



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**II ENCUENTRO "EL POSGRADO EN LA INGENIERÍA CIVIL", ESIA U. ZACATENCO,
MAYO 21 AL 23 DEL 2012.**

CAPTACION Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA

Luis Jesús Osornio Berthet, IPN ESIA SEPI U-Z., Área Ambiental, osornioberthet@hotmail.com

RESUMEN

El impacto que ha tenido la mano del hombre sobre la Tierra y las consecuencias que esto ha causado, han hecho indispensable la implementación de estrategias orientadas a la protección y el cuidado del medio ambiente. El agua es un recurso natural de suma importancia para cualquier forma de vida en el planeta. Sin embargo, en la actualidad, la contaminación y la sobreexplotación del recurso nos han obligado a buscar alternativas sustentables que nos provean de este vital líquido.

Una de esas alternativas es el uso del agua que precipita. En el presente trabajo se da una propuesta de diseño para un sistema eficiente de captación de agua de lluvia, proponiendo la construcción de algunas adecuaciones en las instalaciones existentes en puntos estratégicos que llevan como objetivo la captación de la mayor cantidad de agua que precipita, para su posterior tratamiento y aprovechamiento.

ANTECEDENTES

Las primeras referencias que se tienen de la cosecha del agua que cae, se remontan al Desierto de Negev, en Israel y Jordania, donde han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 2000 años a. C. donde se efectuaba desmonte de zonas para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas.

Más tarde en el sur de México la civilización maya (1000 a. C. - 1600 d. C) se desarrollaron los chultunes, que es un sistema de captación y almacenamiento pluvial compuesto de una cámara subterránea en forma de una botella, con sus entradas con un recubrimiento enyesado dirigían el agua de lluvia hacia su interior durante las temporadas de mayor precipitación pluvial.

Posteriormente en la época romana, la vivienda de las clases altas, conocida como domus, incorporaba un sistema para la captación de aguas de lluvia en la que la casa se articulaba alrededor de un patio interior en el cual se disponía un estanque que almacenaba el agua de escorrentía.

Contrario a lo que la mayoría de la gente piensa, no fue posible la utilización de presas que captaban el agua de escorrentía, sino hasta tener un sistema eficaz de tratamiento, lo cual se logró hasta el siglo XIX (presa del Pontón de la Oliva, origen del Canal de Isabel II, Madrid).

Aun así el agua captada no garantizaba las condiciones adecuadas para evitar las enfermedades, fue hasta el siglo XX cuando comienza la cloración continua del agua en

Inglaterra, extendiéndose rápidamente, y terminando con muchas de las limitaciones que antes existían.

En la actualidad los países de primer mundo cuentan con sistemas eficaces de captación, tratamiento y aprovechamiento de agua pluvial, sin embargo debido a algunos criterios para la distribución del recurso que los gobernantes ejercen, los países como México no tienen la cultura de la captación del agua que precipita, el presente trabajo va orientado hacia la difusión del cuidado al ambiente y la aplicación de los principios de sustentabilidad en todos los niveles, es por eso que en el ejemplo que se plantea se valora un recinto deportivo como lo es el Deportivo Carmen Serdán ubicado en la Delegación Gustavo A. Madero, en el Distrito federal, una zona que tiene una problemática por el vital líquido.

METODOLOGÍA

La metodología que se utilizara para el estudio de la zona y las variables que se intervienen para un proyecto de esta índole son las que continuación se describe:

- Análisis del sitio de estudio

Antes de establecer la zona donde se implementara el sistema de captación de agua de lluvia, se debe conocer cuales son las propiedades del sitio en los diferentes ámbitos, para posteriormente teorizar cual es el efecto que va a ocasionar.

Una vez que se concluyo que el efecto que causara es favorable y que cumplirá con algunos de los principios de sustentabilidad, se procederá a determinar la superficie destinada a la recolección del agua pluvial, dicha área debe cumplir con algunas características para optimizar el funcionamiento, estas son : una pendiente mínima de 5% (en caso de cualquier superficie en la que su coeficiente de escurrimiento sea <0.2), impedir en lo posible que el agua cosechada entre en contacto con contaminantes, que este impermeabilizada o con un bajo coeficiente de filtración, preferentemente realizar adecuaciones a las instalaciones existentes para abatir costos.

En el ejemplo planteado se ensayan 2 tipos de superficie para la cosecha de agua. En uno de ellos empleando el techo de las gradas del recinto de lamina de fierro, con un coeficiente de escurrimiento de 0.8, una area de 8m X 90m y en el otro se toma una superficie natural en el que la materia orgánica, rocas, superficie de concreto hidráulico y pendientes menores al 10% están presentes, con una red de drenaje que sirve a canalizar el flujo a las zonas más bajas.

- Calculo de la precipitación pluvial neta

Basándose en la información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional a través de isoyetas y tablas donde se valora la precipitación media, se obtiene la cantidad en milímetros de agua que precipita sobre un lugar en cada mes del año, dichas cifras se multiplican por el coeficiente de escurrimiento, con la resultante se elaborara un calendario donde podemos visualizar la temporada de estiaje (Tabla 1).

CALENDARIO DE PRECIPITACIÓN NETA

MES	P MEDIA	P. NETA
	(MM)	(MM)
Enero	17.2	12.0
Febrero	11.8	8.3
Marzo	7.8	5.5
Abril	24.6	17.2
Mayo	58.1	40.7
Junio	135.6	94.9
Julio	164.2	114.9
Agosto	157.5	110.3
Septiembre	131.2	91.9
Octubre	80.4	56.3
Noviembre	13.2	9.3
Diciembre	12.3	8.6
Total Anual	814.0	569.8

Tabla 1.- Calendario de la precipitación neta

- Determinación de la calidad de agua de lluvia captada

Para establecer el tren de tratamiento que se utilizara, es necesario conocer la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias, ya sea tóxica o producida por procesos que se susciten cerca del sitio donde se recolecte.

Los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola, por lo que es imperante tener presente que los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro, en el caso de nuestro país están regidos en la norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse e agua para su potabilización".

Para establecer un Sistema de tratamiento basta con evaluar los parámetros que se muestran a en la siguiente tabla (2).

PARÁMETROS PAR LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y SU NORMATIVIDAD

PARAMETRO	NORMATIVIDAD
ph	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2011
Turbiedad	NMX-AA-038-SCFI-2001
Conductividad	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Suspendidos Totales	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables	NMX-AA-004-SCFI-2000
Coliformes	NMX-AA-42-1987
Demanda Química de Oxígeno	NMX-AA-030-SCFI-2001

Tabla 2.- Parámetros para la calidad de la calidad de agua y su normatividad

- Diseño y cálculo de los elementos que integran el Sistema de captación

Almacenamiento: Para diseñar las dimensiones del tanque de almacenamiento, se pueden tomar varios criterios, para este ejemplo se calculara de la siguiente forma:

Teniendo los datos de la precipitación media mes con mes y con la Ecuacion 1 se obtendrá el gasto (Q) en l/seg como se observa en la tabla 3.

$$Q = 2.778CIA \dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

- Q: Gasto pluvial, en l/s
- A: Área de captación, en hectáreas.
- C: Coeficiente de escurrimiento, adimensional
- I: Intensidad de precipitación, en mm/hr

TABLA PARA EL CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL

1	2	3	4	5	6
MES	P MEDIA	GASTO (Q)	GASTO (Q)	GASTO (Q)	GASTO (Q)
	(MM)	(L/SEG)	(L/25 MIN)	(M3/25 MIN)	(M3/MES)
Enero	17.2	2.9	4386.4	4.4	65.8
Febrero	11.8	2.0	3009.2	3.0	45.1
Marzo	7.8	1.3	1989.2	2.0	29.8
Abril	24.6	4.2	6273.5	6.3	94.1
Mayo	58.1	9.9	14824.3	14.8	222.4
Junio	135.6	23.0	34570.6	34.6	518.6
Julio	164.2	27.9	41866.7	41.9	628.0
Agosto	157.5	26.8	40165.7	40.2	602.5
Septiembre	131.2	22.3	33466.3	33.5	502.0
Octubre	80.4	13.7	20503.6	20.5	307.6
Noviembre	13.2	2.3	3376.5	3.4	50.6
Diciembre	12.3	2.1	3147.0	3.1	47.2
Total Anual	814.0			207.6	3113.7

Tabla 3.- Tabla para el cálculo de la Precipitación Mensual

- Columna 3 (tabla 3).- Considerando el área de 720m² y un coeficiente de escurrimiento de 0.85 obtenemos en litros por segundo el Gasto (Q).
- Columna 4 (tabla 3).- Se expresa el Gasto en litros que se obtendrá en 25 minutos (tiempo promedio de duración de la precipitación por día).
- Columna 6 (tabla 3).- Se observa el gasto en m³ que existirá en un mes, considerando 15 como el número de días que llueve en el mes.

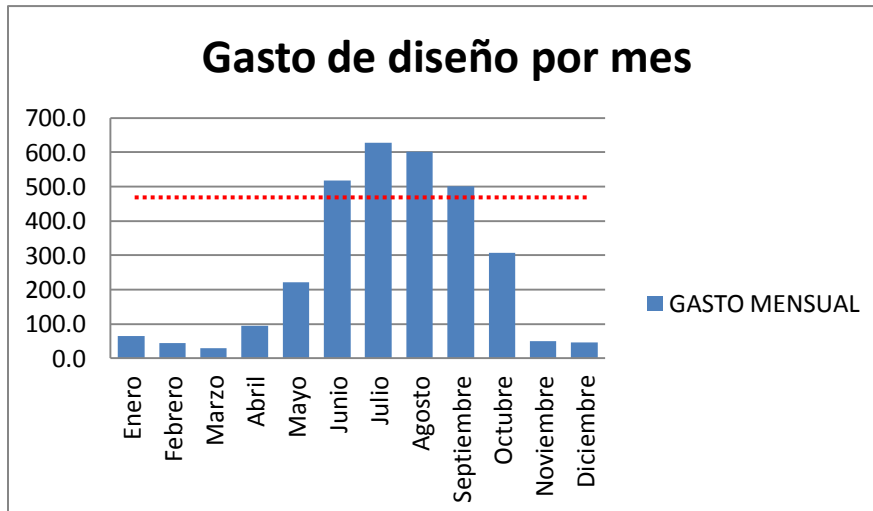


Figura 1.- Grafica del Gasto de diseño por mes, para diseño de tanque de almacenamiento

- Con la información de la columna 6 (Tabla 3), se elabora esta grafica (imagen 1), en la que bajo el criterio del proyectista se propone un volumen da capacidad para nuestro tanque de almacenamiento, en el ejemplo se ilustra con la línea punteada.

El volumen que requerirá nuestro tanque es de 420 m^3 , para obtener las dimensiones es recomendable conocer el tipo de suelo que tenemos y el proceso constructivo, debido a que para un talud con un ángulo recto se tienen diferentes alturas seguras sin la utilización de ademe.

PROFUNDIDADES CRITICAS DE EXCAVACIÓN SIN ADEME

Terreno	Profundidad crítica m.
Arena cohesiva	1,25
Arcillosos	1,50
Muy compactos, sin rocas y con martillos rompedores	1,80
Muy compactos, sin roca. Con picos	2,00
Compactos, con maquinaria y sin obreros	3,00

Tabla 4.- Profundidades críticas de excavación si ademe

Fuente: La prevención de Riesgos Laborales en el Sector de la Construcción (2007), Cap7 pp10

Tomando en cuenta lo anterior, tomaremos para este ejemplo 2m de altura, y se elaboraran 2 cisternas de 7m X 7.5m.

$$2 \text{ cisternas de } 7.5\text{m} \times 7\text{m} \times 2\text{m} = 420\text{m}^3$$

RESULTADOS

La propuesta del tren de tratamiento dependerá de la información obtenida en la determinación de la calidad de agua y la finalidad en la que se ocupe.

Con la anterior metodología se pretende diseñar un proyecto de captación y tratamiento de agua que tenga la versatilidad para integrar ambos sistemas de tratamiento (con fines de irrigación y potabilización) a los elementos actuales Identificando y seleccionando tecnologías apropiadas a las características de suelo, clima, necesidades humanas y de los cultivos de la subcuenca.

En el caso de estudio que tenemos se obtuvieron resultados en los que se excede límite permisible en las siguientes determinaciones: Sólidos disueltos, Ph, Turbiedad, Sólidos suspendidos y la presencia de coliformes totales.

CONCLUSIONES

Por lo que se consulta la norma NOM-127-SSA1-1994 y se propone utilizar el siguiente tren de tratamiento.

- Presedimentador Triangular
- Cloración
- Sedimentador
- Arena Silica
- Lámpara de rayos ultravioleta

Presedimentador triangular

En el canal de ingreso se considera un vertedero triangular para determinar el caudal de ingreso y un aliviadero para regular el caudal de diseño. A continuación se coloca un muro de ladrillo para distribuir uniformemente las líneas de flujo en toda la sección.

La recolección del agua presedimentada se realiza mediante un vertedero ubicado a todo lo ancho de la base del triángulo.

Sedimentador

Es un depósito en la que la entrada tiene la propiedad de transición que permite una distribución uniforme de los sedimentos a lo largo de la sección rectangular.

La zona de salida está constituida por vertederos, que tienen la finalidad de recolectar el efluente, sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

El área de recolección de lodos está constituida por una tolva que tiene la capacidad para depositarlos en una tubería evacuación periódica.

Arena silica

La arena de Sílice es un compuesta resultante de la combinación del Sílice con el Oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable: Si O₂. Es muy eficaz en los procesos de tratamiento de agua como en el que lo estamos utilizando.

Cloración

Es un procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación.

En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro. Una desinfección adecuada con cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

REFERENCIAS:

Caballero, Aquino Tertuliano (2006). Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferro cemento, Manual Técnico, México.

Cajina Canelo Mauricio José (2006). Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua, Costa Rica: Turrialba.

CONAGUA (2010) Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, información sobre la estación meteorológica Barrio alto sobre la precipitación media.

Dr. Manuel Anaya Garduño Coordinador del CIDECALLI-CP (2007). Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano. México: CIDECALLI-CP.

NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse e agua para su potabilización". Secretaria de Salud.

Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas. Sección 2, pp 15

Parsons, S.A. Jefferson, B. (2006). Introduction to Potable Water Treatment Processes. 1° Ed, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, Reino Unido, pp. 179