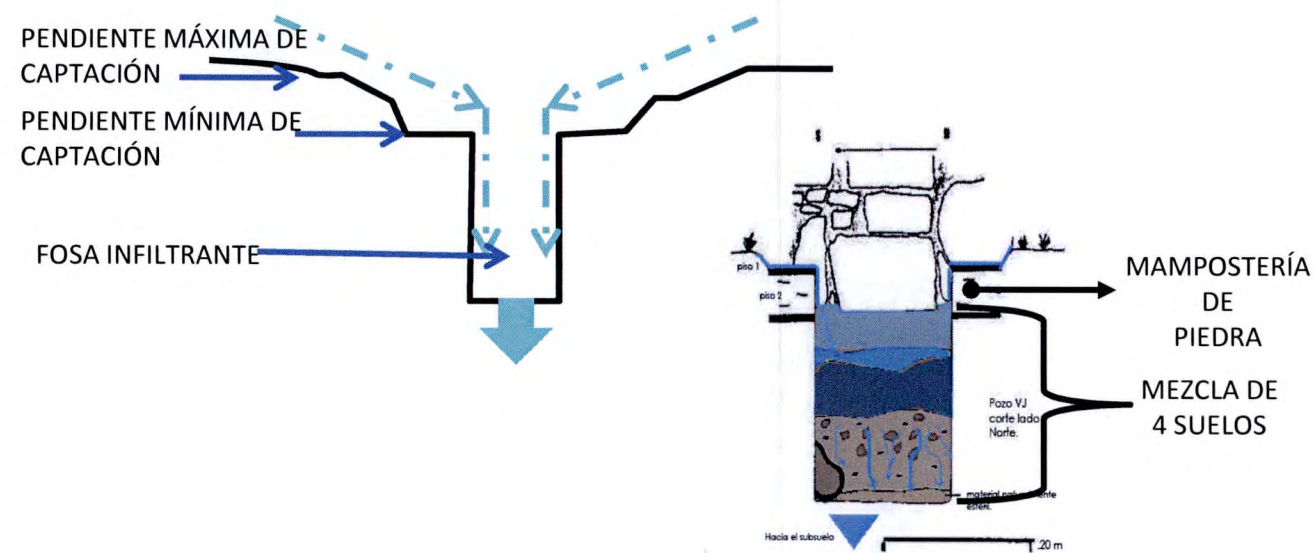
Clima Prehistórico: Clima Semiseco semicálido (99.79%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano (0.21%).

Clima Actual: Clima Semiseco semicálido (99.79%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano (0.21%).

Análisis de Suelo:

Suelo aluvial, es decir son suelos con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, por el alto contenido de materia orgánica, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio. La mampostería fue usada dentro y fuera de las casas y canales.
Se utilizó mortero para unir la mampostería de piedra.



Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en dos estaciones del año y a la gran cantidad de agua que cae en verano. Los zapotecas se preocuparon por controlar los escurrimientos y evitar las inundaciones de su metrópoli.

Técnica de Construcción: Excavación de .20 m x .15 m, apisonamiento de paredes, mezcla de suelos para permitir la permeabilidad.

Funcionalidad: El agua es conducida hacia la fosa o pozo, llenando cada capa de suelo hasta llegar a la última, permitiendo de esta forma la retención del agua en las mismas por tiempo limitado e infiltrando periódicamente.

Fuentes:

SANSORES, Francisco Javier. (1992). *El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p. 19-26.

Imagen: SANSORES, Francisco Javier. (1992). *El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p.24

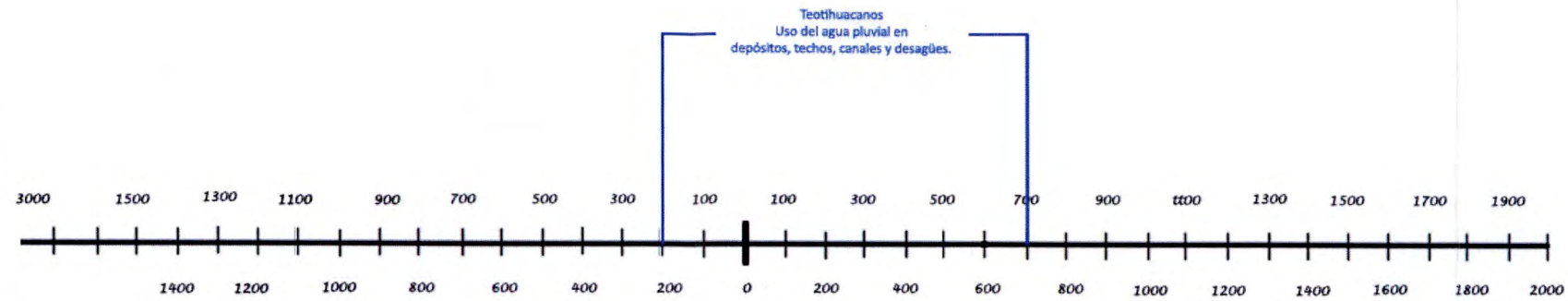
Internet:

[http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/\(11\)Gama.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/(11)Gama.pdf) Los tepetates y su dinámica ambiental. 133 Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana tomo liX, núM. 1, 2007, p. 133-145. Consultado

Mantenimiento: Sistema de medio mantenimiento, probablemente al estar expuestos al aire libre existían musgos alrededor.

Aplicabilidad: por su composición, el sistema filtra mejor si los escurrimientos vienen a baja velocidad, ya que a alta velocidad se logra llegar más rápido a la capacidad de campo favoreciendo el llenado de la fosa hacia arriba provocando desbordamientos. Es importante ya que se usaba para evitar que la ciudad se inundara

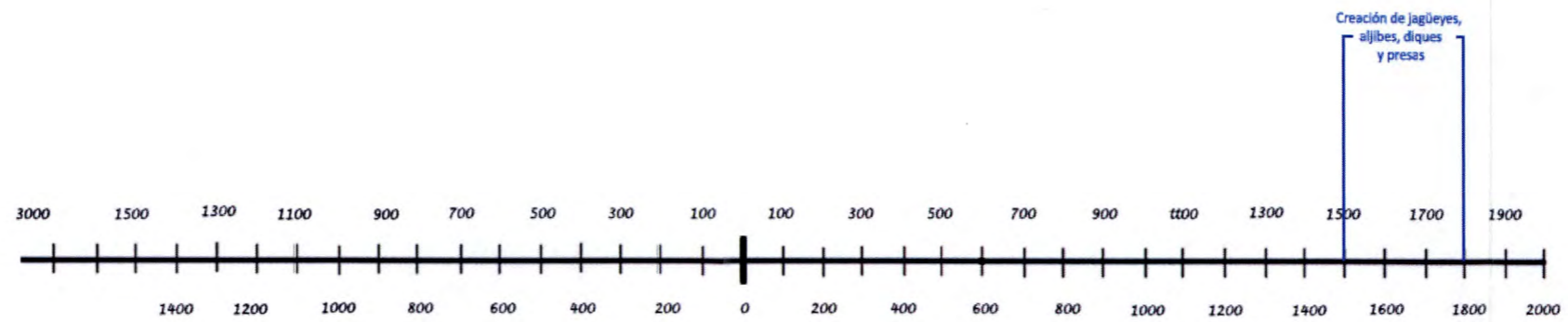
Ficha de evaluación del Sistema techos/desniveles-canales-patio hundido.



Localización: Estado de México.

<p>Clima Prehistórico: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno.</p>	<p>Clima Actual: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno</p>	
<p>Análisis de Suelo: Establecido sobre toba volcánica conocida también como tepetate. El tepetate fino permite la infiltración, sin embargo el tepetate en general es una capa endurecida que no permite la infiltración del agua y es difícil de cultivar.</p>		<p>Técnica de Construcción: Excavación de .15 m x longitud variable apisonamiento, tepetate fino que permite la permeabilidad</p>
<p>Análisis de Materiales: Se utilizó la piedra de sitio. La mampostería fue usada dentro y fuera de las casas y canales utilizando mortero para unirlas, se utilizó el tepetate fino del lugar para crear los patios.</p>		<p>Funcionalidad: Los patios hundidos son receptores de agua que infiltran rápida y eficazmente los escurrimientos con alta y baja velocidad; el agua es conducida hacia el patio infiltrándola; la Infiltración debe ser rápida ya que el tepetate aunque es un material Impermeable, esta de forma muy fina como arena. Hay arqueólogos que piensan que se utilizaba para recolectar el agua de lluvia, sin embargo, el acabado fino de tepetate indica que se utilizaba para infiltración principalmente.</p>
<p>Análisis Espacial: Debido a la escasez de agua pluvial en dos estaciones del año y a la gran cantidad de agua que cae en verano, los teotihuacanos se vieron en la necesidad de captar el agua pero también de desalojarla rápidamente para evitar inundaciones. Este sistema de manejo, permitía infiltrar el agua pluvial de la ciudad para evitar inundaciones.</p>		<p>Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento, ya que la corriente de agua depositada no llevaba basura u otros residuos</p>
<p>Fuentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NAVA Rivera, Felipe de Jesús (2008). Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacan. Tesis ENAH p.p. 119. • MORELOS García, Noel (1993). <i>Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacan</i>. Colección Científica INAH, México p.p. 58. • SEJOURNÉ, Laurette(1966). <i>Arqueología de Teotihuacán, la cerámica</i>, Editorial siglo XXI. México p.p. 128. 		<p>Aplicabilidad: por su composición simplicidad y sencillez es posible ubicarla en cualquier lugar con escurrimientos de alta o baja velocidad</p>

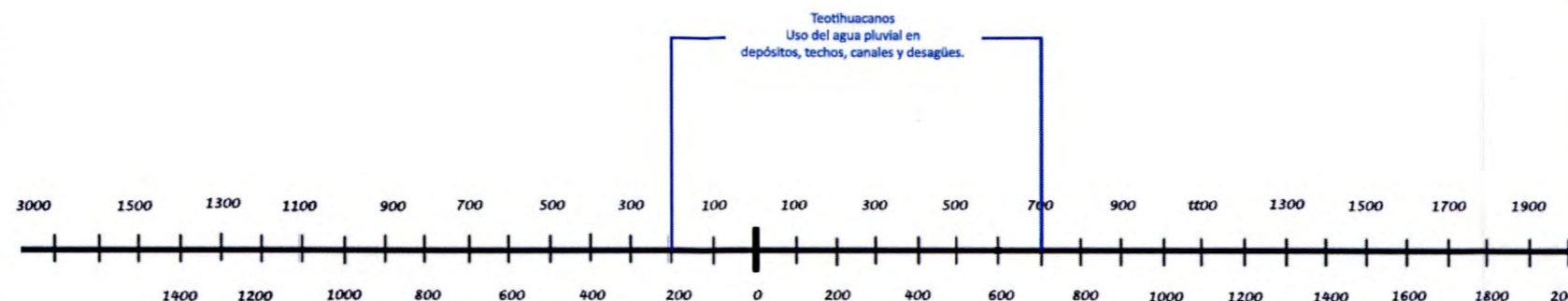
Ficha de evaluación del Sistema desnivel-surcos de magüey.



Localización: República Mexicana.

<p>Clima Prehistórico: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno.</p>	<p>Clima Actual: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno.</p>	
<p>Análisis de Suelo: El suelo en el que está ubicado este sistema de infiltración son suelos arenosos en su mayoría permitiendo que el agua pase rápidamente.</p>		
<p>Análisis de Materiales: Los únicos materiales utilizados son la tierra de sitio, y el material vegetal, en este caso magüeyes.</p>		
<p>Análisis Espacial: Este sistema no se encuentra en las ciudades sin embargo es observable cerca de carreteras en los lomeríos como medida de retención de los escurrimientos pluviales.</p>		<p>Técnica de Construcción: : Excavación .20 m x longitud variable al pie de la loma o sobre su pendiente, suelo del sitio y suelo fino que permite la permeabilidad.</p>
<p>Fuentes:</p> <p>SANSORES, Francisco Javier. (1992). <i>El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias</i>. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p. 19-26.</p> <p>Imagen: SANSORES, Francisco Javier. (1992). <i>El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias</i>. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p.24</p>		<p>Funcionalidad: Se utilizan para disminuir la corriente de agua en las carreteras y para los sembradíos. En algunas situaciones se utilizan como bordes de los canales que se construyen alrededor de los jagüeyes. También son utilizadas como bordos para conducir el agua pluvial de las escorrentías, para evitar erosión y para infiltrar el agua de lluvia así como para bajar su velocidad.</p>
		<p>Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento, probablemente al estar expuestos al aire libre existían musgos alrededor.</p>
<p>Internet:</p> <p>http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/(11)Gama.pdf Los tepetates y su dinámica ambiental.133 Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana tomo liX, núM. 1, 2007, p. 133-145. Consultado</p>		<p>Aplicabilidad: por su composición, el sistema infiltra todo tipo de escurrimientos, ya que a alta velocidad se logra llegar más rápido a la capacidad de campo favoreciendo el llenado de la fosa hacia arriba provocando desbordamientos. Es importante ya que se usaba para evitar que la ciudad se inundara</p>

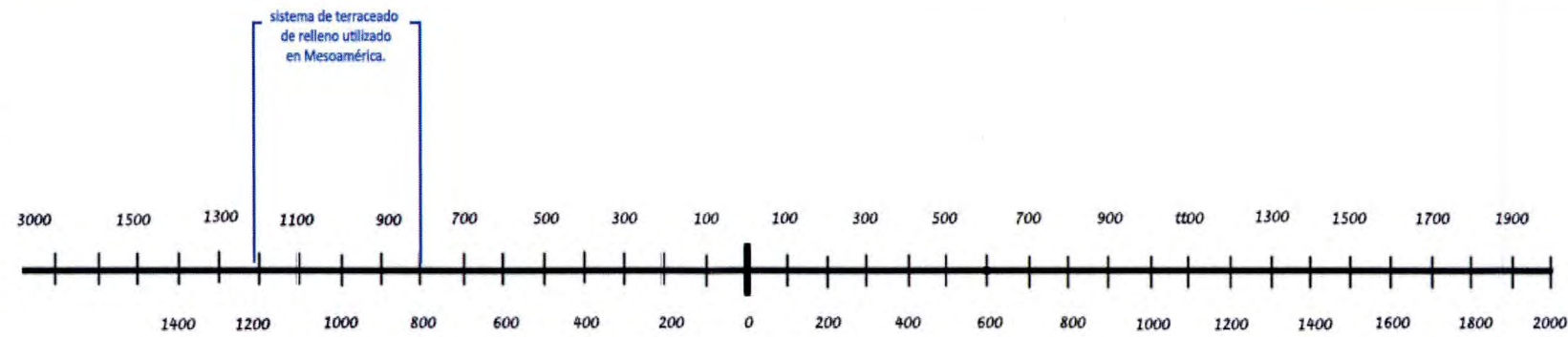
Ficha de evaluación del Sistema techos/desniveles-canales-jagüey.



Localización: República Mexicana.

<p>Clima Prehistórico:</p>	<p>Clima Actual: Clima templado semiseco con lluvias prolongadas en verano y sequía en otoño-invierno</p>	
<p>Análisis de Suelo: Los jagüeyes deben situarse en zonas cuyo suelo sea arcilloso, ya que su propósito es no dejar pasar el agua pluvial y almacenarla.</p>		
<p>Análisis de Materiales: Los jagüeyes pueden estar sobre un suelo arcilloso o limoso, compactado, que no permita la infiltración, o bien, puede estar construido con piedra de sitio y mortero de arena con tierra.</p>		
<p>Análisis Espacial: Este sistema no se encuentra en las ciudades sin embargo es observable a un lado de las carreteras y hay algunas privadas cerca de los lomeríos. Eran conocidos en las Haciendas pulqueras ya que en algunas ocasiones, era la única forma de obtener agua pluvial.</p>		<p>Técnica de Construcción: Se busca una zona en la cuál, al caer el agua de lluvia se acumula en ella, y en esa parte se excava para aumentar la acumulación de agua y se crean canales que lleven más agua pluvial.</p>
<p>Comentarios: Si el agua se recolecta desde la carretera, puede llevar aceites, gasolina entre otros residuos.</p>		<p>Funcionalidad: Zanja de almacenamiento de agua pluvial a cielo abierto, creada de manera natural o por la mano del hombre. El agua es conducida hacia el sistema a través de canales y almacenada. En la antigüedad se usaba en Haciendas como abrevaderos para animales o para abastecer de agua la hacienda.</p>
<p>Fuente: FRANCO, Victor et al. (2008). <i>Estudio Hidrológico para la Tasa</i>, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. RENDÓN, Ricardo (1990). <i>Dos haciendas pulqueras en Tlaxcala 1857-1884</i>. ed. Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala. Universidad Iberoamericana departamento de historia. p.p.206 LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). <i>Las haciendas pulqueras de México</i> UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado p.p.91-151.</p>		<p>Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento, ya que la corriente de agua depositada no llevaba basura u otros residuos</p>
		<p>Aplicabilidad: por su composición simplicidad y sencillez es posible ubicarla en cualquier lugar con escurrimientos de alta o baja velocidad</p>

Ficha de evaluación del Sistema de terracedo 1.



Localización: República Mexicana.

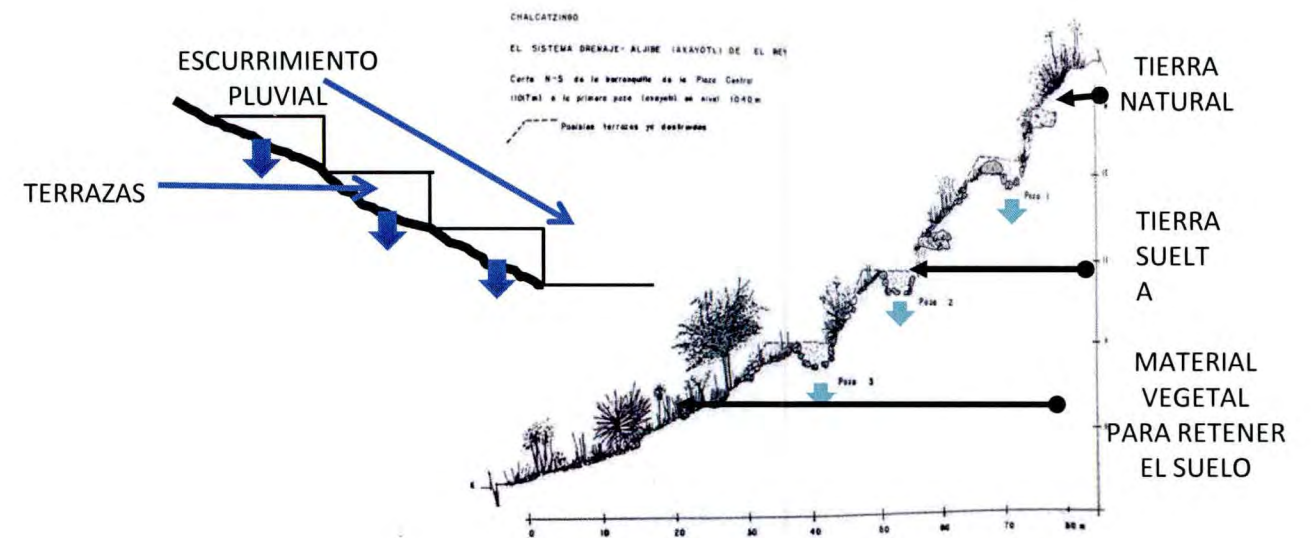
Clima Prehistórico: el clima es húmedo de mayo a septiembre en temporada de lluvias y seco en los meses restantes hasta la primavera por lo cuál el agua de lluvia era almacenada en tiempos de secas e infiltrada en la temporada pluvial.

Clima Actual: el clima es húmedo de mayo a septiembre en temporada de lluvias y seco en los meses restantes hasta la primavera por lo cuál el agua de lluvia era almacenada en tiempos de secas e infiltrada en la temporada pluvial.

Análisis de Suelo:

Suelo con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, al ir deslavándose el suelo, llega a tener alto contenido de materia orgánica en las zonas estancadas, por lo tanto, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: Se utiliza tierra natural para cultivo, piedra de sitio para crear las terrazas y mortero para unir las.



Análisis Espacial: Los Olmecas de Chacaltzingo tuvieron la visión y precaución de adaptarse al ambiente circundante para construir sus obras de manera tal que aprovechaban los recursos naturales para el abastecimiento de su pueblo y autoconsumo sin destruir el paisaje natural. En diversas obras materiales, se hace evidente el ingenio indígena que aprovechaba las peculiaridades de los diversos tipos de terreno para adaptar el sistema de cultivo más adecuado a cada uno de los casos, con el fin de obtener alimento suficiente con el cual pudieran lograr el mantenimiento y crecimiento de los grupos sociales, sin transformar ni alterar el balance ecológico de manera drástica. Se usan básicamente para la agricultura. Los vestigios más antiguos documentados están en Morelos en Chacaltzingo, actualmente están casi extintos.

Técnica de Construcción:

Sobre la pendiente se excavan zonas que son rellenas con tierra suelta de no más de 30 cm de profundidad, y se siembra material vegetal para retener el suelo,

Funcionalidad. Estas obras construidas por los olmecas, se realizaban con tal de detener la erosión en la montaña, como fue la conservación de la tierra al construir "muros sobre las laderas, en donde se retuviera y quedara depositado el material de arrastre, formando una terraza o plataforma horizontal. Un sistema con el que se logró prolongar la humedad de las aguas que escurrían de la ladera durante temporada de lluvias"

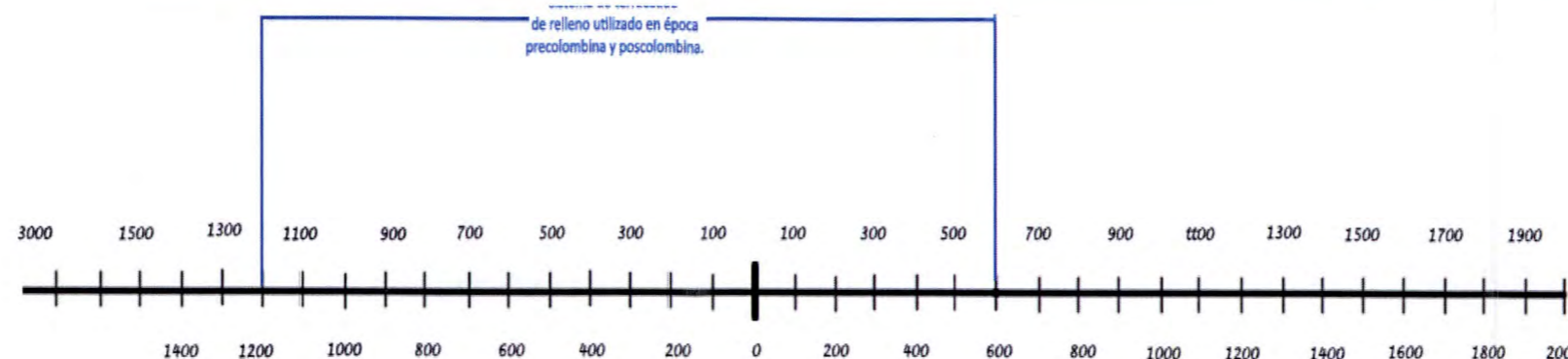
Fuente:

ANGULO VILLASEÑOR, Jorge.(1990). El Axayotl: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo Agricultura indígena: pasado y presente. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chata México D.F. p.p.89
ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo. Arqueología 2 . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 42
ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo. Arqueología 2 . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 37-83.
Figura: Posibles Terrazas del Sistema Drenaje-Aljibe, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. Arqueología 2 . Dirección de Monumentos

Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento, ya que la corriente de agua depositada no llevaba basura u otros residuos

Aplicabilidad: por su composición simplicidad y sencillez es posible ubicarla en cualquier lugar con escurrimientos de alta o baja velocidad

Ficha de evaluación del Sistema de terracedo 2.



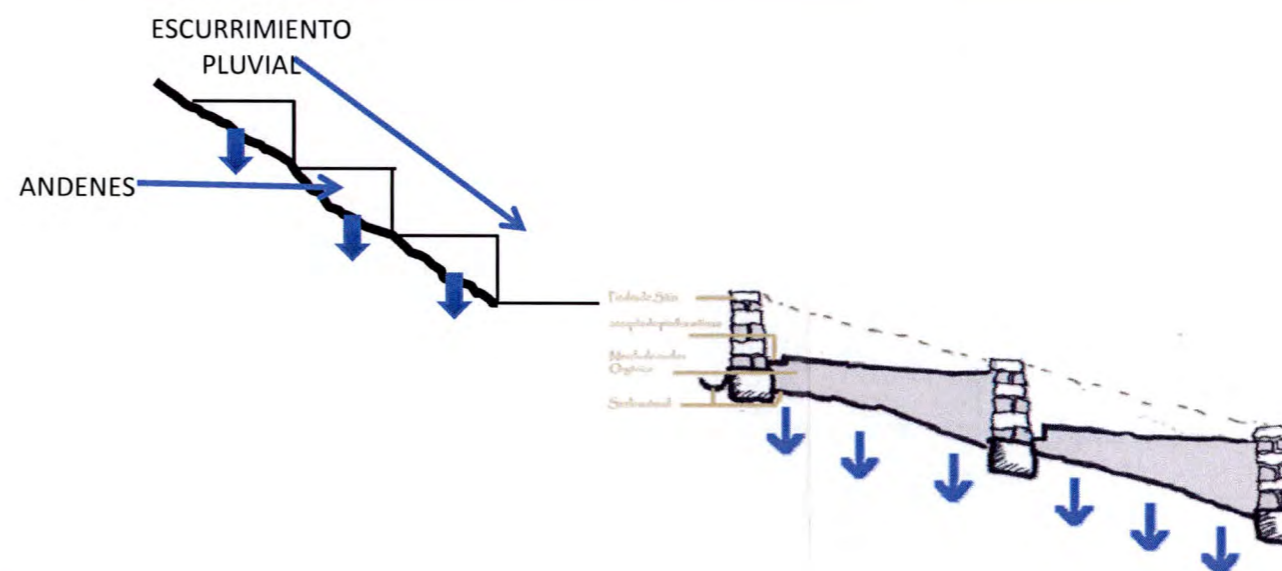
Localización: Los Andes, Perú.

Clima Prehistórico: Los andes en la zona de Perú tienen 3 climas templados distintos. Existen grandes cambios de temperatura, siendo frías las noches y cálidos el día. La temporada de lluvias se concentra de diciembre a marzo.

Clima Actual: Los andes en la zona de Perú tienen 3 climas templados distintos. Existen grandes cambios de temperatura, siendo frías las noches y cálidos el día. La temporada de lluvias se concentra de diciembre a marzo.

Análisis de Suelo: Depende de la zona andina, sin embargo, puedo afirmar que el suelo en general es un suelo con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, al ir deslavándose el suelo, llega a tener alto contenido de materia orgánica en las zonas estancadas, por lo tanto, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: Se utilizan tres estratos de sustratos para cultivo, piedra de sitio para crear los andenes y mortero para unirlos.



Análisis Espacial: Este sistema se encuentra en provincia, sobre lomeríos para evitar las fuertes escorrentías y erosión. Dependiendo del lugar y el cultivo es el tipo de andén o terraza.

Sus funciones son utilizar la ladera de manera racional, minimizar el riesgo de heladas ya que al impactarse el aire frío en la estructura terraceda se mezcla con el aire caliente producto de los muros de piedra y del suelo rico en humus y se neutraliza incrementando la humedad relativa, favorece la infiltración, la capacidad de campo, la permeabilidad y el drenaje del suelo evitando la erosión del mismo provocado por las rápidas escorrentías.

Técnica de Construcción: La estructura del suelo de las terrazas se compone de piedras grandes, gravas intermedias y una capa superficial con al menos 0.70 m de tierra agrícola. Su construcción se hace en base a la pendiente, la terraza está sostenida normalmente por 3 muros de piedra, de los cuales el de mayor longitud tiene la sinuosidad de la curva de nivel de la ladera y los otros dos en el extremo del andén, los cuales van paralelos a la pendiente máxima. Los anchos de la terraza varían de 1.5 a 20 m y su longitud de 4 m a 100 m.

Funcionalidad: Sus funciones son utilizar la ladera de manera racional, minimizar el riesgo de heladas ya que al impactarse el aire frío en la estructura terraceda se mezcla con el aire caliente producto de los muros de piedra y del suelo rico en humus y se neutraliza incrementando la humedad relativa, favorece la infiltración, la capacidad de campo, la permeabilidad y el drenaje del suelo evitando la erosión del mismo provocado por las rápidas escorrentías. Pueden ubicarse en cualquier zona con una pendiente desde el 4% al 60%.

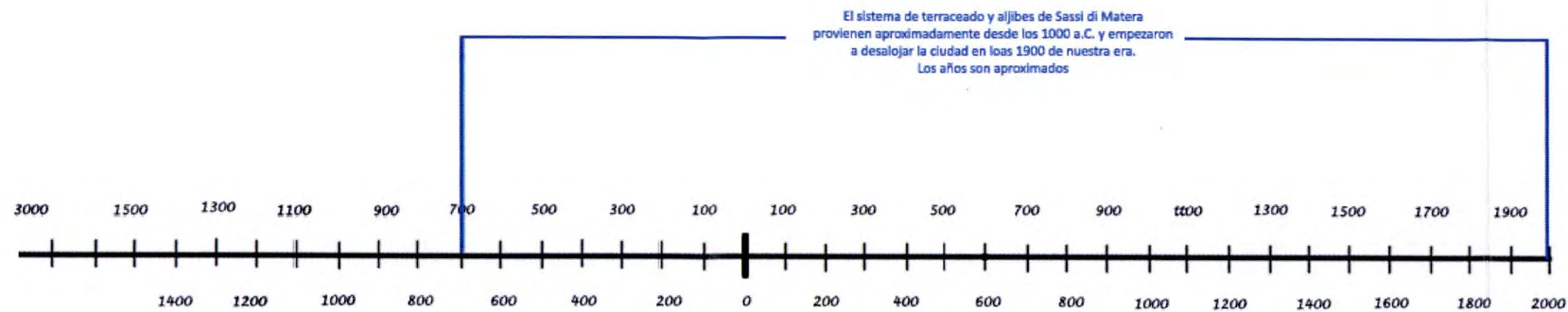
Fuente:

BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. Agricultura de laderas a través de andenes. Perú. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. P.p. 195-199.
 CHILON Camacho, Ediardo (2009). Tecnologías ancestrales y reducción de riesgo del cambio climático. PROMARENA p.p. 13-22.

Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento. Se dice que duran hasta 200 o 300 años sin mantenimiento. Con mantenimiento durarán muchos más.

Aplicabilidad: Se usan básicamente para la agricultura.

Ficha de evaluación del Sistema de terracedo 3.



Localización: Sur de china, Gangxi, Yuanyang

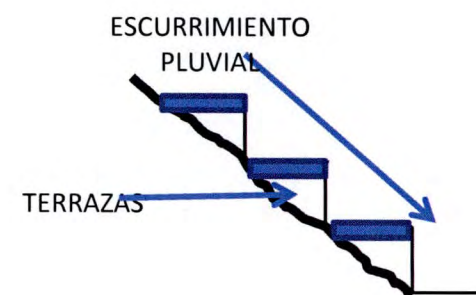
Clima Prehistórico: Subtropical con mucha humedad y lluvias en verano e inviernos secos.

Clima Actual: Subtropical con mucha humedad y lluvias en verano e inviernos secos.

Análisis de Suelo: Se deduce que el suelo es un suelo aluvial, es decir son suelos con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, por el alto contenido de materia orgánica, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: Se utiliza tierra natural para cultivo y tierra compactada de textura arcillosa-limosa para crear las terrazas.

Análisis Espacial: Este sistema se encuentra en las afueras de la ciudad, sobre las lomas Chinas con pendiente del 25 al 35%. Se usan básicamente para la agricultura. Principalmente el arroz.



Técnica de Construcción: Sobre un cerro o loma que posee material arcilloso impermeable, se ubican los terracedos con no más de 50 cm de profundidad en las cuales la tierra lodosa es llenada con el agua suficiente que cubra los requerimientos hídricos de las especies vegetales que serán sembradas en ellos.

Funcionalidad: Sus funciones son utilizar la ladera de manera racional, previniendo la erosión del suelo provocado por fuertes escorrentías. A diferencia de las terrazas americanas, éstas no favorecen en gran cantidad a la infiltración ni al drenaje, pero si la capacidad de campo y la permeabilidad del suelo ya que el cultivo de arroz requiere que las terrazas esten inundadas todo el tiempo. A mi parecer este sistema funciona de manera similar a la chinampa, siempre húmeda y cultivable, rellena por capas de tierra.

Mantenimiento: Sistema de alto mantenimiento. Probablemente al utilizar solamente tierra, las terrazas se deshacen en tiempo de temporal y se erosionan facilmente a la intemperie.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier loma con pendiente de 25% al 30% con suelo arcilloso o/y limoso.

Fuente:

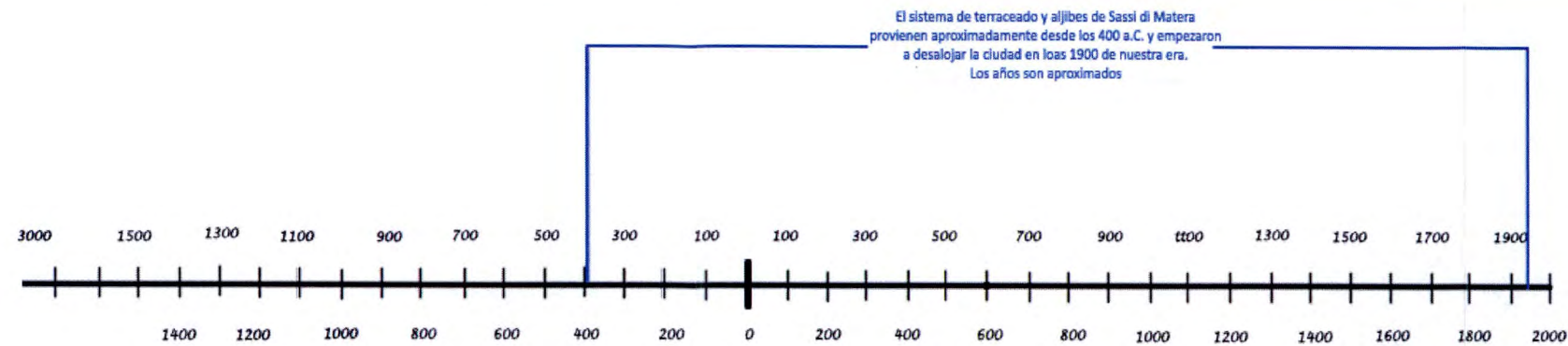
<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wocat/wqsum.asp?questid=CHN45>

<http://www.visitourchina.com/guide/terracetai.htm>

<http://www.chinancient.com/terrace-tai/>

Imagen - http://www.pronetworks.org/v21/images/gallery/wallpaper/wall2_medium.png

Ficha de evaluación del Sistema de terracedo 4.



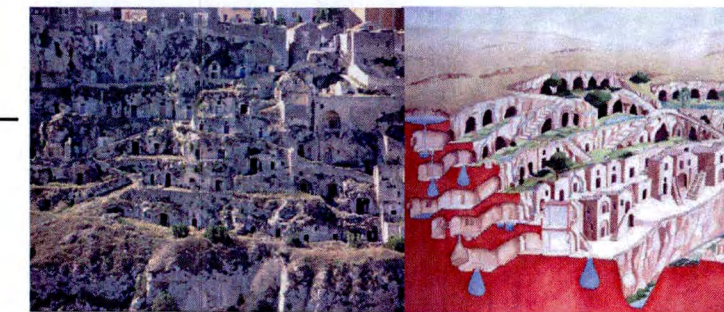
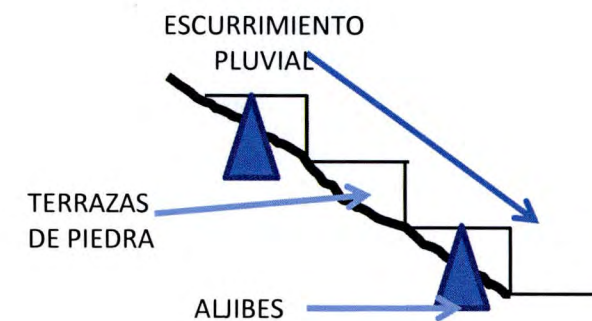
Localización: Italia.

Clima Prehistórico:

Clima Actual:

Análisis de Suelo: Se deduce que el suelo es un suelo aluvial, es decir son suelos con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, por el alto contenido de materia orgánica, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: Se utiliza tierra natural para cultivo, piedra de sitio para crear los andenes y mortero para unirlos. En el caso de Italia, se creó la ciudad en los bordes escarpados del monte rocoso.



Análisis Espacial: Este sistema se encuentra en provincia, sobre lomeríos para evitar las fuertes escorrentías y erosión. Dependiendo del lugar y el cultivo es el tipo de terraza. En Sassi de Matera Italia se crearon terrazas para establecer la ciudad. Actualmente en Europa se utilizan para evitar la erosión del suelo causada por los escurrimientos no infiltrados de agua pluvial

Técnica de Construcción: La estructura del suelo de las terrazas se compone de piedras grandes, gravas intermedias y una capa superficial con al menos 0.70 m de tierra agrícola. Su construcción se hace en base a la pendiente, la terraza esta sostenida normalmente por 3 muros de piedra, de los cuales el de mayor longitud tiene la sinuosidad de la curva de nivel de la ladera y los otros dos en el extremo del andén, los cuales van paralelos a la pendiente máxima. Los anchos de la terraza varían de 1.5 a 20 m y su longitud de 4 m a 100 m.

Funcionalidad: Sus funciones son utilizar la ladera de manera racional, minimizar el riesgo de heladas ya que al impactarse el aire frío en la estructura terraceda se mezcla con el aire caliente producto de los muros de piedra y del suelo rico en humus y se neutraliza incrementando la humedad relativa, favorece la infiltración, la capacidad de campo, la permeabilidad y el drenaje del suelo evitando la erosión del mismo provocado por las rápidas escorrentías.

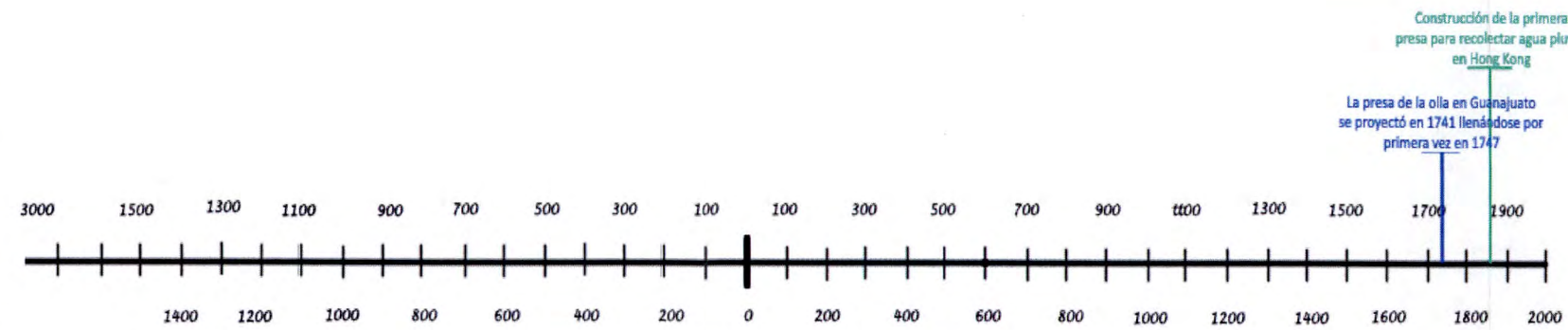
Fuente:

<http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/italy.html>

Mantenimiento: Sistema de bajo mantenimiento. Se dice que duran hasta 200 o 300 años sin mantenimiento. Con mantenimiento durarán muchos más.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona con una pendiente desde el 4% al 60%.

Ficha de evaluación del Sistema desnivel/canal- presa de agua pluvial



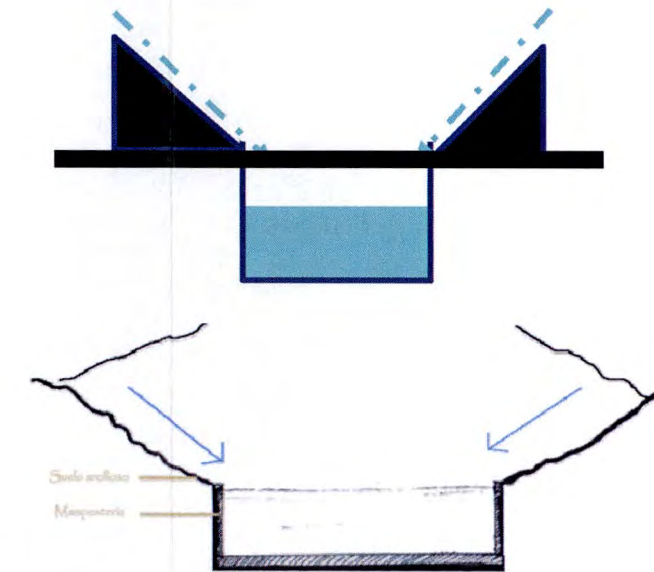
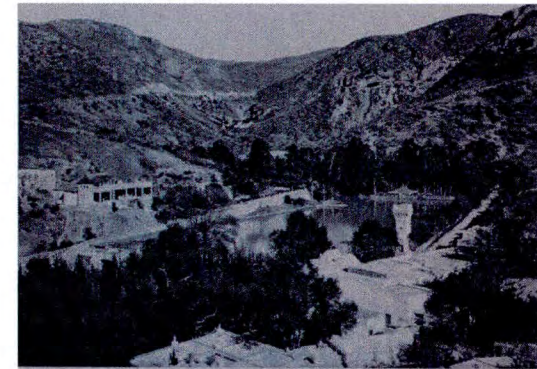
Localización: Guanajuato, China

Clima Prehistórico:

Clima Actual:

Análisis de Suelo: Se deduce que el suelo es un suelo aluvial, es decir son suelos con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, por el alto contenido de materia orgánica, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: terreno natural compactado, mampostería, mortero o concreto.



Análisis Espacial: Este sistema se ubica en las lomas cercanas a las ciudades y es una opción de abastecimiento de agua. Zonas como Guanajuato dependieron de la presa de la olla para subsistir ya que no existió por mucho tiempo manera de abastecer la ciudad de agua

Técnica de Construcción: Se busca una zona a pie de montes, cerros o montañas en los que existan escurrimientos temporales. En esa zona céntrica se retiene el agua pluvial mediante una presa.

Funcionalidad: El agua es conducida hacia el sistema a través de los escurrimientos y canales adyacentes, reteniendo el agua pluvial de los escurrimientos temporales y almacenándola a las orillas de las laderas para captar.

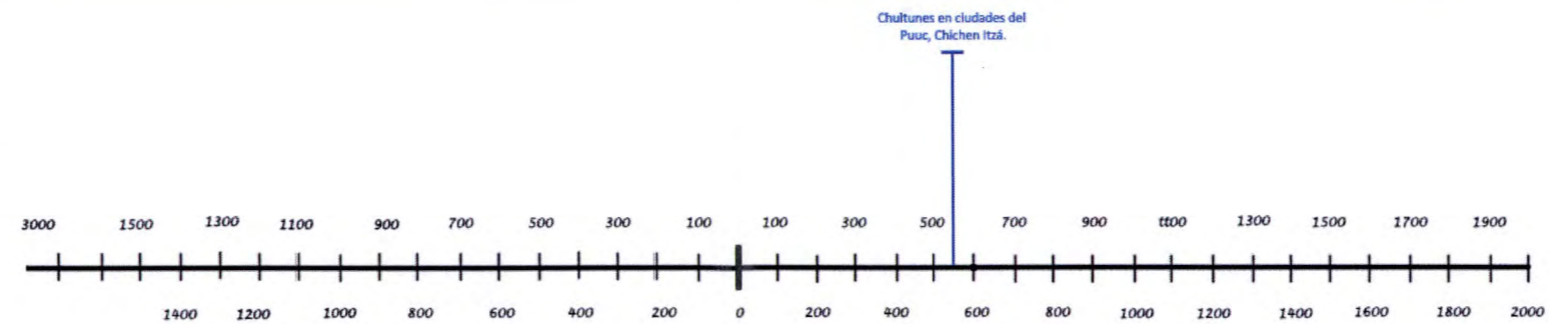
Fuente:

http://www.info.gov.hk/water150/mbook/TEXT/TEXT_ENG/Construction/construction_p1.html

Mantenimiento: Sistema de regular mantenimiento. Se debe revisar constantemente.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona con escurrimientos temporales abundantes

Ficha de evaluación del Sistema desnivel- chultún.



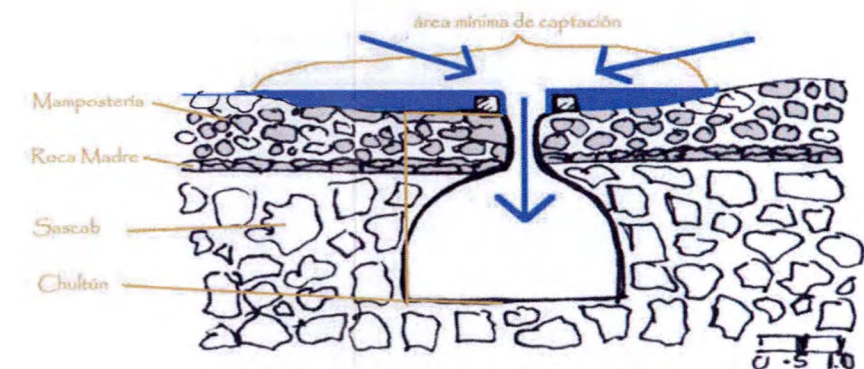
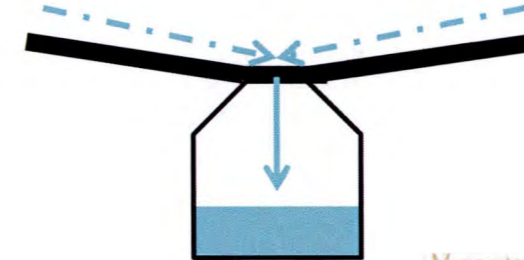
Localización: Ciudades del Puuc, Chichen Itzá, Sassi di Matera.

Clima Prehistórico: Cálido seco con lluvias en verano

Clima Actual: Cálido Seco con lluvias en verano.

Análisis de Suelo: Se deduce que el suelo es un suelo aluvial, es decir son suelos con baja infiltración y grandes escurrimientos, sin embargo, por el alto contenido de materia orgánica, son buenos para la agricultura.

Análisis de Materiales: excavación sobre roca o tierra, mampostería.



Análisis Espacial: Este sistema se ubica en las ciudades del puuc, chichen itzá o sassi di matera, cercanas a la casa habitación. Estas zonas se caracterizaban por no tener cuerpos de agua cercanos y por lo tanto dependían totalmente del agua pluvial. En las zonas con un poco de pendiente, plazas y techos de casas se escava sobre el sascab y/o la roca madre para construir el chultún.

Técnica de Construcción: La técnica de construcción fue probablemente raspar la roca madre hasta obtener la forma requerida.

Funcionalidad: El agua era captada a través del perímetro máximo de captación, deslizándose hacia el depósito mínimo de captación y dependiendo de la zona y forma de chultún, era almacenada en este y utilizada posteriormente. Independientemente de la forma el chultún, este depósito debía estar siempre lleno. Por lo cual tenía la forma y las dimensiones necesarias para mantenerse con agua.

Fuente:

ZAPATA, Renée (1985), *Los Chultunes de la región serrana de Yucatán*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana" No.5 Arquitectura Maya 2. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura. P.p.17-33.

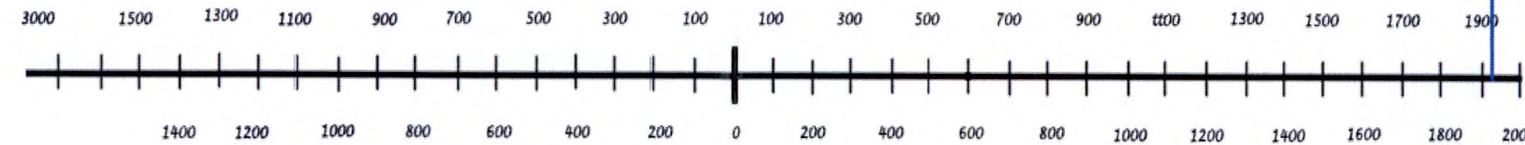
ZAPATA, Renée (1989) *Los chultunes*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia. p.p 20-70

Mantenimiento: El agua podía descomponerse por el clima tan cálido si no se cubría el aljibe maya. Probablemente estaba lleno de algas y moho.

Imagen: Chantal Carius Estrada, deducida de ZAPATA, Renée (1989) *Los chultunes*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia. p.p 22

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona con un área máxima y un área mínima de captación.

Ficha de evaluación del Sistema techo-bajada de agua pluvial-curvato.



La ciudad de Chetumal se fundó en 1898, las casas de madera fueron construidas alrededor de 1936, por lo cual se puede suponer que alrededor de esa fecha fueron construidos los curvatos



Localización: Chetumal, Quintana Roo.

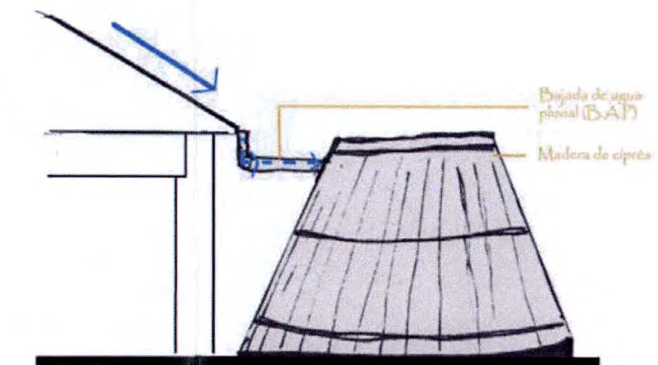
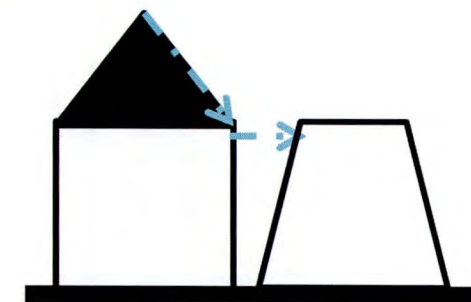
Clima Prehistórico: Cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Clima Actual: Cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Análisis de Suelo: En general el suelo de Chetumal es arcilloso. No permite la infiltración.

Análisis de Materiales: madera de ciprés, arios metálicos, tubería de plástico o metal..

Análisis Espacial: Este sistema se ubicaba en las casas de los chetumaleños y servía para recolectar el agua pluvial. Las familias más adineradas poseían este sistema y abastecían a las familias restantes con él. Éste sistema junto con el aljibe central eran la principal fuente de abastecimiento de Chetumal.



Técnica de Construcción Depósitos de madera de ciprés o cedro utilizados a finales de 1800 en Chetumal, estructurado con duelas verticales, rebajadas por los cantos, unidas a una base circular con aros metálicos para adquirir la forma de un cono truncado.

Funcionalidad: Depósito superficial cerrado de agua pluvial que la mantenía fresca y disponible. El agua caía en el tejado y se dirigía por gravedad hacia el curvato, el cual por fuerza centrífuga se sellaba para no dejar escapar al agua pluvial y mantenerla dentro de él.

Mantenimiento: El sistema es de bajo a medio mantenimiento.

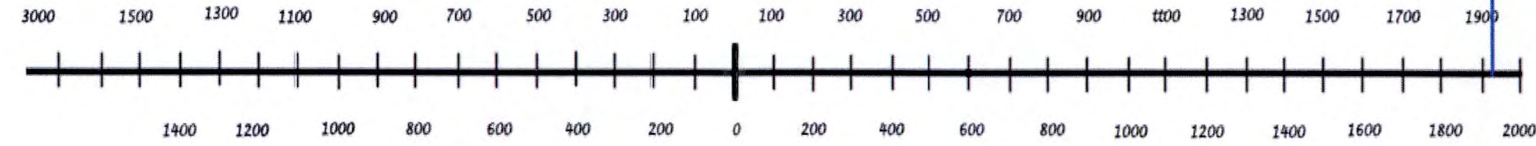
Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona.

Fuente:

VILLANUEVA Efrain.Vox populi <http://www.noticaribe.com.mx/cgi-bin/mt45/mt-tb.cgi/22139->

Imagen: Chantal Carius Estrada.

Ficha de evaluación del Sistema desnivel/canal-aljibe.



La ciudad de Chetumal se fundó en 1898, las casas de madera fueron construidas alrededor de 1936, por lo cual se puede suponer que alrededor de esa fecha fueron construidos los curvatos



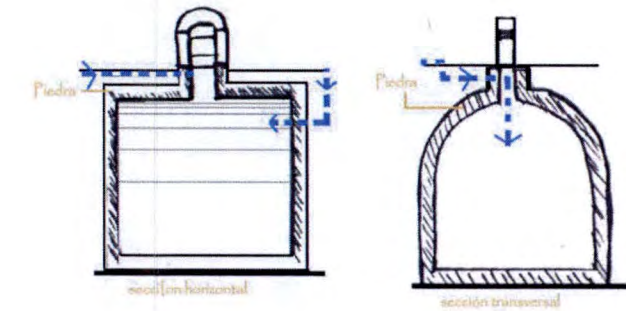
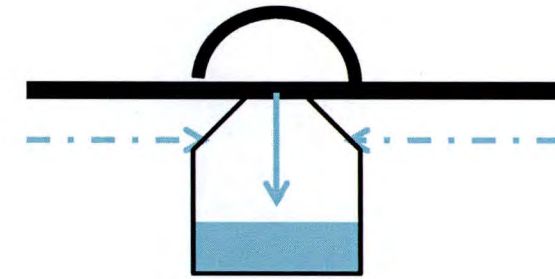
Localización: Estado de México,

Clima Prehistórico: Cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Clima Actual: Cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Análisis de Suelo: El suelo en la zona en dónde se ubican estos aljibes son limoarenosos o rocosos permitiendo la infiltración.

Análisis de Materiales: Excavación sobre roca o tierra, mampostería



Análisis Espacial: Este sistema se ubicaba en los claustros y haciendas mexicanas para recolectar el agua pluvial y utilizarla posteriormente para riego o para beber.

Técnica de Construcción Se hace un orificio en la superficie con una profundidad variable, se aplana y se coloca la mampostería formando un pozo de piedra, en el que se almacenará el agua de lluvia y se conecta con canaletas y tuberías para llevar el agua pluvial recolectada en plazas o techos

Funcionalidad: Depósito subterráneo de agua pluvial construido en piedra para almacenar el agua. Los aljibes en el caso del Ex convento de Tepotzotlán, Los aljibes se encuentran en el patio de los aljibes,. Se recolectaba el agua de lluvia en los techos y caía en una pequeña cisterna la cual estaba conectada subterráneamente con los aljibes que guardaban el agua y la mantenían fresca hasta el momento de utilizarla.

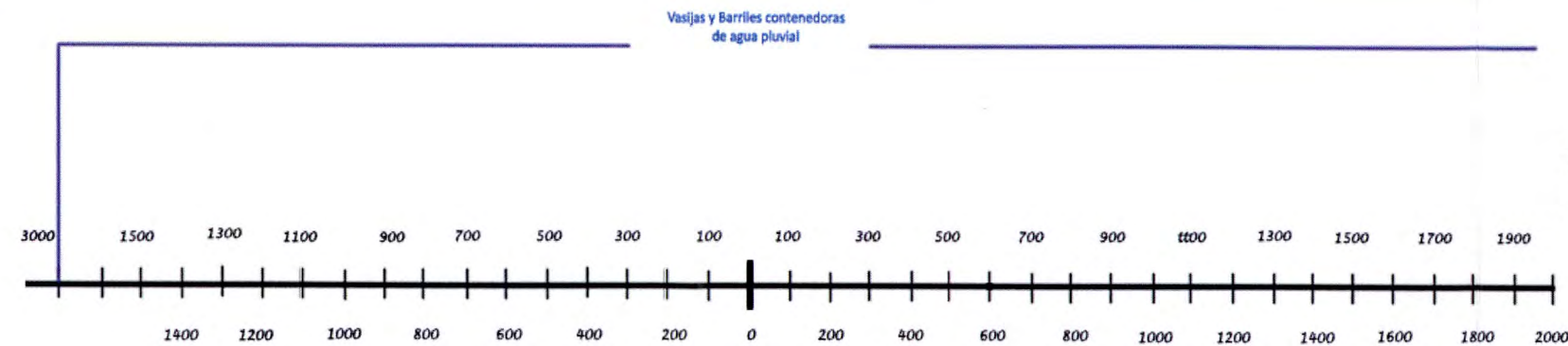
Mantenimiento: Sistema de medio mantenimiento, probablemente se llenaba de musgos por humedad.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona.

Fuente: LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado.

Internet: <http://www.ometeca.org/HTML/conf2005/Castorena.htm> RESPUESTA BIOCLIMÁTICA DE LA ARQUITECTURA COLONIAL RELIGIOSA EN MEXICO. Gloria María Castorena; Aníbal Figueroa. Universidad Autónoma Metropolitana, Fecha de consulta México 08/08/2011. <http://www.inah.gob.mx/index.php/boletines/3-turismo-cultural/3208-paseo-cultural-por-tepotzotlan>

Ficha de evaluación del Sistema techo, bajada de agua pluvial- barril de agua pluvial o tanque de agua pluvial



Localización: Australia, África, Cuba, México. Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Asia

Clima Prehistórico: Variado

Clima Actual: Variado

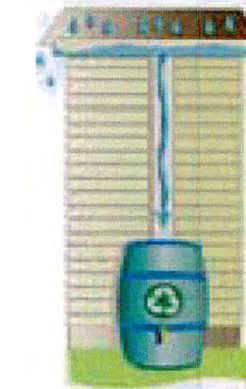
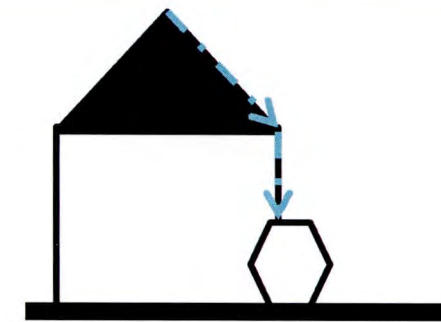
Análisis de Suelo: El suelo puede ser desde arenoso hasta arcilloso, dependiendo de la zona.

Análisis de Materiales: Madera o Plástico para el barril y plástico, concreto, ferrocemento para el tanque.

Análisis Espacial: Este sistema se ubicaba y se sigue ubicando cercano a los inmuebles de las ciudades y poblados. A lo largo del tiempo se han probado distintos materiales y se ha perfeccionado la técnica para almacenar el agua de lluvia.

Para distintas poblaciones, este tipo de captación es la única forma de abastecimiento

Antes de que existieran los barriles y los tanques, la gente utilizaba jarras de barro o metal debajo de las bajadas pluviales para almacenar agua.



Técnica de Construcción: Primero observar el sitio y decidir el material, después de conseguir el barril de agua pluvial se hará una entrada de mínimo 10 cm de diámetro que conectará el barril a la bajada de agua pluvial de la casa puede ubicarse en este punto un filtro. Se puede amarrar el barril a el inmueble.

El Tanque de agua pluvial puede ir en la superficie o subterráneo.

Funcionalidad: El agua pluvial se colecta en los techos y es conducida por gravedad a través de las bajadas de agua pluvial que pueden ser de distintos materiales y formas, dando una percepción visual y auditiva diferente, para almacenar el agua finalmente en un pequeño o mediano depósito superficial cerrado de agua pluvial que la mantiene fresca y disponible para su consumo posterior.

Mantenimiento: Sistema de bajo- medio mantenimiento, dependiendo del material y el lugar en el que es utilizado.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona siempre y cuando estén lo más cerca posible a el inmueble.

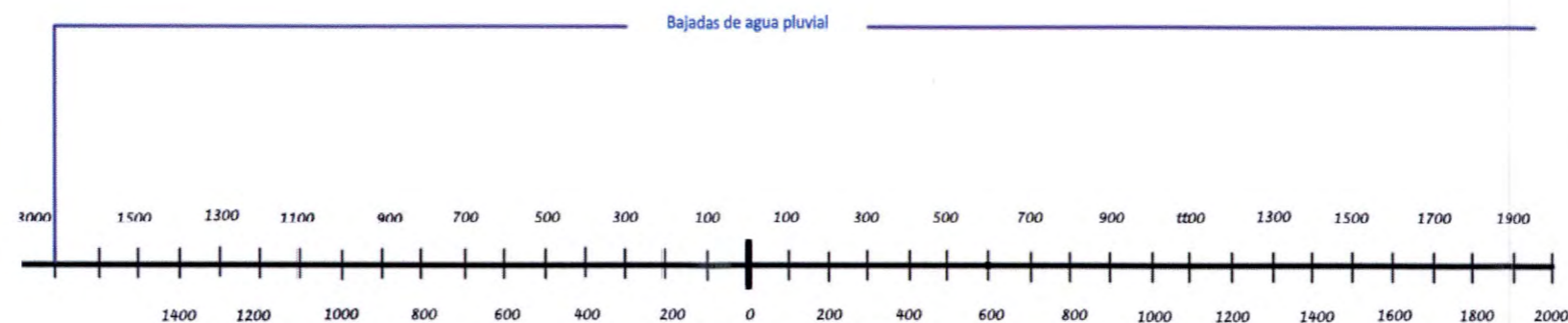
Fuente:

Internet:

http://esemd.convertlanguage.com/enes/preparedness/FloodSafe_HowTo.shtml

<http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?a=182095&c=50367>

Ficha de evaluación del Sistema techo -bajada de agua pluvial.



Localización: Australia, África, Cuba, México. Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Asia, Latinoamérica, Centroamérica.

Clima Prehistórico: Variado

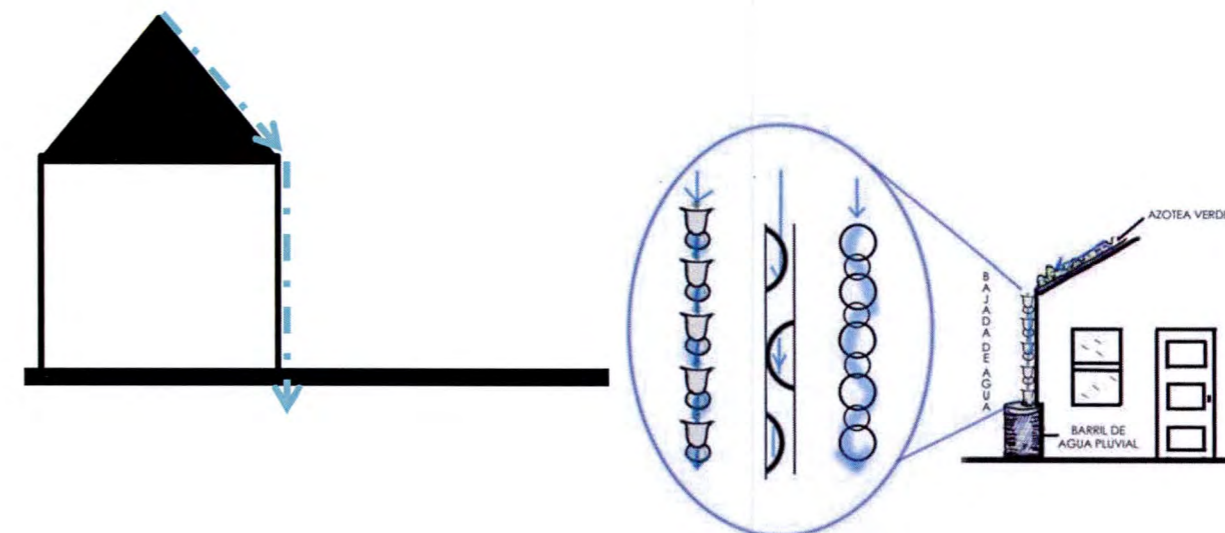
Clima Actual: Variado

Análisis de Suelo: El suelo es variable. Puede ser desde arenoso hasta arcilloso, dependiendo de la zona.

Análisis de Materiales: Cobre, metales, plástico pvc

Análisis Espacial: Este sistema se ubica como parte de los inmuebles, su función es bajar el agua acumulada en los techos.

La conducción de agua mediante las bajadas pluviales, varía de valor dependiendo de la región, en el caso de Japón, se utilizaban como honor a la lluvia, además de dar paz y relajar el ambiente.



Técnica de Construcción: Las bajadas pluviales en México pueden estar por dentro del inmueble o expuestas al ambiente, depende del diseño y la funcionalidad, En México casi no se manejan cadenas diseñadas como bajadas de agua pluvial.

Funcionalidad: Desaloja el agua pluvial del techo al piso, en algunos casos disminuye la velocidad de la esorrentía, si está cerrada la bajada de agua pluvial, entonces protegerá al agua pluvial de la intemperie.

Fuente:

Internet:

<http://www.rulis-electrica.com/aguas-de-lluvia/sistemas-recogida-domesticos/>
<http://www.rainchainsstore.com/pages/292/default.aspx>

Mantenimiento: Sistema de bajo- medio mantenimiento, dependiendo del material y el lugar en el que es utilizado.

Aplicabilidad: Pueden ubicarse en cualquier zona siempre y cuando estén lo más cerca posible a el inmueble.

4.11 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS TÉCNICAS ANCESTRALES.

Una vez completas las fichas, se realizó un análisis cualitativo entre los elementos de manejo de agua pluvial para saber qué tan aplicables eran, mientras más cercanas a cero, más sostenibles eran para su época. El resultado fue que todas las técnicas resultaron óptimas y sostenibles, sin embargo, unas fueron mejores que otras desarrollando su función, es decir: captando, conduciendo, almacenando o infiltrando el agua pluvial.

Según el análisis cualitativo, las técnicas ancestrales de agua pluvial tomaban en cuenta el clima principalmente, esto probablemente haya ocurrido porque el clima es uno de los factores importantes a tomar en cuenta en cualquier diseño. La topografía del lugar quedó en segundo lugar para diseñar e implementar las técnicas, no obstante el suelo no fue siempre el adecuado, por lo tanto se traía suelo de otra parte o se manipulaba el suelo de manera tal que fuera óptimo y funcional para la técnica requerida.

Los mejores elementos de recolección de agua pluvial en este análisis el impluvium, compluvium y cisterna romana, los aljibes mayas, el extinto curvato, el barril de agua pluvial y el jagüey. Los mejores elementos de infiltración hasta ahora han sido las terrazas prehispánicas y los andenes peruanos. Las técnicas restantes no están muy lejos de la perfección por lo que se puede concluir que las técnicas ancestrales eran del 90 al 100% sustentables en cuanto a adaptarse al lugar en el que serían utilizadas, no necesitar de recursos naturales no renovables para funcionar, utilizar materiales del sitio para su construcción y funcionar de manera óptima.

4.12 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TÉCNICAS ANCESTRALES Y LAS TÉCNICAS ACTUALES.

Después de evaluar las técnicas se buscaron técnicas similares actuales y se hizo un análisis para saber qué tan parecidas son y según éste análisis, Según éste análisis, todos los elementos de manejo de agua pluvial excepto uno han sido rediseñados, modificados o reutilizados de alguna forma en el mundo actual. El único elemento que ha desaparecido en la actualidad es el terracedo 4, un terracedo sobre piedra creado en Sassi de Matera, Italia en el que la gente construía sus viviendas y almacenaba el agua en aljibes afuera de sus casas.

Las técnicas ancestrales han mantenido su carácter, no obstante algunas han cambiado su forma o los materiales con los que eran construidas, se han renovado pero han mantenido su función.

TABLA 6. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS TÉCNICAS ANCESTRALES DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL																						
ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	SUELO			CLIMA			TOPOGRAFÍA			CONTAMINACIÓN DEL AGUA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			
	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		CAPACIDAD	DISTANCIA	HERMETICIDAD	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE		
Cisterna Arquitectónica	2	2	0	3	3	0	3	3	0	1	0	3	4	2	2	0	1	2	-1	1	1	0
Impluvium	2	2	0	3	3	0	3	3	0	0	2	0	2	2	2	0	1	2	-1	1	1	0
Compluvium	2	2	0	3	3	0	3	3	0	1	2	0	3	3	2	1	3	3	0	1	1	0
Cisterna cámaras con pilares	2	2	0	3	3	0	3	3	0	1	2	3	6	2	1	1	1	1	0	3	2	1
Cisterna cámaras paralelas	2	2	0	3	3	0	3	3	0	1	2	3	6	1	1	0	1	1	0	3	2	1
Cisterna cámaras sin pilares	2	2	0	3	3	0	3	3	0	1	2	3	6	1	1	0	1	1	0	3	2	1
Canal	2	2	0	6	6	0	2	2	0	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
Desagüe	3	2	1	6	6	0	3	2	1	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
Desniveles	3	3	0	6	6	0	3	3	0	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
Fosa Infiltrante	3	1	2	1	1	0	3	3	0	0	2	0	2	3	3	0	2	2	0	1	1	0
Patio hundido	3	1	2	3	3	0	3	3	0	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
jagüey	3	3	0	2	2	0	3	3	0	0	2	0	2	3	2	1	3	3	0	2	2	0
terraceado 1	3	2	1	3	3	0	1	1	0	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
terraceado 2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	0	2	0	2	1	1	0	2	2	0	1	1	0
terraceado 3	2	2	0	3	3	0	1	1	0	0	2	0	2	3	3	0	2	2	0	1	1	0
terraceado 4	4	4	0	3	3	0	1	1	0	0	2	0	2	3	3	0	2	2	0	2	1	1
Presa de agua pluvial	3	3	0	3	3	0	1	1	0	1	2	0	3	2	2	0	1	1	0	3	2	1
Bajada de agua pluvial	N/A	N/A	N/A	3	3	0	N/A	N/A	N/A	0	2	0	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0
Curvato	1	1	0	1	1	0	3	3	0	0	0	0	0	3	2	1	1	3	-2	1	1	0
Chultún	4	4	0	1	1	0	3	3	0	1	0	3	4	3	2	1	2	2	0	2	1	1
Aljibe	2	2	0	3	3	0	3	3	0	0	2	0	2	3	2	1	1	2	-1	2	1	1
barril de agua pluvial	2	2	0	6	6	0	3	3	0	0	2	0	2	3	2	1	2	3	-1	1	1	0
tanque de agua pluvial	2	2	0	6	6	0	3	3	0	0	2	0	2	2	3	-1	1	2	-1	2	1	1
			6			0			1				62			6			-7			8
	Suelo			Clima			Topografía (pendiente)			Contaminación del agua			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
	Arena	1		Tropical	1		10% al 60%	1		Capacidad algas	1		Alto	1		Alta inversión	1		muy Sencillo	1		
	Limo	2		Árido	2		5% al 10%	2		Distancia polvo	2		Medio	2		Media inversión	2		Sencillo	2		
	Arcilla	3		Templado	3		0 al 5%	3		Hermeticidad putrefacción	3		Bajo	3		Baja inversión	3		Arduo	3		
	Gravas	4		Continental	4																	
				Ártico	5																	
				Cualquiera	6																	

TABLA 7. COMPARATIVA ENTRE TÉCNICAS DE AGUA PLUVIAL ANTIGUAS Y ACTUALES										
ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	SUELO	CLIMA	TOPOGRAFÍA	CONTAM. DE AGUA	MANTENIMIENTO	ECONOM. DE CONSTR.	MATERIAL	FORMA	ELEMENTOS SIMILARES UTILIZADOS EN LA ÉPOCA ACTUAL	DESCRIPCIÓN
Cisterna Arquitectónica									Aljibe	La cisterna arquitectónica y el aljibe utilizan el mismo tipo de suelo, el mismo clima y se ubican sobre pendientes planas; sin embargo, a pesar de que ambos son sistemas de abastecimiento, poseen distinto material y distinta forma. Como el material es distinto, la contaminación de agua es distinta al igual que el mantenimiento que se le da a cada uno.
									Cisterna regular	La cisterna regular y la arquitectónica son muy similares, la única diferencia puede ser que la cisterna romana estaba dentro de la casa, enterrada en el patio interno, y la cisterna regular actual se ubica afuera de las casas.
Impluvium									Cubiertas planas	El Impluvium romano y las cubiertas planas poseen la misma función, captar y escurrir el agua pluvial y alejarla del inmueble utilizando una caída o bajada de agua pluvial, no obstante los materiales romanos y actuales son similares pero no son iguales y la forma de las cubiertas planas es básicamente horizontal mientras el Impluvium posee un grado de inclinación para que el agua caiga más rápidamente.
									Cubiertas inclinadas	El Impluvium romano es similar en forma, suelo, clima, topografía. La contaminación de agua probablemente era similar producto del polvo y materia orgánica ubicada entre las tejas, la economía de construcción y mantenimiento seguramente eran similar. Los materiales de esta época y de la época antigua eran similares pero no iguales.
Compluvium									Espejo de agua	El compluvium romano es muy parecido al espejo de agua en cuanto a el suelo, el clima en el que se ubica y la topografía en la que se establece. La forma y la función de regregar el ambiente es la misma sin embargo los materiales fueron distintos al igual que la contaminación del agua, ya que el compluvium era a interior de casa y los espejos de agua están generalmente al exterior.
Cisterna cámaras con pilares									Cisterna Grande regular	Las cisternas romanas almacenaban grandes cantidades de agua pluvial y de manantial para la población, y las cisternas grandes también almacenan agua pluvial o no pluvial pero para ser utilizada en una menor escala. Las cisternas romanas poseían diferentes cámaras mientras que la cisterna grande es un único depósito de almacenamiento. El suelo, el clima y la topografía son los mismos, sin embargo el mantenimiento, economía de construcción, contaminación de agua, material y forma son totalmente distintos.
Cisterna cámaras paralelas										
Cisterna cámaras sin pilares										
Canal									Canal	El canal en la antigüedad y el canal de hoy en día son iguales en todos los aspectos, exceptuando tal vez que los materiales utilizados hoy en día para los canales van desde tierra aplanada, hasta mampostería y mármol
Desagüe									Drenaje	La diferencia entre el Desagüe antiguo y el drenaje actual es que el primero enviaba el agua pluvial y el agua sobrante no contaminada más que con tierra o polvo de vuelta a los ríos, y el drenaje actual mezcla todas las aguas (gises, negras y pluviales en algunos casos industriales) y las manda a los ríos entubados para desembocarlas en el mar.
Desniveles									Plataformas	Los desniveles antiguos y las plataformas de hoy en día son similares en todo menos en el material ya que antes eran sólo de piedra y ahora existen otros materiales impermeables, y la contaminación de agua, ya que en la época actual las plataformas pueden poseer químicos nocivos como aceites, lubricantes, entre otros.
Fosa Infiltrante									Fosa infiltrante	La fosa infiltrante actual no utiliza capas de distinta tierra como la antigua, sino que utiliza distintas texturas desde la granulométrica como las gravas hasta la milimétrica como la arena permitiendo una más rápida infiltración, sin embargo la forma, el suelo en dónde se establecían, el clima, la topografía y la economía de construcción son muy similares.
									Pozo seco	El pozo seco y la fosa infiltrante tienen la misma función, infiltrar rápidamente el agua, no obstante el pozo seco es un cilindro prefabricado cuya función es infiltrar rápidamente el agua, y la fosa infiltrante esta hecha de distintas capas de tierra que permiten infiltrar el agua lentamente. El pozo seco se puede ubicar en cualquier clima, suelo y topografía.
									Surcos filtrantes	Los dos sistemas están hechos para infiltrar, no obstante la fosa infiltrante se ubica en zonas planas mientras que los surcos filtrantes se pueden ubicar en pendientes altas o bajas para disminuir la escorrentía. Además de esto la forma y los materiales son distintos, aunque el mantenimiento y la contaminación de agua son nulos.
Patio hundido									Pavimentos permeables	El patio hundido y los pavimentos permeables dejan pasar el agua, se ubican en suelos con pendientes bajas o nulas, con climas similares, prácticamente no hay mantenimiento y la forma material y contaminación de agua dependen del contexto en el que se encuentre.
Jagüey									estanque	La diferencia entre el jagüey y el estanque es que el primero se ubica en una zona susceptible a almacenar el agua y el estanque se puede ubicar en cualquier parte. La economía de construcción es muy distinta ya que el jagüey se ubica en suelos hundidos arcillosos y el estanque puede tener recubrimientos de plástico o pavimentos impermeables para volverlo impermeable.
									vaso regulador	El jagüey y el vaso regulador son similares en que recolectan y almacenan agua pluvial, no obstante los vasos reguladores están contruidos con concreto y/o materiales impermeables.
									Jagüey	El jagüey de la antigüedad y el de hoy en día siguen siendo básicamente iguales en todos los aspectos.
terraceado 1									Surcos de maguey	El terraceado 1 encontrado antes en Chacaltzingo Morelos, era un terraceado que no servía para cultivo sino para retención de erosión por escorrentías pluvial e infiltración. Como éste me atrevo a decir que no existe ninguno en la ciudad de México hoy en día. Algo similar son los surcos de maguey que podemos ver sobre las carreteras a Tlaxcala, Puebla y Pachuca y en la delegación Milpa Alta. Poseen la misma función aunque diferente vegetación y forma.
terraceado 2									Andenes	El terraceado 2 o andenes son los mismos utilizados desde la antigüedad.
terraceado 3									Terraceado 3	El terraceado 3 o terrazas de siembra de arroz son los mismos utilizados desde la antigüedad
terraceado 4									No existe.	Otro terraceado como el de Sassi de Matera Italia (terraceado 4) no fue encontrado en esta investigación
Presa de agua pluvial									Presa (ríos)	La presa de agua pluvial y la presa de ríos pueden construirse en el mismo clima o topografía y la contaminación del agua es básicamente la misma (tierra proveniente de los escurrimientos) sin embargo la presa de agua pluvial se ubica en dónde caen escurrimientos temporales y la presa de ríos en alguna sección de un río.
Bajada de agua pluvial									Tubería (distintos materiales)	Las bajadas de agua pluvial de la antigüedad y la tubería de bajada de agua pluvial hoy en día son los mismos con la misma función y forma, sin embargo los materiales han variado y por lo tanto el mantenimiento también.
									Cadenas	Las cadenas de agua pluvial y las bajadas de agua pluvial tienen la misma función, sin embargo las formas varían y la ubicación igual, ya que las cadenas son una exaltación de la lluvia, van en exterior y suenan cuando cae el agua, y las bajadas generalmente iban hacia el interior y las de exterior caían a través de gárgolas o esculturas.
Curvato									Tanques	Los curvatos se conocieron sólo en Chetumal y Belice, su material era madera y su mantenimiento bajo, eran de clima tropical y debían estar asentados sobre pendiente nula o menos del 5% fueron parte del folclor de una ciudad. Los tanques son generalmente de plástico son grandes al igual que los curvatos pero pueden estar en la superficie o subterráneos. su forma y mantenimiento son distintas así como la economía de su construcción.
Chultún									Aljibe	El chultún fue el antecesor del aljibe, poseen el mismo material y el mismo mantenimiento, ambos sistemas son de almacenamiento subterráneo y suelen ubicarse en suelos rocosos. La forma y zonas de composición son distintas en los chultunes y los aljibes.
Aljibe									Cisterna	El aljibe es prácticamente una cisterna antigua, su diferencia hoy en día es la forma, el material y por lo tanto su mantenimiento, economía de construcción y contaminación de agua son distintos.
barril de agua pluvial									Barriles de distintos materiales	Las formas son iguales sin embargo los materiales hoy en día son variados.
tanque de agua pluvial									Tanques de distintos materiales	Las formas son iguales sin embargo los materiales hoy en día son variados.

4.13. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

En este capítulo se analizaron, clasificaron y valoraron las diferentes técnicas utilizadas en la antigüedad para el manejo de agua pluvial, se ubicaron sus localidades, se conocieron sus tipos de suelos y climas que ayudaron a comprender su funcionalidad, forma, técnica de construcción, mantenimiento y materiales.

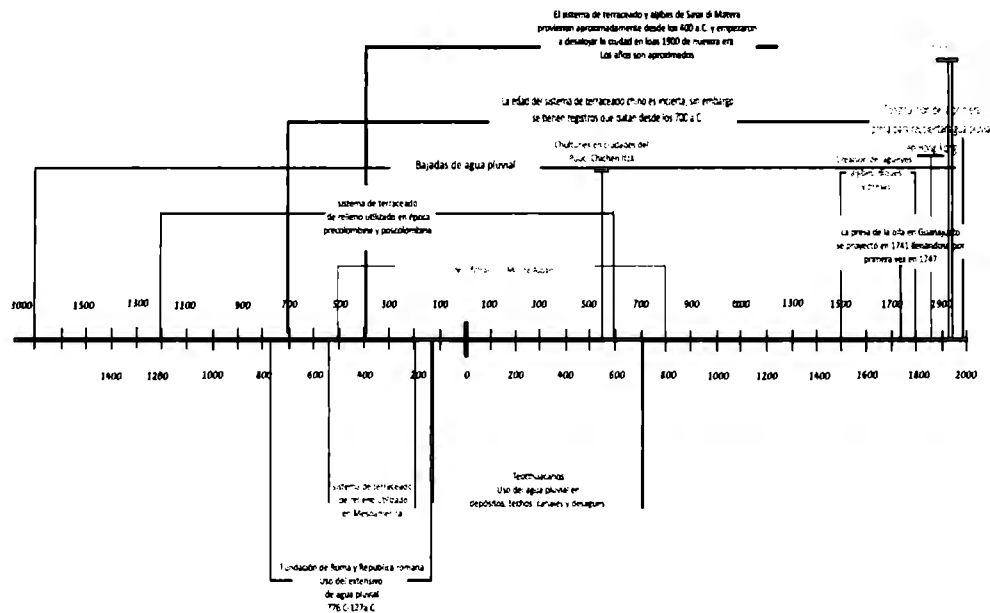


Figura 23. Resumen de técnicas ancestrales a través del tiempo.

Como se puede observar en la imagen superior, las bajadas de agua pluvial y los canales han estado presentes desde que el hombre se volvió sedentario, el terracedo fue la tercer técnica más antigua iniciando en los 1200 a.C. utilizándose principalmente en Centroamérica y América del Sur. Hasta ese entonces las técnicas eran para conducir e infiltrar el agua captada, no obstante alrededor de los 770 a.C. hasta el 127 a.C. los romanos aplicaron técnicas de almacenamiento de agua pluvial en Italia, mientras que en China alrededor de los 700 a.C. se crearon los terracedos húmedos para el cultivo de arroz y té. Casi al mismo tiempo los olmecas construían en Monte Albán pozos de infiltración y terracedos para controlar los escurrimientos y la erosión del suelo.

En el año 200 a.C. los Teotihuacanos comenzaron a manejar de manera integral el agua pluvial en su ciudad creando depósitos, reservas y desagües; mientras que los mayas iniciaron con la utilización de los chultunes para almacenar el agua de lluvia cerca de los 550 d. C.

Fue a partir de los 1400 d.C. los sistemas de captación, conducción, almacenamiento e infiltración de agua pluvial comenzaron a ser más sofisticados o fueron perfeccionados existiendo jagüeyes, diques, presas, aljibes y curvatos.

Al estudiar las ventajas y desventajas de su implementación, así como sus características se obtuvo un conocimiento global que dio como resultado la creación de una tabla cualitativa de las técnicas ancestrales para el manejo del agua pluvial. En ésta tabla se analizó que tan adaptadas estaban estas técnicas al medio físico circundante, así como que tan sustentables fueron en su época de acuerdo a sus características.

Estos resultados llevaron a la creación de una nueva tabla en la que se buscaron técnicas actuales comparables con las técnicas que existieron en la antigüedad y de ésta forma se describió su evolución y que tan parecidas son en base a factores como suelo, clima, topografía, contaminación de agua, mantenimiento, economía de construcción, material y forma.

La mayoría de las técnicas antiguas evolucionaron en cuanto a tipo de material y forma, gracias a los nuevos materiales como son los plásticos, el agua pluvial posee un menor mantenimiento y una menor contaminación. Lamentablemente los plásticos a pesar de ser inmóviles en el ambiente no son degradables, por lo tanto las técnicas actuales no poseen en este sentido un índice de sustentabilidad ambiental.

5. CONDICIONANTES DE LA CIUDAD ACTUAL PARA EL MANEJO DEL AGUA PLUVIAL.

Se investigaron las características físicas de cada delegación para saber en cuales se podrían utilizar las técnicas ancestrales originales o las técnicas actuales modernizadas, se analizaron los cuadernos estadísticos del INEGI más actualizados (2006-2007) de ellos se obtuvieron algunos planos como son: el plano de clima, plano de altimetría, plano de uso de suelo y vegetación, plano de isoyetas, plano de geología y plano de edafología mostrados a continuación.

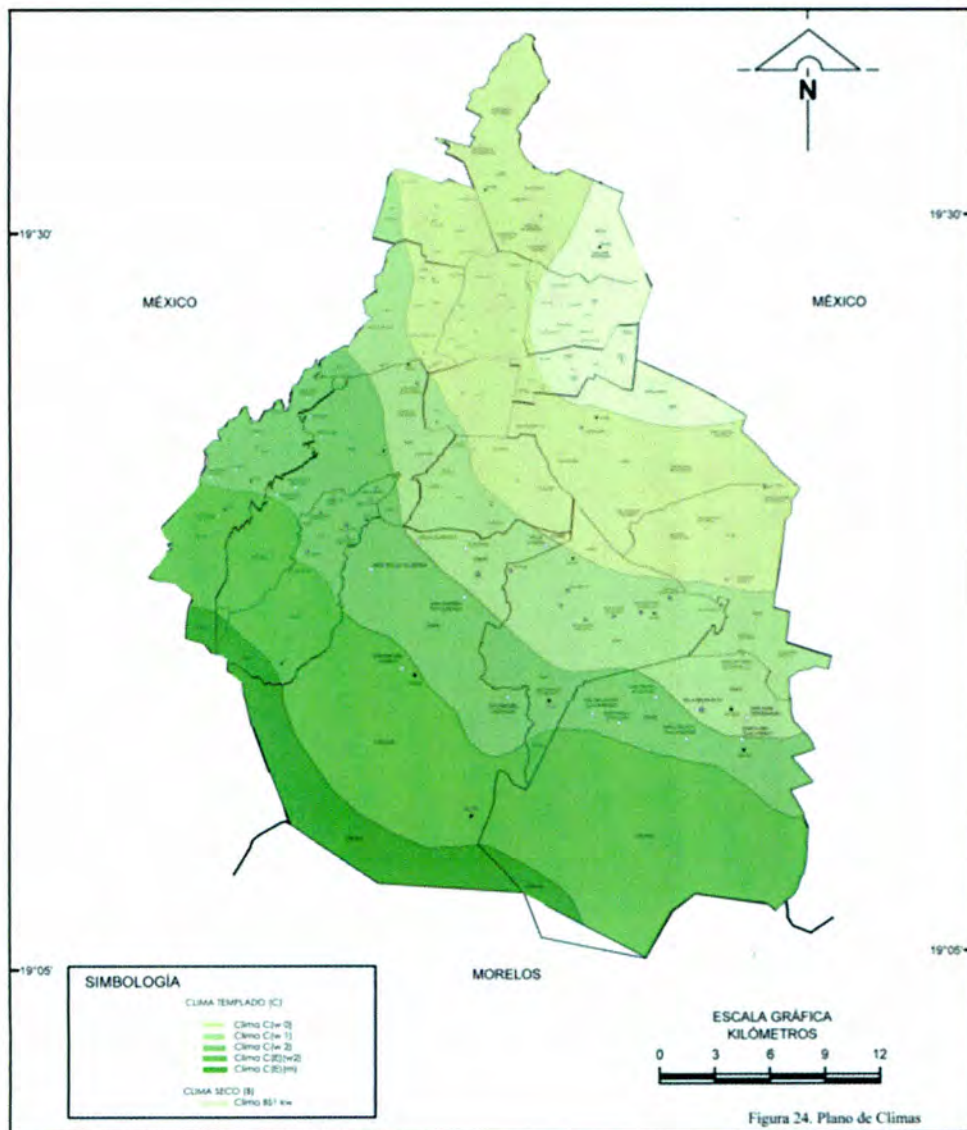


Figura 24. Plano de Clima.

Figura 25. Plano de Altimetría.

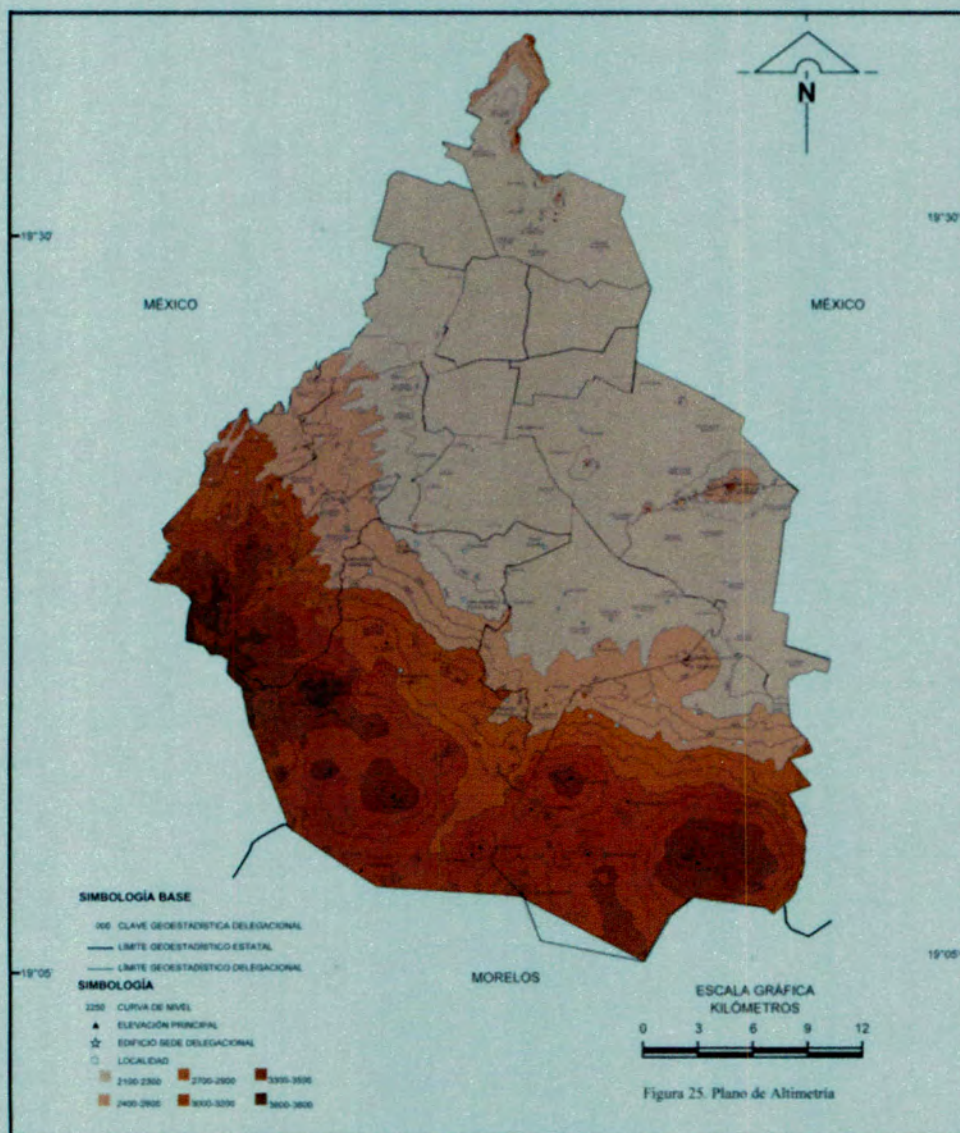


Figura 26. Plano de Uso de suelo y Vegetación.

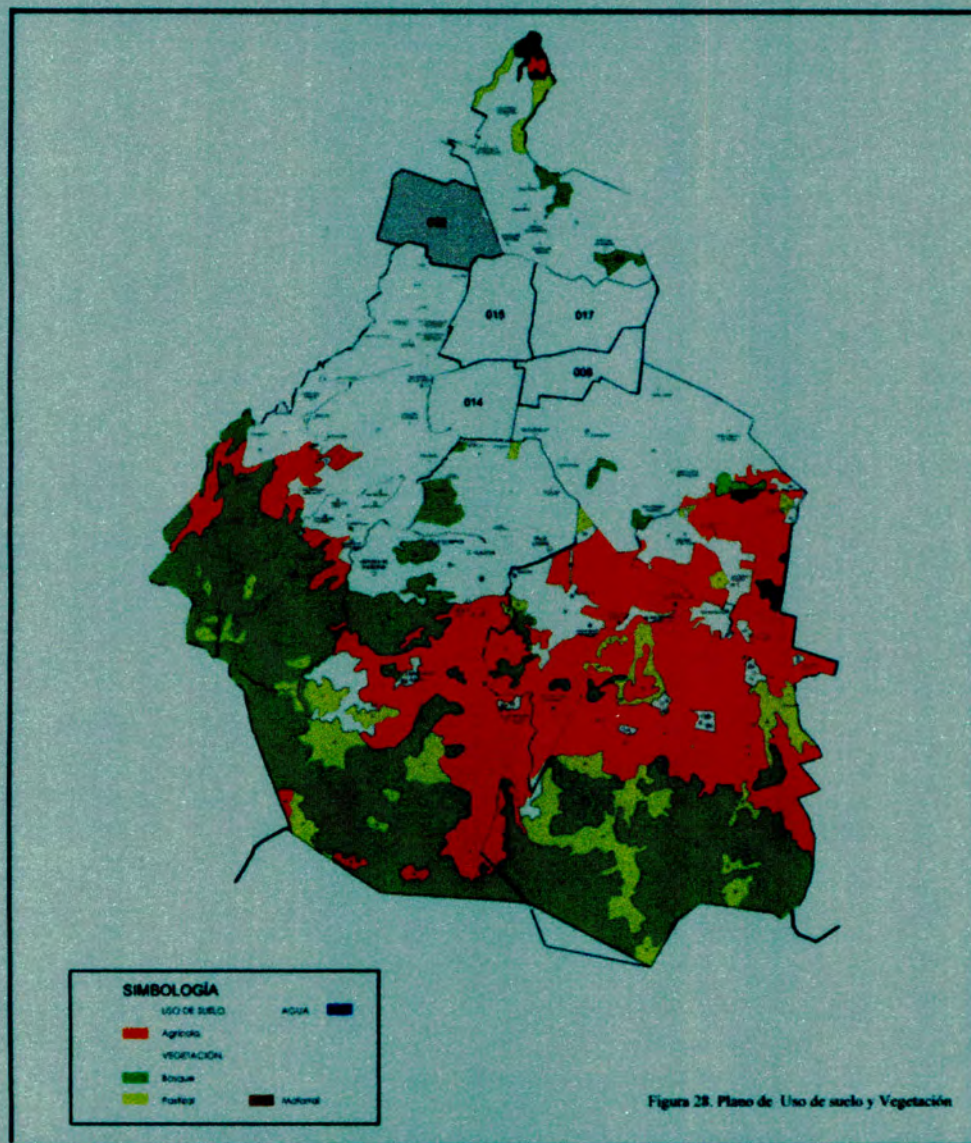


Figura 28. Plano de Uso de suelo y Vegetación

Figura 27. Plano de Isoyetas

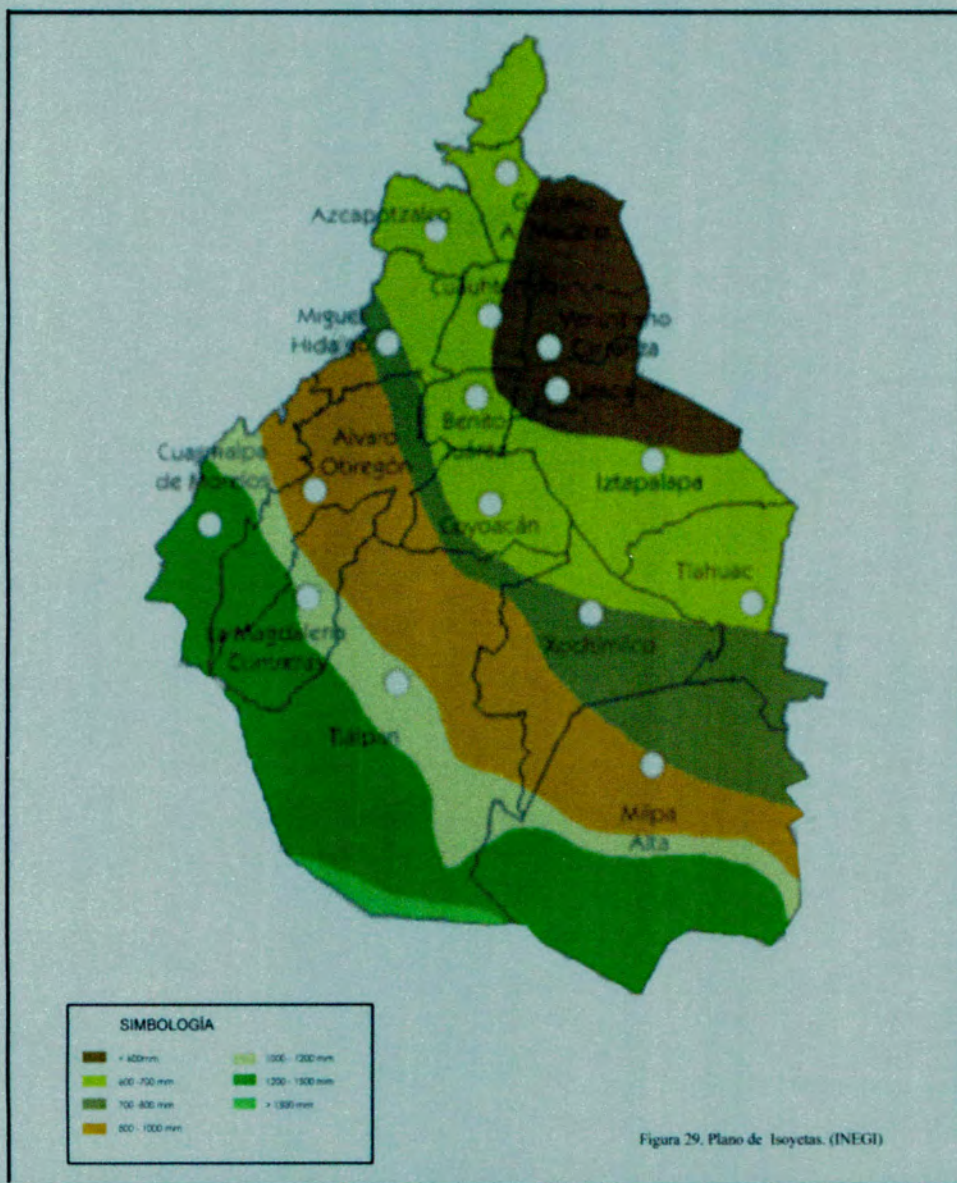


Figura 29. Plano de Isoyetas. (INEGI)

Figura 28. Plano de Geología

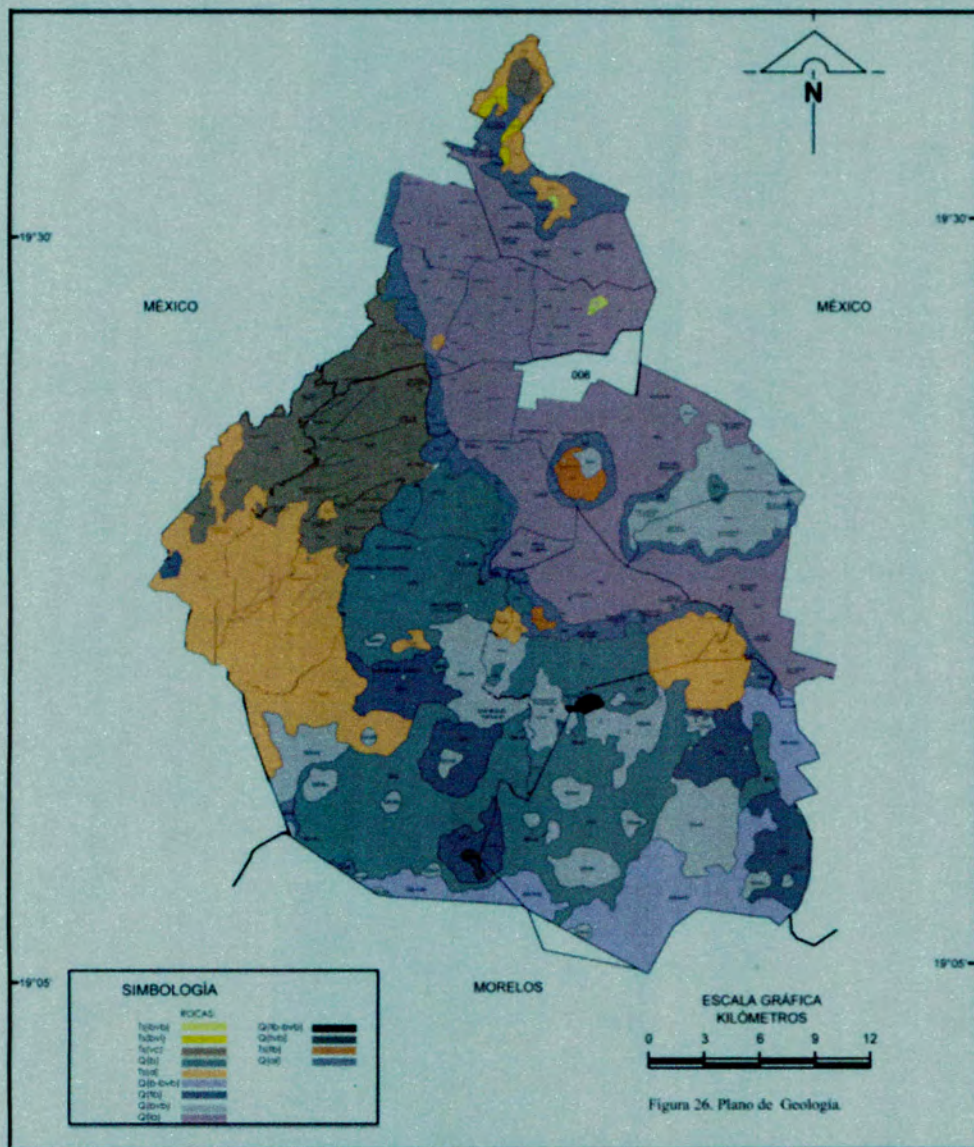
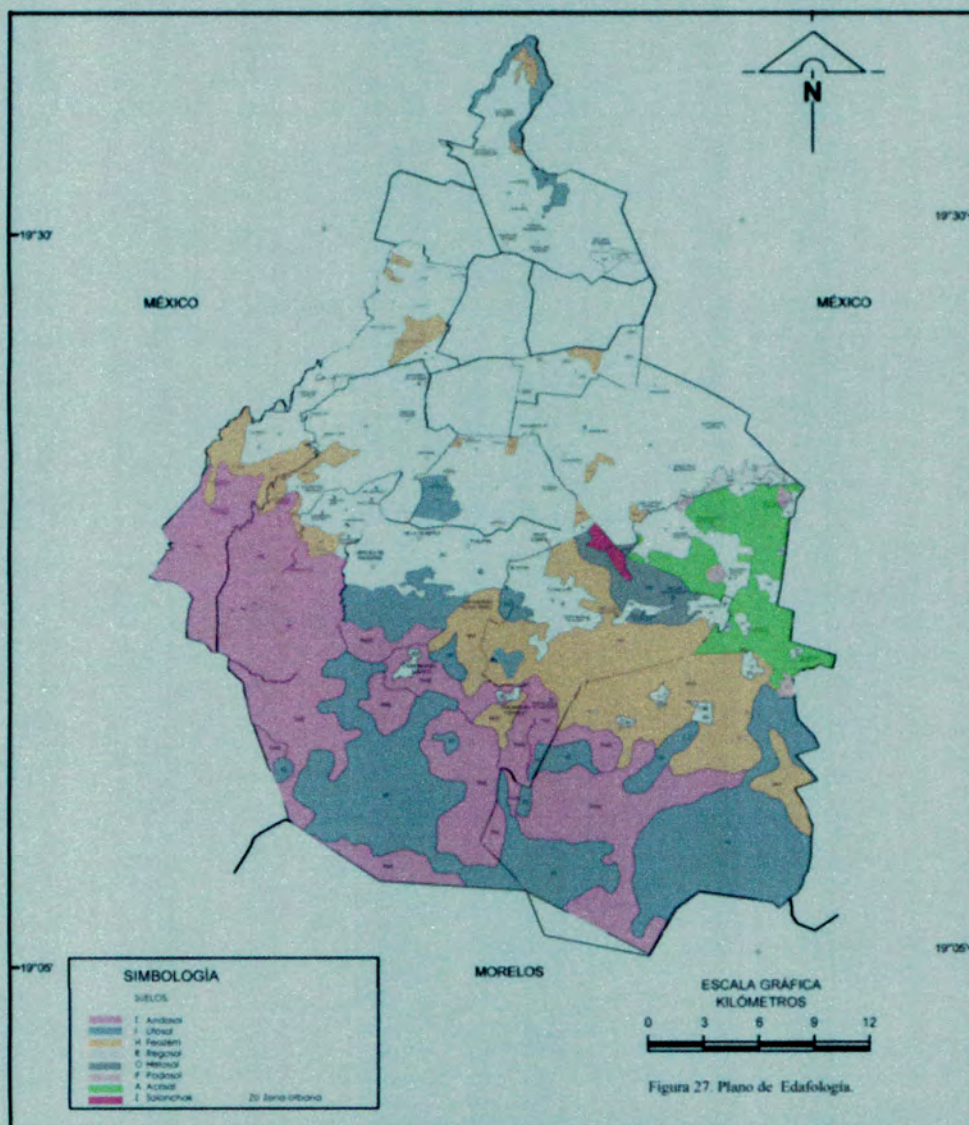


Figura 29. Plano de Edafología.



Utilizando cuatro planos que son altimetría, edafología, uso de suelo y vegetación para obtener las unidades ambientales.

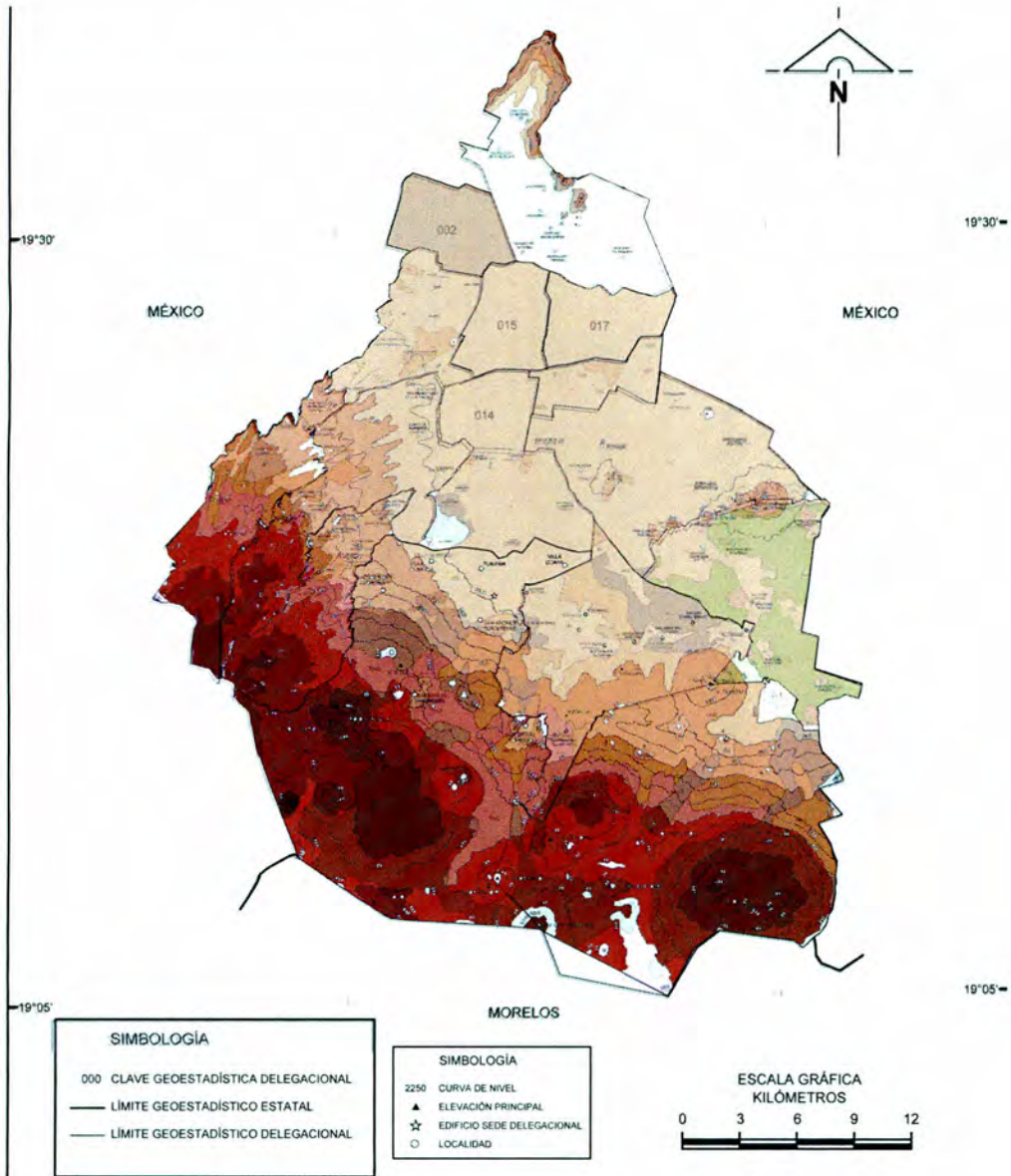


Figura 30. Plano superpuesto para creación de unidades ambientales.

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TIPOS DE SUELOS.

A partir de los resultados producidos en el análisis cualitativo, se compararon los porcentajes del tipo de suelo y usos de suelo por delegación para conocer la cantidad de agua pluvial que puede almacenarse o infiltrarse en la ciudad actual. De ésta forma se sabrá que técnicas ancestrales son óptimas y utilizables dependiendo de la delegación en la que será utilizada. Cabe mencionar que los únicos dos destinos de manejo de agua pluvial de éste estudio, son infiltración y almacenamiento, ya que desperdiciar el agua de lluvia llevándola al desagüe o drenaje local y municipal no es una opción realista ni sustentable.

El suelo es la capa encontrada en la superficie terrestre formada por agua, aire, microorganismos, minerales y materia orgánica, posee distintas características y texturas dependiendo de la roca madre y ubicación, es decir si esta cerca de un lago, sobre la montaña, entre otras.

Los tipos de suelo se forman a partir de la roca madre, en el Distrito Federal se presentan ocho tipos distintos de suelo en general según los cuadernos estadísticos del INEGI por Delegación y el noveno tipo de suelo se cataloga como zona urbana ya que es un suelo completamente modificado por la presencia del hombre y sus asentamientos.

Los ocho tipos de suelo son:

Acrisol: son suelos generalmente ácidos y arcillosos; la pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. Grandes áreas de Acrisoles se utilizan para cultivos de subsistencia, con una rotación de cultivos parcial. No son muy productivos salvo para especies de baja demanda y tolerantes a la acidez como la piña, caucho o palma de aceite.ⁱ

Andosol: Los Andosoles son suelos volcánicos provenientes de cenizas volcánicas, tobas, y otros provocados por alguna erupción. La mayoría de los Andosoles están cultivados de forma intensiva con una gran variedad de plantas. Su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos, en otros casos lo es la elevada pendiente en que aparecen, que obliga a un terracedo previo.ⁱⁱ

Feozem: que son suelos ricos en materia orgánica con buen drenaje y ventilación, Los suelos Feozem carecen de profundidad, son inestables y con mucha piedra, es por esto que éstos suelos no se recomiendan para agricultura sino para bosques y vegetación permanente

Histosol: son suelos ricos en materia orgánica y por lo mismo poseen una elevada fertilidad. Aunque la FAO establece que el uso sostenible de estos suelos se limita al forestal o de pastos. Manejados cuidadosamente, puede usarse para cultivos intensivos y

hortícolas con un rendimiento muy bueno, aunque se acelera las pérdidas por mineralización del material orgánico. Las profundas formaciones en zonas boreales es recomendable dejarlas vírgenes.ⁱⁱⁱ

Litosol: . El Litosol es un suelo joven, tiene una fertilidad media-alta pero posee un horizonte de sólo 10 cm de espesor.

Podosol: es un suelo pobre en nutrientes, ácido y arcilloso.

Regosol: El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Los Regosoles son suelos jóvenes, desarrollados sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina (Arenas). Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo riego soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.^{iv}

Solonchak: deriva de los vocablos rusos "sol" que significa sal y "chak" que significa área salina, haciendo alusión a su carácter salino. Se encuentran principalmente en zonas permanentemente o estacionalmente inundadas. La vegetación es herbácea con frecuente predominio de plantas halófilas; en ocasiones aparecen en zonas de riego con un manejo inadecuado. En áreas costeras pueden aparecer bajo cualquier clima. Los Solonchaks presentan una capacidad de utilización muy reducida, solo para plantas tolerantes a la sal. Muchas áreas son utilizadas para pastizales extensivos sin ningún tipo de uso agrícola.^v

Cabe mencionar que dentro de cada tipo de suelo existen subtipos de suelos los cuales poseen características únicas. Sin embargo por motivos de investigación y de tiempo sólo se tomaron en cuenta los tipos de suelo de manera general.

5.2 UNIDADES AMBIENTALES

Las unidades ambientales son un análisis previo del sitio para identificar en él cierto comportamiento, características físicas y/o integración en él para de esta manera diagnosticar el medio físico y poder tomar decisiones sobre el mismo.

Las unidades ambientales obtenidas y su matriz se describen a continuación.

5.2.1. UNIDAD A – 2100 – 2300 MSNM.

Dentro de la unidad A comprendida por las cotas 2100 a la 2300 msnm encontramos que predominan zonas sin tipo de suelo pertenecientes a la zona urbana, seguidas por suelo Feozem. A pesar de que los Feozem no son suelos recomendados para la agricultura, dentro de ésta cota las zonas poseen principalmente agricultura, seguida de

las zonas forestales y solo una pequeña parte de pastizal. Probablemente el Feozem presente en esta zona, se haya formado por deslave de las zonas más altas, es por ello que puede tener una mayor profundidad y ser óptimo para la agricultura. Seguido del Feozem están los suelos Acrisoles, los cuales están ubicados en la zona Este de D.F., dentro de éste el uso es de agricultura, a pesar de su acidez. También dentro de ésta cota existe el suelo Litosol, predominantemente con uso Forestal, seguido por pastizales y agricultura. Los últimos suelos son el Podosol, el Histosol y el Solonchak. Dentro del Podosol que es un suelo pobre en nutrimentos, ácido y arcilloso se encuentra la vegetación de pastizal; dentro del Histosol que son suelos ricos en materia orgánica y por lo mismo poseen una elevada fertilidad, el uso de suelo es agrícola. Por último dentro del suelo Solonchak que es un suelo salino encontramos un uso de bosque y una pequeña parte de uso agrícola.

Entre la cota 2100 a 2300 la precipitación es baja desde menos de 600 hasta 800 mm, esto se debe probablemente a la baja altitud que posee esta sección.

5.2.2. UNIDAD B - 2400 – 2600 MSNM.

Dentro de la cota 2400 a la 2600 se encuentra la zona urbana, sin un tipo de suelo predominante ya que ha sido modificado por la urbanización seguido de un suelo Feozem caracterizado por poseer principalmente un uso de suelo agrícola seguido en menor cantidad por zonas de bosque y de pastizal con una precipitación pluvial de 700 a 1000 mm y de matorral con precipitación de 600-700.

Se encontró en menor cantidad que el Feozem suelos Litosol que poseen en su mayoría bosque, después zona con pastizal, una parte diminuta pertenece a vegetación de matorral, y una pequeña porción destinada para el uso de suelo agrícola. Las precipitaciones varían desde 600 hasta 1000 mm de agua pluvial dentro de éste suelo.

Seguido del Litosol se encontró suelo Acrisol con uso agrícola y una precipitación pluvial promedio de 600-700 mm.

En menor cantidad se encontró suelo Andosol y suelo Regosol, ambos con uso de suelo agrícola sin embargo dentro de Andosol la precipitación pluvial es de 800 – 1000 mm y existe una pequeña porción de Bosque con 800 a 1200 mm de agua pluvial y la zona de Regosol tiene una precipitación pluvial de 600-700 mm tanto en el uso de suelo agrícola tanto en la zona con vegetación de Bosque.

5.2.3. UNIDAD C – 2700 – 2900 MSNM.

Dentro de esta cota, existe una pequeña porción de zona urbana, sin un tipo de suelo predominante ya que ha sido modificado por la urbanización. El suelo que más se distingue en esta zona es un suelo Andosol con uso de suelo agrícola y bosque de vegetación, con una precipitación pluvial de 800 a 1200 mm y en agricultura llega hasta 1500 mm. Seguido del Andosol se encuentra un suelo Feozem con uso de suelo agrícola dentro de una precipitación de 800 a 1200 mm, este suelo posee también

bosque con una precipitación de 800 a 1200 mm seguido de una vegetación de pastizal dentro de una precipitación pluvial de 700-800 mm de agua.

Por ultimo dentro de ésta cota existe un suelo Litosol con una vegetación de bosque predominantemente y en menor cantidad posee un uso de suelo agrícola ambos dentro de una precipitación de 800 a 1200.

5.2.4. UNIDAD D- 3000 -3500 MSNM.

Dentro de esta cota la vegetación predominantemente encontrada es Bosque seguido de Pastizal, en pequeñas cantidades, y de uso de suelo agrícola en muy pequeñas cantidades, estos tipos de vegetación y uso de suelo se encuentran asentados sobre suelo Andosol y sobre Litosol. Las lluvias del lado Oeste son de 1200 a más de 1500 mm de agua pluvial mientras que en el Este son de 800 a 1500 mm de agua.

5.2.5. UNIDAD E- 3600 – 3700 MSNM.

En esta cota se distinguen solo dos suelos Litosol con vegetación boscosa y Andosol con vegetación de bosque y pastizal la precipitación pluvial es de 1200 a 1500 mm de agua.

5.2.6. UNIDAD F - 3800 MSNM.

En esta cota el suelo es únicamente Andosol con una vegetación de bosque y una precipitación pluvial de 1200 a 1500 msnm.

En resumen, los resultados de las unidades ambientales muestran que la ciudad se ha establecido principalmente en la zona norte, en donde predomina la mancha urbana, las pendientes son de 0 a 5%, las precipitaciones pluviales son de menos de 600 a 800 mm por año y el suelo es predominantemente arcilloso ya que antes era zona de lagos. Aunque la precipitación anual es poca, la pendiente es nula y la permeabilidad es baja, por lo tanto este suelo sigue inundándose y al mismo tiempo son zonas secas por lo que probablemente el agua escasee.

En la zona sur las lluvias son más intensas, la precipitación va desde 700 a más de 1500 mm de agua, las pendientes son más fuertes desde 15% hasta 70%, los suelos son suelos fértiles pero erosionables y hay más cantidad de bosque, agricultura y pastizal.

En la zona Noroeste y Noreste las Delegaciones son un poco menos secas que en el norte, aunque también están invadidas por la mancha urbana, sin embargo al Suroeste y Sureste, las precipitaciones son de más de 800 mm de agua hay más presencia de Bosque, Agricultura y Pastizal.

Los suelos varían de Norte a Sur, iniciando con suelos feozem, Litosol, Acrisol, Podosol e Histosol a 2100-2300 metros sobre el nivel del mar, luego desaparece el Podosol y aparecen el Andosol y Regosol, posteriormente a 2700-2900 msnm quedan únicamente suelos feozem, Litosol y Andosol , de 3000 -3700 sólo existen suelos Litosol y Andosol y finalmente al los 3800 sólo encontramos suelos Andosol. La zona urbana tiene presencia desde los 2100 msnm hasta los 3200 msnm.

A continuación se presentará la matriz establecida para la creación de las unidades ambientales así como el plano de unidades ambientales.

TABLA 8. MATRIZ DE UNIDADES AMBIENTALES.

Unidad	Sub Unidad	Modificador 1	Modificador 2	
ALTIMETRIA	EDAFOLOGIA	USO DE SUELO	PRECIPITACION	
2100-2300	ZONA URBANA	ZONA URBANA	menos de 600	
			600 - 700	
			700 - 800	
			800 - 1000	
	FEOZEM	AGRICULTURA	600 - 700	
			700 - 800	
			600 - 700	
	FEOZEM	BOSQUE	700-800	
			600 - 700	
			600 - 700	
	FEOZEM	PASTIZAL	600 - 700	
			600 - 700	
			600 - 700	
	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700	
			600 - 700	
			menos de 600	
			600 - 700	
	LITOSOL	BOSQUE	700 - 800	
			800 - 1000	
			1000 - 1200	
800 - 1000				
LITOSOL	PASTIZAL	600 - 700		
		600 - 700		
ACRISOL * agua	AGRICULTURA	600-700		
		700 - 800		
PODOSOL	PASTIZAL	600 - 700		
		600 - 700		
		600 - 700		
HISTOSOL	AGRICULTURA	500-700		
		700 - 800		
HISTOSOL	PASTIZAL	700 - 800		
		700 - 800		
2400-2600	FEOZEM	AGRICULTURA	700 - 800	
			800 - 1000	
		FEOZEM	BOSQUE	800 - 1000
				800 - 1000
				800 - 1000
	FEOZEM	PASTIZAL	700 - 800	
			800 - 1000	
	FEOZEM	MATORRAL	600 - 700	
			600 - 700	
	LITOSOL	AGRICULTURA	700 - 800	
			800 - 1000	
		LITOSOL	BOSQUE	700 - 800
				800 - 1000
				600 - 700
		LITOSOL	PASTIZAL	700 - 800
	800 - 1000			
LITOSOL	MATORRAL	600 - 700		
		600 - 700		
ACRISOL	AGRICULTURA	600 - 700		
		600 - 700		
ANDOSOL	AGRICULTURA	800 - 1000		
		1000 - 1200		
REGOSOL	AGRICULTURA	600 - 700		
		600 - 700		
REGOSOL	MATORRAL	600 - 700		
		600 - 700		
ZONA URBANA	ZONA URBANA	600 - 1000		

Unidad	Sub Unidad	EDAFOLOGIA	USO DE SUELO	PRECIPITACION
Altitud	1	2	1	2
2100-2300	ZONA URBANA	ZONA URBANA	ZONA URBANA	menos de 500
			ZONA URBANA	500 - 700
			ZONA URBANA	700 - 800
			ZONA URBANA	800 - 1000
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			PASTIZAL	800 - 1000
			PASTIZAL	1000 - 1200
	LITOSOL	LITOSOL	BOSQUE	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
ACRISOL	ACRISOL	AGRICULTURA	600 - 700	
		AGRICULTURA	700 - 800	
		AGRICULTURA	800 - 1000	
		AGRICULTURA	1000 - 1200	
PODOSOL	PODOSOL	PASTIZAL	600 - 700	
		PASTIZAL	700 - 800	
		PASTIZAL	800 - 1000	
		PASTIZAL	1000 - 1200	
2400-2600	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	500 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	ACRISOL	ACRISOL	AGRICULTURA	600 - 700
			AGRICULTURA	700 - 800
			AGRICULTURA	800 - 1000
			AGRICULTURA	1000 - 1200
REGOSOL	REGOSOL	AGRICULTURA	600 - 700	
		AGRICULTURA	700 - 800	
		AGRICULTURA	800 - 1000	
		AGRICULTURA	1000 - 1200	
2700-2900	ZONA URBANA	ZONA URBANA	ZONA URBANA	menos de 500
			ZONA URBANA	500 - 700
			ZONA URBANA	700 - 800
			ZONA URBANA	800 - 1000
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
ANDOSOL	ANDOSOL	AGRICULTURA	600 - 700	
		AGRICULTURA	700 - 800	
		AGRICULTURA	800 - 1000	
		AGRICULTURA	1000 - 1200	
3000-3200	ZONA URBANA	ZONA URBANA	ZONA URBANA	menos de 500
			ZONA URBANA	500 - 700
			ZONA URBANA	700 - 800
			ZONA URBANA	800 - 1000
	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	ANDOSOL	ANDOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700	
		BOSQUE	700 - 800	
		BOSQUE	800 - 1000	
		BOSQUE	1000 - 1200	
3300-3500	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	ANDOSOL	ANDOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
3600-3700	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	ANDOSOL	ANDOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
3700-3800	LITOSOL	LITOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	ANDOSOL	ANDOSOL	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200
	FEZEM	FEZEM	AGRICULTURA	600 - 700
			BOSQUE	700 - 800
			BOSQUE	800 - 1000
			BOSQUE	1000 - 1200

TABLA B. MATRIZ DE UNIDADES AMBIENTALES.

Unidad	Sub Unidad	Modificador 1	Modificador 2	Precipitación
ALTIMETRIA	EDAFOLOGIA	USO DE SUELO		
ZONA URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
		URBANA	URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
	URBANA	URBANA	URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
		URBANA	URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
			URBANA	1000 - 1200
ZONA RURAL	RURAL	RURAL	RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
		RURAL	RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
	RURAL	RURAL	RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
		RURAL	RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
			RURAL	1000 - 1200
ZONA AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
ZONA AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
ZONA AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
		AGROPECUARIA	AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200
			AGROPECUARIA	1000 - 1200

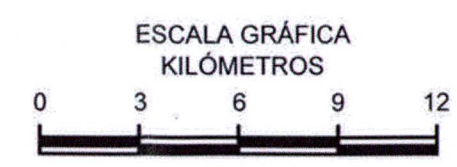
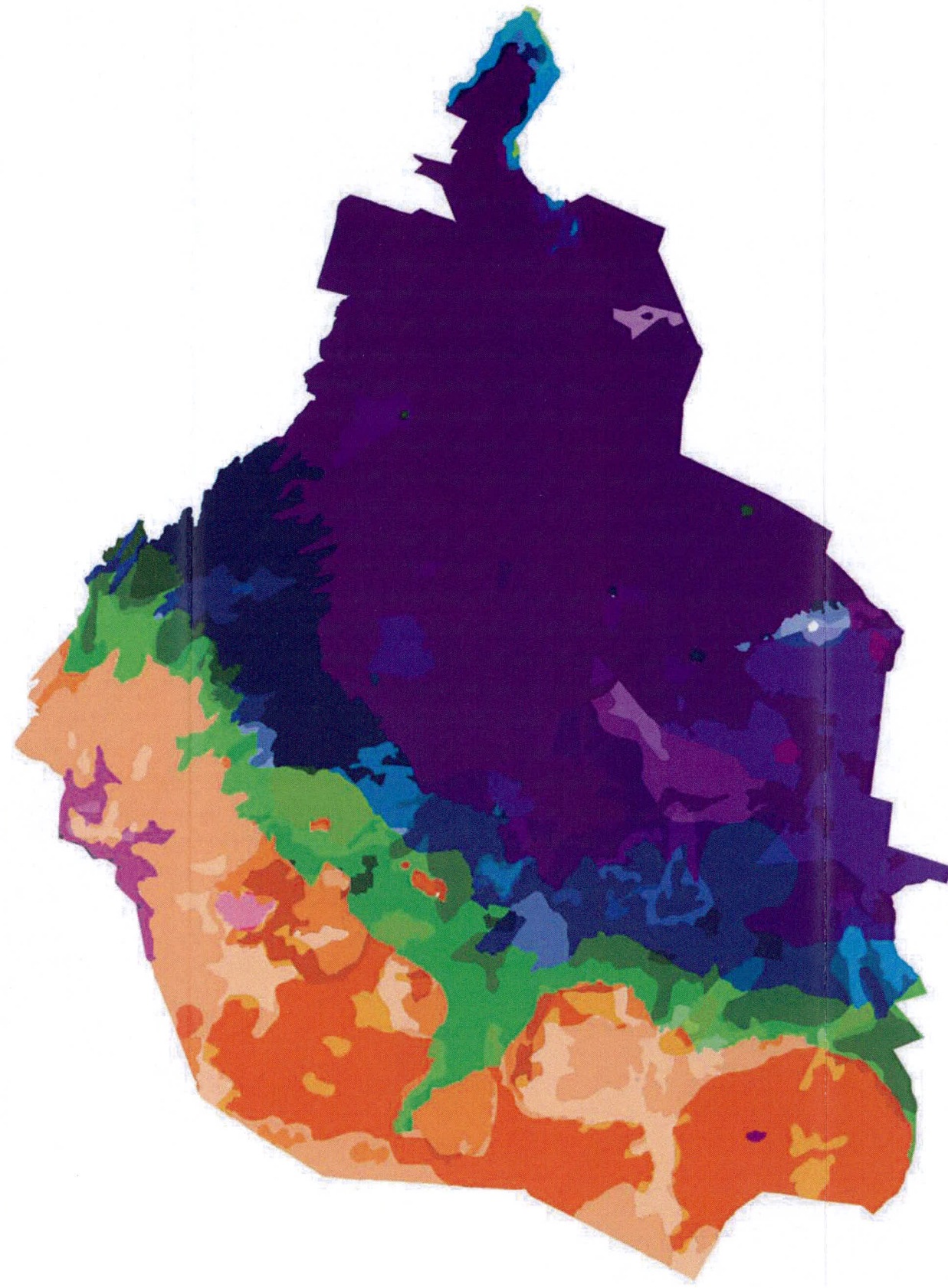


Figura 31. Plano de Unidades Ambientales y Matriz.

5.3. RESULTADOS DE LAS UNIDADES AMBIENTALES POR DELEGACIÓN.

En base a la matriz de unidades ambientales presentada en la página 83-84, se abstraieron los porcentajes de los tipos de suelo, usos de suelo y vegetación por delegación, para conocer el carácter del sitio y su vocación. Como el objetivo es analizar principalmente la factibilidad de las técnicas ancestrales para el manejo del agua pluvial en el Distrito Federal, fue decisiva la opción de analizar el tipo de suelo y su textura de acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de unidades ambientales. Esta tabla resumen se muestra en página 87.

Cada suelo posee características físicas únicas. A fin de conocer su grado de permeabilidad se investigaron las texturas y se obtuvieron los indicadores siguientes:

Tabla 9. Rapidez de infiltración en base a la textura del tipo de suelo.

Suelos	Textura	Infiltración
Acrisol	Arcillas	infiltración lenta
Andosol	Gravas, piedras, arenas	infiltración rápida
Feozem	Textura fina a Media	infiltración media
Histosol	Arcillas	infiltración lenta
Litosol	arcillas a arenas	infiltración media
Podosol	Gravas, piedras, arenas	infiltración rápida
Regosol	Arcillas de textura fina	infiltración lenta
Solonchak	Arcillas salinas	infiltración lenta

Gracias a la obtención del porcentaje de infiltración total se obtuvo también el porcentaje de almacenamiento

En la tabla inferior se muestra el porcentaje de infiltración total, el promedio de precipitación pluvial y el porcentaje que tiene cada una de las delegaciones del Distrito Federal para almacenar agua de lluvia, un suelo tiene capacidad de almacenar agua de lluvia siempre que posea una estructura laminar o una textura arcillosa, estos suelos son impermeables; cabe mencionar que esta clasificación fue dada también a la zona centro del distrito federal ya que el suelo se encuentra muy cerca de los mantos freáticos, por lo tanto esta zona no es recomendada para la infiltración del agua.

Tabla 10. Porcentaje de infiltración total, precipitación pluvial y porcentaje de potencial de almacenamiento por Delegación.

DELEGACIÓN	PORCENTAJE DE INFILTRACIÓN TOTAL	PRECIPITACIÓN PLUVIAL	PORCENTAJE DE POTENCIAL ALMACENAMIENTO
GUSTAVO A. MADERO	5.71%	menos de 600-700 mm	94.29%
AZCAPOTZALCO	0.00%	600-700 mm	100.00%
VENUSTIANO CARRANZA	0.00%	menos de 600 mm	100.00%
IZTACALCO	0.00%	menos de 600 mm	100.00%
CUAUHTÉMOC	0.00%	menos de 600-700 mm	100.00%
MIGUEL HIDALGO	6.14%	600-1000 mm	93.86%
BENITO JUÁREZ	0.09%	menos de 600-700 mm	99.91%
ÁLVARO OBREGÓN	27.44%	600-1500 mm	72.56%
COYOACÁN	7.21%	600-1000 mm	92.79%
CUAJIMALPA	67.28%	800 - 1500 mm	32.72%
IZTAPALAPA	1.01%	menos de 600 - 700 mm	98.99%
TLÁHUAC	9.62%	600 - 800 mm	90.38%
MILPA ALTA	60.29%	700 - 1500 mm	39.71%
XOCHIMILCO	26.20%	600-1200 mm	73.80%
TLALPAN	62.50%	600 a más de 1500 mm	37.50%
MAGDALENA CONTRERAS	70.32%	800 - 1500 mm	29.68%

DELEGACION	AREA TOTAL M2	AREA FEZEM M2						AREA LITOSOL						ACRISOL				HISTOSOL				ANDOSOL				SOLONCHAK				REGOSOL				PODOSOL				PORCENTAJE DE INFILTRACION TOTAL			
		AGRICULTURA	BOSQUE	PASTIZAL	MATORRAL	TOTAL	Infiltración Total	AGRICULTURA	BOSQUE	PASTIZAL	MATORRAL	TOTAL	Infiltración Total	AGRICULTURA	PASTIZAL	TOTAL	Infiltración Total	PASTIZAL	AGRICULTURA	TOTAL	Infiltración Total	AGRICULTURA	BOSQUE	PASTIZAL	TOTAL	Infiltración Total	AGRICULTURA	BOSQUE	TOTAL	Infiltración Total	AGRICULTURA	MATORRAL	TOTAL	Infiltración Total	PASTIZAL	TOTAL					
GUSTAVO A. MADERO	60987582.94	0.62%	0.09%	0.67%	0.80%	2.17%	1.09%	0.35%	3.90%	3.53%	0.87%	8.65%	4.33%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	2.93%	2.93%	0.29%	0.00%	0.00%			0.00%					5.71%	
AZCAPOTZALCO	23079662.98	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												0.00%	
VENUSTIANO CARRANZA	22108325.9	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												0.00%	
IZTACALCO	15409842.31	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												0.00%	
CUAUTEMOC	21919684.75	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												0.00%	
MIGUEL HIDALGO	32432418.51	0.00%	12.28%	0.00%	0.00%	12.28%	6.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												6.14%	
BENITO JUAREZ	18286386.24	0.07%	0.11%	0.00%	0.00%	0.18%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												0.09%	
ALVARO OBREGON	59173602.73	4.91%	0.66%	0.00%	0.00%	5.57%	2.79%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			1.65%	21.21%	1.80%	24.66%	24.66%	0.00%	0.00%												27.44%	
COYOACAN	36355660.93	1.28%	0.76%	0.00%	0.00%	2.04%	1.02%	0.00%	12.37%	0.00%	0.00%	12.37%	6.19%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												7.21%	
CUAJIMALPA	54224688.63	14.42%	6.82%	0.00%	0.00%	21.24%	10.62%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			6.13%	47.20%	3.32%	56.66%	56.66%	0.00%	0.00%													67.28%
IZTAPALAPA	75230303.22	0.00%	1.79%	0.00%	0.00%	1.79%	0.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.97%	0.16%	1.14%	0.11%	0.00%								1.01%		
TLAHUAC	60280960.97	1.68%	0.65%	0.00%	0.00%	2.32%	1.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			57.08%	1.30%	58.38%	5.84%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%												9.62%	
MILPA ALTA	211347226.6	15.51%	0.48%	1.70%	0.00%	17.70%	8.85%	5.83%	32.25%	7.50%	0.00%	45.59%	22.79%	2.21%	0.00%	2.21%	0.22%	0.00%	0.00%			6.05%	12.34%	10.04%	28.43%	28.43%	0.00%	0.00%												60.29%	
XOCHIMILCO	81136951.48	36.59%	2.64%	5.49%	0.00%	44.72%	22.36%	1.05%	1.85%	0.79%	0.00%	3.70%	1.85%	1.70%	0.00%	1.70%	0.17%	0.37%	14.69%	15.07%	1.51%						3.13%	0.00%	3.13%	0.31%	0.00%	0.00%									36.20%
TLALPAN	206625379.9	7.32%	0.17%	0.00%	0.00%	7.49%	3.75%	5.45%	28.27%	2.98%	0.00%	36.69%	18.35%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			21.48%	17.80%	6.12%	40.40%	40.40%	0.00%	0.00%												62.50%	
MAGDALENA CONTRERAS	44054119.62	4.19%	3.16%	0.00%	0.00%	7.35%	3.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			0.00%	0.00%			4.71%	59.26%	2.67%	66.64%	66.64%	0.00%	0.00%												70.32%	

SUELO	TEXTURA	INFILTRACION	SUELO	TEXTURA	INFILTRACION	TEXTURA	PORCENTAJE DE INFILTRACION
Acrisol	Arcillas	infiltración lenta	Litosol	arcillas a arenas	infiltración media	GRAVAS 1	RAPIDA 100.00%
Andosol	Gravas, piedras, arenas	infiltración rápida	Podosol	Gravas, piedras, arenas	infiltración rápida	ARENAS 2	RAPIDA 100.00%
Feozem	Textura fina a Media	infiltración media	Regosol	Arcillas de textura fina	infiltración lenta	LIMOS 3	MODERADA 50.00%
Histosol	Arcillas	infiltración lenta	Solonchak	Arcillas salinas	infiltración lenta	ARCILLAS 4	LENTA 10.00%

TABLA 11. PORCENTAJES DE INFILTRACION DE AGUA EN SUELO POR DELEGACION EN EL DISTRITO FEDERAL.

5.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

En esta sección se tomaron en cuenta las 16 Delegaciones del Distrito Federal, se analizaron sus características físicas y en base a ello se establecieron los planos base para la formación de la matriz de unidades ambientales así como la creación de un plano de unidades ambientales para la mayor comprensión del sitio.

Las se obtuvieron 6 diferentes unidades ambientales en base a la altimetría, edafología, uso de suelo y vegetación.

Cada delegación posee características diferentes y al mismo tiempo semejantes entre cada una, sin embargo para conocer que tan posible es manejar el agua pluvial y llevarla hacia sus dos destinos que son almacenamiento e infiltración. Se analizó el tipo de suelo y sus características principalmente.

En base a las características se establecieron indicadores que muestran la capacidad de infiltración por delegación así como su almacenamiento si es que los suelos dentro de ella son impermeables o se encuentran cerca de los mantos freáticos.

En general las Delegaciones de la Zona Norte del Distrito Federal poseen suelos arcillosos o impermeables provocados por la mancha urbana, por esta razón la infiltración es mínima; mientras que en la Zona Sur existen más posibilidades de infiltración por el tipo de suelo, la topografía y la poca urbanización a comparación de la zona norte.

6. FACTIBILIDAD DEL USO DE TÉCNICAS ANCESTRALES EN LA CIUDAD ACTUAL

Para conocer que tan factible es utilizar las técnicas de agua pluvial en el Distrito Federal se realizó una nueva tabla cualitativas en la que se analizan las características de cada Delegación previamente obtenidas junto con las características y funciones de cada técnica ancestral analizada. Las tablas se dividen en nivel de impermeabilidad, de filtración, suelo, clima, topografía, mantenimiento, economía de construcción, facilidad de uso y por factibilidad de uso y fueron aplicadas por Delegación.

6. 1. DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO.



Esta delegación posee un bajo porcentaje de infiltración, ya que el 87% de ésta es zona urbana.

La zona urbana al ser considerada en su mayoría un área impermeable tiene la capacidad de almacenamiento de agua pluvial, en base a esto, la técnica más sustentable para esta delegación el sistema de la cisterna romana impluvium-compluvium.

Las dimensiones serían modificadas y adaptadas a la edificación en la que se coloque, su mantenimiento y construcción son bajos.

En cuestión de infiltración deberá ser una infiltración in situ y rápida, es por ello que podrían utilizarse patios hundidos en las casas que lo permitan y pequeñas fosas de infiltración en casas parques y jardines para infiltrar rápidamente el agua pluvial; el mantenimiento y la construcción de ésta técnica son muy bajos, sin embargo se tendrá que utilizar tierra de textura arenosa, gravosa o limosa para permitir la infiltración ya que los suelos de ésta delegación son arcillosos. De acuerdo a la

evaluación, se puede realizar el tipo de terracedo 1, no obstante este debe ser establecido en lugares con pendientes del 10% al 60%.

Aunque se vean las técnicas utilizadas a nivel local o arquitectónico se pueden crear en red y de esta forma se obtendrán beneficios en cuestión de agua para todos.

6. 2. DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO.



Esta delegación no posee un porcentaje de infiltración ya que el 100% de ésta es zona urbana.

Como se mencionó anteriormente, la zona urbana tiene la capacidad de almacenar el agua pluvial. En base a esto, la técnica que podría utilizarse aquí es la cisterna romana impluvium-compluvium seguida del barril de agua pluvial y la cisterna con cámaras paralelas en cuestión de almacenamiento, el jagüey también fue óptimo porque se construye en suelos arcillosos e impermeables, el problema es que al estar 100% urbanizada la zona, probablemente no existe una zona en la que se pueda emplazar adecuadamente el jagüey.

Las dimensiones los sistemas de almacenamiento anteriormente mencionados serían modificados y adaptados al entorno en el que se coloque, el mantenimiento y construcción dependerán de las dimensiones y los materiales utilizados. La cisterna de cámaras paralelas romana es comparable con la cisterna actual, no obstante su manera de filtrar el agua es distinta, en la cisterna antigua el agua pasaba de cámara en cámara e iba dejando sedimentos y contaminantes al llenarse, y la cisterna actual posee filtros desde antes de ser depositada en la misma y después.

En cuestión de infiltración deberá ser una infiltración in situ y rápida, es por ello que podrían utilizarse patios hundidos en casas, parques y jardines para infiltrar rápidamente el agua pluvial; el mantenimiento y la construcción de ésta técnica son muy bajos, sin embargo se tendrá que utilizar tierra de textura arenosa, gravosa o limosa para permitir la infiltración ya que los suelos de ésta delegación son arcillosos.

Aunque se vean las técnicas utilizadas a nivel local o arquitectónico se pueden crear en red y de esta forma se obtendrán beneficios en cuestión de agua para todos.

Evaluación de factibilidad por delegación Gustavo A Madero																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T		
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	7
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	3
7	Terraceado 2	3	1	2	1	3	2	3	3	0	1	1	0	1	2	1	3	3	0	1	1	0	5
8	Terraceado 3	3	1	2	4	3	1	3	3	0	1	1	0	3	2	1	3	3	0	1	1	0	4
9	Terraceado 4	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	2	1	1	2
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	1	0	2	2	0	2	1	1	3	2	1	3
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	3	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			16			6			0			4			4			4	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversió	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversió	3	Arduo	3						
		NULLA	0 - 5%	4	NULLA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

Evaluación de factibilidad por delegación Arcapatzalco																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A O ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	4	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
7	Terraceado 2	3	1	2	1	4	3	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Barri de agua pluvial																						
	TOTAL			12			13			6			10			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Gualquera	6														

6.3 DELEGACIÓN VENUSTIANO CARRANZA.

El área urbana es predominante al 100% en ésta delegación, por lo tanto la infiltración es muy poca por las zonas impermeables y por el tipo de suelo que es en su mayoría arcilloso



Las técnicas de manejo de agua pluvial que deben ser utilizadas son de almacenamiento principalmente. En base a esto, la técnica que podría utilizarse aquí es la cisterna impluvium-compluvium, el barril de agua pluvial y la cisterna con cámaras paralelas en cuestión de almacenamiento o bien el uso de cisternas convencionales.

El aljibe también es una buena opción, las técnicas de almacenamiento que deben utilizarse deberán ubicarse de manera subterránea para que no quiten espacio.

Debido al tipo de suelo arcilloso predominante en la delegación y al uso de suelo urbano que prácticamente conlleva un suelo impermeable, la zona es propensa a inundaciones.

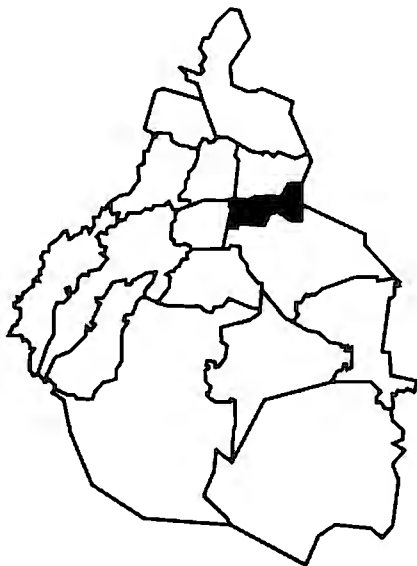
La presa de agua pluvial salió como una alternativa en esta delegación principalmente por su característica de poca infiltración, sin embargo no es una técnica que pueda ser aplicada ya que no se posee suficiente espacio ni escurrimientos provenientes de zonas altas que puedan captarse inmediatamente. Una alternativa actual a la presa de agua pluvial puede ser el uso de vasos reguladores.

En las áreas verdes y espacios residuales que no contengan o hayan contenido materiales químicos tóxicos o desperdicios, pueden ubicarse técnicas de infiltración puntuales como son la fosa infiltrante o el patio hundido, utilizando suelos de textura media a grande como son las gravas, arenas y limos.

Evaluación de factibilidad per delegación Venustiano Carranza																										
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD		FILTRACIÓN		SUELO		CLIMA		TOPOGRAFÍA		MANTENIMIENTO		ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN		FACILIDAD DE USO		FACTIBILIDAD DE USO								
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	APROXIMACIÓN A D ES LA MÁS ADECUADA								
1	Cisterna Arquitectónica Impluvium Compluvium	1	1	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
2	Techumbre Bajada de agua pluvial Cisterna de cámaras paralelas	1	1	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
3	Techumbre o plataforma Bajada de agua pluvial fosa infiltrante	4	1	3	1	4	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
4	Techumbre o plataforma Bajada de agua pluvial Canal o tubería Patio hundido	4	1	3	1	4	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
5	Techumbre o plataforma Bajada de agua pluvial Canal o tubería Jaguey	2	1	1	3	4	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
6	Terraceado 1	2	1	1	1	4	3	3	4	1	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
7	Terraceado 2	3	1	2	1	4	3	2	4	2	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	2	4	2	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso Canal Presa de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
11	Techumbre Bajada de agua pluvial Curvato	1	1	0	4	4	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
12	Techumbre Bajada de agua pluvial Tubería Aljibe	1	1	0	4	4	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
13	Techumbre Bajada de agua pluvial Barril de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
TOTAL		12		13		12		6		10		4		3		3		3		3		3		3		
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD ALTA 60% - 100% MEDIA 15% - 60% BAJA 5% - 15% NULA 0 - 5%		FILTRACIÓN 1 ALTA 60% - 100% 2 MEDIA 15% - 60% 3 LENTA 5% - 15% 4 NULA 0 - 5%		Clima 1 Tropical 2 Árido 3 Templado 4 Continental 5 Ártico 6 Cualquiera		Topografía (pendiente) 1 10% al 60% 2 5% al 10% 3 0 al 5%		Mantenimiento 1 Alto 2 Medio 3 Bajo		Economía de construcción 1 Alta inversión 2 Media invers 3 Baja inversión		Facilidad de uso 1 muy Sencillo 2 Sencillo 3 Arduo												

6. 4 DELEGACIÓN IZTACALCO.

Esta delegación como todas las del Norte son zonas que alguna vez fueron lacustres y por ésta razón el tipo de suelo solía ser arcilloso, actualmente son zonas con pendiente plana y pocas áreas verdes.



El INEGI cataloga a esta Delegación como una zona sin suelo, una zona urbana con suelo modificado. Como el 100% de la zona es impermeable posee las características necesarias para almacenar el agua.

Según la tabla de factibilidad de adaptación de técnicas ancestrales, la técnica que puede ser utilizada es la cisterna romana impluvium-compluvium seguida por el Barril de agua pluvial, la cisterna de cámaras paralelas y el jagüey.

La cisterna de almacenamiento es similar hoy en día a la cisterna de cámaras paralelas de la antigüedad, simplemente funcionan diferente, pero su función es la misma.

El agua pluvial de todas las Delegaciones del Norte varía es de menor de 600 mm anuales hasta 700 mm y las lluvias suelen ser espaciadas y espontáneas. Para que un sistema de abastecimiento de agua pluvial cumpla su función en esta zona, el agua deberá ser recolectada y acumulada hasta que sea necesario utilizarla.

Al igual que las delegaciones anteriores la factibilidad de aplicar el jagüey en este sitio depende de si se posee o no una zona en donde se pueda establecer adecuadamente.

La presa de agua pluvial salió como una alternativa en esta delegación principalmente por su característica de poca infiltración, sin embargo no es una técnica que pueda ser aplicada ya que no se posee suficiente espacio ni escurrimientos provenientes de zonas altas que puedan captarse inmediatamente. Una alternativa actual a la presa de agua pluvial puede ser el uso de vasos reguladores.

Las técnicas de infiltración, deberán ubicarse en áreas verdes o áreas abiertas sin presencia de residuos tóxicos o químicos que pongan en peligro la salud de los seres vivos al lixiviarse hacia los mantos acuíferos.

Evaluación de factibilidad por delegación Itzacalco																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACILIDAD DE USO
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	APROXIMACIÓN A O ES LA MÁS ADECUADA
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
	Bajada de agua pluvial																						
	Fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	4	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
7	Terraceado 2	3	1	2	1	4	3	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Barriil de agua pluvial																						
	TOTAL			12			13			6			10			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 5 DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC.

La delegación no posee un tipo de suelo en especial, aunque por sus características en ésta zona existía zona lacustre. A ésta delegación pertenece el centro del distrito Federal, el cuál tiene la característica de no poder infiltrar el agua pluvial. Esto ocurre ya que los mantos acuíferos se encuentran muy cercanos al subsuelo y al suelo, es una zona con un tipo de suelo arcilloso y muy inestable para las construcciones.



La técnica a utilizar según la tabla es la cisterna compluvium-impluvium seguida por la cisterna de cámaras paralelas, el barril de agua pluvial y el jagüey que como anteriormente se mencionó, puede ser utilizado siempre y cuando se adecúe a la zona y exista un espacio destinado para su uso únicamente.

El almacenamiento en ésta zona se puede realizar siempre dependiendo del sitio, aún existen zonas en ésta delegación en dónde se puede excavar para depositar en ellas las cisternas de agua pluvial o tanques o aljibes. Sin embargo se debe tener mucho cuidado y analizar muy bien la zona.

Dentro de los resultados la presa de agua pluvial salió como una alternativa en esta delegación principalmente por su característica de poca infiltración, sin embargo no es una técnica que pueda ser aplicada ya que no se posee suficiente espacio ni escurrimientos provenientes de zonas altas que puedan captarse inmediatamente. Una alternativa actual a la presa de agua pluvial puede ser el uso de vasos reguladores.

Lo mejor para ésta zona sería desalojar el agua pluvial mediante un sistema de desagüe de agua pluvial únicamente y almacenarlo o infiltrarlo en una zona pertinente; de ésta forma se previenen inundaciones y también que el agua pluvial que cae en esta Delegación se desperdicie.

Evaluación de factibilidad por delegación Cuauhtemoc																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			INFILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	4	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
7	Terraceado 2	3	1	2	1	4	3	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			13			6			10			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			INFILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversi	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversi	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 6. DELEGACIÓN MIGUEL HIDALGO.



En ésta Delegación sólo existe en 6% de posibilidades de Infiltración pluvial y un 94% de almacenamiento.

De acuerdo a la tabla de factibilidad de técnicas ancestrales para el manejo del agua pluvial, la técnica que se podría utilizar es el jagüey seguido en segundo lugar por la cisterna romana impluvium-compluvium y la presa de agua pluvial.

El barril de agua pluvial y los curvatos pueden ser una buena opción.

En zonas como el Bosque de Chapultepec pueden utilizarse técnicas de infiltración de agua pluvial como las fosas infiltrantes y los patios

hundidos, cuidando las dimensiones y la zona de ubicación.

En las zonas más bajas e inundables podrían establecerse los jagüeyes y los vasos reguladores en lugar de las presas de agua pluvial.

En cuestión de almacenamiento puede utilizarse cualquier técnica siempre y cuando se analice anteriormente el sitio para verificar que sea la correcta.

Evaluación de factibilidad por delegación Miguel Hidalgo																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			INFILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica																						
	Impluvium	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2
	Compluvium																						
2	Techumbre																						
	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	3
	Cisterna de cámaras paralelas																						
	Techumbre o plataforma																						
3	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	7
	fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
	Techumbre o plataforma																						
5	Bajada de agua pluvial	2	1	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	3	0	1	1	0	4
7	Terraceado 2	3	1	2	1	3	2	3	3	0	1	2	1	1	2	1	3	3	0	1	1	0	6
8	Terraceado 3	3	1	2	4	3	1	3	3	0	1	2	1	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso																						
	Canal	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	2	1	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre																						
	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	4
	Curvato																						
12	Techumbre																						
	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	4
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			16			6			5			4			3			3	
SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD				FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
	ALTA	60 % - 100%				1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1				
	MEDIA	15% - 60%				2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2				
	BAJA	5% - 15%				3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3				
	NULLA	0 - 5%				4	NULLA	0 - 5%	4	Continental	4												

6. 7. DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ.



Esta delegación fue zona lacustre en la antigüedad y por ésta razón el tipo de suelo solía ser arcilloso, actualmente son zonas con pendiente plana y pocas áreas verdes.

El INEGI cataloga a esta Delegación como una zona sin suelo, una zona urbana con suelo modificado. Como el 100% de la zona es impermeable posee las características necesarias para almacenar el agua. No obstante, algunas zonas están cerca del afloramiento de los manto acuíferos, por lo que se deberá hacer un estudio previo para comprender la vocación del sitio y saber que técnica es la más óptima

Según la tabla de factibilidad de adaptación de técnicas ancestrales, la técnica que puede ser utilizada es la cisterna romana

impluvium-compluvium seguida por la cisterna de cámaras paralelas, el barril de agua pluvial y el jagüey en cuestión de almacenamiento.

La presa de agua pluvial y el terracedo 4 salieron óptimos en la tabla por sus propiedades de almacenamiento de agua pluvial sin embargo por la topografía de esta delegación y por el poco espacio abierto de la misma es poco probable que estas técnicas sean emplazadas como tal.

El curvato y el aljibe pueden ser bien utilizados dentro de ésta zona siempre y cuando se analice adecuadamente y se adapte la técnica a las necesidades de la persona y el entorno circundante.

El agua pluvial de todas las Delegaciones del Norte varía es de menor de 600 mm anuales hasta 700 mm y las lluvias suelen ser espaciadas y espontáneas. Para que un sistema de abastecimiento de agua pluvial cumpla su función en esta zona, el agua deberá ser recolectada y acumulada hasta que sea necesario utilizarla.

Las técnicas de infiltración, deberán ubicarse en áreas verdes o áreas abiertas sin presencia de residuos tóxicos o químicos que pongan en peligro la salud de los seres vivos al lixiviarse hacia los mantos acuíferos.

Evaluación de factibilidad por delegación Benito Juárez																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
	Impluvium																						
	Compluvium																						
	Techumbre																						
2	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
	Cistema de cámaras paralelas																						
	Techumbre o plataforma																						
3	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
	fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
	Techumbre o plataforma																						
5	Bajada de agua pluvial	2	1	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	4	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
7	Terraceado 2	3	1	2	1	4	3	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
	Suelo Arcilloso																						
10	Canal	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Presa de agua pluvial																						
	Techumbre																						
11	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
	Curvato																						
	Techumbre																						
12	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
	Tubería																						
	Aljibe																						
	Techumbre																						
13	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
	Barriil de agua pluvial																						
	TOTAL			12		13		6		10		4		3		3		3		3			
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversió	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversió	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 8. DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN.

Esta delegación posee un 24% de porcentaje de infiltración por lo que tiene muchas más posibilidades de utilizar distintas técnicas de manejo de agua pluvial en ella sin embargo no hay una técnica valorada con 1 en esta delegación.



Según los resultados de la tabla en ésta delegación por su topografía se pueden interceptar los escurrimientos infiltrándolos mediante un terracedo antes de que bajen a la zona con pendiente plana.

En cuestión de almacenamiento se puede utilizar un barril de agua pluvial en cada casa para captar el agua pluvial o bien la técnica cisterna romana impluvium-compluvium.

La presa de agua pluvial y el terracedo 4 salieron óptimos en la tabla por sus propiedades de almacenamiento de agua pluvial sin embargo deberán adecuarse a las pendientes topográficas y observarse cuidadosamente para saber si las técnicas se manejaran de manera sustentable en esta delegación.

6. 9 .DELEGACIÓN COYOACÁN.

La capacidad de infiltración de ésta delegación es de 7% mientras que su capacidad de almacenamiento es de 93%.

Como se mencionó anteriormente, la a zona urbana tiene la capacidad de almacenar el agua pluvial. En base a esto, las mejores técnicas a utilizar serían en cuestión de captación, el sistema compluvium-impluvium romano, la cisterna de cámaras paralelas, el sistema de aljibe, el jagüey y el barril de agua pluvial

Como se mencionó anteriormente, es necesario observar bien el sitio en el que se



desean establecer estas técnicas para saber si realmente podrán ser utilizadas en él.

En cuestión de infiltración deberá ser una infiltración in situ, es por ello que podrían utilizarse patios hundidos en casas, parques y jardines para infiltrar rápidamente el agua pluvial; el mantenimiento y la construcción de ésta técnica son muy bajos, sin embargo se tendrá que utilizar tierra de textura arenosa, gravosa o limosa para permitir la infiltración ya que los suelos de ésta delegación son arcillosos.

Dentro de los resultados la presa de agua pluvial salió como una alternativa en esta delegación principalmente por su característica de poca infiltración, sin embargo no es una técnica que pueda ser aplicada ya que no se posee suficiente espacio ni escurrimientos provenientes de zonas altas que puedan captarse inmediatamente. Una alternativa actual a la presa de agua pluvial puede ser el uso de vasos reguladores.

Aunque se vean las técnicas utilizadas a nivel local o arquitectónico se pueden crear en red y de esta forma se obtendrán beneficios en cuestión de agua para todos.

6. 10 DELEGACIÓN IZTAPALAPA.

Esta delegación como todas las del Norte son zonas que alguna vez fueron lacustres y por ésta razón el tipo de suelo solía ser arcilloso, actualmente son zonas con pendiente plana y pocas áreas verdes.



El INEGI cataloga a esta Delegación como una zona sin suelo, una zona urbana con suelo modificado. Como el 100% de la zona es impermeable posee las características necesarias para almacenar el agua.

Según la tabla de factibilidad de adaptación de técnicas ancestrales, la técnica que puede ser utilizada es la cisterna roma impluvium-compluvium seguida de la cisterna de cámaras paralelas, el barril de agua pluvial y el jagüey. El curvato y el aljibe son también una excelente opción de almacenamiento de agua pluvial.

La presa de agua pluvial y el terracedo 4 salieron óptimos en la tabla por sus propiedades de almacenamiento de agua pluvial sin embargo por la topografía de esta delegación y por el poco espacio abierto de la misma es poco probable que estas técnicas sean emplazadas como tal.

Evaluación de factibilidad por delegación Álvaro Obregón																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	2	2	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	3
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	2	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	2	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	2	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	2	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	2	1	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
7	Terraceado 2	3	1	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	1	2	1	3	3	0	1	1	0	4
8	Terraceado 3	3	1	2	4	2	2	3	3	0	1	1	0	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	1	0	4	2	2	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	2	2	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	2	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	5
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	2	2	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	5
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	2	2	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Barriil de agua pluvial																						
	TOTAL			12			21			6			0			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Árido	5														
								Cualquiera	6														
																							93

Evaluación de factibilidad por delegación Coyoacán																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	7
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
7	Terraceado 2	3	1	2	1	3	2	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	7
8	Terraceado 3	3	1	2	4	3	1	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	6
9	Terraceado 4	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	4
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	3
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	3	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			16			6			10			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			94
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						

Evaluación de factibilidad por delegación Iztapalapa																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A O ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	1
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	4	0	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	8
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	4	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
6	Techumbre o plataforma	2	1	1	1	4	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	6
	laguay																						
7	Terraceado 1	3	1	2	1	4	3	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	8
	Terraceado 2																						
8	Terraceado 3	3	1	2	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
	Terraceado 4																						
9	Terraceado 1	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	3
	Terraceado 2																						
	Terraceado 3																						
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	4	0	3	3	0	1	3	2	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	4	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
13	Ajibbe	1	1	0	4	4	0	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	2
	Techumbre																						
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			13			6			10			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversió	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversió	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 11. DELEGACIÓN CUAJIMALPA DE MORELOS.

Esta delegación ubicada al sur del Distrito Federal, posee una capacidad mayor de infiltración (67%) que de almacenamiento (33%).



En base a este resultado se puede deducir que es de las pocas zonas del distrito federal en las que se pueden promover las técnicas ancestrales de infiltración y las técnicas actuales desprendidas de ellas para favorecer la recarga de los mantos acuíferos.

La técnica óptima para esta delegación, es decir la que obtuvo un valor igual a cero fue el terracedo 1, el cual previene la erosión del suelo y favorece la infiltración. Con un valor de 1 le siguen la técnica del patio hundido, el terracedo 3 y el uso de jagüey. Por último las técnicas con valor a dos son el Terracedo 2 y el Terracedo 4.

En la zona urbana es posible utilizar las técnicas de almacenamiento de agua pluvial propuestas en las Delegaciones del Norte. No obstante para todo uso de las técnicas es necesaria la observación del sitio para poder adaptar las técnicas adecuadamente a él.

El agua pluvial debería ser aprovechada al máximo en esta zona ya que además de poseer una de las mayores precipitaciones anuales en el Distrito Federal (800 mm-1500 mm) es una de las zonas con mayor cantidad de áreas verdes libres para la infiltración o almacenamiento.

6. 12. DELEGACIÓN TLÁHUAC.

La capacidad de infiltración de ésta delegación es de 10% mientras que su capacidad de almacenamiento es de 90%.

En la tabla esta delegación es puede manejar como método de almacenamiento la cisterna romana impluvium-compluvium, seguido por el barril de agua pluvial, la cisterna de cámaras paralelas y el jagüey.



En las zonas más bajas e inundables podrían establecerse los jagüeyes y los vasos reguladores en lugar de las presas de agua pluvial.

Como se mencionó anteriormente, es necesario observar bien el sitio en el que se desean establecer estas técnicas para saber si realmente podrán ser utilizadas en él.

Las técnicas de infiltración, deberán ubicarse en áreas verdes o áreas abiertas sin presencia de residuos tóxicos o químicos que pongan en peligro la salud de los seres vivos al lixiviarse hacia los mantos acuíferos.

6. 13. DELEGACIÓN MILPA ALTA.

Esta delegación ubicada al sur del Distrito Federal, posee una capacidad mayor de infiltración (60%) que de almacenamiento (40%).



Por ello, por la poca urbanización y por la diversidad de pendientes que van del 5% al 45% aproximadamente pueden aplicarse tanto técnicas ancestrales de almacenamiento de agua pluvial como técnicas de infiltración.

Las técnicas con valor de 2 óptimas para su manejo en esta delegación son el patio hundido, el jagüey y el terracedo 1. Curiosamente dentro de esta delegación el jagüey y el terracedo 1 y 2 para los cultivos y prevención de erosión del suelo son las técnicas de manejo de agua pluvial más utilizadas actualmente.

Las técnicas con valor a 4 que son las segundas técnicas óptimas para su utilización en esta zona son la fosa infiltrante, el terracedo 2 y la presa de agua pluvia.

Dentro de ésta zona pueden plantearse y ubicarse distintas formas de almacenamiento como son los curvatos y los aljibes, sin embargo por las grandes extensiones de área libre se podría aprovechar la utilización de técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial que requieran dimensiones mayores. Principalmente ya que esta es una zona en donde existe mayor proporción de agua pluvial (800 mm a 1500 mm).

Aunque se vean las técnicas utilizadas a nivel local o arquitectónico se pueden crear en red y de esta forma se obtendrán beneficios en cuestión de agua para todos.

Evaluación de factibilidad por delegación Cuajimalpa de Morelos																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A O ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica																						
	Impluvium	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	
	Compluvium																						
	Techumbre																						
2	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	
	Cisterna de cámaras paralelas																						
	Techumbre o plataforma																						
3	Bajada de agua pluvial	4	2	2	1	1	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	
	Fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	2	2	1	1	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
	Techumbre o plataforma																						
5	Bajada de agua pluvial	2	2	0	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	
7	Terraceado 2	3	2	1	2	1	1	3	3	0	1	1	0	1	2	1	3	3	0	1	1	0	
8	Terraceado 3	3	2	1	1	1	0	3	3	0	1	1	0	3	2	1	3	3	0	1	1	0	
9	Terraceado 4	1	2	1	2	1	1	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	2	1	1	
10	Suelo Arcilloso																						
	Canal	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	
	Presa de agua pluvial																						
	Techumbre																						
11	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	
	Curvato																						
	Techumbre																						
12	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	
	Tubería																						
	Aljibe																						
	Techumbre																						
13	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			13			22			6			0			4			3			3	
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

Evaluación de factibilidad por delegación Tláhuac																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACILIDAD DE USO
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	APROXIMACIÓN A 0 O ES LA MÁS ADECUADA
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	7
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio húmedo																						
5	Techumbre o plataforma	2	1	1	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jagüey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
7	Terraceado 2	3	1	2	1	3	2	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	7
8	Terraceado 3	3	1	2	4	3	1	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	6
9	Terraceado 4	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	4
10	Suelo Arcilloso	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	1	0	4	3	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	4
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
13	Techumbre	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	3
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			18			6			8			4			3			3	
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
	ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1							
	MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media inversi	2	Sencillo	2							
	BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversió	3	Arduo	3							
	NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4															
							Ártico	5															
							Cualquiera	6															

Evaluación de factibilidad por delegación Milpa Alta																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A O ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	5
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	2	2	1	1	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	2	2	1	1	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	2	0	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
7	Terraceado 2	3	2	1	1	1	0	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	4
8	Terraceado 3	3	2	1	4	1	3	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	7
9	Terraceado 4	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	7
10	Suelo Arcilloso	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	4
	Canal																						
	Presas de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	2	1	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	7
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	7
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Ajibe																						
13	Techumbre	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			13			26			6			8			4			3			3	
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
	ALTA	60% - 100%		1	ALTA	60% - 100%		1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1					
	MEDIA	15% - 60%		2	MEDIA	15% - 60%		2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2					
	BAJA	5% - 15%		3	LENTA	5% - 15%		3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversió	3	Árduo	3					
	NULA	0 - 5%		4	NULA	0 - 5%		4	Continental	4													
									Ártico	5													
									Cualquiera	6													

6. 14. DELEGACIÓN XOCHIMILCO.



Anteriormente era una de las delegaciones con más cantidad de agua en ella, lamentablemente el manantial fue una de las fuentes de abastecimiento en la época colonial y con el tiempo fue secándose, poniendo en peligro los canales y chinampas xochimilcas.

A partir de este rompimiento del ciclo hidrológico, en Xochimilco a pesar de estar en el la zona sur, no posee ya una precipitación pluvial comparable con Milpa Alta, Tlalpan y la Magdalena Contreras. No obstante posee un 26% de zonas con posibilidad de infiltración y un 74% de zonas con posibilidad de almacenamiento.

La técnica ganadora fue la presa de agua pluvial, si lo vemos de otro lado, los canales de Xochimilco son grandes presas de agua, podrían redirigirse y filtrarse los escurrimientos para recargarlas y almacenar el agua pluvial.

La segunda técnica fue la cisterna romana impluvium . compluvium seguida de los terracedos 4 y la cisterna de cámaras paralelas , el jagüey y el barril de agua pluvial.

Todas estas técnicas pueden aplicarse en esta zona, no obstante es necesario el estudio del sitio para adecuar las técnicas y saber en dónde y de que manera podrían aplicarse.

Evaluación de factibilidad por delegación Xochimilco																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2
	Impluvium																						
	Compluvium																						
	Techumbre																						
2	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	3
	Cisterna de cámaras paralelas																						
	Techumbre o plataforma																						
3	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	7
	fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	5
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
	Techumbre o plataforma																						
5	Bajada de agua pluvial	2	1	1	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	3
	Canal o tubería																						
	Jagüey																						
6	Terraceado 1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	3
7	Terraceado 2	3	1	2	1	3	2	3	3	0	1	1	0	1	2	1	3	3	0	1	1	0	5
8	Terraceado 3	3	1	2	4	3	1	3	3	0	1	1	0	3	2	1	3	3	0	1	1	0	4
9	Terraceado 4	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	2	1	1	2
	Suelo Arcilloso																						
10	Canal	1	1	0	4	3	1	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1
	Presas de agua pluvial																						
	Techumbre																						
11	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	4
	Curvato																						
	Techumbre																						
12	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	4
	Tubería																						
	Ajijbe																						
	Techumbre																						
13	Bajada de agua pluvial	1	1	0	4	3	1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	3
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL			12			18			6			0			4						3	
		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60 % - 100%	1	ALTA	60 % - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Árduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 15. DELEGACIÓN TLALPAN.



La delegación con más área dentro del Distrito Federal, es sin duda una zona de muchos matices, posee distintos tipos de suelo y diferentes usos en el mismo, sin embargo la capacidad de infiltración que es de 62.5% es mayor a la capacidad de almacenamiento que es de 37.50%.

La precipitación pluvial va desde los 600 mm de agua hasta más de 1500 mm en la zona sur de la delegación, es por ello y por sus características físicas que es un lugar factible para la aplicación de todas las técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial.

La técnica con valor 0, es decir la más óptima es sin duda el terracedo 1, en donde se pueden captar los escurrimientos pluviales antes de que lleguen a la zona con pendiente baja provocando encharcamientos.

Las técnicas con valor 2. Fueron el patio hundido, el jagüey y el terracedo 2. Seguidas por las técnicas de valor 4 que fueron la Fosa infiltrante, la presa de agua y el barril de agua pluvial.

Todas estas técnicas pueden aplicarse en esta zona, no obstante es necesario el estudio del sitio para adecuar las técnicas y saber en dónde y de que manera podrían aplicarse.

Evaluación de factibilidad por delegación Tlalpan																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	5
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	2	2	1	1	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
4	Techumbre o plataforma	4	2	2	1	1	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
5	Techumbre o plataforma	2	2	0	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Bajada de agua pluvial																						
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	0
7	Terraceado 2	3	2	1	1	1	0	3	3	0	1	1	0	1	2	1	3	3	0	1	1	0	2
8	Terraceado 3	3	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	3	2	1	3	3	0	1	1	0	5
9	Terraceado 4	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	3	3	0	3	3	0	2	1	1	5
10	Suelo Arcilloso	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	4
	Canal																						
	Presas de agua pluvial																						
11	Techumbre	1	2	1	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	7
	Bajada de agua pluvial																						
	Curvato																						
12	Techumbre	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	1	2	1	2	1	1	7
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
13	Techumbre	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	3	1	1	0	8
	Bajada de agua pluvial																						
	Barril de agua pluvial																						
TOTAL				13			26			6			0			4			5			3	
SIMBOLOGÍA		IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Árido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media inversi	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 16. DELEGACIÓN MAGDALENA CONTRERAS.

Ésta es la delegación con mayor capacidad de infiltración del Distrito Federal, con un 70% y un almacenamiento de 30%.



El promedio de precipitación pluvial anual varía entre los 800 mm hasta los 1500 mm de agua.

En esta delegación se encuentra la el parque de los dinamos en los cuales se pueden establecer técnicas de infiltración como son los terracedos 1, las fosas de infiltración. Y zonas de almacenamiento como son los jagüeyes, pequeñas presas de agua pluvial, curvatos y aljibes.

En la zona urbana pueden establecerse técnicas de almacenamiento como son el barril de agua pluvial, la cisterna romana compluvium – impluvium y los tanques de almacenamiento o aljibes. Así como se podrían ubicar patios hundidos en ciertas zonas en donde el suelo y el espacio lo permitan.

Las técnicas de infiltración, deberán ubicarse en áreas verdes o áreas abiertas sin presencia de residuos tóxicos o químicos que pongan en peligro la salud de los seres vivos al lixiviarse hacia los mantos acuíferos.

Como se mencionó anteriormente, es necesario observar bien el sitio en el que se desean establecer estas técnicas para saber si realmente podrán ser utilizadas en él.

Aunque se vean las técnicas utilizadas a nivel local o arquitectónico se pueden crear en red y de esta forma se obtendrán beneficios en cuestión de agua para todos.

Evaluación de factibilidad por delegación Magdalena Conteras																							
	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			CLIMA			TOPOGRAFÍA			MANTENIMIENTO			ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN			FACILIDAD DE USO			FACTIBILIDAD DE USO APROXIMACIÓN A 0 ES LA MÁS ADECUADA
		EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	ACTUAL	T	EVIDENCIA HISTÓRICA	DESEABLE	T	
1	Cisterna Arquitectónica	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	3	2	1	2	2	0	1	1	0	5
	Impluvium																						
	Compluvium																						
2	Techumbre	1	2	1	4	1	3	3	3	0	3	3	0	1	2	1	3	3	0	3	2	1	6
	Bajada de agua pluvial																						
	Cisterna de cámaras paralelas																						
3	Techumbre o plataforma	4	2	2	1	1	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	4
	Bajada de agua pluvial																						
	fosa infiltrante																						
	Techumbre o plataforma																						
4	Bajada de agua pluvial	4	2	2	1	1	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
	Canal o tubería																						
	Patio hundido																						
	Techumbre o plataforma																						
5	Bajada de agua pluvial	2	2	0	3	1	2	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2
	Canal o tubería																						
	Jaguey																						
6	Terraceado 1	2	2	0	1	1	0	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	1	0	2
7	Terraceado 2	3	2	1	1	1	0	3	3	0	1	3	2	1	2	1	3	3	0	1	1	0	4
8	Terraceado 3	3	2	1	4	1	3	3	3	0	1	3	2	3	2	1	3	3	0	1	1	0	7
9	Terraceado 4	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	3	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	7
10	Suelo Arcilloso	1	2	1	4	1	3	3	3	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	4
	Canal																						
	Presa de agua pluvial																						
	Techumbre																						
11	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	1	3	2	3	3	0	3	3	0	1	2	1	1	1	0	7
	Curvato																						
	Techumbre																						
	Bajada de agua pluvial																						
	Tubería																						
	Aljibe																						
	Techumbre																						
13	Bajada de agua pluvial	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	3	0	3	3	0	2	3	1	1	1	0	6
	Barril de agua pluvial																						
	TOTAL																						
				13			26			6			8			4			3			3	
	SIMBOLOGÍA	IMPERMEABILIDAD			FILTRACIÓN			Clima			Topografía (pendiente)			Mantenimiento			Economía de construcción			Facilidad de uso			
		ALTA	60% - 100%	1	ALTA	60% - 100%	1	Tropical	1	10% al 60%	1	Alto	1	Alta inversión	1	muy Sencillo	1						
		MEDIA	15% - 60%	2	MEDIA	15% - 60%	2	Arido	2	5% al 10%	2	Medio	2	Media invers	2	Sencillo	2						
		BAJA	5% - 15%	3	LENTA	5% - 15%	3	Templado	3	0 al 5%	3	Bajo	3	Baja inversión	3	Arduo	3						
		NULA	0 - 5%	4	NULA	0 - 5%	4	Continental	4														
								Ártico	5														
								Cualquiera	6														

6. 17. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

En base a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se realizó una tabla cualitativa en la que los elementos de manejo de agua pluvial se unen para convertirse en 13 técnicas de agua pluvial para saber que tan aplicables son estas técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial en las 16 Delegaciones del Distrito Federal.

Las tablas fueron contienen los siguientes factores: Impermeabilidad, Infiltración, Suelo Clima, Topografía, Mantenimiento, Economía de construcción, Facilidad de uso y Factibilidad de uso

Cada delegación fue analizada con estas variables y los resultados fueron similares en las delegaciones localizadas al Norte del Distrito Federal y semejantes en las delegaciones localizadas al Sur del Distrito Federal.

Esto se debió principalmente a las características físicas de las delegaciones que en algunas ocasiones fueron idéntica. No obstante no se deben englobar todas las delegaciones del norte o todas las delegaciones del sur, ya que cada una posee diferentes propiedades, características y capacidades.

7. RESULTADOS.

A partir de la realización de las tablas se realizaron gráficas resumen con los siguientes resultados por característica física, los resultados de mantenimiento, economía de construcción, Facilidad de uso y Factibilidad salen iguales en todas las delegaciones ya que estos factores son los mismos independientemente de la Delegación. Es decir una técnica será fácil de usar en Xochimilco o en Azcapotzalco.

Resultados de Impermeabilidad.



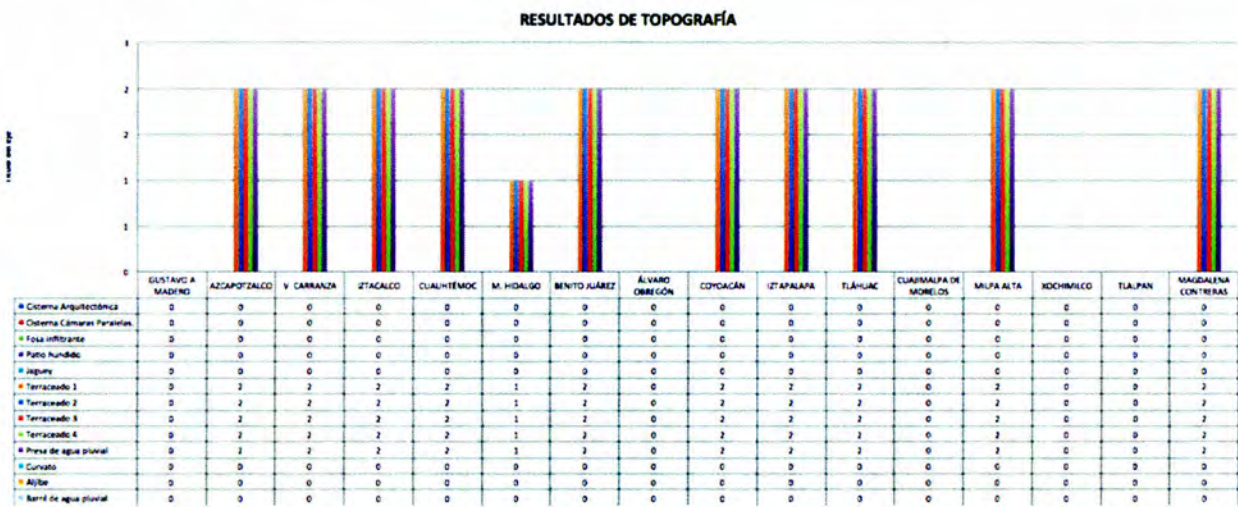
Resultados de Infiltración.



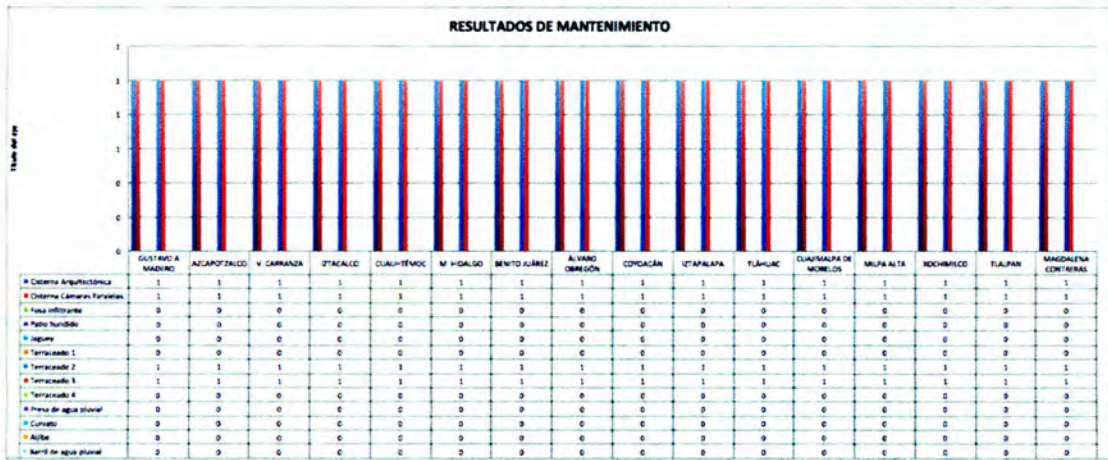
Resultados de Clima



Resultados de Topografía



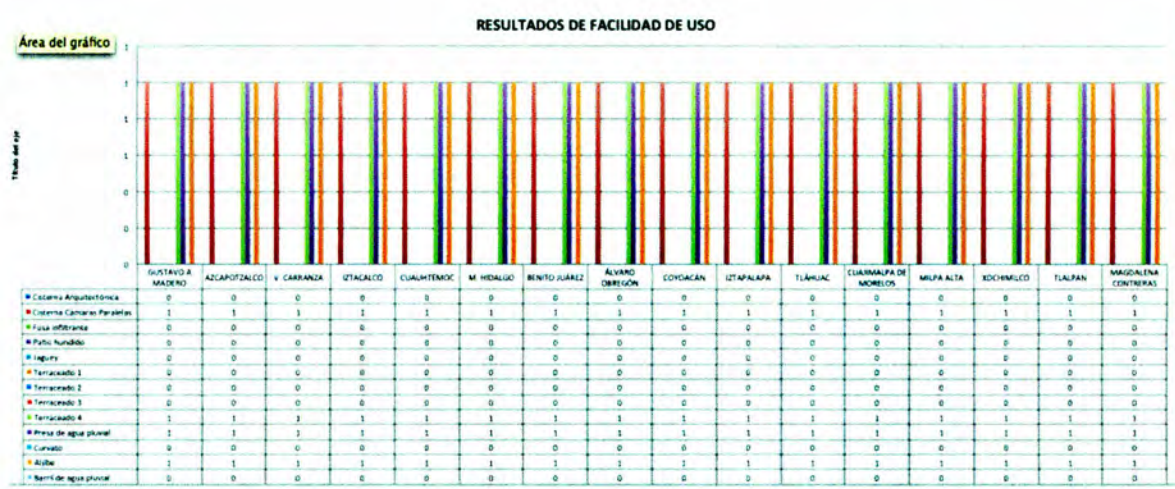
Resultados de mantenimiento.



Resultados de Economía de Construcción.



Resultados de Facilidad de Uso.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES.

Las técnicas de agua pluvial fueron ideales en el tiempo en el que existieron, fueron técnicas sustentables y de uso fácil. Algunas han evolucionado y se han convertido en un elemento de captación, conducción, almacenamiento o infiltración mejor que el anterior en cuestión de vida útil, tanto que muchas de ellas no podrán degradarse en más de 600 años.

Las técnicas ancestrales se pueden dividir en sistemas de captación, conducción, almacenamiento e infiltración de acuerdo a las características que presente y los materiales que posea.

En la primera clasificación se encuentran los elementos de captación que son: el Compluvium, y elementos como plazas, desniveles pavimentados y toda la superficie terrestre.

En la segunda clasificación se encuentran los elementos de conducción que son los canales, las bajadas de agua pluvial y los desagües.

En la tercera clasificación se encuentran los elementos de almacenamiento, que son las cisternas, el impluvium, el jagüey, la presa de agua pluvial, curvato, chultún, aljibe, barril de agua pluvial, tanque de agua pluvial, terracedo con aljibe y el terracedo para plantaciones de arroz.

La última clasificación son los elementos infiltrantes que son los terracedos 1 y 2, el patio hundido y la fosa infiltrante.

Los elementos unidos adecuadamente forman las técnicas de manejo de agua pluvial y según la cualidad de cada elemento, las técnicas ancestrales fueron realizadas en función del clima, de la topografía y del suelo principalmente. La contaminación del agua variaba dependiendo del lugar y el tipo de técnicas, principalmente porque no se tenía el conocimiento ni los recursos necesarios para filtrarla totalmente, las construcciones eran de un alto mantenimiento y la construcción podía llegar a ser algo cara, su facilidad de uso era manual principalmente.

La variable más importante de las técnicas ancestrales fue el clima, esto se debe principalmente a que adaptaban las técnicas a sus necesidades basándose en las características del sitio, es decir la precipitación, la evaporación y humedad. Se construyeron pequeñas cisternas de almacenamiento en zonas cálidas para evitar la evaporación como los chultunes, o se utilizaban pequeños espejos de agua como el impluvium para refrescar el ambiente en zonas calurosas.

El Distrito Federal posee matices diferentes en cuanto a topografía, tipo de suelo, precipitación, cada delegación posee características distintas. Sin embargo la técnica que se puede adaptar a cualquier delegación localizada al norte fue la técnica 1. Compluvium, Impluvium, Cisterna, su ganancia fue debido a que la impermeabilidad es la que rige a estas Delegaciones, la precipitación es baja, la topografía es nula su facilidad de uso es alta, su economía y mantenimiento son bajos. La mejor técnica de infiltración en el lado sur fue.

La técnica que mejor se adapta a la ciudad de México es en general la técnica cisterna romana impluvium compluvium debido a que se puede aplicar en lugares reducidos, de poca pendiente como es la mayor parte del Distrito Federal, recolecta in situ, es de bajo costo y bajo mantenimiento, adecuado para la superficie de la mancha urbana.

La segunda técnica que mejor se adapta es el patio hundido, debido a que ocupa poco espacio y es aplicable a cualquier superficie con facilidad de infiltración dentro de la mancha urbana.

La tercera es el Barril de agua pluvial debido a que se puede aplicar en lugares reducidos, de poca pendiente como es la mayor parte del Distrito Federal, recolecta in situ, es de bajo costo y bajo mantenimiento, adecuado para la superficie de la mancha urbana.

El tercer lugar en cuestión de infiltración lo ocupan las fosas infiltrantes ya que más del 50% del Distrito Federal es considerado zona impermeable y es por ello que no puede ubicarse en cualquier sitio

El cuarto lugar lo ocupan las técnicas aljibe, curvato, terracedo 3, terracedo 4 jagüey, presa de agua pluvial y cisterna de cámaras paralelas en cuestión de almacenamiento. El aljibe y el curvato no salieron ganadoras en las tablas principalmente por la característica del clima ya que su uso se promovió en un lugar con clima diferente al de la ciudad de México. La cisterna de cámaras paralelas, la presa de agua pluvial y el jagüey son técnicas que necesitan ciertas dimensiones para que sean realmente factibles y no todas las delegaciones poseen áreas adecuadas a ellas. Los terracedos necesitan de cierta pendiente y características como tipo de suelo o material para ser utilizados y lamentablemente las zonas impermeables de la ciudad de México por lo general se encuentran en pendiente baja.

El cuarto lugar en cuestión de infiltración lo ocupan las técnicas terracedo 1 y terracedo 2, estos terracedos pueden ubicarse principalmente al sur de la ciudad en 6 delegaciones de las 10 existentes, es por ello que a pesar de ser técnicas adecuadas no pueden establecerse en todas las Delegaciones.

Las delegaciones que poseen más posibilidades de manejo de agua de lluvia con fines de infiltración son Milpa Alta, Tlalpan, Cuajimalpa y Magdalena contreras, debido a las características del suelo y a la cantidad de agua pluvial que cae en estas zonas.

Las delegaciones con más posibilidades de manejo de agua de lluvia con fines de abastecimiento son Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Azcapotzalco, Iztacalco,

Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Coyoacán, Benito Juárez, Iztapalapa, Tláhuac, debido a que poseen suelos impermeables, son zonas urbanizadas y por lo general de pendiente baja propensas a inundaciones por los escurrimientos provenientes de las delegaciones del sur.

Las delegaciones intermedias son Álvaro Obregón y Xochimilco estas zonas pueden alternar el uso de infiltración o almacenamiento según sea conveniente.

En el distrito federal se pueden manejar todas las técnicas ancestrales, adaptándolas al entorno y a las necesidades de la población

Las técnicas de agua pluvial si bien no son duraderas porque los materiales utilizados para su construcción y uso son degradables, exigen un poco más de tiempo en cuestión de mantenimiento. No obstante son técnicas lógicas, no contaminantes y útiles que lo cuál las vuelven sustentables en muchos aspectos.

Aunque las demás Delegaciones no fueron incluidas en esta investigación, los resultados arrojados son similares a los expuestos.

En base al estudio previamente realizado se puede demostrar que las técnicas ancestrales de agua pluvial son aplicables a la ciudad actual, algunas más que otras, sin embargo las que no son tan factibles pueden readaptarse y modificarse para un manejo óptimo.

Se concluye que el manejo sustentable de agua de lluvia en la Ciudad de México consiste en manipular y aprovechar el agua pluvial de manera tal que sean adaptadas a las necesidades sociales, económicas y ambientales de la población. Utilizando el agua con dos fines, almacenarla para uso posterior como fuente de abastecimiento o bien infiltrándola para recargar mantos acuíferos.

8. 2. RECOMENDACIONES.

8. 2 .1. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Tema 1. Características económicas, ambientales y sociales que deben considerarse para un manejo sustentable del agua pluvial.

1. ¿Qué es un manejo sustentable del agua pluvial?
2. ¿Cómo se logra un manejo sustentable del agua pluvial?
3. Encuesta : ¿por qué la gente no recolecta el agua pluvial en la Ciudad de México o en X lugar?
4. ¿La gente esta dispuesta a captar el agua pluvial?
5. ¿Qué materiales se pueden utilizar para construir un sistema de recolección de agua pluvial?
6. ¿Qué usos se le pueden dar al agua pluvial?

7. ¿Cómo manejar el agua pluvial después de su uso?
8. Cotización y/o estimación de la construcción de cierto número de técnicas para recolección de agua pluvial.

Tema 2. Prevención de inundación del agua pluvial en México

1. ¿Por qué se inundan las ciudades?
2. Bajo que métodos o técnicas se puede disminuir las inundaciones en las ciudades inundables.
3. Proporción en la que se disminuyen las inundaciones manejando sustentablemente el agua pluvial.
4. Economía ahorrada gracias a la prevención de inundaciones.

Tema 3. Abastecimiento de agua potable para la población mediante el uso del agua pluvial.

1. En esta investigación se buscaría saber que tanto es posible abastecer a la ciudad o poblado mediante el uso del agua pluvial.
2. ¿Qué tipo de sistema de almacenamiento debe usarse?
3. Precauciones con respecto a la calidad de agua pluvial para consumo humano.
4. Reglamentos involucrados en la calidad de agua.
5. ¿En qué porcentaje se puede abastecer la población con el uso del agua pluvial?
6. ¿De qué depende ese abastecimiento?
7. ¿En qué casos se puede abastecer o en que sitios?, ¿bajo qué características.?
8. Análisis costo / beneficio de implementar el sistema de abastecimiento *in situ*.

Tema 4. Agua pluvial en caso de desastre.

1. Es factible o no utilizar el agua de lluvia un método de abastecimiento en caso de desastre.
2. ¿Cómo utilizar el agua pluvial en caso de desastre natural?
3. ¿En qué tipos de desastre se puede utilizar el agua pluvial?
4. Tipos de sistemas de manejo de agua pluvial para emergencias.
5. Calidad y contaminación de agua pluvial.

Tema 5. Calidad del agua pluvial y potabilización de la misma.

1. Tomar y analizar durante un año o varios meses la calidad de agua de lluvia en un estado, municipio, ciudad o colonias.

2. Comparar los resultados con la NOM-127-SSA1-1994. Calidad de Agua Potable para conocer el grado de calidad que posee el agua pluvial.
3. Filtros o técnicas necesarias para la potabilización el agua pluvial.

Tema 6. Regulación y reglamentos para el agua pluvial.

1. Propuestas de establecimiento de Políticas, Planes y Programas para la regulación del agua pluvial.
2. Propuestas de NX y NOM's para la regulación del agua pluvial.
3. Regulación del agua pluvial en distintas partes del mundo.

Tema 7. Factibilidad de aplicación de técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial en la cuenca del valle de México

1. Utilización del método cualitativo para obtener la factibilidad de aplicación de técnicas ancestrales de manejo de agua pluvial en la cuenca del Valle de México
2. Grado de sustentabilidad
3. ¿Qué técnicas pueden ser empleadas para el manejo de agua pluvial?
4. ¿Cuáles son las características de la cuenca del valle de México
5. ¿Son compatibles con las técnicas ancestrales?

GLOSARIO.

AGUA NEGRA: Líquido que poseen materia orgánica, fecal y orina.

AGUA PLUVIAL: Agua que precipita de la atmósfera la cual cae de las nubes en forma de gotas, granizo y nieve.

AGUA POTABLE: Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

ALCANTARILLADO: Sistema de estructuras y tuberías que se usan para transportar aguas residuales.

ALJIBE: Del árabe *alchibe*- depósito. Depósito subterráneo de agua de lluvia.

ANDENES: También llamadas terrazas. Trozo de terreno apto para cultivo, dispuesto en forma de escalones en la ladera de un monte, evita la erosión causada por las escorrentías de agua pluvial y favorece la infiltración.

BAJADA DE AGUA PLUVIAL: Tuberías o tubos por los cuales desciende el agua de lluvia.

BORDE: Extremo u orilla de alguna cosa.

BORDO: Pequeño dique de mampostería o tierra que se utiliza para conducir el agua. Obra que conduce y regula el agua de los escurrimientos para depositarla en los drenes y desalojarla.

CANAL: Cauce o vía artificial para conducir el agua.

CHULTÚN: Cisterna labrada en roca para contener agua de lluvia.

CISTERNA: Receptáculo para contener agua.

COLECTOR PLUVIAL: Obra que capta el agua de una zona determinada y la conduce a los drenes para desalojarla.

DESAGÜE: Canal o conducto por donde se le da salida al agua potable o al agua pluvial o al agua limpia en general.

DIQUE: Muro hecho para retener agua o para proteger algo de la fuerza o erosión del agua.

DRENAJE: Sistema que da salida a el agua. Por lo general lleva aguas negras, aunque en una ciudad puede existir un drenaje de agua pluvial el cuál sólo lleva agua de lluvia.

ESTANQUE: Depósito artificial de agua y de poca profundidad construida con motivo ornamental.

JAGÜEY: Zanja llena de agua, ya sea artificialmente o por la topografía del terreno, usualmente se llena de agua de lluvia o si esta cerca de un afloramiento rocoso, por agua subterránea.

LADERA: Declive de un monte.

LAGO: Del latin *lacus*, Extensión de agua dulce rodeada de tierra. Son de origen variado por ejemplo: tectónico, volcánico, kárstico o glacial. En las regiones semiáridas y áridas a menudo son temporales y pueden ser salados.

LAGUNA: del latin *lacuna*, retención natural de agua generalmente dulce, a veces salubre, de dimensiones modestas en comparación a un lago.

MANANTIAL: Lugar en el cual brota el agua de manera natural, lugar en donde nacen las aguas. Son los puntos en que la superficie del terreno corta el nivel de agua subterránea, la corriente de ésta brota del suelo.

POZO: Hoyo profundo que se hace en la tierra para encontrar agua. **POZA:** Charca o concavidad con agua detenida.

SASCAB: Rocas impermeable sin consolidar de consistencia frágil.

TERRACEADO: Conjunto de terrazas.

TERRAZA: Trozo de terreno apto para cultivo, dispuesto en forma de escalones en la ladera de un monte. Llanos de aluvión dispuestos en escalones con escarpadas pendientes que descienden de uno a otro hasta el nivel por donde corre el río.

TERRAZA DE RELLENO: Es aquella terraza rellenada naturalmente, usualmente las terrazas prehispánicas pertenecen a este género.

TERRAZA DE CORTE: Son aquellas terrazas que son rellenadas por el hombre utilizando la misma tierra de la ladera.

VASO REGULADOR: Sistema colector de aguas pluviales que se encarga de encauzarlas y conducir las para prevenir la inundación de ciertas zonas.

ZANJA: Surco que se abre en la tierra por la corriente de arroyo o artificialmente.

BIBLIOGRAFÍA

(2005). *Edición especial «Agua»*. La Jornada. México.

ADKINS, Roy A. (1998). *Handbook to life in ancient Rome*, editorial.Oxford University Press US. Estados Unidos de Norteamérica.

AMADOR, Alberto (1991). *Aspectos Urbanos en Monte Albán y Arquitectónicos en Teotihuacán*. Jornadas de Arquitectura Prehispánica en Mesoamérica I segunda parte No. 13 Octubre 1991.

ANAYA, Manuel (2000). *Manual de captación y Aprovechamiento del agua de lluvia*. Oficina Regional de la FAO para América latina y el Caribe, Santiago, Chile p.p.118-160.

ANGULO VILLASEÑOR, Jorge(1990).El *Axayotl: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo. Agricultura indígena: pasado y presente*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chata México D.F. p.p.89-107.

ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. Arqueología 2. Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. México. P.p. 37-83.

AYALA Carcedo Francisco Javier, OLCINA Cantos, Jorge. (2002). *Riesgos Naturales*. Editorial Ariel, Barcelona España.

BLOSSIERS PINEDO, Javier, et. al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú. Manual de Captación y Aprovechamiento del agua de lluvia.p.p.195-199*

BOLT, A Bruce (2003). *Terremotos*. Editorial Reverté. Barcelona España.

BUTLER David, Fayyaz Ali Memon (2006). *Water demand management*. IWA Publishing. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 28-61

COHEN, Steven (2006). *Understading environmental policy*. Columbia University Press. New York.

CONOLLY DODGE, Peter (2001).*The Ancient City: Life in Classical Athens and Rome*. Editorial Oxford University Press. Gran Bretaña. P.p. 134-135.

CLAYDEN, Andy(2007) *Rain gardens : sustainable rainwater management for the garden and designed landscape*. Timber Press, Inc

GIDDENS, Anthony (2010). *La política del cambio climático*. Alianza Editorial. Madrid.

IZEMBART Hélène, LE ROUDEC bertrand (2003). *Waterscapes - El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Editorial Gustavo Gil.

- KÖNING, Klaus W.(2001): *The Rainwater Technology Handbook - Rainharvesting in Building*. WILO-Brain, Dortmund, Germany.
- IZEMBART, Hélène, LE BOUDEC, Bertrand (2002).. *Waterscapes: el tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Editorial Gustavo Gil, Barcelona España p.p.20
- LEY DE AGUAS NACIONALES (1992)
- LEY DE AGUA DEL ESTADO DE MÉXICO (2011).
- LEY DEL AGUA PARA CHIAPAS(2000).
- LEY DE USOS DEL AGUA DEL ESTADO DE TABASCO(2005).
- LÓPEZ de Juárez, Rocío. CABEZA Pérez, Alejandro. (2000). *La vegetación en el diseño de espacios exteriores*. UNAM . Facultad de Arquitectura, México.
- LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado, México p.p.91-160
- MALISSARD, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*, editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica.
- MARGAIN Carlos (1951). *Funcionalismo arquitectónico en el México Prehispánico*. ENAH. México D.F.
- MARTÍNEZ GONZÁLEZ, Lorena (2008). *Árboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su zona metropolitana*. Fundación Xochitla. Estado de México. México.
- MAYS. W.Larry (2001). *Stormwater Collection Systems design handbook*. Mc GrawHill, Nueva York.
- MORELOS García, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacán. Conjunto Plaza Oeste y Complejo Calle de los Muertos* ed. Colección Científica 274 INAH, México D.F.p.p.20-84
- MORENO GUTIÉRREZ, Emmanuel Ricardo (2001). *Los vasos reguladores y su influencia en el Diseño Urbano y Arquitectónico Caso de Estudio: el Área del Valle Bajo en El Paso, Texas, EE.UU*. Tesis para Maestría en Diseño Arquitectónico, Facultad de Arquitectura p.p. 3-20.
- MUSSET, Alain (1992). *El agua en el valle de México*. Siglos XVI-XVIII. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de Estudios mexicanos y centroamericanos. México.
- NEVADO Jimenez, Maria Belen (2010). *Catástrofes: Organización de la logística Humanitaria*. http://cooperantes.proyektokalu.com/wp-content/uploads/LOGISTICA_HUMANITARIA.pdf
- OÑATE, Juan José (2002). *Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de políticas, planes y programas*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid España.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (2000) *Manual de Captación y aprovechamiento de agua de lluvia*. Oficinas de la FAO. Santiago, Chile

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE SUMINISTROS EN EL SECTOR SALUD Washington, D.C.: OPS, © 2001

PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal (1880-1987)*. Taller de Investigación UNAM. México D.F.

PETRI S. Juuti, Tapio S. Katko, Heikki S. Vuorinen. (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*, IWA Publishing, Estados Unidos de Norteamérica p.p.13-189,480- 483

RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 26 -30.

SANSORES Francisco Jr. (1992).. *El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13 p.p.19-26.

SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*, Editorial siglo XXI. México. 70-75.

SEJOURNÉ, Laurette (2002). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacán*, Editorial siglo XXI, México. 120-12

SILVA, José Teodoro et al. *Vulnerabilidad acuífera como herramienta de política ambiental para la protección de manantiales en Michoacán* México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental v. 26 n.1 México Febrero 2010.

VITRUVIO, Marco (1997). *Los diez libros de la Arquitectura*. Editorial Alianza, Madrid, versículo 50-51 p.p.207

ZAPATA, Renée (1989). *Los chultunes*, México, INAH.

Internet.

AGUA. ORG- Consultada el 8 de mayo del 2011. www.agua.org.mx

ARCHIVO HISTÓRICO DEL AGUA- Consultado el 7 de marzo del 2011 de <http://archivohistoricodelagua.info/mx>

HISTORIA DEL PLUVIÓMETRO- Consultado el 15 de diciembre del 2011 de <http://www.pluviometro.com/temasdivul/histo.html>

Consultado el 7 de marzo del 2011 de http://www.zerowastenetwork.org/espanol/documentos/treasure_sp.pdf

REFERENCIAS

- ¹ LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado p.p. 90-152.
- ² RENDÓN, Ricardo (1990). *Dos haciendas pulqueras en Tlaxcala 1857-1884*. ed. Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala, Universidad Iberoamericana departamento de historia. p.p. 200-207.
- ³ IZEMBART, Hélène, LE BOUDEC, Bertrand (2002).. *Waterscapes: el tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Editorial Gustavo Gil, Barcelona España p.p.20
- ⁴ http://docencia.udea.edu.co/bibliotecologia/seminario-estudios-usuario/unidad4/estado_arte.html
- ⁵ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 26
- ⁶ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 26- 27
- ⁷ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p.27
- ⁸ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p.27
- ⁹ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 27
- ¹⁰ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 27
- ¹¹ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 27
- ¹² RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 29
- ¹³ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 29
- ¹⁴ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 30
- ¹⁵ RODRÍGUEZ Moguel, Ernesto A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. p.p. 30
- ¹⁶ www.inegi.gob.mx
- ¹⁷ http://www.sma.df.gob.mx/avu/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=79
- ¹⁸ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p.15
- ¹⁹ MORENO GUTIÉRREZ, Emmanuel Ricardo (2001) *Los vasos reguladores y su influencia en el Diseño Urbano y Arquitectónico Caso de Estudio: el Área del Valle Bajo en El Paso, Texas, E.U.A.* Tesis para Maestría en Diseño Arquitectónico, Fac. Arquitectura p.p.7 60 Ibidem p.p.17
- ²⁰ Ibidem p.p. 17-18
- ²¹ MUSSET, Alain (1992). *El agua en el valle de México*. Siglos XVI-XVIII. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de Estudios mexicanos y centroamericanos. México.

-
- ²² Memoria del Drenaje Profundo, DDF, 1975, vol II, p.p. 219.
- ²³ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p. 41
- ²⁴ ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html
- ²⁵ ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html
- ²⁶ <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s02.htm>
- ²⁷ <http://ing.unne.edu.ar/pub/inf1.pdf>
- ²⁸ http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua
- ²⁹ http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua
- ³⁰ http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua
- ³¹ <http://www.ciclohidrologico.com/>
- ³² http://www.zerowastenetwork.org/espanol/documentos/treasure_sp.pdf
- ³³ http://www.zerowastenetwork.org/espanol/documentos/treasure_sp.pdf
- ³⁴ PETRI, Jutti S. et al (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*. IWA Publishing. Estados Unidos de Norteamérica p.p.13
- ³⁵ PETRI, Jutti S. et al (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*. IWA Publishing. Estados Unidos de Norteamérica p.p.18-23.
- ³⁶ PETRI, Jutti S. et al (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*. IWA Publishing. Estados Unidos de Norteamérica p.p.24.
- ³⁷ MALISSARD, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*, editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica.
- ³⁸ CONOLLY DODGE, Peter (2001). *The Ancient City: Life in Classical Athens and Rome*. Editorial Oxford University Press. Gran Bretaña. P.p. 134-135.
- ³⁹ MALISSARD, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*, editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica.
- ⁴⁰ <http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/italy.html>..... 20/05/2011
- ⁴¹ PETRI, Jutti S. et al (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*. IWA Publishing. Estados Unidos de Norteamérica p.p.142-143
- ⁴² Un ejemplo de manual es el del manejo de agua de Portland Oregón, publicado en la página oficial de Portland. <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=43110>, o el manual de Texas. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*.
en los cuales se habla de sistemas de almacenamiento e infiltración para el adecuado manejo de agua pluvial. Está disponible a todo público.
- ⁴³ (2005). *Edición especial «Agua»*. La Jornada. México. p.p. 07
- ⁴⁴ (2005). *Edición especial «Agua»*. La Jornada. México. p.p. 06
- ⁴⁵ Según SEMARNAT noventa por ciento de los 40 ríos que abastecen la cuenca hidrológica de la Ciudad de México han sido entubados porque se han convertido en drenajes de aguas negras que desembocan en su mayoría en el Gran Canal del Desagüe.
- ⁴⁶ MUSSET, Alain(1992). *El Agua en el Valle de México Siglos XVI-XVIII*. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos. México p.p. 43-53.
- ⁴⁷ MARTÍNEZ GONZÁLEZ, Lorena (2008). *Árboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su zona metropolitana*. Fundación Xochitla. Estado de México. México. p.p. 38
- ⁴⁸ MUSSET, Alain(1992). *El Agua en el Valle de México Siglos XVI-XVIII*. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos. México p.p. 188.

-
- ⁴⁹ MUSSET, Alain(1992). *El Agua en el Valle de México Siglos XVI-XVIII*. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos. México p.p. 199.
- ⁵⁰ <http://www.mexicomaxico.org/zocalo/zocalo.htm>
- ⁵¹ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal (1880-1987)*. Taller de Investigación UNAM. México D.F. p.p.9
- ⁵² Ibidem p.p 13-15
- ⁵³ MUSSET, Alain (1992). *El agua en el valle de México*. Siglos XVI-XVIII. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de Estudios mexicanos y centroamericanos. México.
- ⁵⁴ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal (1880-1987)*. Taller de Investigación UNAM. México D.F. p.p. 13-15
- ⁵⁵ www.agua.org.mx
- ⁵⁶ MUSSET, Alain (1992). *El agua en el valle de México*. Siglos XVI-XVIII. Editorial Pórtico de la Ciudad de México. Centro de Estudios mexicanos y centroamericanos. México. P.p. 188.
- ⁵⁷ MARTINEZ, González Lorena (2008). *Árboles y Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana*. Fundación Xochitla, Estado de México, México. p.p. 38
- ⁵⁸ http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/issues_scarcity.html
- ⁵⁹ CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable y Drenaje y Saneamiento.
- ⁶⁰ http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4052000/4052657.stm
- ⁶¹ www.agua.org.mx
- ⁶² Organización Panamericana de la Salud Logística y gestión de suministros en el sector salud Washington, D.C.: OPS, © 2001
- ⁶³ NEVADO Jimenez, Maria Belen (2010). *Catástrofes: Organización de la logística Humanitaria*. http://cooperantes.proyectokalu.com/wp-content/uploads/LOGISTICA_HUMANITARIA.pdf
- ⁶⁴ BOLT, A Bruce (2003). *Terremotos*. Editorial Reverté. Barcelona España.
- ⁶⁵ AYALA Carcedo Francisco Javier, OLCINA Cantos, Jorge. (2002). *Riesgos Naturales*. Editorial Ariel, Barcelona España.
- ⁶⁶ Ibidem p.p. 413.
- ⁶⁷ ley de aguas para el Estado de México. Capítulo III y Capítulo VI.
- ⁶⁸ Ley de aguas para el Estado de Chiapas p.p. 7, 57
- ⁶⁹ LÓPEZ de Juárezbelz, Rocío. CABEZA Pérez, Alejandro. (2000). *La vegetación en el diseño de espacios exteriores*. UNAM . Facultad de Arquitectura, México.
- ⁷⁰ <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- ⁷¹ <http://www.astromia.com/glosario/temperatura.htm>
- ⁷² <http://www.astromia.com/glosario/viento.htm>
- ⁷³ <http://www.astromia.com/glosario/precipitacion.htm>
- ⁷⁴ <http://es.thefreedictionary.com/visibilidad>
- ⁷⁵ <http://www.astromia.com/glosario/presion.htm>
- ⁷⁶ LÓPEZ de Juárezbelz, Rocío. CABEZA Pérez, Alejandro. (2000). *La vegetación en el diseño de espacios exteriores*. UNAM . Facultad de Arquitectura, México.
- ⁷⁷ <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Acrisol.htm>
- ⁷⁸ <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Andosol.htm>
- ⁷⁹ <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Histosol.htm>
- ⁸⁰ <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Regosol.htm>

⁸¹ <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Solonchak.htm>