

ÍNDICE	
Objetivos	1
Introducción	2
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	6
1.1 PRECIPITACIÓN	7
1.2.1 <i>Definiciones</i>	7
1.2.2 <i>Mediciones de precipitaciones</i>	12
1.2.3 <i>Análisis de los datos de precipitación</i>	20
1.2.4 <i>Tormentas de diseño</i>	30
1.2 INFILTRACIÓN	36
1.2.1 <i>Definiciones</i>	37
1.2.2 <i>Métodos para el cálculo de la infiltración</i>	37
1.2.3 <i>Medición de la infiltración</i>	38
1.3 ESCURRIMIENTO	40
1.3.1 <i>Aforo</i>	43
1.3.1.1 <i>Sección control</i>	44
1.3.1.2 <i>Relación sección-pendiente</i>	45
1.3.1.3 <i>Nociones generales de canales rectangulares</i>	47
1.4 EVAPORACIÓN	50
1.4.1 <i>Definiciones</i>	50
1.4.2 <i>Fórmulas empíricas para el cálculo</i>	51
1.4.3 <i>Medición de la evaporación</i>	51
1.5 BALANCE DE AGUA	52
CAPÍTULO 2 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	54
2.1 JUSTIFICACIÓN	55
2.2 DESARROLLO	56
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DE LUVIA	62
3.1 MÉTODOS PARA RECABAR INFORMACIÓN	63
3.2 PRESENTACIÓN ORDENADA DE LOS DATOS	64
3.3 PLANTEAMIENTO DE LA RELEVANCIA DE LOS DATOS RECABADOS	66
3.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS MEDIANTE MÉTODOS PERTINENTES	67
3.5 LLUVIA DE DISEÑO	70
CAPÍTULO 4 DISEÑO	71
4.1 CONDICIONES Y CONSIDERACIONES INICIALES	72
4.1.1 <i>Hidrogramas</i>	74
4.2 PLANTEAMIENTO DEL ARREGLO EN FORMA GENERAL	83
4.2.1 <i>Descripción del sistema y su funcionamiento</i>	83
4.2.2 <i>Descripción de las partes del sistema</i>	84
4.2.2.1 <i>Jardines para filtración y retención</i>	84
4.2.2.2 <i>Vertedor</i>	85

4.2.2.3 Lecho filtrante	85
4.2.2.4 Manejo de excedencias	86
4.2.3 <i>Arreglo general</i>	86
4.3 DIMENSIONAMIENTO ACORDE A LOS DATOS RECABADOS	87
4.3.1 <i>Dimensionamiento final del sistema</i>	96
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	97
5.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	98
5.2 INFLUENCIA DEL SISTEMA EN PROPÓSITOS DEL PROYECTO	100
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES	102
6.1 COMENTARIOS	105
6.2 REFERENCIAS	106
ANEXOS	107
Glosario	108
Planos y diagramas	110

Objetivo General

Desarrollar un sistema de aprovechamiento sustentable del agua de precipitaciones pluviales locales utilizando sistemas de captación y filtración viables para el reuso en sistemas que no requieran la calidad de potable.

Objetivos específicos

Desarrollar un sistema hidráulico de captación, filtración y conducción de agua de lluvia, con base en los principios hidráulicos e hidrológicos pertinentes, con el propósito de obtener el mayor aprovechamiento posible a partir de un sistema simplificado.

Desarrollar un sistema hidráulico de filtrado *in situ* en el área de captación para el uso general del agua en servicios secundarios de los edificios.

Desarrollar una metodología para estimar la fracción aprovechable de agua de lluvia con respecto a las precipitaciones totales de la zona.

Diseñar un sistema de jardineras filtrantes, áreas verdes con subbase de filtración, incluyendo los dispositivos utilizados para interconexión, vertido de demasías, bajodrenes y conducción al sistema de almacenamiento.

Introducción

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un proyecto para el aprovechamiento sustentable del agua de lluvia con opciones para utilización en las necesidades de un edificio con área o extensión de terreno limitada y; en consecuencia, para amortiguamiento de gastos picos de los escurrimientos. Lo anterior con el propósito de desarrollar un método genérico para el aprovechamiento de los recursos hidrológicos en inmuebles de características semejantes.

Dentro del escrito se presentan los resultados, primordialmente del trabajo de investigación realizado para sentar las bases dentro del ámbito teórico, necesarias para delimitar el contexto de trabajo.

Es pertinente mencionar que el proyecto surgió para su realización dentro del área metropolitana del valle de México, es decir en la zona del Distrito Federal y el estado de México. Por lo tanto es necesario tomar en cuenta las condiciones climatológicas y el contexto en el cual se ambienta el inmueble.

Dentro del contexto de la zona geográfica de la ciudad de México es recurrente la mención del problema de escasez de agua para los usos domésticos diarios por parte de la población ya que son estos usos a los que se destina la mayoría del agua que se abastece a la ciudad. Se debe tomar en cuenta al abordar esta problemática que la falta del agua para el abastecimiento no es necesariamente un sinónimo de falta del recurso, más bien refleja la ineficacia en su administración ya que la cuenca del valle de México es una zona rebosante del líquido vital, lo cual hace que el hablar de escases en dicha zona sea una situación casi risible.

Actualmente la zona del Distrito Federal y la del estado de México reciben abastecimiento por parte de dos tipos de fuentes y en un porcentaje distinto por parte de cada una. Primero que nada, se menciona que aproximadamente el 70% del agua total suministrada proviene de diversos pozos ubicados por toda la zona de la cuenca del valle de México, y el otro 30% es suministrado desde las cuencas del Lerma y Cutzamala, solo un pequeño

porcentaje de éste último es suministrado por el agua superficial de la cuenca del valle de México.

Ambas fuentes presentan diversos problemas de sobreexplotación y altos costos por la conducción desde las otras fuentes, entre otros factores. También puede mencionarse que la sobreexplotación de los acuíferos de la cuenca del valle de México conlleva no solo al agotamiento de las reservas del mismo, sino también a problemas de hundimientos del subsuelo del valle de México.

El tratamiento que debe darse al agua proveniente de las principales fuentes también es un factor a considerar ya que el agua debe recibir múltiples tratamientos entre los cuales se cuentan la precloración, la sedimentación y floculación además de la desinfección con el fin de alcanzar la calidad establecida por la Norma Oficial Mexicana 127 de la Secretaría de Salud. Está claro que todos estos tratamientos implican un costo, además de que la calidad establecida por esta norma maneja únicamente límites permisibles para el consumo del agua, por lo general la mayoría del uso del agua no se da en el ámbito del consumo, sino dentro del área de sanidad para lo cual tal vez no es necesaria la calidad establecida por la norma.

Si se observa con detenimiento el uso doméstico que se le da al agua potable dentro de la ciudad de México se pueden determinar las siguientes cifras aproximadas que ilustran parte de la problemática:

- 40% para el uso de excusados
- 30% para aseo personal
- 15% para el lavado de ropa
- 5% para bebida y comida
- 4% para otros usos

Analizando los estimados anteriores se logra una observación importante, que consiste en señalar que prácticamente la mitad del agua para uso doméstico se utiliza para fines sanitarios y más concretamente en el uso diario del inodoro. Cabe mencionar que para el uso sanitario, la calidad del agua abastecida y señalada por la NOM 127 SSA es excesiva. Esto se traduce en un claro desperdicio del agua potable la cual no solo recibe un mal uso, sino que también se refleja en tratamientos y gastos innecesarios.

Tomando en cuenta lo anterior debe considerarse una solución que permita mitigar este problema con los recursos ya existentes en la zona. Ya que es bien sabido que en la ciudad de México existen recursos desperdiciados en cuanto a aprovechamiento pluvial.

Primero que nada se debe mencionar el hecho de que en la ciudad de México el aprovechamiento pluvial es prácticamente nulo. Esto es debido a que el agua de las precipitaciones, entre ellas abundantes tormentas que tienen lugar en la zona, es desviada directamente al drenaje donde a falta de una separación para las aguas de diversas calidades, se ve mezclada con el agua residual. Esto provoca que el tratamiento resulte costoso, a diferencia de los requerimientos si se utilizara un drenaje separado para el agua de las precipitaciones. Ésta podría ser reutilizada para funciones diversas con un tratamiento más simple que para potabilización.

El trabajo aquí presentado se enfoca a mitigar la problemática inicial de proporcionar una calidad excesiva del agua para el uso sanitario. Es por esto que la solución presentada o sugerida es la captación, filtración, almacenamiento y conducción del agua de lluvia para los usos sanitarios básicos.

Como la solución debe ser a corto plazo y por lo tanto no es viable proponer la construcción de un nuevo sistema de drenaje en la ciudad para estos fines, esta medida puede ser implementada de manera particular. Por tal motivo este trabajo de investigación se centra en la aplicación de un sistema de recolección únicamente para edificios que ocupen un área determinada, con el fin de proporcionar una solución genérica y altamente aplicable en un lapso significativamente corto y con una eficiencia aceptable.

La solución propone, esencialmente, la captación del agua de lluvia con un tratamiento posterior para su aprovechamiento. El tratamiento consiste principalmente en filtración a través de un lecho de materiales porosos con el fin de remover los sólidos suspendidos.