

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA ESCUELA LA PUERTA DE SANTIAGO DEL MUNICIPIO DE
TONATICO, ESTADO DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

JOSÉ PAZ GUTIÉRREZ NERI

DIRECTOR:

ING. CARLOS EDGAR RIVAS MENDOZA

MEXICO, D.F.

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor
JOSÉ PAZ GUTIÉRREZ NERI
Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/189/2013

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS EDGAR RIVAS MENDOZA que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

"CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA ESCUELA LA PUERTA DE SANTIAGO DEL MUNICIPIO DE TONATICO, ESTADO DE MÉXICO."

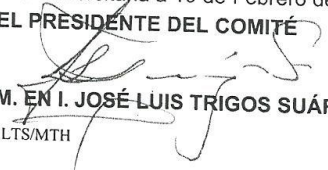
INTRODUCCIÓN

- I. EL CICLO HIDROLÓGICO**
- II. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO**
- III. FACTIBILIDAD**
- IV. COMPONENTES**
- V. DISEÑO**
- VI. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 10 de Febrero de 2014
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ


M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
JLTS/MTH

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

GRACIAS A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

AGRADEZCO LA VALIOSA COLABORACIÓN DEL ING. CARLOS E. RIVAS MENDOZA
YA QUE SIN LA MISMA NO PODÍA HABERSE LLEVADO A CABO ESTA TESIS.

AGRADEZCO A MI FAMILIA Y AMIGOS CUYO APOYO
FUE FACTOR IMPORTANTE EN NUESTRA CARRERA.

INDICE

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA ESCUELA LA PUERTA DE SANTIAGO DEL MUNICIPIO DE TONATICO, ESTADO DE MÉXICO.

	Pág.
Introducción	1
I.- El Ciclo Hidrológico	3
I.1.- Condiciones Climáticas	3
I.1.1.- Condiciones Climáticas del Municipio	5
I.1.2.- Condiciones Económicas	5
I.1.3.- Condiciones Sociales	5
I.2.- Ubicación	6
I.3.- Población Actual y Futura	7
I.4.- Aspectos Sociales de la Localidad y de las Escuelas	8
I.5.- La Marginación en los Campos de Estudio	9
II.- Descripción de las Fuentes de Abastecimiento	11
II.1.- Arboles de Resultados	14
II.2.- Ventajas y Desventajas	19
III.- Factibilidad	20
III.1.- Factor Técnico	20
III.1.1.- Aspectos Económicos	26
III.1.2.- Cisterna	26
III.1.3.- Bombeo	27
III.1.4.- Instalaciones	28
III.1.5.- Costo Total	28
III.2.- Factor Económico	29
III.3.- Factor Social	29
IV.- Componentes	30
IV.1.- Captación	30
IV.1.- Recolección y Conducción	31
IV.2.- Interceptor	33
IV.3.- Almacenamiento	34
IV.4.- Tratamiento	35
V.- Diseño	37
V.1.- Precipitación Pluvial en la Comunidad	38

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

V.1.1.-	Superficie de Captación	39
V.1.2.-	Materiales Recomendados para las Techumbres	39
V.1.2.1.-	Barro y concreto	39
V.1.2.2.-	Metal y Fibra (o Lana) de Vidrio	39
V.1.2.3.-	Tejas Compuestas o de Asfalto	40
V.1.3.-	Superficies de Madera, Alquitrán y Grava	40
V.1.4.-	Conducción del Agua de Lluvia (Canales y Tuberías)	40
V.1.5.-	Cisternas, Tanques y otros Elementos de Almacenamiento	41
V.1.6.-	Calculo de la Capacidad de Reserva de Agua de Lluvia	41
V.1.7.-	Bombas o Sistemas de Elevación de Agua	46
V.1.8.-	Espacios para Instalación del Sistema	47
V.1.9.-	Mantenimiento	47
V.1.10.-	Monitoreo y Mantenimiento	47
V.1.11.-	Capacidad de Inversión	48
VI.-	Conclusiones	49
VI.1.-	Sistema	49
VI.1.1.-	Características	49
VI.1.2.-	Sistema de Captación y Distribución	50
VI.1.3.-	Conclusiones	51
VI.1.4.-	Recomendaciones	51
	Glosario de Términos	52
	Bibliografía.	60
Anexo	Planos	61

INTRODUCCIÓN

Generalmente la selección de un tema para elaborar una tesis profesional se nos hace muy difícil, ya que uno tiene la idea que debe ser algo que no se ha planteado o visto en el ámbito de la ingeniería, sin embargo, cuando se comienza a trabajar en algo así, recordamos a los profesores que nos impartieron clases en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ellos fueron pieza fundamental, ya que nos transmitieron los conocimientos necesarios para poder dar solución a los problemas de manera ingeniosa.

Por tanto, mediante una tesis, se trata de resolver un problema que a siempre vista se piensa que no existe hoy en día, el cual es que muchas escuelas tiene es el suministro de agua para satisfacer sus necesidades cotidianas, sin darse cuenta que la solución esta hay presente, solo hace falta ingeniárselas y realizar algunas adecuaciones a sus instalaciones para que la naturaleza nos ayude.

Pero debe ir a la par una cultura del agua ya que en un futuro no muy lejano se va a sufrir de este vital liquido si no lo cuidamos, es por eso que a los maestros como a los alumnos, ahí que irlos encausando al cuidado del agua, porque a fin de cuentas van a salir beneficiados tanto seres humanos como la naturaleza.

El proyecto que se plantea es atender los requerimientos de agua de los sanitarios de la escuela “La Puerta de Santiago”, mediante la Captación Pluvial y la Construcción de Almacenamientos que garantice un abasto continuo todo el año.

La escuela se ubica en Tonalico, Municipio localizado en el Valle de Toluca, el cual se caracteriza por la preocupación de sus autoridades y su población por la preservación ecológica.

Se pretende sea un proyecto modelo aplicable en todo el Valle de Toluca, ya que su principal objeto es el evitar extracciones adicionales al acuífero de Toluca, además de crear conciencia en la sociedad y sus autoridades sobre el uso de Tecnologías Alternativas para la dotación de agua.

Actualmente la falta de agua en Tonalico se manifiesta claramente por el número de horas que se recibe el servicio de agua potable a sus habitantes. En el caso específico de esta Institución Educativa solo se cuenta con el servicio dos horas y media al día y hasta las 10:00 A.M., ya que la red no es suficiente para la distribución del agua.

El análisis de las posibilidades para resolver este problema conjuntamente con la preservación del acuífero, convoco a revisar alternativas sencillas, cuyo funcionamiento tiene importantes ventajas incluso en lo financiero a largo plazo, por lo que lo convierte en un proyecto piloto a considerar.

Para entender este problema primero se tiene que saber que es el ciclo hidrológico como se desarrolla y como podemos sacar provecho, también se deben conocer las condiciones climáticas del municipio, las condiciones económicas, condiciones sociales, ubicación, su población actual y a futuro, otro punto esencial son los aspectos sociales de la localidad y de las escuelas, su grado de marginación en los campos de estudio, todo esto es muy importante porque es como ir armando un rompecabezas si no tenemos estos aspectos no se puede planear la solución del suministro del agua.

Como el problema es el suministro se trato de ver las fuentes de abastecimientos tanto superficiales como subterráneos mas cercanas, se analizo que problema era mas recurrente en este caso, se presento que la mayoría de las escuelas contaba con sanitarios pero estos no se utilizaban porque no contaban con el suministro de agua (arboles de resultados), por eso se vieron las ventajas y desventajas de poder captar el agua de lluvia.

Ya teniendo la solución del suministro de agua fue necesario considerar los factores técnicos se tuvieron que tener presente la producción u oferta y la demanda de agua, los aspectos económicos se consideraron que tipo

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

de cisterna se utilizaría (concreto y/o membrana) y donde se ubicaría (superficie), que tipo de bombeo se utilizaría (eléctrico y/o fotovoltaico), que instalaciones se necesitaban, cuanto iba a costar, de donde saldrían los recursos para poder llevar a cabo los trabajos antes descritos (factor económico) y por ultimo se analizo como se presentaría en los hábitos y costumbres que pueden afectar la sustentabilidad de la intervención (factor social).

Se da una descripción de la captación, recolección y conducción, interceptor, almacenamiento y tratamiento que se le daría al agua de lluvia.

Con todos los datos narrados se procedió a diseñar, se comprobó que el Consumo de agua es igual a la Captación mas el Tratamiento mas la Precipitación media anual, se procedieron a realizar los cálculos y se realizo un análisis de los materiales que existen en tonatico con la finalidad de seleccionar los mas idóneos y que sean fáciles de conseguir para diseñar como se va a llevar a acabo la captación, recolección y conducción, interceptor, almacenamiento, así como el bombeo o sistema de elevación del agua, con que espacios se cuentan para la instalación del sistema, su mantenimiento y monitoreo, por ultimo la capacidad de inversión que se tenia que realizar.

Ya por ultimo se llevaron a cabo las conclusiones, la primera es que el proyecto es técnicamente viable para hacer un uso mas eficiente del agua dentro de las instituciones educativas, debido a que la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer completamente la demanda requerida, además se fomenta desde la niñez el concepto de sustentabilidad en materia de agua.

CAPITULO I

I.- El Ciclo Hidrológico.

El ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico, describe el movimiento en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. Aunque el equilibrio del agua en la Tierra permanece relativamente constante con el tiempo, las moléculas de agua individuales pueden circular muy rápido.

El sol dirige el ciclo calentando el agua de los océanos. Parte de esta agua se evapora. El hielo y la nieve pueden sublimar directamente en vapor de agua. Las corrientes de aire ascendentes toman el vapor de la atmósfera, junto con el agua de evapotranspiración, que es el agua procedente de las plantas y la evaporación del suelo. El vapor se eleva en el aire, donde las temperaturas más frías hacen que se condense en nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes alrededor del globo. Las partículas de las nubes chocan, crecen y se precipitan. Algunas caen como precipitaciones acumulándose como casquetes polares y glaciares, que almacenan el agua congelada. Los bloques de nieve a menudo se descongelan y se derriten cuando llega la primavera, y el agua derretida fluye por la tierra. La mayor parte de la precipitación cae sobre los océanos o la tierra, donde, debido a la gravedad, fluye sobre la superficie. Una parte de esa agua se mueve hacia los océanos. El agua filtrada pasa a las aguas subterráneas, que se acumulan y son almacenadas como agua dulce en lagos. No toda el agua fluye por los ríos. La mayor parte de ella empapa la tierra como infiltración. Un poco de agua se infiltra profundamente en la tierra y rellena acuíferos, que almacenan cantidades enormes de agua dulce durante periodos largos de tiempo. Algunas infiltraciones permanecen cerca de la superficie de la tierra y pueden emerger, acabando como agua superficial (y oceánica). Algunas aguas subterráneas encuentran grietas en la tierra y emergen. Con el tiempo, el agua sigue fluyendo, para entrar de nuevo en el océano, donde el ciclo se renueva.



Figura No. 1.1 Diagrama del ciclo del agua.

I.1. Condiciones Climáticas.

Los cambios ocurridos en varios aspectos de la atmósfera y superficie terrestre han modificado el balance de energía de la tierra a tal grado que pueden generar un cambio en el clima global.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

La Tierra absorbe radiación solar (radiación de onda corta) en la superficie y la redistribuye por circulaciones atmosféricas y oceánicas para compensar los contrastes térmicos. La energía es emitida de vuelta al espacio (radiación de onda larga) para mantener un balance entre energía recibida y emitida.

Las alteraciones a este balance ya sea por cambios en la radiación recibida, emitida o en su distribución en la Tierra, se reflejarán como cambios en el clima; a dichos cambios en la disponibilidad de energía radiativa se les conoce como forzamientos radiativos. Cuando estos son positivos tienden a calentar la superficie de la tierra, y si son negativos producirán un enfriamiento.

La atmosfera de la Tierra tiene un efecto invernadero natural en la que ciertos gases conocidos como gases de efecto invernadero (GEI) permiten el paso de la luz del sol, pero absorben la radiación del calor. Debido a que estos gases absorben el calor, mantienen la temperatura media de la superficie de la Tierra alrededor de los 15° C, sin el efecto invernadero natural, la temperatura media sería de -18° C.

Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es re-emitada a la superficie por la presencia de esos gases. Así la temperatura de superficie se elevará para emitir más energía y, aunque parte de ella quede atrapada, suficiente energía saldrá al espacio para alcanzar el balance radiactivo que mantiene relativamente estable el clima.

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son:

- **Vapor de agua (H₂ O):** Es el GEI más abundante pero no permanece mucho tiempo en la atmosfera.
- **Óxido nitroso (N₂O):** Es un GEI muy potente, el cual se produce por las actividades agrícolas y combustibles fósiles.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** Se presenta solo en una pequeña parte de la atmósfera pero es uno de los GEI más importantes, además permanece mucho tiempo en la atmósfera y, desde la Revolución Industrial, la concentración de CO₂ aumento un 30%.
- **Metano (CH₄):** El metano tiene mayor efecto de invernadero que el dióxido de carbono, ya que puede absorber más calor pero es mucho menos abundante en la atmósfera.
- **Clorofluorocarbonos (CFC):** Estos compuestos artificiales fueron producidos para uso industrial, principalmente en refrigerantes y acondicionadores de aire. Debido a su efecto adverso sobre la capa de ozono están regulados por el Protocolo de Montreal, tratado internacional enfocado a la eliminación mundial de gases que contribuyen a la disminución de los niveles de ozono por la destrucción química del mismo.

El cambio climático de la tierra absorbe la energía del sol e irradia energía hacia el espacio, pero gran parte de la energía que va de vuelta al espacio es absorbida por los GEI en la atmósfera. Debido a que la atmósfera irradia la mayor parte de esa energía de vuelta a la superficie de la Tierra, el planeta está más caliente de lo que sería si la atmósfera no tuviera dichos gases.

Si las concentraciones de gases de efecto invernadero continúan aumentando, la temperatura de la superficie del planeta mantendrá una tendencia positiva. Aún si las emisiones de estos gases se estabilizan los efectos del calentamiento perdurarán mucho tiempo, porque la mayoría de los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmósfera.

La variabilidad climática se refiere a las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa).

Cambio climático se define como la variación del estado del clima (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente en periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, define el cambio climático como: el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

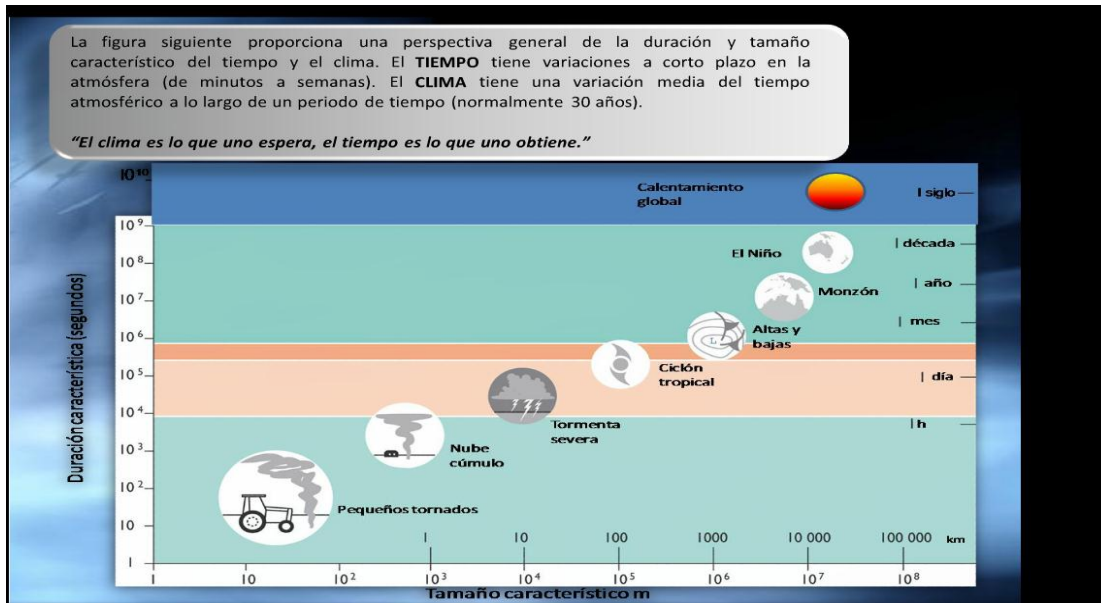


Figura No. 1.2. Comportamiento Gráfico de la Relación Tiempo-Clima.

1.1.1. Condiciones Climáticas del Municipio.

En el Municipio de Tonicato, Estado de México es una zona subtropical de altura, con una temperatura media anual de 28 grados. Lluvia por lo regular de noche y la época de lluvias es de mediados de junio a mediados de septiembre. Los vientos dominantes son sureste y no mayores de 50 k.p.h.

1.1.2 Condiciones Económicas.

En el Municipal de Tonicato, las actividades económicas son las Agropecuarias (nopal, tuna, xoconostle, zanahoria, papa, chile, calabaza, frijol, tomate verde, chícharo, maíz en grano, cebada y trigo) y las Comerciales (manufacturera, principalmente de maquinaria y equipo, de electrónicos, automotriz, textil y maquiladora; un 22% por el sector servicios; el 20% por el comercio, hoteles y restaurantes; y el 15% por los servicios financieros y actividades inmobiliarias).

1.1.3. Condiciones Sociales.

La palabra Tonicato es una deformación de Tonatiuhco, vocablo de origen náhuatl, que según Javier Romero Quiroz significa "en el sol" o "donde está el sol", de Tonatiuh Sol y co en. El topónimo se localiza en la Lamina 34 del Códice Mendocino, dibujo 44 (Romero, 1987: 119).

La cabecera Municipal es un pueblo pintoresco con casa de techos de una y dos aguas tipo colonial, con un jardín central, quiosco, portales, servicios bancarios, iglesia con gran tradición de procesiones y visitantes, restaurantes, y cibercafés

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

(servicios de Internet). Cuenta con las Grutas de La Estrella, balneario de aguas termales, parque de diversiones con albercas, cascadas de agua, puentes y vegetación atractiva al turismo.

El Municipio ha tenido a partir de 1997 alternancia política en el gobierno, unos periodos han sido gobernados por el Partido Revolucionario Institucional (PRI) otros por el Partido de la Revolución Democrática (PRD), y en el 2009 obtuvo la presidencia municipal el Partido de Acción Nacional (PAN). En el caso de gobiernos priistas y perredistas, la emigración ha sido objeto relativo de atención, ello tiene que ver en parte con la ausencia de una política federal que tienda a abatir la emigración, y a incentivar el co-desarrollo a nivel municipal, aunque en los discursos de los políticos no han faltado los saludos y las admiraciones a los que por diversas razones, pero de manera prioritaria económica, han sido forzados a abandonar su lugar natal.

El Ayuntamiento de Tonatico celebra "el día del migrante ausente" durante la fiesta del pueblo, que generalmente empieza la segunda semana de enero y concluye la primera de febrero. Muchos son los migrantes que vienen de Estados Unidos a visitar a sus familiares, sus localidades, y a celebrar la fiesta de la virgen de la Candelaria con un ritual de peregrinación que inicia en la entrada del pueblo hasta la iglesia principal.

I.2.- Ubicación.

El Municipio de Tonatico se localiza en la parte sur del Estado de México entre los paralelos 99°40´´ Longitud Oeste y 18° 48´´ de Latitud Norte.

La mayoría del territorio se ubica a los 1,650 metros sobre el nivel del mar (msnm). El Cerro de Tlacopan es la parte más alta con 2,125 metros sobre nivel del mar y "la junta de los ríos" es la parte más baja con 1,440 metros sobre nivel del mar.

Limita al Norte y al Poniente con el Municipio de Ixtapan de la Sal, al Sur con el Municipio de Pilcaya, Guerrero, y al Oriente con el Municipio de Zumpahuacán. Una pequeña punta de tierra del Municipio de Villa Guerrero entra por el Norte entre Zumpahuacán e Ixtapan de la Sal.

De acuerdo a la Secretaria de Planeación del Gobierno del Estado de México el Municipio cuenta con 91.72 km².

El Municipio de Tonatico se localiza al Sur del Estado de México a 153 kilómetros de la Ciudad de México y a 84 de Toluca, la capital de la Entidad.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

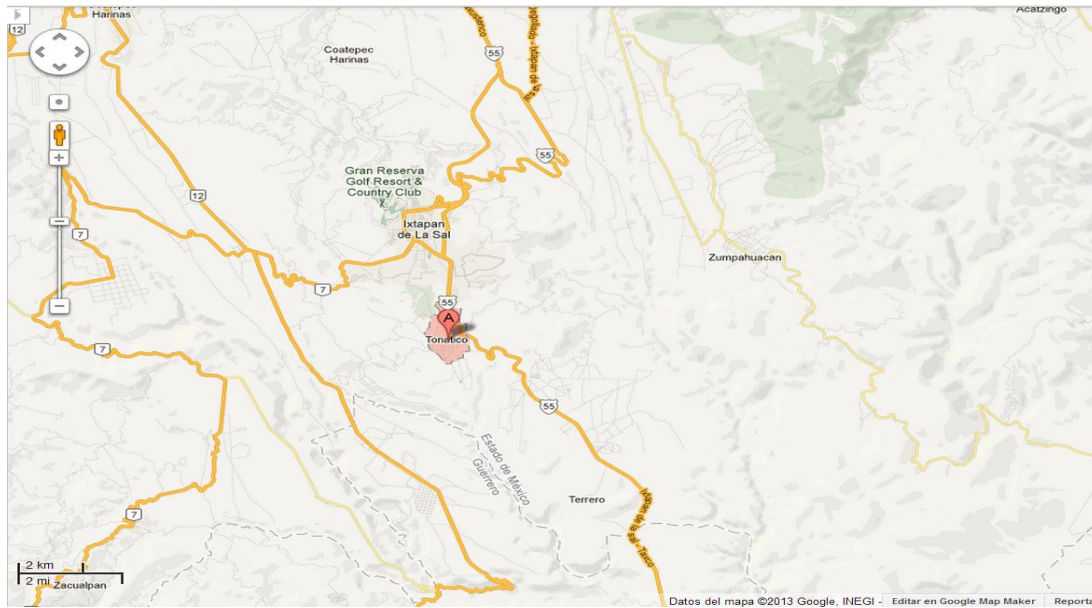


Figura No. 1.3 - Localización geográfica del Municipio de Tonalico.

Las principales localidades de Tonalico son:

- Los Amates: Actividades agropecuarias y elaboración de palanquetas de cacahuete, 600 habitantes aproximadamente.
- La Puerta: Actividades agropecuarias.
- El Terrero: Agropecuario.
- La Audiencia. Actividades agropecuarias.



Figura No. 1.4 - Ubicación de las principales localidades de Tonalico.

I.3.- Población actual y futura.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Para el año 2010, el Estado de México, entidad donde se ubica el municipio de Tonatico, registró un total de población de 15'175,862 de habitantes, siendo la entidad más poblada de la República. Es una de las entidades de reciente incorporación al flujo migratorio internacional documentado e indocumentado.

El Municipio de Tonatico tiene una Población de 12,099 habitantes según datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

De los 12,099 habitantes de Tonatico, 6,300 son mujeres y 5,799 son hombres, por lo tanto, el 47.93 % de la población son Hombres y el 52.07 % son mujeres, de acuerdo al censo de población llevado a cabo en el año de 2010.

Si comparamos los datos de Tonatico con los del Estado de México concluimos que ocupa el puesto 106 de los 125 Municipios que hay en el estado de México y representa un 0.0778% de la población total de éste.

A nivel nacional, Tonatico ocupa el puesto 1,282 de los 2,454 Municipios que hay en México y representa un 0.0106 % de la población total del país.



Figura No. 1.5 – Vista Panorámica de Tonatico.

I.4.- Aspectos sociales de la Localidad y de las Escuelas.

En sociología, se denomina marginación o exclusión a una situación social de desventaja económica, profesional, política o de estatus social, producida por la dificultad que una persona o grupo tiene para integrarse a algunos de los sistemas de funcionamiento social (integración social). La marginación puede ser el efecto de prácticas explícitas de discriminación que dejan efectivamente a la clase social o grupo social segregado al margen del funcionamiento social en algún aspecto o, mas indirectamente, ser provocada por la deficiencia de los procedimientos que aseguran la integración de los factores sociales, garantizándoles la oportunidad de desarrollarse plenamente.

La marginación puede definirse como la segregación social, incluso en términos espaciales o geográficos, aunque el término segregación se aplica mas comúnmente para planteamientos políticos de discriminación o intolerancia de tipo racial

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

(apartheid), sexual (sexismo, homofobia o transfobia), étnico disminución cultural, religioso (intolerancia religiosa) o ideológico (represión política).

La marginación consiste en la separación efectiva de una persona, una comunidad, o un sector de la sociedad, respecto al trato social; el proceso puede mostrar diferentes grados y mecanismos, desde la indiferencia hasta la represión y reclusión geográfica, y con frecuencia trae aparejada la desconexión territorial. Su carácter definitorio, sin embargo, no es el aspecto geográfico, sino el aislamiento social.

La discriminación marginal es un fenómeno vinculado con la estructura social, y está asociado con rezagos que se originan en patrones históricos y el desarrollo de un territorio determinado. Sus efectos de tipo cultural, social, educacional laboral, y económicas, entre otros. La pobreza puede ser un estado de la marginación y viceversa, aunque el hecho de que exista una, no necesariamente implica que exista la otra.



Figura No. 1.6 – Panorámica de la Comunidad de Tonicato.

1.5.- La marginación en los campos de estudio.

Las ciencias sociales son la principal disciplina que se encarga del estudio de la marginación. Tanto la pobreza como la marginación son fenómenos multidimensionales cuyo análisis y medición es una tarea compleja, debido a los diferentes marcos analíticos y criterios utilizados para su estudio. No existe una sola forma ni acuerdo en cuanto a la metodología y el tipo de indicadores que deban utilizarse para medir su dimensión. Algunos estudios se enfocan más en los aspectos económicos de la marginación, mientras que otros dan mas importancia a los aspectos sociales, por lo tanto, tampoco existe una manera única de combinar la información o generar indicadores para obtener una medición del grado de marginación.

Cabe mencionar que la exclusión social es un proceso, no una condición, por lo tanto sus fronteras cambian constantemente, y quien es excluido o incluido en el grupo de aislamiento social puede variar con el transcurso del tiempo, dependiendo del grado de educación, las características demográficas, los prejuicios sociales, las practicas empresariales y las políticas publicas. Finalmente, es necesario recalcar que no existe un concepto único de marginación que sea universalmente aceptado.

De acuerdo al grado de marginación del Estado de México el Municipio de Tonicato esta ubicado en medio del grado de marginación o sea no es muy alto su grado ni es muy bajo de marginación.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Por otra parte, la permanencia de las acciones para combatir la marginación en tales localidades, depende en mucho de la dotación de agua, sobre todo para la operación de escuelas a nivel básico, principal eje de las políticas públicas.

El generar una participación ordenada y capacitada de la ciudadanía en el marco de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, permite impulsar propuestas que fundadas en la coordinación de esfuerzos, criterios e inversiones, que brindan la oportunidad de impulsar nuevas iniciativas para proyectos productivos relacionados con el agua, una vez que se demuestre a las comunidades el potencial del presente proyecto.

Pero dado que la educación es lo único que interpretan como mecanismo para remontar los grados de marginación que viven, su temor es mayor.

Detallaron que las consecuencias de la falta de agua, además de los graves problemas de salud, son los riesgos físicos para sus alumnos y docentes causados por los frecuentes accidentes, que al verse obligados a defecar al aire libre en laderas peligrosas, los deslaves y pendientes ponen en riesgo su integridad física. Con ello el malestar y el estrés en alumnos merma la capacidad de aprovechamiento de los alumnos y convierten a las escuelas en focos de infección.



Figura No. 1.7 – Población de la Comunidad de Tonalico.

CAPITULO II

II.- Descripción de las fuentes de abastecimiento.

En general, en los sistemas municipales, el suministro de agua potable se abastece por medio de pozos. Esto, afecta al subsuelo por la falta de recarga suficiente, ya que la extracción es mucho mayor a la recarga, y la pavimentación extendida en las comunidades no permite ya una recarga natural proporcional a la extracción.

Por lo tanto, el agua que se extrae del subsuelo se encuentra cada vez más profunda, con lo que su extracción y tratamiento se encarece.

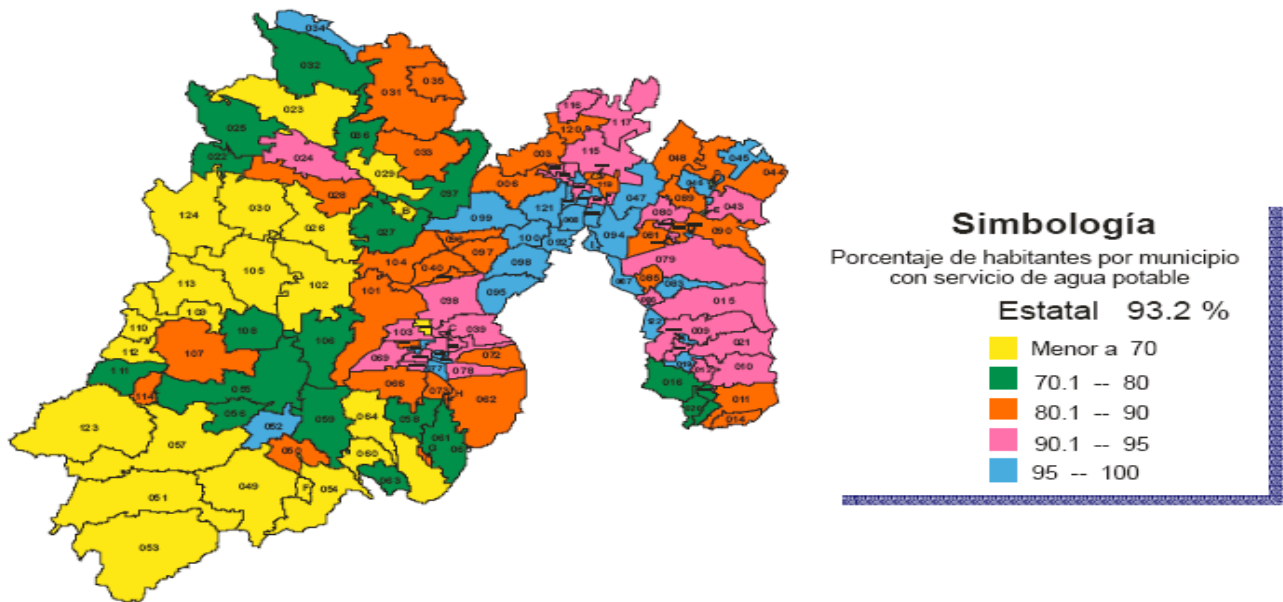


Figura No. 2.1 - Servicio de Agua Potable en el Estado de México

También los sistemas municipales se abastecen de fuentes externas como son ríos, los cuales son entubados y desviados a la comunidad en cuestión. Este caso, ya que el agua que se entuba no se devuelve limpia a la naturaleza, sino como agua residual contaminada, se incide cada día más en el problema de escasez de fuentes de agua limpia, una fuerte afectación a las cuencas hidrológicas y los ecosistemas, que de los ríos y otros cuerpos de agua dependen.

La necesidad de satisfacer a las comunidades con el vital líquido generan fuertes conflictos políticos y económicos entre entidades jurídicas por el control del agua de los ríos y fuertes afectaciones a las comunidades aledañas a estos.

De las 4 escuelas rurales que cuenta el Municipio de Tonicato, estas no cuentan con suministro de agua, el suministro por formas convencionales (red de agua potable y pozos) es inviable técnica y financieramente, lo que genera escuelas sin higiene elemental.

Lo que respecta a la dotación a nivel municipal, con información año 2000, se establece que en 1998 se concluyó una ampliación de la red de agua potable a 8 comunidades a partir del gasto disponible en el pozo del Zapote (15 Lps). La ampliación se encontraba terminada en las localidades del interior del municipio denominadas: La Puerta, El Zapote, Salinas, San Bartolo, La Audiencia y El Terrero, mientras que la ampliación de la red a las localidades de La Vega, Ojo de Agua y Tlacopan (ésta última localizada dentro del área de estudio), se encuentra en proyecto; para estas localidades se requerirá un gasto de 8 Lps, quedando un gasto disponible de 7 Lps, el cual se pretende incorporar a la cabecera municipal, sin embargo, este caudal, del pozo en El Zapote, se ha mermado recientemente, requiriéndose entonces el apoyo de pipas con agua. Para el año 2003, se sabe que el pozo El Zapote produce sólo el 40% de lo esperado, por lo que se está en la búsqueda de una nueva fuente.

El análisis físico químico y bacteriológico que se le hizo al pozo del Zapote presento las siguientes características:

No.	Compuestos Orgánicos		Método Analítico	Unidades
1	N-Nitrosodimetilamina	< 0.00286	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
2	Nitrobenzeno	< 0.00222	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

3	Isoforona	< 0.00143	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
4	2-Nitrofenol	< 0.00290	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
5	Bis(2-cloetoxi)metano	< 0.00155	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
6	2,4-diclorofenol	< 0.00123	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
7	1,2,4 triclorobenceno	< 0.00142	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
8	Naftaleno	< 0.00120	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
9	Hexaclorobutadieno	< 0.00154	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
10	4-cloro-3-metilfenol	< 0.00169	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
11	Hexaclorociclopentadieno	< 0.00173	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
12	Fenol	< 0.00211	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
13	2,4,6-triclorofenol	< 0.00251	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
14	2-cloronaftaleno	< 0.00107	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
15	acenaftileno	< 0.00124	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
16	Dimetilftalato	< 0.00116	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
17	2,6-Dinitrotolueno	< 0.00318	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
18	Acenafteno	< 0.00080	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
19	2,4 Dinitrotolueno	< 0.00223	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
20	Fluoreno	< 0.0108	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
21	Dietilftalato	< 0.00196	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
22	Azobenceno	< 0.00119	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
23	Bis(2-cloetil)eter	< 0.00183	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
24	4-Bromofenil fenil eter	< 0.00136	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
25	Hexaclorobenceno	< 0.00157	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
26	Pentaclorofenol	< 0.00176	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
27	Fenantreno	< 0.00107	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
28	Antraceno	< 0.00093	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
29	Carbazola	< 0.00159	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
30	Fluoranteno	< 0.00163	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
31	Butil-bencilftalato	< 0.00256	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
32	Pireno	< 0.00145	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
33	Benzo (a) antraceno	< 0.00291	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
34	1,3 Diclorobenceno	< 0.00192	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
35	Bis (2-etilhexil) ftalato	< 0.00313	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
36	Criseno	< 0.00199	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
37	Di-octilftalato	< 0.00223	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
38	Benzo (b) fluoranteno	< 0.00278	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
39	Benzo (k) fluoroanteno	< 0.00296	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
40	Benzo (a) pireno	< 0.00243	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
41	Indeno(1,2,3- cd)pireno	< 0.00330	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
42	Dibenzo (a,h)antraceno	< 0.00297	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
43	Benzo (g,h,i) perileno	< 0.00279	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
44	1,4- diclorobenceno	< 0.00177	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
45	1,2 diclorobenceno	< 0.00281	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
46	Bis (2-cloroisopropil) eter	< 0.00151	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
47	Hexacloroetano	< 0.00149	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
48	N-Nitrosodi-n-propilamina mg/L	< 0.00181	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
49	Compuestos Orgánicos TPH's		NMX-AA-117-SCFI-2001 EPA 418.1- 1996	mg/L
50	Secbutilbenceno	< 0.00617	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
51	Isopropiltolueno	< 0.00626	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
52	1,3 Diclorobenceno	< 0.00525	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
53	1,4 Diclorobenceno	< 0.00848	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
54	1,2 Diclorobenceno	< 0.00607	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
55	1,2 Dibromo-3-Clopropano	< 0.00615	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
56	1,3,4 Triclorobenceno	< 0.00581	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
57	Hexaclorobutadieno	< 0.00911	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
58	Naftaleno	< 0.00146	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
59	1,2,3 Triclorobenceno	< 0.00532	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
60	1,1 Dicloroetileno	< 0.00529	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
61	Cloruro de metileno	< 0.01271	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
62	trans 1,2 dicloroetano	< 0.00319	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

63	1,1 Dicloroetano	< 0.00413	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
64	Cis-1,2 Dicloroetano	< 0.00630	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
65	Bromoclorometano	< 0.00327	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
66	Cloroformo	< 0.00455	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
67	1,1,1 Tricloroetano	< 0.01177	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
68	1,1 Dicloropropeno	< 0.00389	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
69	Benceno	< 0.00415	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
70	Tetracloruro de carbono	< 0.00807	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
71	Tricloroetano	< 0.01079	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
72	1,2 Dicloropropano	< 0.00159	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
73	Dibromometano	< 0.00429	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
74	Brodiclorometano	< 0.00426	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
75	Tolueno	< 0.00119	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
76	Tetracloroetano	< 0.00567	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
77	Dibromoclorometano	< 0.00759	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
78	1,2 Dibromoetano	< 0.00753	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
79	Clorobenceno	< 0.00342	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
80	1,1,1,2 tetracloroetano	< 0.00720	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
81	Etilbenceno	< 0.00885	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
82	m- Xileno	< 0.00557	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
83	Estireno	< 0.00702	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
84	Bromoformo	< 0.00638	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
85	Isopropilbenceno	< 0.00871	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
86	Bromobenceno	< 0.00662	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
87	1,2,3 tricloropropano	< 0.00463	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
88	Propilbenceno	< 0.00416	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
89	2-clorotolueno	< 0.00409	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
90	1,3,5 Trimetilbenceno	< 0.00491	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
91	Ter-butilbenceno	< 0.00597	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
92	1,2,4 Trimetilbenceno	< 0.01116	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L
93	Butilbenceno	< 0.00569	EPA-625-1996 EPA-8270-1996	mg/L

METALES				
1	Niquel horno	< 0.005000	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
2	Mercurio FIAS	< 0.0010	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
3	Magnesio Flama	10.04800	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
4	Cromo total horno	< 0.015	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
5	Cobre flama	< 0.10	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
6	Cadmio horno	< 0.0005	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
7	Arsénico horno	< 0.005	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L
8	Zinc flama	< 0.10	NMX-AA-051-SCFI-2001	mg/L

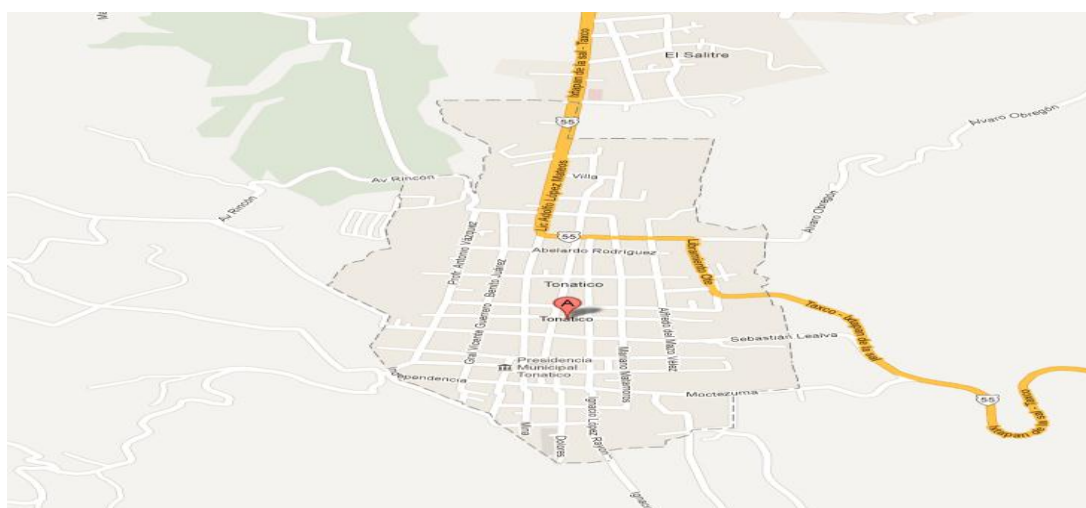


Figura No. 2.2 - Visualización del tamaño de la Población de Tonalico.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

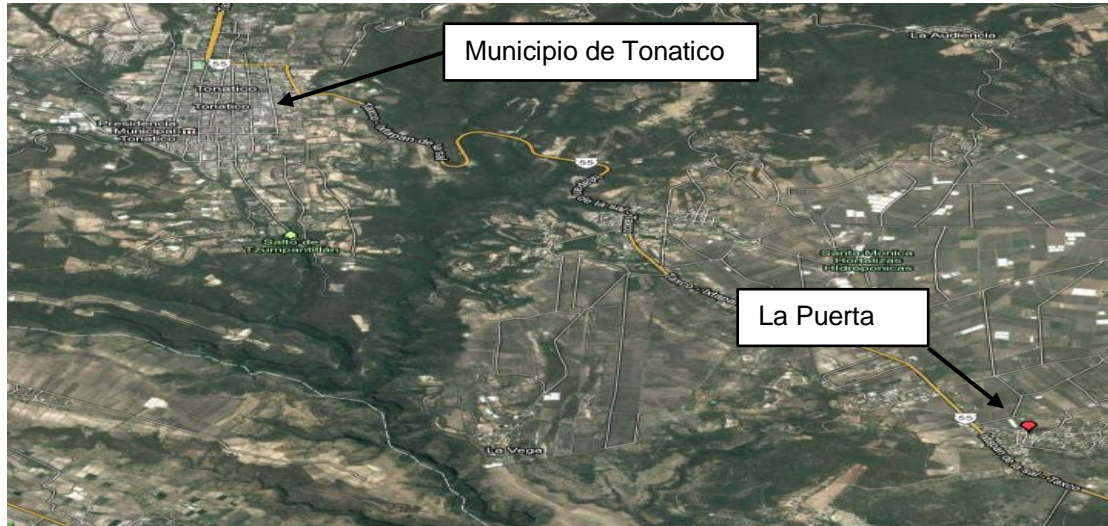


Figura No. 2.3 - Ubicación de la Comunidad la Puerta, Municipio de Tonatico, Estado de México.

La selección de las localidades y las escuelas tiene como antecedente las peticiones de la autoridad municipal de Tonatico a la CONAGUA en el Estado de México.

En atención a esas demandas, se realizó un recorrido por las localidades del municipio de Tonatico, entre personal de la CONAGUA y del ayuntamiento, para analizar las posibilidades dotar de agua potable a las primarias, jardines de niños y secundarias de esas localidades.

Se observó que la mayor parte de los planteles educativos cuentan con sanitarios, pero sin agua para atender sus necesidades elementales en cantidad suficiente o bien carecen plenamente de abastecimiento.

En tal contexto, se busco desde ese momento conocer la factibilidad social del proyecto, no sólo al interior de las escuelas, sino también de sus posibilidades de réplica.

Se encontró necesario incluir a nueve tipos de actores fundamentales. Iniciado por los alumnos y el magisterio por ser los beneficiarios directos; los padres de familia y la representación de las autoridades en la localidad por ser beneficiarios indirectos, además de ser parte del grupo de gestión que representan al alumnado en sus intereses. Así mismo, se considero involucrar a las instituciones relacionadas, empezando por el ayuntamiento de Tonatico, La CONAGUA, La Secretaria de Salud y la Unidad de Servicios Educativos Integrados del Estado de México.(SEIM), que dentro del marco de sus obligaciones esta la atención a esta población. Así por último se consideró necesaria la participación de organizaciones no gubernamentales, tanto ambientalistas como de aquellas orientadas al desarrollo social.

El resultado de este ejercicio fue que se observó que quienes ostentan mayor interés son los grupos beneficiarios de este proyecto, pero son también quienes tienen el mayor interés para su realización.

Paradójicamente los grupos con menor importancia respecto a poder e interés son las dependencias gubernamentales, salvo los ayuntamientos, lo cual se explica debido a que su interés y poder no está, ni debe estarlo, orientado a beneficiar exclusivamente a una localidad o comunidad en específico, ya que el comportamiento institucional esta acotado por normas y actuar con equidad, por ello, la fuerza del interés de la población por el proyecto es lo que cuenta.

La problemática observada por los grupos de interés se atribuye no sólo al limitado desarrollo económico en la zona y la limitada disponibilidad del recurso complicada por las características hidrogeológicas que hacen técnicamente difícil y costosa la dotación del agua. Sino que la perciben como una falta de gestión ante las autoridades, a causa de la carencia de organización al interior de las comunidades.

Pero también se percibe lo que las cifras de salud señalan respecto a sus altos índices de morbilidad de origen hídrico.

Sin embargo, lo que genera una mayor preocupación entre los grupos interesados, es el efecto que el ausentismo de alumnos y docentes producto de la falta de higiene, puede llegar a desencadenar, como el poner en riesgo la propia sostenibilidad de los planteles educativos, ya que la falta de alumnos o docentes hace cuestionable a las autoridades educativas, el mantener operando tales escuelas en las condiciones comentadas.

II.1.- Árboles de Resultados.



Figura No. 2.4 – Árbol de Problemas.

Pero dado que la educación es lo único que interpretan como mecanismo para remontar los grados de marginación que viven, su temor es mayor.

Detallaron que las consecuencias de la falta de agua, además de los graves problemas de salud, son los riesgos físicos para sus alumnos y docentes causados por los frecuentes accidentes, que al verse obligados a defecar al aire libre en laderas peligrosas, los deslaves y pendientes ponen en riesgo su integridad física. Con ello el malestar y el estrés en alumnos merma la capacidad de aprovechamiento de los alumnos y convierten a las escuelas en focos de infección.

Fue manifiesto también el problema de los altos costos que implica el raquítico suministro del agua que se llega eventualmente a realizar a las escuelas, el cual se afirmó se efectúa mediante acarreo improvisado a cargo de los padres de familia, y en algunos casos, por medio de pipas por parte del ayuntamiento, a distancias que promedian los 9 Km, por caminos propensos a deslaves continuos.

Esta realidad que enfrentan casi la totalidad de las escuelas objeto de este trabajo, es causa de gastos para población, que el proyecto podría evitar. Así mismo el ayuntamiento podrían también reencauzarlos en otros rubros del desarrollo social.

El ausentismo por enfermedades, la falta de aseo, el disgusto por la falta de agua y los altos costos resultaron ser los principales problemas a combatir.



Figura No. 2.5 - Árbol de Resultados.

Fue clara la disposición de los grupos en realizar el proyecto, principalmente por qué consideraron una forma de reducir los costos por enfermedades y accidentes, por ser la parte más cara e imprevista que atenta la paupérrima economía de los padres de familia, quienes asumen junto con el resto de los grupos interesados en el proyecto, como principal objetivo el desempeño educativo de los alumnos.

Por otra parte, los grupos de padres de familia y autoridades municipales consideraron los costos directos generados por la dotación del agua en segundo plano, ya que en la actualidad no es un servicio constante y rutinario, sino se realiza esporádicamente.

Otra de los grandes beneficios consiste en abastecer de manera suficiente de agua las escuelas municipales de Tonalico en el Estado de México, para disminuir índices de morbilidad de origen hídrico en la región. Esto se logró estableciendo los siguientes indicadores:

- Alumno/Its/día hábil.
- Índice de ausentismo por escuela por enfermedades hídricas.

Una vez que se tuviera la información recolectada, la principal acción a realizar fue contar con los proyectos ejecutivos para la realización de las obras por cada escuela, dado que las escuelas no cuentan con características físicas y de usuarios homogéneas, sino por el contrario, las necesidades varían considerablemente.

La suma de los conceptos de obra integran el costo total del proyecto, sí bien se puede gestionar por cada escuela un proyecto, se perdería la capacidad de realizarlos dada la dispersión entre las escuelas, resultando perjudicadas las que cuentan con menor número de alumnos, que paradójicamente son las más necesitadas. Es por ello que se optó por presentar los proyectos ejecutivos en dos grupos, uno por cada municipio.

La segunda acción concertada fue la firma de convenios entre los participantes, donde se establezcan los compromisos y responsabilidades que deberán observar cada uno, tanto para la implantación como para la operación de los sistemas de captación de lluvia. Se optó por realizarla mediante tres pasos, primero convocar una reunión de coordinación de actores clave, donde se establezcan las directrices, de modo que se generen los elementos para elaboración de protocolo, como segundo paso, para que por último efectuó la firma de los convenios, que serán uno por municipio.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

La tercera acción corresponde propiamente a la realización de la obra, se dividió en etapas para definir responsables en estos procesos, ya que dependerá en mucho del origen del financiamiento y su composición, de conformidad a la normatividad de lugar.

El proyecto se basa en que las superficies de captación en las escuelas del municipio de Tonicato, son techumbres en buen estado y con dimensiones suficientes.

Respecto a la superficie para la ubicación de depósitos, en su totalidad los planteles cuentan con las suficientes áreas disponibles para su colocación de tanques de dimensiones acordes a los requerimientos de captación, mediante el uso de almacenamientos de geomembrana como los empleados en el municipio de Tonicato. El principal factor de replicabilidad lo da el nivel de precipitación.

No obstante que pudiera hacerse la descripción extensiva para todas las escuelas seleccionadas, por motivos obvios se optó por seleccionar a la comunidad de la Puerta que se encuentra en el Municipio de Tonicato.

En el municipio de Tonicato la mayoría de sus comunidades las vías de comunicación no cuentan con pavimentación, estas se encuentran en la etapa de terracerías y estas se encuentran en muy mal estado, debido a un inadecuado mantenimiento, por esta razón las pocas pipas de agua potable que prestan su servicio constantemente tienen que estarlas reparando, por lo tanto el costo de un viaje de agua potable se incrementa, han existido ocasiones que no quieren proporcionar su servicio debido al mal estado que se encuentra las rutas que tienen que seguir.

El problema de los altos costos que implica el raquítico suministro del agua que se llega eventualmente a realizar a las escuelas, el cual se efectúa mediante acarreos improvisados a cargo de los padres de familia, y en algunos casos, por medio de pipas por parte de los ayuntamientos. Los costos reportados son hasta de \$200.00 el m³ puesto en las escuelas. No obstante, ya que las fuentes de abastecimiento con la capacidad de atender la demanda plenamente, se localizan hasta distancias que median entre los 45 y 50 Km., la posibilidad de dotar a la población con regularidad, implicaría costos mayores, independientemente que exista interés por los “piperos” por atender la demanda, ante la limitada capacidad económica de la población.

La captación de agua de lluvia es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano, para el uso en los sanitarios y áreas verdes. En aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y sobrevivir a ellas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia.

El país cuenta con 460 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable. Entre 2010-2030 la población del país se incrementará en 12.3 millones de personas, el incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable per cápita a nivel nacional. El decremento previsible va de 4,230 m³/hab/año en el año 2010 a 3,800 en el 2030. Con el fin de hacer frente a la disminución de la disponibilidad del agua en los próximos años, será necesario realizar acciones para reducir su demanda, incrementando la eficiencia del uso del agua en los sistemas de distribución de las ciudades.

Se puede aprovechar el agua de lluvia realizando adecuaciones en los techos de los edificios públicos, principalmente en escuelas, con el propósito de recolectar suficiente, además de incentivar la sustentabilidad del agua en las generaciones venideras.

Según los datos del SMN de México, el total de lluvia anual es de 750 mm por metro cuadrado. Considerando este valor con la superficie de un tejado de edificio de 10 m x 8.68 m se podrían esperar valores de captación de agua de 585,900 litros obtenidos.

El problema radica en que el mayor volumen de lluvia cae en pocos meses, lo que para hacer un uso total de ese volumen de agua requeriría de un volumen de almacenamiento considerablemente grande. Se propone entonces que los sitios destinados para la captación y almacenaje de agua sean los espacios públicos como escuelas, principalmente, por poseer generalmente grandes extensiones de terreno disponible. Se puede aprovechar de estos espacios para albergar tanques de almacenamiento y crear espacios verdes como viveros, hortalizas o jardines y con ello, fomentar la participación infantil y juvenil en materia ambiental.

Con el apoyo de las instituciones de educación pública, se invitaría a todos los interesados a participar en talleres enfocados a conservar el medio ambiente o se tendría esta actividad como parte integral de una educación incluyente con la naturaleza. Con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública podrían elaborarse programas de formación para estos talleres, con el fin de que se impartan como una materia más en el plan de estudios del alumno de educación pública de estas regiones.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicaco, Estado de México.

El agua de lluvia captada y almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo, los cuales solo retienen los objetos grandes como hojas piedras, arena, palos, etc., para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines, como ejemplo el filtro de carbón activado, que funciona: con carga positiva y de gran absorción el filtro de carbón activo atrae y atrapa muchas impurezas.

Se utiliza en filtros de grifo, y las unidades por debajo de la tarja de la cocina, elimina malos sabores y olores, incluso cloro, también pueden reducir sustancialmente muchos contaminantes peligrosos, como metales pesados tales como cobre, plomo y mercurio; subproductos de la desinfección, los parásitos tales como Giardia y Cryptosporidium, los plaguicidas, el radón y compuestos orgánicos volátiles como el metil-tert-butil éter (MTBE), el diclorobenceno y el tricloroetileno (TCE).

En lo que se refiere a la situación actual de las azoteas de las escuelas en el Municipio de Tonicaco, es necesario realizar limpieza de techos, eliminando musgo, excretas de aves y otros materiales, tareas que deben hacerse en forma cotidiana al inicio de la temporada de lluvia.

En los techos se encuentran diversos tipos de residuos que pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- a) **Naturales:** los cuales **no son depositados por el ser humano**, tales como plumas y excretas de aves, ramas de los árboles, entre otros.
- b) **Industrializados:** cualquier desecho que por “incultura de la gente” es lanzada intencionalmente hacia los techos como vidrios, plásticos, piedras, madera, metales, entre otros.



Figura 2.6 – Limpieza Manual de objetos arrojados.

- c) **Aquellos productos del deterioro y poco mantenimiento de los techos:** Pueden incluirse aquellos que provienen de los dos grupos anteriores, aunque su origen principal es el poco mantenimiento o conservación de los techos. Se destacan los orgánicos como el musgo, que desprende sedimentos hacia los tanques de geomembrana y el material utilizado para impermeabilizar que, con el paso del tiempo, se desprende en hojuelas del techo y puede ir directo hacia los tanques de almacenamiento. Cabe aclarar que la gran mayoría de las azoteas de las escuelas en el Municipio de Tonicaco son de loza de concreto reforzado de dos aguas.



Figura 2.7 – Creación del Musgo.



Figura 2.8 – Impermeabilización en mal estado.

El barrido y limpieza periódica de techos de aulas, sin utilizar agua, con base en la remoción de la basura, especialmente antes de la época de lluvias. En el caso del musgo, eliminarlo por raspado con una cuña.

La captación del agua para uso en los sanitarios y áreas verdes necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

En la captación del agua de lluvia para uso en los sanitarios y áreas verdes se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta.

Las tuberías utilizadas para el desalojo de agua pluvial pueden ser utilizadas para los sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

En la escuela la puerta de Santiago CBT del Municipio de Tonalico, Estado de México, el agua de lluvia solo se usa para los sanitarios y áreas verdes, para consumo humano se utiliza el agua que se abastece por medio de tubería de la red municipal.

Pero si se quisiera utilizar el agua de lluvia para uso humano se tendría que dar otro procedimiento y se incorporaría un filtro el cual es muy importante en un sistema de captación pluvial. Dicho filtro debe de tener la capacidad de retener las partículas orgánicas y minerales encontradas en la superficie captadora y en la lluvia.

Como es el de “Ósmosis Inversa” que contiene una membrana semipermeable que separa las impurezas del agua, que se utiliza bajo del fregadero, a menudo en combinación con una unidad de filtro de carbón activado o desinfección UV.

Elimina la mayoría de los contaminantes, incluyendo ciertos parásitos como Cryptosporidium y Guardia, los metales pesados como cadmio, cobre, plomo y mercurio y otros contaminantes, como el arsénico, bario, nitrato/nitrito, perclorato y el selenio.

Su funcionamiento debe de ser auto-purgante para no requerir de mayor mantenimiento y limpieza, el agua de lluvia la podemos guardar en una cisterna, tinaco o pileta.

En la cisterna, es importante suministrar una solución de cloro al agua para que se pueda almacenar en buenas condiciones hasta el momento de su utilización y aprovechar el efecto residual que le brida ésta substancia para matar bacterias y otros microbios. Hay dos formas básicas de clorar el agua, una con cloro líquido, y la otra con cloro en pastilla o polvo.

Para tratar con cloro líquido habrá que busca una marca que se puede usar para consumo humano. Funciona bien una solución de hipoclorito de sodio. La botella dirá en las instrucciones si se puede usar para potabilizar.

Aplica cloro líquido manualmente, agregando más cloro conforme va entrando más agua de lluvia a la cisterna. Busca tener 1 litro de solución de cloro por cada 10,000 litros de agua de lluvia.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Para desinfectar el agua con cloro en polvo o pastilla, también habrá que buscar una marca que pueda utilizarse para contacto humano. El tricloro isocianúrico se vende en tiendas de equipo para albercas y puede ser una buena alternativa. Habrá que colocar una pastilla o una cucharadita de polvo en una botella plástica con perforaciones y colgarla para que quede flotando en la cisterna. La pastilla o el polvo se disolverá y se dispensará el cloro en el agua. Cuando se acabe la pastilla habrá que agregar otra hasta la cantidad requerida para el volumen de agua a tratar.

Hay que recordar que los filtros van a remover cloro (sobre todo los de carbón activado) por lo que se útil agregarlo después de éstos y aprovechar el contacto continuo del cloro con el agua y su efecto residual, para que no se contamine por alguna situación no prevista ya en el almacenamiento.

II.2.- Ventajas y Desventajas.

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

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

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

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

La captación del agua de lluvia con fines domésticos, significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud con base en la Norma Oficial Mexicana.

Con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud.

Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente, también tiene que cumplir con las características físicas químicas y bacteriológicas, o sea tiene que satisfacer las diferentes Normas, tales como:

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 el agua para su potabilización.

Norma Oficial Mexicana. NOM 014-SSA1-1993 "Procedimientos Sanitarios para el Muestreo de Agua para Uso y Consumo Humano en Sistemas de Abastecimiento de Agua Públicos y Privados".

Entre otras.

CAPITULO III

III.- Factibilidad.

Factores que se deben tomar en cuenta en un sistema de captación de aguas pluviales:

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

En la escuela “La Puerta de Santiago” CBT del Municipio de Tonatico, Estado de México, estos factores se dieron para poder implementar un sistema de captación de aguas pluviales y así poder satisfacer la demanda de agua para uso de sanitarios y áreas verdes solamente, en el caso de querer utilizar el agua para higiene personal y lavado de ropa se le debe dar un tratamiento especial.

III.1.-Factor Técnico.

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

a.- Producción u “oferta” de agua; está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto, como precipitación media por año, precipitación mínima por año, precipitación máxima por día, consumo diario.

Para el caso del este proyecto, se inició analizando la precipitación promedio en el Municipio de Tonatico.

Los datos sobre la precipitación media mensual, el consumo mensual de la de la escuela La Puerta de Santiago CBT del Municipio de Tonatico, Estado de México y el área total de los techos permiten calcular el tamaño del depósito. Las imágenes 3.1 a 3.9 presentan diferentes variaciones de estos tres parámetros.

Para verificar los cálculos se hizo una simulación con los datos reales mensuales de 1969 hasta 2000. Las imágenes 3.10 a 3.12 muestran la simulación de un volumen de 300 m³, las imágenes 3.13 a 3.15 la de un volumen de 400 m³.

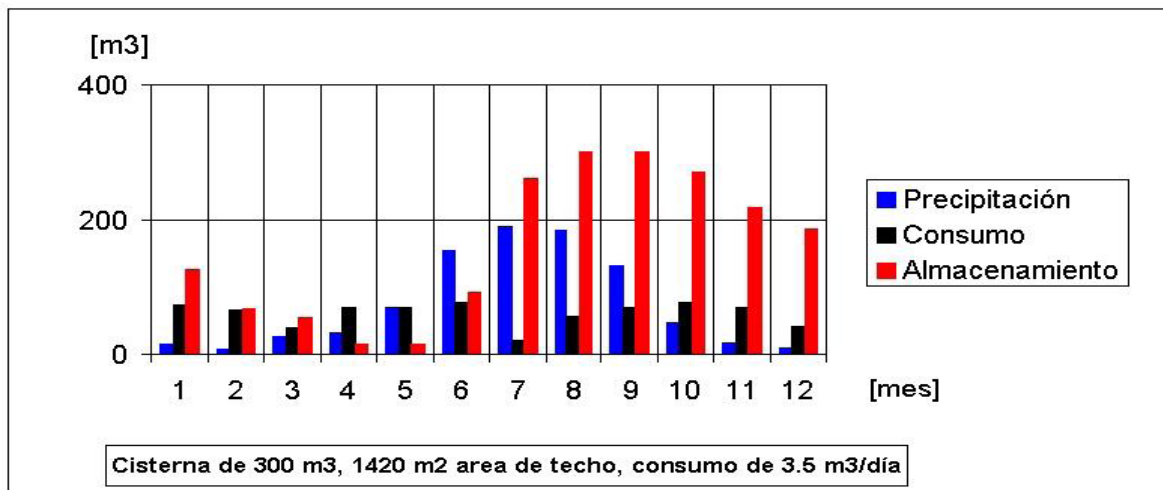


Imagen 3.1:

Cisterna de 300 m³, área de captación de 1420 m² (superficie de los techos disponible), consumo con 5% de ahorro (3.5 m³/día).

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

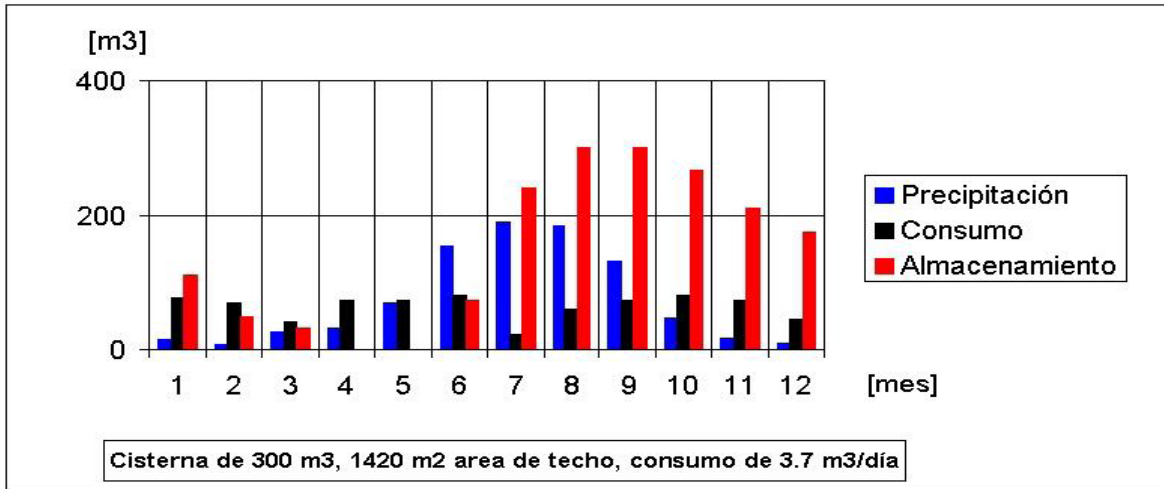


Imagen 3.2:

Cisterna de 300 m³, área de captación de 1420 m² (superficie de los techos disponible), consumo de la encuesta (3.7 m³/día).

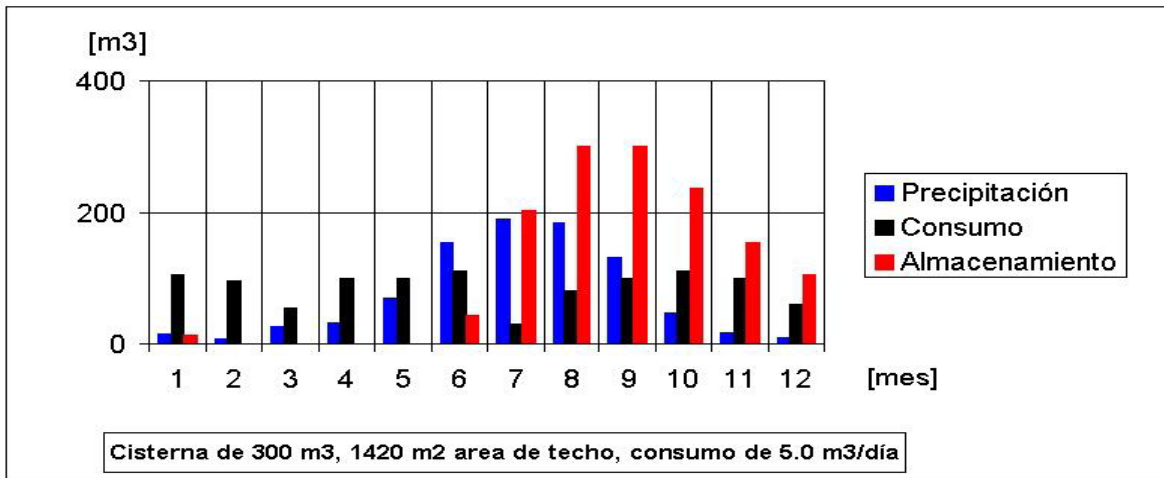


Imagen 3.3:

Cisterna de 300 m³, área de captación de 1420 m² (superficie de los techos disponible), consumo alto (5.0 m³/día).

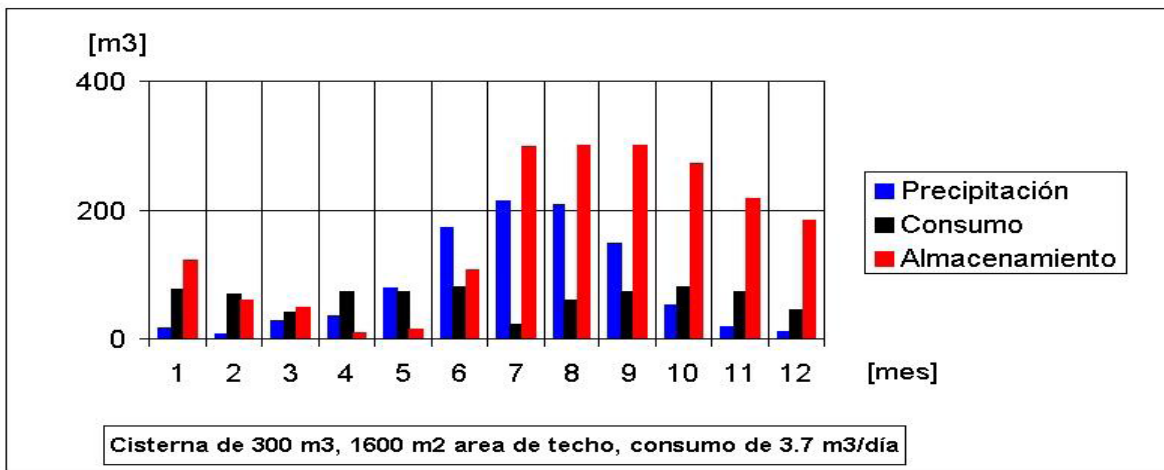


Imagen 3.4:

Cisterna de 300 m³, consumo 3.7 m³/día y un área suficiente para la captación (1,600 m²).

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

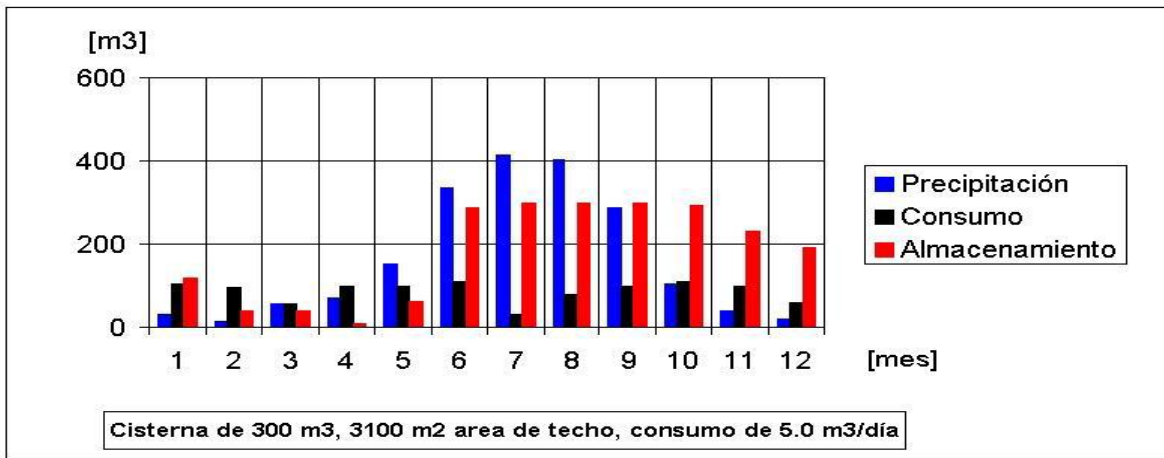


Imagen 3.5:

Cisterna de 300 m³, consumo alto de 5.0 m³/día y un área suficiente para la captación (3,100 m²).

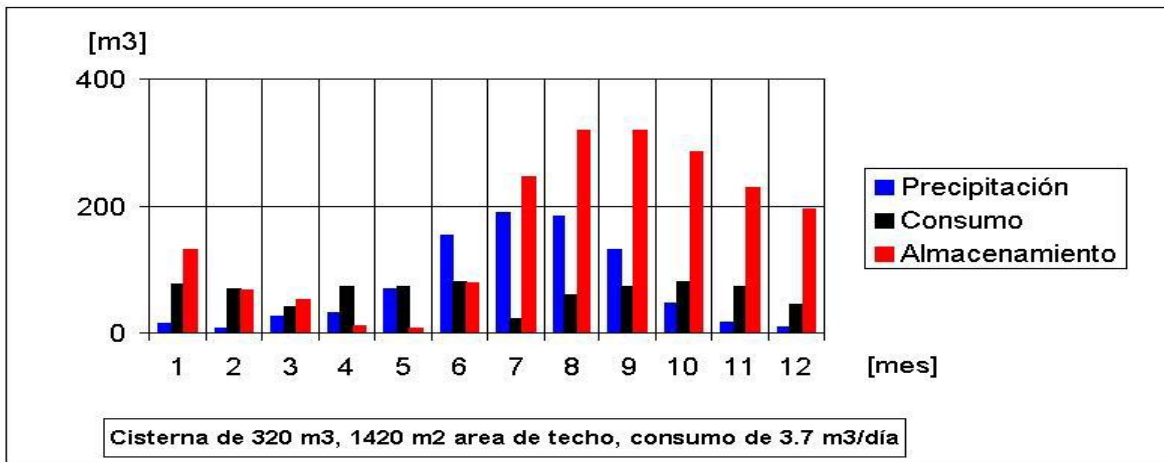


Imagen 3.6:

Cisterna de 320 m³, volumen suficiente para un área de captación de 1420 m² y un consumo de 3.7 m³/día.

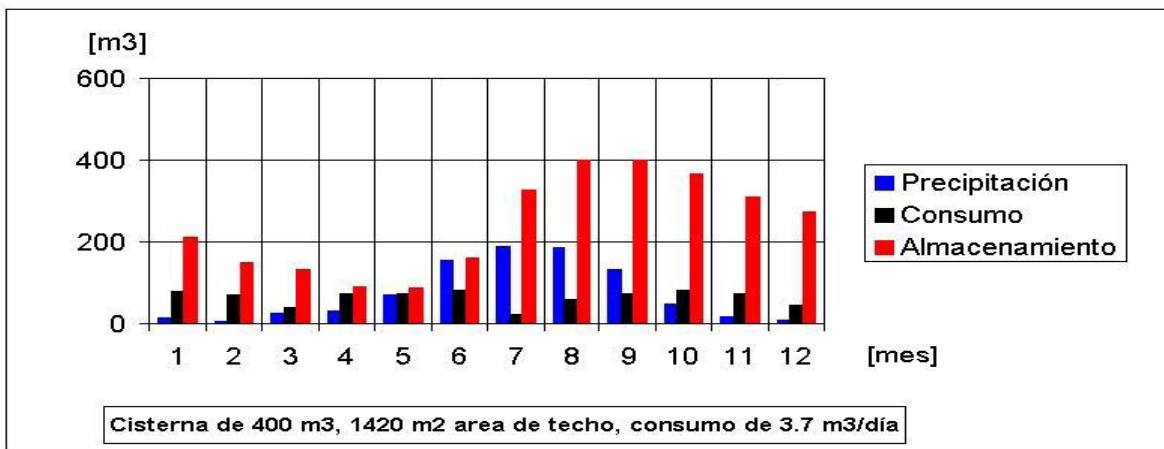


Imagen 3.7:

Cisterna de 400 m³, área de captación de 1420 m² (superficie de los techos disponible), consumo de la encuesta (3.7 m³/día).

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

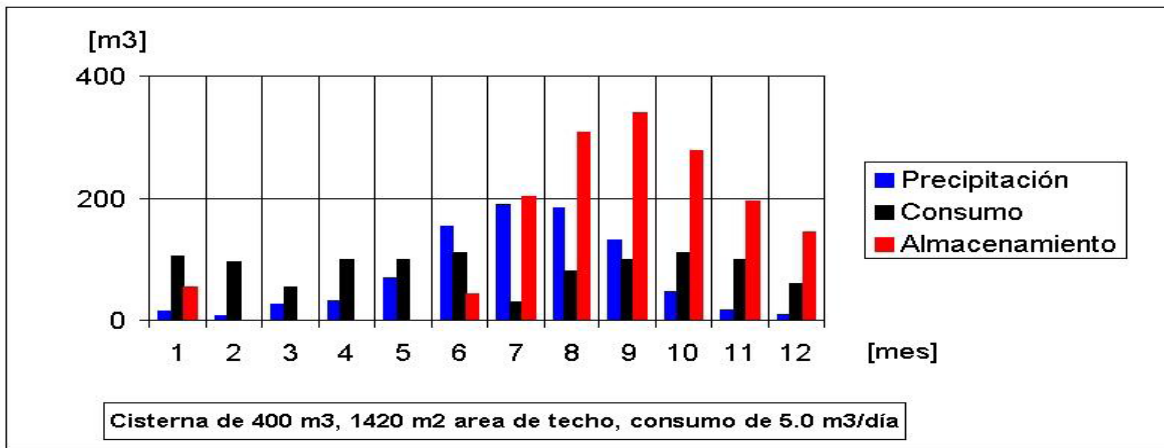


Imagen 3.8:

Cisterna de 400 m³, área de captación de 1420 m² (superficie de los techos disponible), consumo alto (5.0 m³/día).

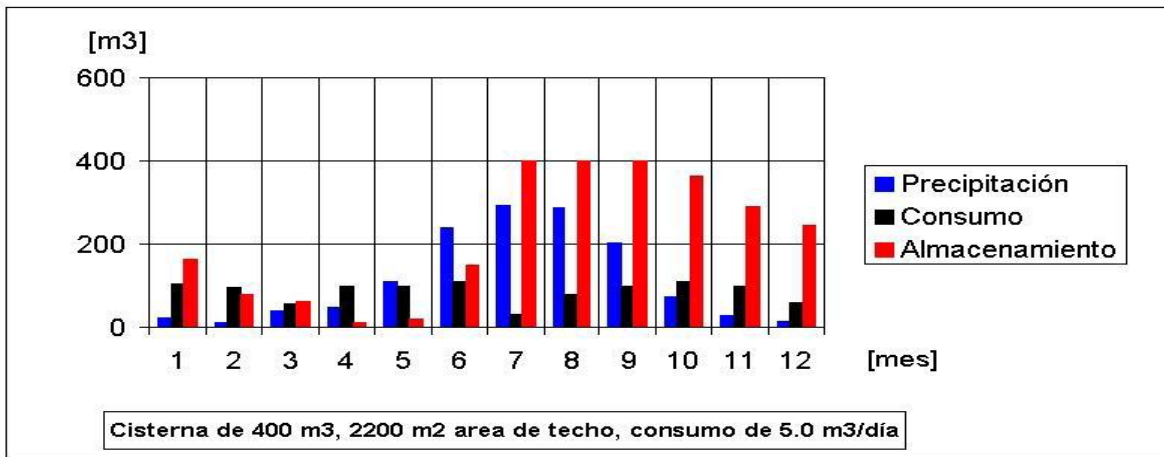
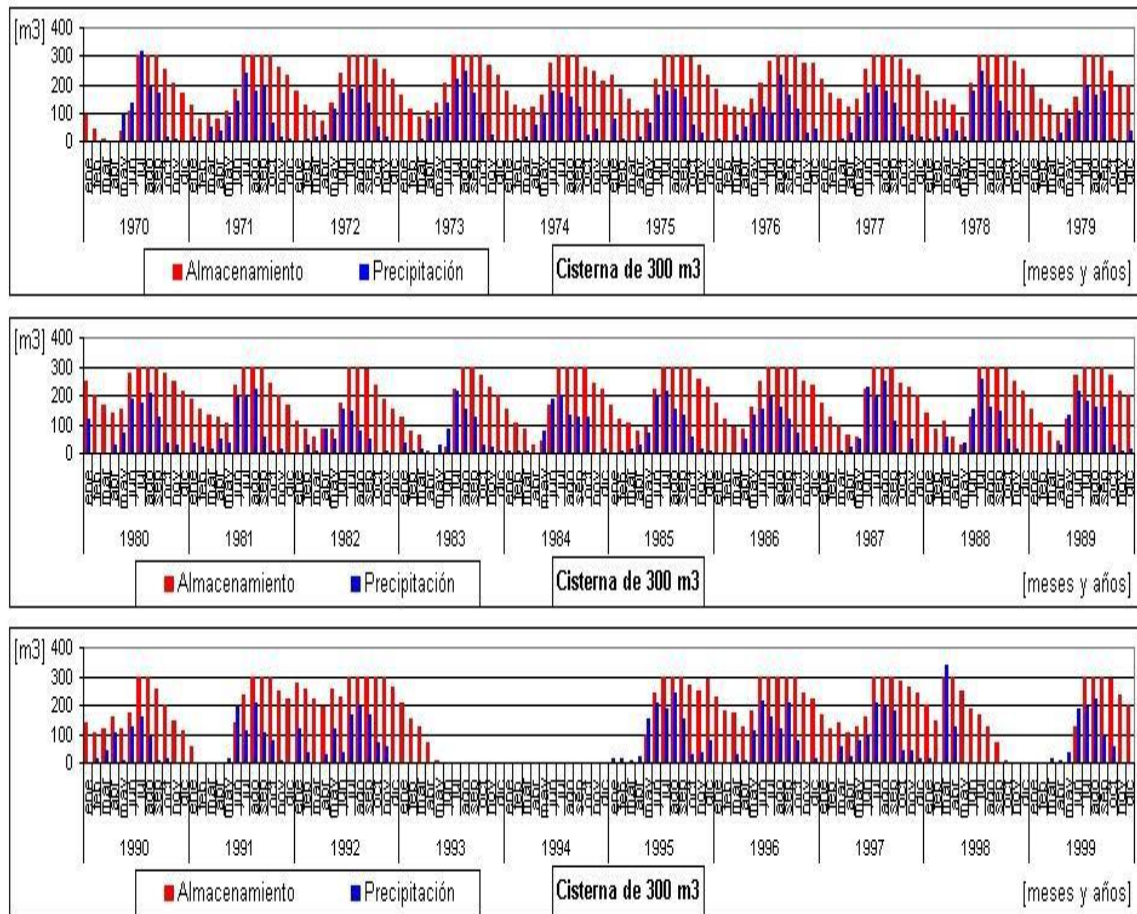


Imagen 3.9:

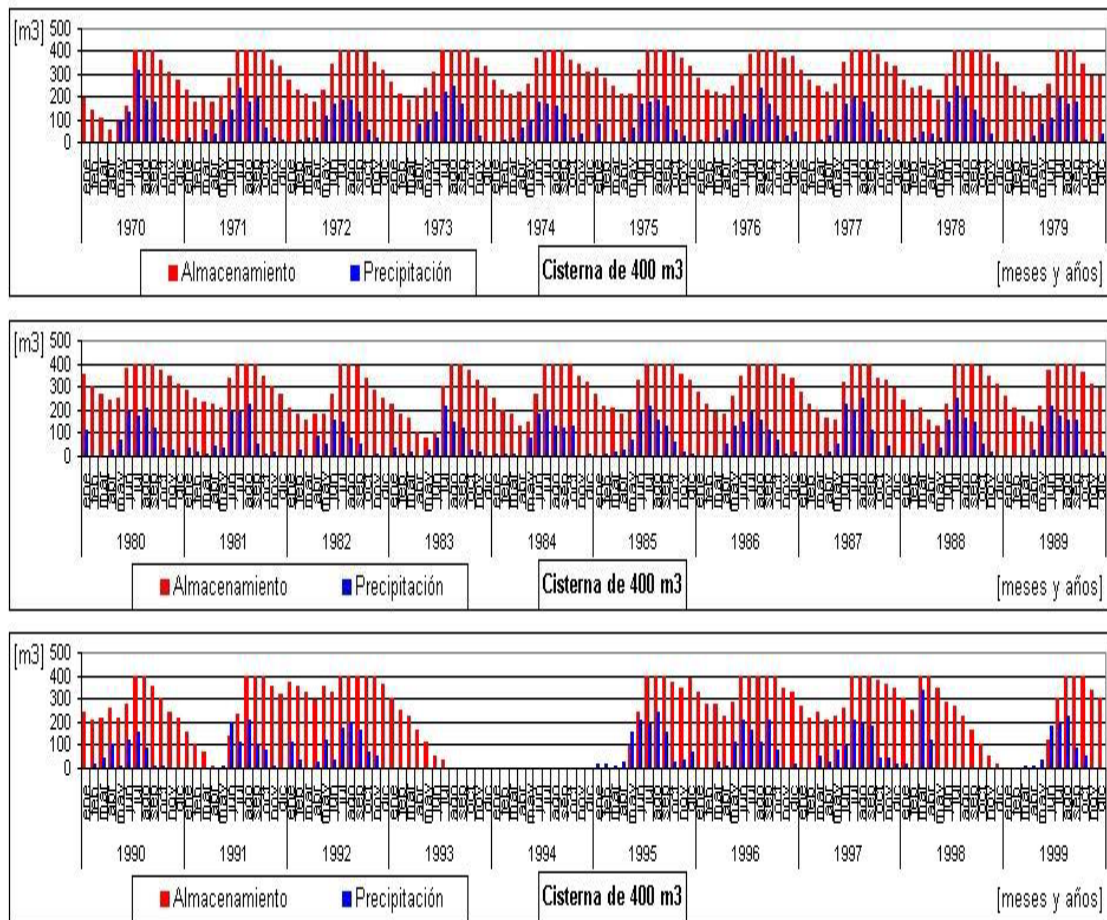
Cisterna de 400 m³, área suficiente para la captación (2,200 m²), consumo alto (5.0 m³/día).

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.



Imágenes 3.10 – 3.12: Precipitación (Columnas azules) en m³, superficie de los techos de 1480 m², almacenamiento (columnas rojas) de cisterna de 300 m³. (En los años 1993, 1994 y 1998.)

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.



Imágenes 3.13 – 3.15:

Precipitación (columnas azules) en m³, por una superficie del techo de 1480 m², **almacenamiento** (columnas rojas) de cisterna de 400 m³. (En los años 1993, 1994 y 1998.)

En las imágenes se observa, que una cisterna con un volumen de 300 m³ es suficiente para todo el año con un uso normal, si se obtiene un ahorro entre el 5 y 10 %.

Sin embargo, en el cálculo representado en la Imagen 3.16 se muestra que no habría una amplia garantía de suministro de agua con un almacenamiento mayor a 300 m³.

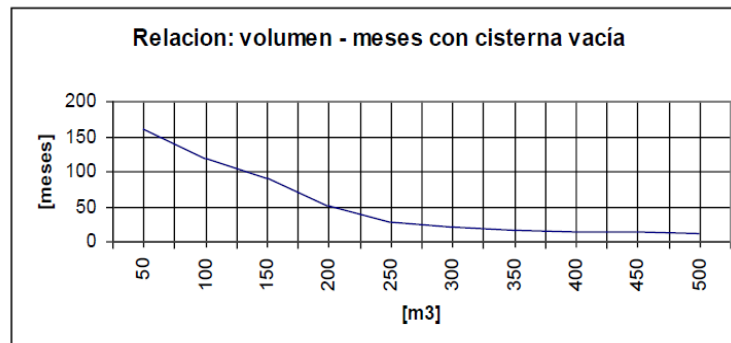


Imagen 3.16

Relación de diferentes volúmenes para la cisterna (capacidad) con la suma de los meses sin agua (cisterna vacía) en una simulación del periodo de 1969 – 2000

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

Considerando la información de la estación más próxima, se obtuvo el dato de 779 mm/año/m², distribuidos predominantemente en los meses de verano.

Mes	Precipitación mensual [mm/mes]
Enero	13
Febrero	6
Marzo	22
Abril	28
Mayo	62
Junio	135
Julio	167
Agosto	163
Septiembre	116
Octubre	42
Noviembre	16
Diciembre	9
Suma	779

Época de estiaje
Época de lluvia

Enero, Febrero, Marzo, Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre
Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre

b.- Demanda de agua; A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por solamente el agua para consumo de sanitarios y áreas verdes, hasta llegar a disponer de agua para todas sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene de personal, lavado de vajillas y de ropa e inclusive riego de jardines, por lo que es necesario tener en cuenta las superficies recolectoras, superficie de riego disponible, consistencia del suelo, existencia de drenaje pluvial y el espacio para el almacenamiento.

Para conocer la demanda se hizo un plano de la escuela "La Puerta de Santiago CBT" del Municipio de Tonicato Estado de México, para medir las superficies aptas para captar la lluvia, que además sirvió más adelante para presupuestar la tubería, los canalones y la ubicación de los demás elementos.

Una vez teniendo los datos sobre precipitación y superficies de captación, se estimó el volumen de agua de lluvia que se podría recibir en los 1,481.44 m² de techos de los seis edificios de la escuela como a continuación se indican:

techo	Dimensiones	Total
I	11.00x33.41	367.51 m ²
II	10.75x32.88	353.46 m ²
III	10.21x16.05	163.87 m ²
IV	10.21x16.05	163.87 m ²
V	11.20x20.05	219.40 m ²
VI	10.64x20.05	213.33 m ²
	Total =	1,481.44 m²

$$\text{Volumen} = \text{Área de Captación} \times \text{Precipitación} = 1,481.44 \text{ m}^2 \times 779 \text{ mm/año/m}^2 = 1,154,041.76 \text{ mm/año} \\ = 1,154.04 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Pero para ser más realistas se contempló un 20% de pérdidas por evaporación, filtración o condiciones de la superficie de captación es de 1,154.04 m³/año x 0.20 = 230.81 m³/año, obteniéndose un volumen potencial de

$$1,154.04 \text{ m}^3/\text{año} - 230.81 \text{ m}^3/\text{año} = 923.23 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Para saber cuál es la demanda de agua de los sanitarios, se realizó una encuesta entre alumnos y docentes y se estimó un volumen anual de 209 días x 245 personas x 18 litros/persona/turno = 921,690 litros = 921.69 m³/año.

Lo que da una diferencia positiva de poco mas de hasta 923.23 m³/año - 921.69 m³/año = 1.54 m³/año de reserva, sin que teóricamente, se pudiera registrar déficit, a menos de que se haga un uso distinto al previsto o hubiera fugas de agua.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

III.1.1.- Aspectos Económicos.

III.1.2.- Cisterna.

Existen muchos lugares alternativos para ubicar la cisterna. Los dos más recomendables son en el área del patio de la escuela (Alternativa A, imagen 3.17) y en el área de los cedros que se encuentra al lado izquierdo de la ilustración (Alternativa B, imagen 3.18).

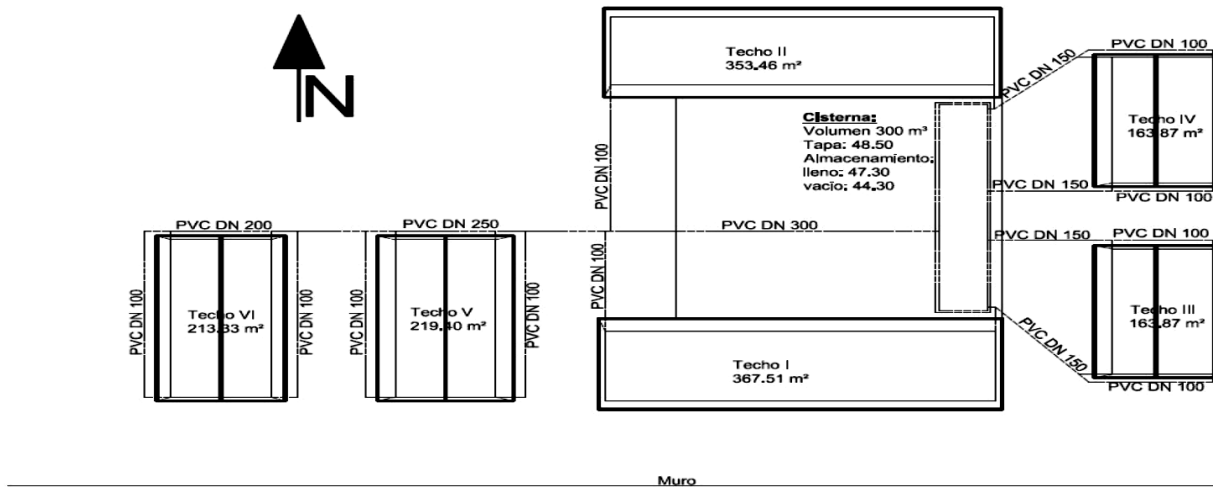


Imagen 3.17; Alternativa A: una sola cisterna de 300 m³ en el patio, construcción subterránea.

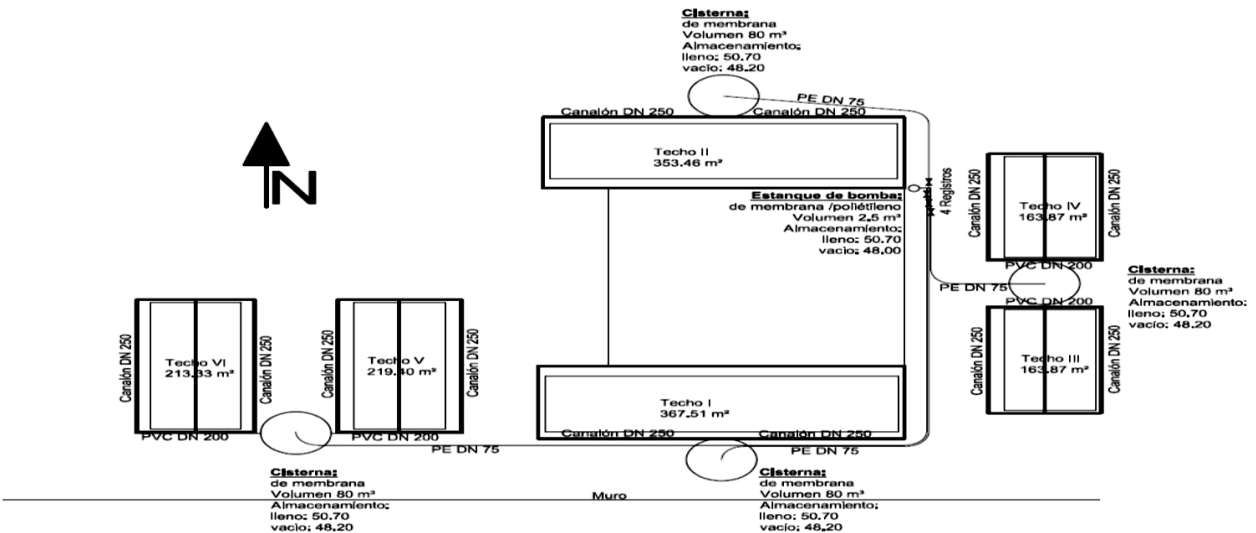


Imagen 3.18: Alternativa B: Cisternas redondas de membrana, cada una de 80 m³, al lado de los edificios, construcción superficial.

Para definir cual alternativa es la mas apropiada, se realizó el estudio económico para cada alternativa ofrecida entre la A y la B.

Alternativa A:

Ésta consta de una cisterna rectangular de 300 m³ de concreto bajo del patio (Tamaño 25.0 x 4.0 x 3.00 m) enterrada 4.5 metros bajo el piso (fondo) con una tapa de concreto.

Los costos no están definidos hasta ahora, por que aún no hay una oferta de alguna empresa, pero se estiman en \$ 600,000.00 pesos aproximadamente.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Alternativa B:

La constituye la construcción de cuatro cisternas superficiales redondas de membrana con una capacidad de 80 m³ cada una, ubicadas cerca de los techos a fin de escatimar en tuberías de diámetros grandes. El costo de esta alternativa se calculó con base en una oferta de la empresa "Volcanes" (Tabla 3.19.)

Concepto	Cantidad	Precio solo	Precio [Pesos]
Cisterna 80 m ³ , membrana, de 6.44 m diámetro, 2.50 m altura	4	24,477.80	97,911.20
Tapa, membrana	4	4,590.17	18,360.70
Viáticos	1	5,100.00	5,100.00
I.V.A.	-		18,205.79
Suma	-		139,577.69

Tabla 3.19

Ejemplo de la empresa "Volcanes", 27/08/2005

III.1.3.- Bombeo.

La cotización está calculada para un equipo fotovoltaico de bombeo para un gasto de 7.0 m³/día y un recurso solar de 5.0 h.s.p./día (horas solares pico).

En la tabla 3.20 se muestra una oferta de la empresa "CRYPLANT".

Concepto	Cantidad	Precio solo	Precio [Pesos]
Modulo fotovoltaico	3	3,400.00	10,200.00
Soporte de acero	1	3,250.00	3,250.00
Controlador o Inversor	1	2,950.00	2,950.00
Conjunto de bomba motor sumergible	1	13,950.00	13,950.00
Conductor de cable e cobre	1	2,950.00	2,950.00
Interruptor seccionador	1	410.00	410.00
Tubería de PVC	2	45.00	90.00
Lote de tubería y conexiones	1	650.00	650.00
Censor de nivel	1	375.00	375.00
Construcción de base de concreto	1	650.00	650.00
Suministro e instalación de línea de conducción	20	16.00	320.00
Instalación del sistema	1	10,250.00	10,250.00
I.V.A.	-		6,906.00
Suma	-		52,951.00

Tabla 3.20

Oferta de la empresa "CRYPLANT" 22/08/2005

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

III.1.4.- Instalaciones.

Para la conexión de las canaletas de los techos hacia las cisternas se necesitan tuberías de polietileno, válvulas y filtros sencillos para retener material orgánico.

La inversión se estima aproximadamente en \$20,000.00 pesos.

Concepto	Cantidad	Precio solo	Precio [Pesos]
Tubería de polietileno, 75 mm, en rollo, para riego agrícola	20	35.00	700.00
Tubería de PVC, 100 mm, con campana, RD 41	230	50.00	11,500.00
Tubería de PVC, 150 mm, con campana, RD 41	40	100	4,000.00
Tubería de PVC, 200 mm, con campana, RD 41	20	170	3,400.00
Tubería de PVC, 250 mm, con campana, RD 41	20	250	5,000.00
Tubería de PVC, 300 mm, con campana, RD 41	40	450	18,000.00
Conexiones PVC (diversas)	45	300	13,500.00
I.V.A.	-		8,415.00
Suma	-		64,515.00

Tabla 3.21
Gastos de Instalaciones aproximadas **Alternativa A**

Concepto	Cantidad	Precio solo	Precio [Pesos]
Tubería de polietileno, 75 mm, en rollo, para riego agrícola	300	35.00	10,500.00
Tubería de PVC, 200 mm, con campana, RD 41	30	170.00	5,100.00
Conexiones PVC (diversas)	8	300.00	2,400.00
Registros, 75 mm	4	3000.00	12,000.00
I.V.A.	-		4,500.00
Suma	-		34,500.00

Tabla 3.22
Gastos de Instalaciones aproximadas **Alternativa B**

Nota:

Para realizar un ahorro de agua de 5 a 10 % han de cambiarse los sanitarios (taza y tanque). Estos gastos tienen que ser tomado en cuenta para el futuro.

III.1.5.- Costo total.

Tomando en cuenta los aspectos considerados en el inciso anterior, se realiza un resumen que considera los detalles vistos para la elaboración del proyecto.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Concepto	Precio [Pesos]
Cisterna de concreto	600,000.00
Bomba fotovoltaica	52,951.00
Instalaciones	64,515.00
Suma	717,466.00

Concepto	Precio [Pesos]
Cisternas de membrana	139,577.69
Bomba fotovoltaica	52,951.00
Instalaciones	34,500.00
Suma	227,028.69

Tabla 3.23
Gastos **Alternativa A:**
Cisterna de Concreto

Tabla 3.24
Gastos **Alternativa B:**
Cisternas de Membrana

III.2.- Factor Económico.

Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta en una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales, debiendo atenderse los aspectos de higiene personal y lavado de ropa por otras fuentes de agua.

En el caso del consumo sanitario de la escuela “La Puerta de Santiago CBT” del Municipio de Tonatico Estado de México, la dotación de agua es de 18 litros por día, debido a las medidas de ahorro establecidas, Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

Durante el año de 2005, con la ayuda de jóvenes profesionistas alemanes como los ingenieros Hanns Furniss, Christian Auel y Ortud Bonnet, patrocinados por el Gobierno alemán, y dirigidos por el Asesor Principal del Proyecto “Manejo Integral de Cuencas: Río Lerma en el Valle de Toluca y Río Balsas” CONAGUA-GTZ, Dr. Joachim Weiss, se desarrollaron los estudios técnicos para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvias para la escuela “La Puerta de Santiago CBT”, ubicado en el Municipio de Tonatico, Estado de México.

Gracias a diversos financiamientos gestionados por la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), con el Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo del Gobierno Alemán (Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung-BMZ), la Fundación DaimlerChrysler, el H. Ayuntamiento de Tonatico a través de su presidente municipal, y el apoyo prestado por la comunidad escolar de la escuela “La Puerta de Santiago CBT”, representado por su Director General, durante el periodo del 28 de mayo al 31 de julio del año 2007, se construyó el Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvias para la escuela “La Puerta de Santiago CBT” Tonatico.

Como la inversión es grande al inicio, pero a largo plazo es redituable, debido a que la inversión es casi mínima, a comparación con otras alternativas, por esta razón se tuvo que pedir ayuda al H. Ayuntamiento de Tonatico el cual aportó el 32% del proyecto y el 68% por recursos obtenidos y aportados por el Gobierno Alemán. La mayor parte de la inversión municipal se dirigió hacia la rehabilitación e impermeabilización de los techos que representan casi el 50% de la captación, por lo que no necesariamente debe ser un costo obligado en otros casos.

En consecuencia, puede decirse que los gastos de inversión, se dirigieron en un 57% a la habilitación del sistema hidráulico, un 29% a los cuatro depósitos de geomembrana y un 14% a la adquisición del sistema de bombeo fotovoltaico.

Adicional a lo anterior las autoridades educativas, a través del CBT aportaron alrededor de \$35,000.00 para la instalación de muebles ahorradores de agua, mingitorios secos, llaves ahorradoras de agua y rehabilitación de los muros de los sanitarios.

III.3.- Factor Social.

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

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

CAPITULO IV

IV.- Componentes

Captación, Recolección y Conducción, Interceptor, Almacenamiento y Tratamiento.

El agua de lluvia, en general, es agua de muy buena calidad. Implementando adecuados sistemas de captación y tratamiento (la) se puede utilizar para realizar nuestras necesidades primarias.

Además, el agua de lluvia es siempre gratuita. Por ejemplo: La precipitación regional del Municipio de Tonicato es de 779 mm/año/m², distribuidos predominantemente en los meses de verano (mayo, junio, julio, agosto y septiembre), la mayoría del territorio se ubica a los 1,650 metros sobre el nivel del mar.

En la escuela La Puerta de Santiago CBT del Municipio de Tonicato Estado de México el agua es escasa y cara. Esto seguirá empeorando porque la población del Municipio sigue incrementándose y, como consecuencia, el número de habitantes a los que hay que satisfacer de éste servicio. En esa misma magnitud se continúa con la extracción de agua por medio de los pozos existentes, llegando al grado de extinguirlos.

Si aprendemos a captar y usar el agua de lluvia no estaremos totalmente desamparados. En época de lluvias podemos tener siempre agua cristalina, y con el tiempo podemos agregar cisternas y tinacos para almacenar el agua para utilizarla en la época de estiaje.

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento. Ver Figura 4.1

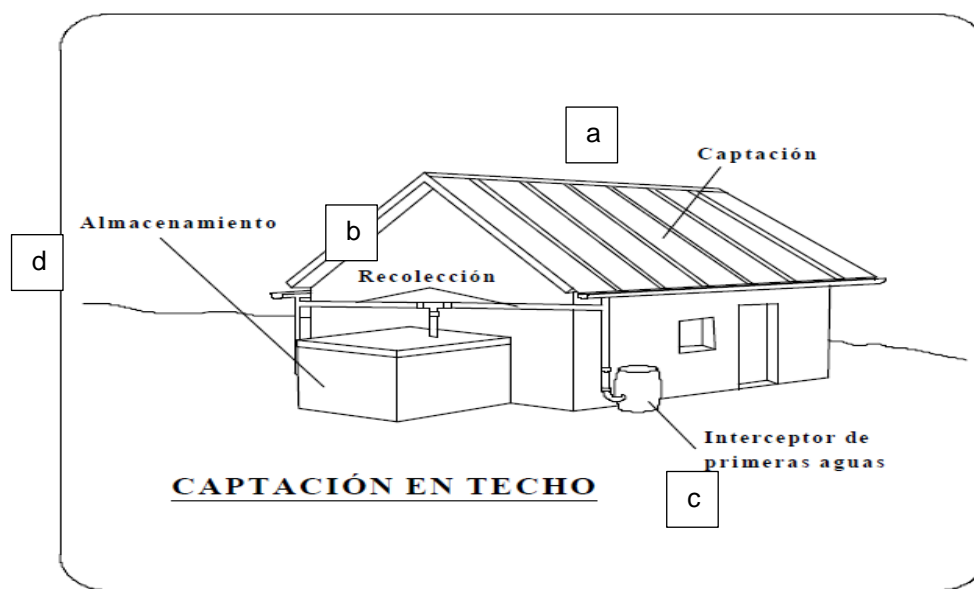


Figura 4.1 - SCAPT - SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL EN TECHOS.

IV.1.- (a).- Captación.- La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la losa de concreto, lámina metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La lámina metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

En la comunidad de La Puerta de Santiago, Municipio de Tonalico, Estado de México, los materiales más comunes para construir las losas de las escuelas, viviendas, etc., son:

- 1.- Tejas de arcilla.
- 2.- Lámina metálica ondulada.
- 3.- Concreto Hidráulico.
- 4.- Losa Acero.
- 5.- Multipanel.

De los materiales más utilizado en las escuelas es el concreto, ya que los materiales de los que esta constituido son fáciles de adquirir, aunque su costo es grande pero duradero.

Hoy en día ya se están construyendo la losas de las escuelas llamadas losa – acero, antes de esta estructura las losas de las escuelas se fabricaban de estructurales (perfiles de acero) y la losa era de Multipanel con una capa de concreto de 10 cms (capa de compresión).

De los cuales, los más utilizados son el Concreto hidráulico y la Losa Acero, ya que los materiales de los que esta constituido son fáciles de adquirir, aunque su costo es grande pero duradero, aunado a que las escuelas las construye el Instituto Mexiquense de la Infraestructura Física Educativa de la Secretaria de Educación del Gobierno del Estado de México.

Sin embargo, para el proyecto que se está proponiendo, los materiales a utilizar son el Concreto hidráulico y la Losa Acero además el costo lo absorbe el gobierno federal (Instituto Mexiquense de la Infraestructura Física Educativa de la Secretaria de Educación del Gobierno del Estado de México), ya que el Municipio (o Ayuntamiento o la SEP, etc.) está colaborando con este programa “piloto” y se espera que tenga una vida de duración de 10 años.

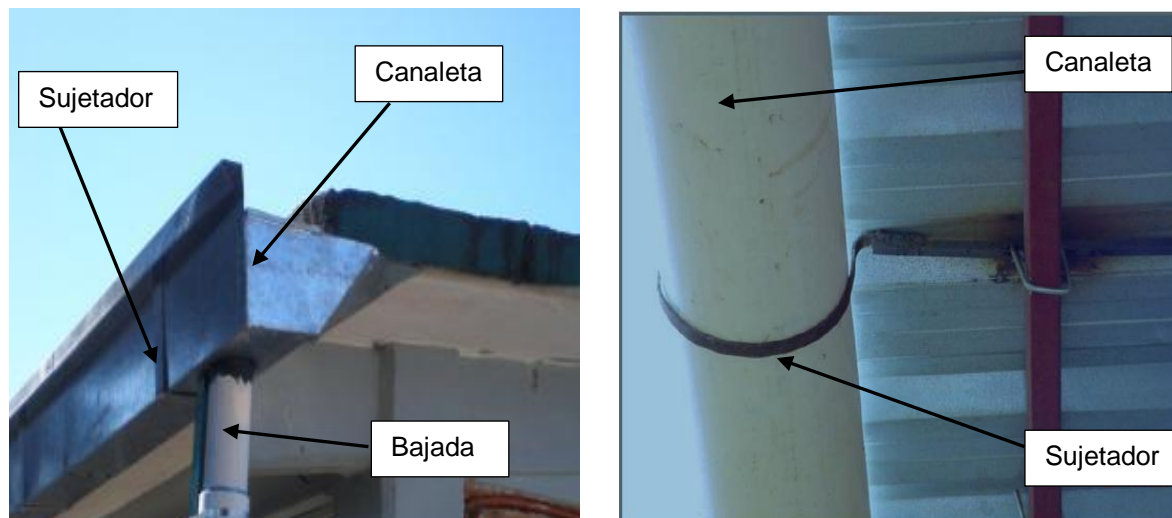


Figura 4.2 - Sujetación de la Canaleta.

IV.1.1.- (b).- Recolección y Conducción.- Este componente es una parte esencial de los SCAPT, ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo (ver Figura 4.2).

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

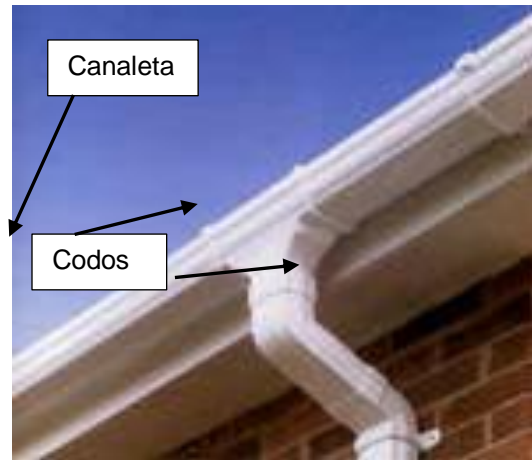


Figura 4.3 - Canaletas de recolección.

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas.

Las canaletas se fijan al techo con a) alambre; b) madera; y c) clavos.

Por otra parte, es muy importante considerar que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.

Estas estructuras funcionan como los filtros del sistema, Es fundamental su conservación para permitir fluir el agua de lluvia hacia los tanques de geomembrana. Por su tamaño de luz, sólo detiene fragmentos de basura mayores. Deberá retirarse el tramo de malla ciclónica para sacudirla y separar toda la basura que haya atrapado mediante barrido y sacudida.

La tierra que quedara aún en los canalones, deberá barrerse y retirarse con un recogedor, o incluso con una jerga húmeda, como si se estuviera trapeando. Sólo la basura más fina que se quedara en las canaletas, se barrerá hacia la caída de agua.

Por lo que, esta tarea, en particular, se debe de llevar a cabo, a la mañana siguiente después de cada lluvia.





Figura 4.4 – Limpieza.

Las dimensiones de las canaletas estarán en función de las dimensiones del techo y de la precipitación, aunque se ha comprobado que para techos de escuelas de aproximadamente 60 m^2 , son suficientes canaletas con sección de $\frac{1}{2}$ tubo (“media caña”) de 15 cm (6”) o de sección rectangular de 18.9 cm y 1% de pendiente. Otro detalle que debe tomarse en cuenta, es que la separación entre el alero del techo y la canaleta debe ser mínima para evitar que el agua sujeta a vientos fuertes no caiga fuera de ella.

En el Municipio, se está utilizando material de PVC, y de Lamina Galvanizada como material para las canaletas, ya que son muy fácil de manejar e instalar y para los tubos también se utilizan estos materiales, ya que como son del mismo material por lo tanto su conexión es fácil y confiable aunado a que adherencia es la más idónea.

Hoy en día se tienen que estar utilizando los materiales que salen al mercado ya que algunos materiales ya no los fabrican o son muy difíciles de conseguir, o en muchas ocasiones son más caros en comparación con otros.

IV.1.2.- (c).- Interceptor.- Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente (ver Figura 4.5).

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m^2 de techo.

Por ejemplo si una casa tiene una azotea (losa) de una superficie de 50 m^2 y partiendo de una precipitación de 779 mm, quiere decir que de la lluvia que cae durante un año se forma una lámina de agua de 0.779 m, lo que se interpreta que por cada metro cuadrado se capta un promedio cada año de 779 litros de agua (cada mm de precipitación representa 1 litro de agua/ m^2), lo que permite captar un volumen teórico de 38,950 litros, debido a posibles pérdidas por evaporación, textura de materiales, pérdidas por aguas sucias de principios de lluvia, se tendría un volumen de 35,055 litros que equivaldría un volumen en metros cúbicos de 35.05, como una pipa de agua son en la mayoría de una capacidad de 6 m^3 se tendrían casi 6 pipas esto para tener una idea del volumen que se puede captar.

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

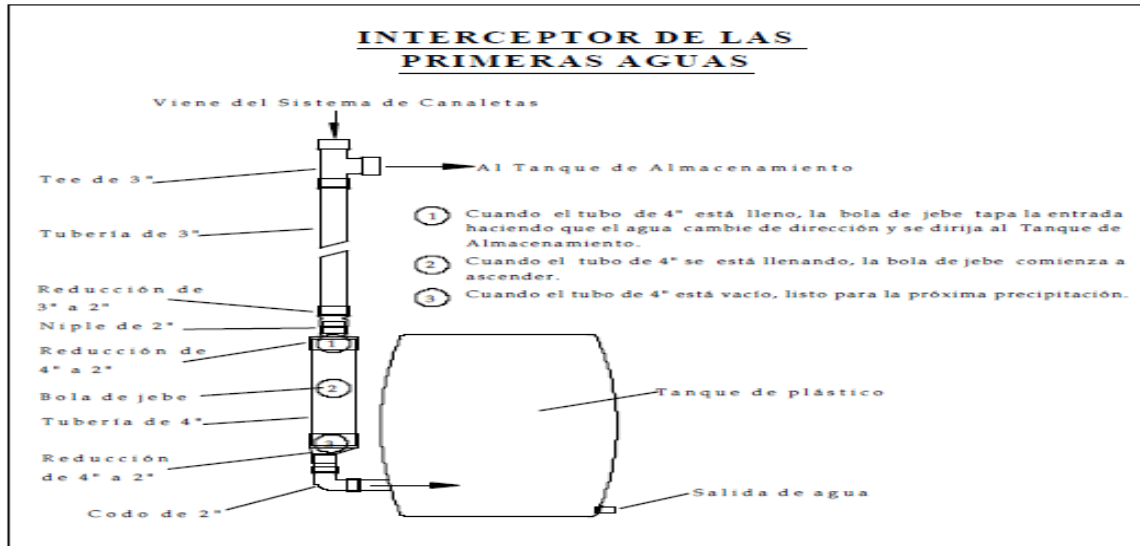


Figura 4.5 - Interceptor de Primeras Aguas

IV.1.3.- (d).- Almacenamiento.- Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía (ver Figura 4.6).

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable: para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración,
- De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones (ya que el empuje del suelo ayudaría cuando el recipiente está lleno, no así cuando está vacío.)
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar,
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias,
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

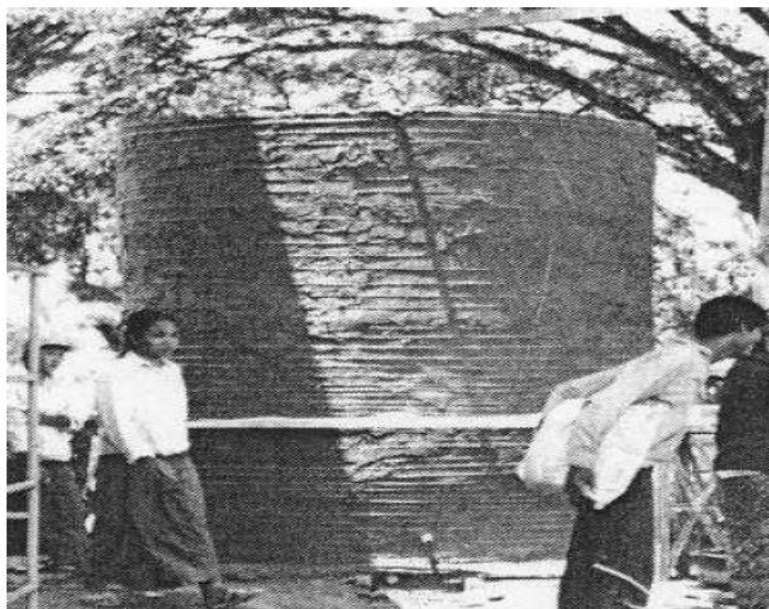


Figura 4.6 - Tanque de Almacenamiento.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Tipos de tanques de almacenamiento. Los tanques pueden clasificarse en función a su posición con respecto al nivel del terreno, así se tienen:

- Tanques Elevados
- Tanques Superficiales (asentados en la superficie del terreno)
- Tanques Semienterrados
- Tanques Enterrados, conocidos como cisternas.

También los tanques o depósitos pueden construirse o fabricarse de diferentes tipos de materiales como: láminas de acero galvanizado, fibra de vidrio, plástico (PVC), ferrocemento, mampostería, etc.

Con relación a la forma, los tanques pueden ser cilíndricos, esféricos, cúbicos, etc.

IV.1.4.- (e).- TRATAMIENTO.

El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de un filtro, este es un elemento complejo utilizado para la limpieza del agua. Este se determina según el consumo que se vaya a realizar con el agua captada. Y deberán cumplirse las normas de mantenimiento y reposición de los elementos con caducidad de los filtros, seguido de la desinfección con cloro.



Figura 4.7 - Filtros Comerciales.



Figura 4.8 - Tren de Filtrado.

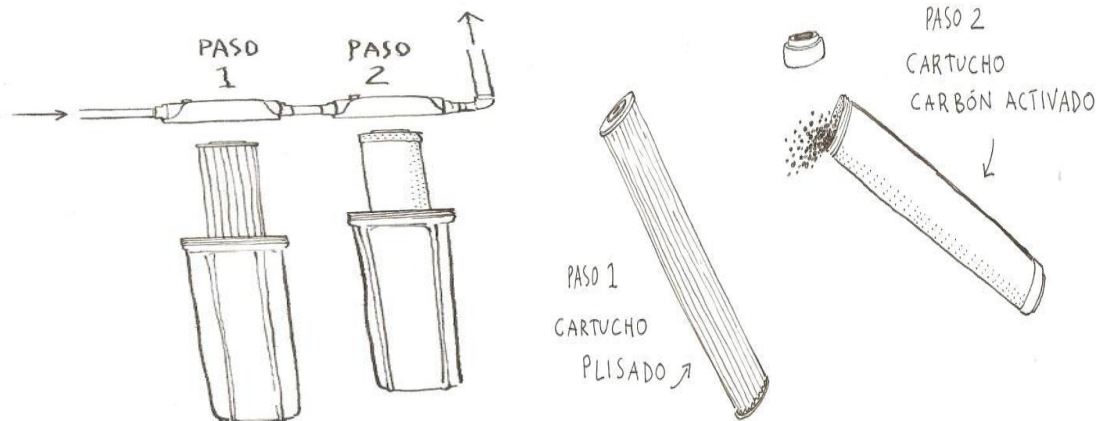


Figura 4.9 - Cartuchos de Papel Plisado y Carbón Activado.

La desinfección se refiere a la eliminación de microorganismos vivos patógenos (que pueden causar enfermedades) como por ejemplo algas, hongos, parásitos, bacterias y virus. Es necesario, por ende, desinfectar el agua con pasos adicionales, generalmente después de la filtración fina o directamente en la cisterna, sobre todo si va a ser consumida por seres humanos.

Se deberá cumplir con 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 el agua para su potabilización, en sus

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

apartados 4, 4.1, 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.2, 4.2.1, 4.3, 4.3.1, 4.3.2 y 4.4, sin embargo sobre captación del agua de lluvia aún no se tiene alguna norma.

Una cisterna puede tener una entrada de agua de red y de lluvia, llenándose de agua pluvial en época de lluvia, y agua de red en época de secas, es importante echar Cloro al agua para que se guarde bien sin echarse a perder y para matar bacterias y otros microbios. Hay dos formas básicas de clorar el agua, una con cloro líquido, y la otra con cloro en pastilla o polvo.

Para tratar con cloro líquido se puede buscar una marca de cloro que se pueda usar para potabilizar agua, funciona bien una solución de hipoclorito de sodio. La botella dirá en las instrucciones si se puede usar para potabilizar, aplica cloro líquido manualmente, agregando más cloro conforme va entrando más agua de lluvia a la cisterna, se recomienda usar un 1 litro de solución de cloro por cada 10,000 litros de agua de lluvia.

Para clorar con cloro en polvo o pastilla se puede buscar cloro seguro para estar en contacto humano. El tricloro isocianúrico se vende en tiendas de equipo para albercas y se puede usar. Por norma se pone una pastilla o una cucharita de polvo en una botella plástica con perforaciones y cuélgala de un mecate para que quede flotando en la cisterna, solito dispensará el cloro al agua, cuando se acabe la pastilla, agrega otra.



Figura 4.10 - Cloro Líquido

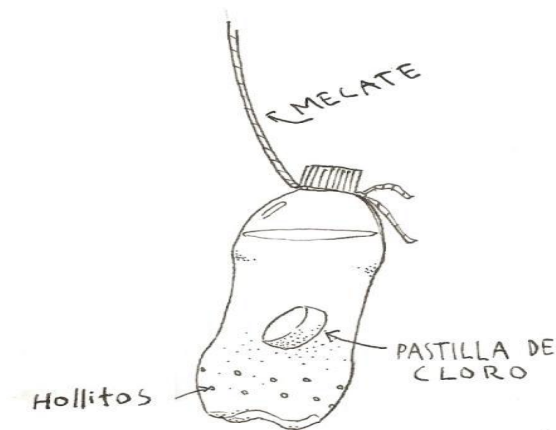


Figura 4.11 - Cloro Pastilla

Capítulo V

V.- Diseño

En este capítulo se propondrán las principales condicionantes que se utilizarán para el diseño de las captaciones, almacenamientos y conducciones del agua de lluvia a las instalaciones que utilizarán el agua de lluvia.

Inicialmente es necesario conocer las necesidades de la población a la que se va a satisfacer, así como las características de los materiales de la región.

Es importante comentar que un sistema mínimo de captación nos podrá entregar el 100% de agua, por lo menos durante los meses que dura la temporada de lluvia, siempre y cuando la relación entre capacidad de captación, tratamiento y el promedio anual de precipitación pluvial en la zona, sean iguales al consumo de agua (en ese mismo periodo de tiempo) de una escuela determinada.

$$\text{Consumo de Agua} = \text{Captación} + \text{Tratamiento} + \text{Precipitación media anual}$$

Partiendo de esta primera premisa los sistemas de captación y tratamiento de agua pluvial se pueden diseñar como sistemas enfocados a satisfacer uno o varios usos durante un cierto tiempo, pero el sistema pudiera diseñarse también para satisfacer el 100% de la necesidad de agua en todo el año, cuando el espacio, los recursos y la cantidad de lluvia en una zona lo permitan.

Sin embargo, es necesario realizar un estudio preliminar donde se definan diferentes aspectos e indagar diferentes aspectos, tales como:

¿Quiénes la van a usar?

¿Cuánto se pretende utilizar?:

¿Qué uso queremos darle al agua de lluvia?

Dependiendo de las actividades que sean seleccionadas para uso del agua como:

Limpieza corporal, limpieza de la casa, lavado de la ropa, muebles sanitarios, riego y consumo humano o todos ellos, el sistema será más complejo o más sencillo y la inversión variará considerablemente.

Así, una vez que se tiene claro para que se desea utilizar el agua que se captará, se necesita establecer el número de litros promedio por día, o sea, la dotación de agua que se suministrará en litros/habitante/día.

A continuación se presenta una tabla de los consumos promedio por alumno y por actividad, para una escuela rural (para cada comunidad se deberán buscar los promedios o bien en base a la experiencia propia definir los litros que gasta en cada uso una escuela), obteniéndose que la dotación es de 18 litros/habitante/día, distribuidos de la siguiente manera.

Litros	Concepto de uso	Porcentaje
10.00	Uso de muebles sanitarios	55 %
8.00	Lavamanos	45 %
18.00	Total	100%

Si bien, el Reglamento de la Ley de Obra Pública del Distrito Federal establece una dotación de 25 litros/persona/día, en centros de educación media superior, que es el presente caso, y debido a las medidas de ahorro establecidas, se prevé tener un consumo promedio de hasta 18 litros/persona/ día.

Con estos datos podemos establecer el consumo personal y multiplicarlo por el número de alumnos, con lo cual tendremos el consumo diario escolar, y considerando los usos previstos en párrafos anteriores, podemos entonces conocer **el volumen necesario de agua de lluvia a captar**. Por último habrá que multiplicarlo por el número de días que se quisiera aprovechar el agua, que será un periodo anual.

Ejemplo:

A continuación se propone un ejemplo, el cual nos servirá a lo largo de la exposición de los componentes del sistema. Es importante señalar, que hemos tomado a propósito el máximo consumo, es decir, el agua de lluvia captada servirá por un periodo de tiempo para todos los usos establecidos, por lo que al final se presentan dimensiones de los componentes muy grandes.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonicato, Estado de México.

Debido a las proporciones de los resultados obtenidos, la escuela deberá decidir qué actividades se realizarán con el agua de lluvia, cuales actividades se realizar y por cuanto tiempo o durante un determinado periodo, lo cual hará mucho más accesible el sistema en todos los sentidos.

Asumiendo que el agua de lluvia a captar servirá para un uso, se debe considerar el número de alumnos que acuden a la escuela, y el consumo promedio diario en 18.00 litros/persona (usando mingitorios secos, muebles ahorradores de agua y llaves ahorradoras de agua). Para el ejemplo en cuestión, asumiremos 18.00 litros/persona/día.

Si la escuela tiene 209 alumnos mas 36 personas que ahí laboran, esto equivale a 245 personas (18.00 litros/persona/día)= 4,410 litros diarios.

-Si se quisiera tener una reserva para todo el año, se deberá multiplicar esta cifra por 209 (solo se consideran los días laborales sin incluir sábados domingos, días festivos y vacaciones, etc.). En general se recomienda calcular las cifras con un margen mayor.

4,410 litros diarios (209 días)= 921,690 litros al año = 921,690/1000= 921.69 m³/año.

El próximo paso es redondear esta cifra, para calcular el tamaño de la cisterna. En este caso, con una capacidad de 1,000 m³ sería suficiente para todo el año.

IV.1.- Precipitación pluvial en la Comunidad.

Como se puede apreciar en el ejemplo, no basta con saber cuanta agua se va a consumir en la escuela; también se debe conocer cuanta lluvia se puede esperar en el año o durante la temporada de lluvia y cuanta de esta lluvia podemos captar en los techos. Para conocer esta información, es necesario consultar las estadísticas de meteorología en los municipios o gobiernos de las ciudades, o se pueden buscar en la las páginas de Internet que refieren al tema.

En México, la Comisión Nacional del Agua publica un reporte anual, incluyendo medias históricas de varios años, clasificando por estado o por estación climatológica en la siguiente página de Internet: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75, a esta información se le denomina Normales Climatológicas. También es posible obtener estadísticas contactando al Servicio Meteorológico Nacional.

Por lo regular el dato de la cantidad de lluvia o precipitación pluvial anual es presentado en milímetros de lluvia por metro cuadrado, es decir, si llueve en algún lugar 933.20 milímetros por metro cuadrado, quiere decir que llueve por cada metro unos 933.20 litros al año. Es necesario tener en cuenta que no toda el agua es susceptible de captarse, ya que al caer la lluvia a una superficie normal, va a existir filtración, evaporación y otros fenómenos que representan una pérdida de aproximadamente el 20% del agua que cae y que no es posible captar. Evidentemente, este valor dependerá de factores como la temperatura promedio, dirección e intensidad de los vientos, tipo de superficie y de impermeabilizante. Sin embargo, es un buen criterio de diseño que funciona para la mayoría de los casos.

Es de aclararse que, incluso en una misma ciudad, sobre todo si es muy grande, pueden existir diferentes volúmenes de precipitación por zona o sector.

Una vez que se tengan los datos de precipitación media anual, se puede calcular la cantidad de agua (aproximada) que se puede recolectar en un año con la siguiente fórmula:

$$V = 0.8(A_c)(P) \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

- V = Volumen de agua [litros/año].
- 0.8 = Factor de reducción de agua por pérdidas de diversa índole.
- Ac = Área efectiva de captación [m²].
- P = Precipitación media anual [litros/año/ m²].

Por ejemplo.

Se tiene una escuela que cuenta con un área efectiva de 1,481.44 m² de captación y se encuentra localizada en el Municipio de Tonicato, con una precipitación media de 779 mm (equivalentes a 779 litros anuales por metro cuadrado), el volumen total que podemos esperar en un año, utilizando la fórmula (1) será:

$$V = 0.8(A_c)(P)$$

Sustituyendo datos:

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

$$V = 0.8(1,481.44 \text{ m}^2)(799 \text{ lt/año/m}^2)$$

$$V = 923,233.4 \text{ lt/año}$$

$$V = 923.23 \text{ m}^3/\text{año}$$

También es útil conocer la presencia de tormentas extraordinarias en la temporada, ya que éstas son capaces de proporcionarnos un volumen de agua excepcional. Estas tormentas se presentan regularmente al inicio de la temporada.

Una vez conocido el volumen medio aprovechable de lluvia en una ciudad y los meses que dura la temporada de lluvia, lo siguiente para el diseño del sistema de captación es conocer con que superficie de captación contamos actualmente y si en su caso, podemos invertir para la construcción o adecuación de otras.

V.1.1.- Superficies de Captación:

Las áreas o superficies de recolección pueden ser techos, patios, explanadas, caminos pavimentados, garajes, y cualquier superficie no permeable por donde escurra el agua de lluvia, y sea factible recolectarla.

El cálculo del área de captación de agua de lluvia: se logra revisando los planos de la construcción y/o haciendo mediciones directas. Se puede determinar el área en metros cuadrados de las azoteas disponibles. En esta etapa, se debe tener cuidado de considerar en las mediciones **únicamente** las áreas en donde se podrá recolectar el agua y que será enviada a la cisterna o zona de almacenamiento, ya que se pudiera incluir, áreas que no se estén considerando como dren y tener errores en los volúmenes resultantes. En algunas escuelas, hay áreas de las azoteas de donde es difícil o poco práctico conducir el agua hacia los ductos o canaletas de bajada. Estas zonas se deben excluir del cálculo de áreas.

En algunos casos podemos aumentar las áreas de captación o mejorar la calidad del agua captada, con la instalación de techumbres sobre patios y espacios similares. Esto dependerá sobre todo de la capacidad de inversión de la escuela.

Por ejemplo, si en un lote de 40 metros de largo por 10 metros de ancho tenemos una construcción con techos de 30 metros de largo por 10 metros de ancho, tendremos 300 m² de superficie de captación, pero si en parte de estos techos es muy difícil realizar las conexiones de tubería o canaletas para lograr la recolección del agua, esa área no se deberán considerar para el cálculo de nuestra área susceptible de captación.

Otro ejemplo: un techo de 5 metros de ancho por 10 metros de largo, aquí tendríamos que restarle 50 m², a los 300 m² originales de superficie, quedando sólo 250 m² con capacidad de captación.

Una situación similar también se puede presentar en techos de dos aguas donde la una parte del techo pudiera presentar problemas para recolectar el agua.

En las diferentes escuelas localizadas en las comunidades aledañas al municipio de tonatico, encontramos que los materiales con que se construyen los techos son diversos, estos tendrán un mayor grado de captación mientras sean más lisos y menos porosos.

Por tanto, las características de cada material y como su comporta ante el escurrimiento de la lluvia son determinantes para eficiencia en el almacenamiento del agua.

V.1.2.- Materiales recomendados para las techumbres.

V.1.2.1.- Barro y Concreto.

Las superficies de barro o concreto tienen como principal característica el ser porosas. Son materiales que se encuentran fácilmente y son recomendables para sistemas de captación para agua potable como para agua no potable pero, debido a la textura, puede representar más o menos el 10% de pérdida debido a que el material absorbe agua y este se evapora cuando el sol se presenta. Para reducir la pérdida de agua, la superficie puede ser pintada o barnizada con sellador (impermeabilizada), pero deben buscarse en el mercado las pinturas y selladores especiales que no desprenden toxinas al contacto con los rayos del sol y previenen el crecimiento de bacterias en materiales porosos.

V.1.2.2.- Metal y Fibra (o lana) de Vidrio.

La cantidad de agua de lluvia que puede ser recolectada de una superficie depende en parte de la textura de la superficie: entre más lisa, mejor.

Por ejemplo: Una superficie que se usa comúnmente para la captación es la llamada lámina galvanizada, la cual posee 55 por ciento aluminio, 45 por ciento acero.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Estas secciones de metal corrugado tienen como principal característica el ser livianas, fáciles de instalar y requieren poco mantenimiento. Sin embargo, puede ser caro para el presupuesto de algunas escuelas.

Otra superficie de excelente escurrimiento son las láminas de plástico, entre ellas la más común es una lámina corrugada de fibra (o lana) de vidrio, que suele conseguirse fácilmente. Sin embargo, con varios años de exposición al sol, suele perder sus propiedades físicas. En este caso de que esto ocurra, lo más recomendable es sustituirla por otra nueva, sin embargo, también se le puede dar mantenimiento, que consiste en utilizar una resina similar a la de su fabricación. No obstante, hay que consultar al fabricante para que indique la pintura o resina que no le transfiera toxinas al agua, y debe realizarse este mantenimiento en la temporada de estiaje. El agua recolectada en esta superficie no se recomienda para consumo directo humano (beber y cocinar) a menos que sea tratada con filtros adecuados, se considera una pérdida de un 10% por salpicadura debido a los vientos.

V.1.2.3.- Tejas Compuestas o de Asfalto.

Debido a la fuga de toxinas, las superficies compuestas no son apropiadas para sistemas de captación de agua para consumo humano, pero puede ser utilizada para sistemas de recolección para riego de jardines y plantas de ornato y limpieza. Estas superficies tienen aproximadamente un 10% de pérdida debido al fluido ineficiente y la evaporación.

V.1.3.- Superficies de Madera, Alquitrán y Grava.

Estas superficies, en especial en techos, son raras y el agua recolectada generalmente no es adecuada para consumo humano, debido a las fugas de sus compuestos.

Es importante mencionar aún, que se tratará en la sección de mantenimiento, que la limpieza de las superficies de captación facilitará el funcionamiento del sistema y permitirá tener una mejor calidad de agua.

V.1.4.- Conducción del agua de lluvia (canales y tuberías):

Son los elementos que se consideran inmediatamente después de las superficies de captación, y están conformados por ductos, canaletas y tuberías por donde transportaremos el agua de lluvia captada.

Los canales (media caña) horizontales y los tubos verticales son instalados para captar el agua de lluvia que corre por el techo y el socarrón de los edificios y se requieren para hacer llegar el agua al área de almacenamiento.

En la mayoría de los techos de las construcciones se encuentra ya un diseño específico de salidas y canales para desahogar el agua de lluvia, el cual, puede ser aprovechado o reestructurado para los fines del sistema de captación. En ese sentido, el sistema necesita centralizar en algún punto el volumen del agua que recibe el área de captación. Para lo cual, las canaletas deberán coincidir por medio de nuevos tramos de tubo y conexiones que concentren y dirijan el flujo del agua a los elementos de almacenamiento primario, de filtración y tratamiento.

En el caso de techos con algunos grados de inclinación y salida libre por todo el borde del techo, se deberá instalar un nuevo sistema de canaletas y tuberías, lo que en cierta medida es una ventaja que nos permite colocar los componentes de filtración, tratamiento y almacenaje en el lugar más adecuado.

Los canales pueden ser continuos o cortados y conectan con tuberías que van a prefiltros o al sistema de contenedores previos a los filtros.

En algunas escuelas los techos planos de concreto son muy comunes, en estos se tienen una o más salidas de agua directas a la tubería. En estos casos, al principio de la salida, se colocan embudos con ampliación y las tuberías verticales de diámetros adecuados y si es necesario se interconectan los diferentes tubos de las bajadas, con piezas del mismo material de los tubos llamadas "Y" o "T".

El cálculo del tamaño de los canales o canaletas y tubos debe ser proporcional a la cantidad de lluvia y el área de captación.

Para áreas de captación pequeñas a medianas, con canaletas de 7.5 a 110 cm. y tubos de 5 centímetros (aproximadamente de 2 pulgadas de diámetro) a 7.5 cm. (3 pulgadas de diámetro aproximadamente.) es suficiente.

Si la superficie es grande, llueve mucho y solo se tiene una salida, la tubería debe ser de un diámetro capaz de permitir el paso fluido del agua, sin provocar encharcamientos en el techo, Las tuberías más comunes para grandes volúmenes recolectados van desde los 11 centímetros (4.5 pulgadas aprox.) en adelante.

Las canales o canaletas horizontales deben colocarse con una inclinación efectiva del 2 al 4 por ciento de la entrada de agua del techo al tubo de bajada y las más comunes son las medias cañas de 5.5 centímetros de radio, conectadas a embudos o reducciones que den el diámetro adecuado del tubo de bajada vertical.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Como lo recomiendan en el Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos, de los autores Ilán Adler, Gabriela Carmona y José Antonio Bojalil.

Todos los canales, canaletas, reducciones (embudos de recepción) tuberías y otros elementos deben estar firmemente sujetos a los muros o los lugares donde se apoyen, y no deben interferir alguna función del edificio o construcción (ventanas, puertas, etc.) ni estar, en contacto con cables eléctricos (en su caso estos deberán aislarse adecuadamente). Si es posible deben pintarse (buscando estética con la decoración de la escuela o edificio).

Para el sellado de las juntas entre tubos y conexiones u otros, existen diferentes productos, pero los silicones suelen ser los más apropiados por su facilidad de aplicación y rápido secado.

En algunos sistemas se instalan algunas tuberías que llevarán el agua captada por bombeo (e incluso ya filtrada y tratada) a un depósito colocado en un lugar alto (y de este al punto final de consumo), para que desde ahí se distribuya el agua por gravedad. En estos casos, la tubería es cerrada y de menor diámetro (de media pulgada o tres cuartos, las más comunes) y las de cobre son las más óptimas, sobre todo si ya se trató el agua, aún que son más costosas, pero su durabilidad es muy grande, la tubería deberá de ser cerrada y de menor diámetro con la finalidad de que no se escape la presión que se ejerce para que suba a un lugar alto, si no fuera de esta manera no subiría el agua, ya en la parte más alta el agua bajaría por gravedad (por sí misma).

Pero la pregunta ahora es: ¿Qué materiales usar para las canaletas y las tuberías?

Para sistemas de agua potable, no pueden usarse canaletas con soldaduras de plomo, como lo tienen en algunos casos los canales antiguos de metal; La pequeña cantidad de ácido de la lluvia podría disolver el plomo y esto contaminar el agua.

En el caso de los canales de PVC para este mismo uso se requiere que se filtre el agua debidamente antes de beberla, debido a que todavía presentan microorganismos vivos patógenos (que pueden causar enfermedades).

Se utilizan otros materiales para los canales como son el aluminio y el acero galvanizado, pero el más común, económico y fácil de conseguir es el PVC.

Algunas de las propiedades de estos materiales son las siguientes: el aluminio es un metal muy ligero, con un peso específico de $2,7 \text{ (g/cm}^3\text{)}$, que es un tercio de la del acero. La resistencia del metal puede ser ajustado mediante la adición de pequeñas cantidades de otros metales (aleaciones), el acero galvanizado por inmersión en caliente es un producto que combina las características de resistencia mecánica del acero y la resistencia a la corrosión generada por el cinc.

Propiedades del acero galvanizado: Resistencia a la abrasión y resistencia a la corrosión.

Las principales ventajas de los recubrimientos galvanizados en caliente pueden resumirse en los siguientes puntos: Duración excepcional, Resistencia mecánica elevada, Protección integral de las piezas (interior y exteriormente), Triple Protección; Barrera física, Protección electroquímica y Autocurado, Ausencia de Mantenimiento por último fácil de pintar.

V.1.5.-Cisternas, tanques y otros elementos de almacenamiento:

Una vez que conocemos el área de azotea a utilizar para captar el agua de lluvia, el uso y duración que se pretende dar al agua, el número de alumnos que la usarán y la precipitación pluvial en la comunidad, se debe tener en cuenta la capacidad actual de almacenaje de agua de lluvia, ya sea que esta capacidad resulte suficiente o que se deba construir o comprar algún tanque de almacenaje mayor.

Evidentemente, lo ideal sería hacer una cisterna lo más grande posible, porque siempre puede haber tormentas o excesos de lluvia en un año, pero esto no siempre es económicamente factible, por tanto, es importante tomar en cuenta que en algunas ocasiones, el almacenamiento es el componente que demanda más espacio y el más caro del sistema de captación de agua de lluvia.

El criterio principal aquí, es la capacidad de reserva o tiempo que se desea almacenar agua. Si se consumirá durante la misma temporada de lluvia o se concentrará para consumirla durante el periodo de estiaje, o se realizarán las dos acciones.

V.1.6.- Cálculo de la capacidad de reserva de agua de lluvia.

Volviendo al ejemplo, una manera de calcular la *capacidad de reserva* es saber cual es la necesidad de consumo de agua que realizaremos durante la temporada de lluvia y cuánta agua se recolectará.

Siguiendo nuestro ejemplo anterior, teníamos un Consumo Promedio (C_p) de 4,410 litros diarios, que sale de aplicar la siguiente fórmula:

$$C_p = (N_a) (D)$$

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Dónde:

Cp = Consumo Promedio [litros diarios].
Na = Número de personal laborando [personas].
D = Dotación [litros/persona/día].

$$\begin{aligned}C_p &= (N_a) (D) \\C_p &= (245 \text{ personas}) (18.00 \text{ litros/persona/día}) \\C_p &= 4,410 \text{ litros diarios}\end{aligned}$$

La cantidad de lluvia que se puede esperar en todo el año es de unos 923,233.40 litros. Asumiendo que la temporada dure aproximadamente 5 meses, esto quiere decir que la mayoría del agua recolectada caerá en estos meses, podemos calcular como sigue:

Consumo de agua durante la temporada (Ct)

$$(C_t) = (C_p) (P_t)$$

Dónde:

Ct = Consumo de agua durante la temporada [litros].
Cp = Consumo Promedio [litros/día].
Pt = Periodo de temporada [días].

$$\begin{aligned}(C_t) &= (C_p) (P_t) \\(C_t) &= (4,410 \text{ litros/día}) \times 150 \text{ días (5 meses)} \\(C_t) &= 661,500 \text{ litros.}\end{aligned}$$

Recolección pluvial esperada durante la temporada = 923,233.40 litros, que salen de la formula

$$R_p = 0.8 (A_c) (P)$$

Dónde:

Rp = Recolección pluvial esperada durante la temporada [litros].
Ac = Área efectiva de captación [m²].
P = Precipitación media anual [litros/ m²].

$$\begin{aligned}R_p &= 0.8 (A_c) (P) \\R_p &= 0.8 (1,481.44 \text{ m}^2) (779 \text{ Lts/m}^2) \\R_p &= 923,233.40 \text{ litros.}\end{aligned}$$

Suponiendo que nuestra cisterna es de esa capacidad.

Capacidad de Reserva (Cr)

$$(C_r) = (R_p) - (C_t)$$

Dónde:

Cr = Capacidad de Reserva [litros].
Rp = Recolección pluvial esperada durante la temporada [litros].
Ct = Consumo en la temporada [litros].

$$\begin{aligned}(C_r) &= (R_p) - (C_t) \\(C_r) &= 923,233.40 - 661,500 \\(C_r) &= 261,733.40 \text{ litros.}\end{aligned}$$

Quiere decir que, al finalizar la temporada, según los cálculos, contaremos con 261,733.40 litros, para utilizar durante la época de sequía.

Esto proporciona a la escuela una autonomía de 59 días, asumiendo el consumo constante de 4,410 litros/día
Periodo autónomo (Pa)

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

$$(Pa) = (Cr) / (Cc)$$

Dónde:

Pa = Periodo autónomo [Días].

Cr = Capacidad de Reserva [Litros].

Cc = Consumo Constante [Litros/día].

$$(Pa) = (Cr) / (Cc)$$

$$(Pa) = 261,733.40 \text{ litros} / 4,410 \text{ litros/día}$$

$$(Pa) = 59 \text{ días.}$$

Es decir, el agua almacenada alcanzara para el ciclo escolar ya que fueron.
Periodo ciclo escolar (Pce)

$$(Pce) = (Pc) + (Pa)$$

Dónde:

Pce = Periodo ciclo escolar [Días].

Pc = Periodo ciclo [Días].

Pa = Periodo autónomo [Días].

$$(Pce) = (Pc) + (Pa)$$

$$(Pce) = 150 \text{ días} + 59 \text{ días}$$

$$(Pce) = 209 \text{ días.}$$

Para la instalación de las cisternas, se pueden tomar diferentes decisiones:

Utilizar materiales propios de la región.

Utilizar materiales comercialmente accesibles de la comunidad.

Utilizar materiales plásticos (geomembranas) fabricados exprefeso para dicho fin.

En este sentido, dichos materiales deben cumplir determinadas características recomendables para el almacenamiento del agua:

- No debe ser transparentes o de colores claros y, de preferencia no le debe localizarse en el rayo directo del sol, (en el caso de México existen compañías que producen cisternas de plástico con capacidad de hasta 25,000 litros).
- Para cisternas de agua potable, es necesario que no esté pintada o barnizada con materiales tóxicos.
- La cisterna/tanque plástico (tinaco) debe taparse, para evitar mosquitos, polvo, hojas, basura, la proliferación de algas y evitar algún accidente.
- Debe poder limpiarse fácilmente.



Figura 5.1 - Recomendación para la localización del tanque receptor del agua pluvial (o algo parecido)

Habiendo tomado en cuenta el espacio que se requiere para colocar la cisterna, la siguiente consideración a tomar es la localización física de la misma.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Puede ser de dos tipos: Enterrada o superficial

Enterrada: es necesario hacer una excavación de las dimensiones necesarias, para lo cual se recomienda tener un estudio de mecánica de suelos, que indica si es arcilloso, rocoso, etc. y las precauciones que se deben tomar para evitar daños o movimientos en los muros de la cisterna. En caso de no contar con él, una técnica es indagar si en las viviendas vecinas se han construido cisternas similares a la que se pretende instalar y si estas siguen en funcionamiento o han tenido problemas como fisuras o problemas similares.

También hay que tomar en cuenta las condiciones sísmicas de la zona, así como la posible incidencia de inundaciones o deslaves que pudieran afectar la estructura de la misma.

Superficial: en este caso se construye una estructura a nivel del suelo. Esto permitiría reducir el gasto al evitar la excavación, y más facilidad de mantenimiento o reparación. La desventaja es que ocupa más espacio. Se debe tomar en cuenta el peso del agua si se va a colocar sobre un piso elevado o alguna estructura frágil. Para calcular el peso total, se usa la siguiente relación:

1 m^3 (metro cúbico) de agua = 1 Tonelada métrica de peso (1000 Kg.)

A esto hay que sumarle el peso de la estructura de la cisterna.

La segunda decisión es elegir entre una cisterna prefabricada y una construida en el sitio.

Si nos vamos por la cisterna prefabricada, existen varias empresas venden cisternas de plástico u otros materiales. En este caso simplemente se excava la fosa (o se colocan sobre el suelo) y se inserta la cisterna prefabricada. Estas tienen la ventaja de una larga duración, y menor costo de instalación. Son factibles para volúmenes pequeños de agua (hasta cerca de 25,000 litros. de capacidad), ya que para mayores volúmenes es mucho más económica una cisterna de ferro cemento.

Entre las cisternas construidas, existen varias opciones, como son:

Ferro cemento
Mampostería y
Geo Membrana.

- Ferro Cemento: Se trata de un material muy económico y resistente. Se pueden hacer cisternas redondas u ovaladas según convenga.



Figura 5.2 – Tanques de Ferro Cemento

- Mampostería: son las cisternas rectangulares convencionales.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.



Figura 5.3 – Tanques de Mampostería.

- Geo-Membrana: Ideal para volúmenes muy grandes (por ejemplo: 1000 m³), y para zonas muy sísmicas. Es un tipo de membrana o geotextil de un plástico especial que se coloca en la base de una fosa excavada, cubriendo e impermeabilizando el fondo. La ventaja es que la membrana se puede moldear a cualquier forma, área o superficie.

A continuación se describen los factores que se tomaron en cuenta para seleccionar el tipo de material con el cual se construiría la cisterna: el Ferrocemento su costo es intermedio entre Mampostería y Geo Membrana, si se deja superficial se corre el riesgo que lo rompan los alumnos lanzando piedras, botellas de vidrio, etc., si es subterráneo se tendría que realizar la excavación lo que generaría un costo extra, si se construye de Mampostería el costo es muy elevado ya que utilizaría para su construcción Piedra Braza, Arena, Cemento, Juntas de PVC, Impermeabilizante, etc., la Geo Membrana su costo es bajo, fácil de manejar, fácil de reparar, fácil de transportar, cuenta con la ventaja de dejarlo al intemperie en caso de que se le de mantenimiento, también existe espacio para alojar los tanques.



Figura 5.4 – Tanques de Geo-Membrana.

Otra consideración a tomar es que si la cisterna va a ser relativamente grande (mayor de 100 m²), se recomienda colocar un muro rompe-ola dentro de la misma, para reducir daños, que se ejercen de las acciones provenientes de los empujes de agua, en caso de sismo.

Dependiendo del tipo de terreno, los muros exteriores pudieran requerir un refuerzo. En terrenos no deformables, la estructura puede estar constituida por marcos rígidos ortogonales formados por traveses y columnas, los muros desplantados en zapatas corridas, las columnas desplantadas en zapatas aisladas y el sistema de piso no estructural tipo membrana. En terrenos deformables se recomienda estructurar como anillos formados por contratraveses, columnas y traveses, y un sistema de piso estructural. En estas estructuras, es conveniente que el muro y la losa de cubierta se diseñen para que tengan un comportamiento en conjunto, de tal manera que la losa le proporcione al muro una restricción a los desplazamientos en su extremo superior, eliminando el efecto de volteo que provoca la presión hidrostática del líquido contenido o del empuje de tierra exterior cuando el tanque está vacío.

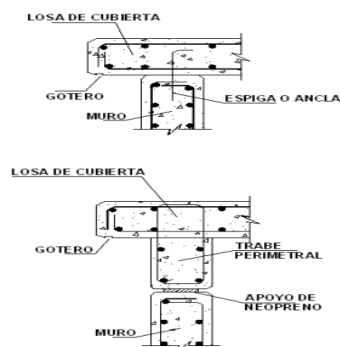


Figura No. 5.5 - Unión de Losa con Muro.

Sin embargo, no todos los sistemas deberán llevar estas grandes dimensiones de almacenaje, algunas personas podrán decidir tener menos usos del agua de lluvia (por ejemplo solo para la descarga del retrete) y el almacenaje se podrá hacer por medio de tanques o contenedores plásticos de mediana capacidad (750 o 1200 litros) y estos pueden ser colocados en los mismos techos, siempre y cuando se realice el estudio de carga de las estructuras de las escuelas, sobre todo en lugares sísmicos.

Por último y muy importante, en el caso de los tanques y las cisternas que recibirán el agua de lluvia es necesario instalar un rebosadero que permita desaguar el exceso de agua de lluvia (que pueda caer durante una tormenta o por el hecho de no haber consumido agua por algún tiempo) y que la dirija a un drenaje, evitando inundaciones en las escuelas, que se utilice para riego o para consumo animal. Debido a que los rebosaderos estarán conectados a drenajes, se debe tener la precaución de poner trampas de olores por medio de un sifón (sifa o cespól), y en algunos casos colocar al final de las tuberías rejillas que eviten el ingreso de roedores u otros pequeños animales, pero que no interrumpan el paso del agua al drenaje (algunos cespól's de plástico sirven para prevenir ambos problemas).

V.1.7.- Bombas o sistemas de elevación de agua:

La utilización de estos equipos en un sistema de captación de agua de lluvia, depende del tratamiento que se requiera darle al agua. Por lo regular se necesita algún sistema de bombeo. De preferencia, y hasta donde sea posible, se debe diseñar el sistema de captación de tal manera que por gravedad se pueda distribuir el agua captada y tratada.

En algunas comunidades, los sistemas de distribución de agua de las escuelas reciben el agua de la red hidráulica pública o municipal con una presión suficiente que distribuye el agua a todas las salidas, sin embargo en muchas otras el suministro de agua público es muy deficiente o inexistente y requieren una cisterna o tanque en el sótano, que reciban el agua potable y que tengan instalada una bomba electromecánica para elevar el líquido para su almacenamiento final en el techo en un tinaco, de donde desciende el agua por gravedad hacia las instalaciones que así lo requieran. En algunos casos se cuenta con sistemas hidroneumáticos que envían el agua directamente por presión a los puntos de uso.

Existen zonas en la comunidad en que la electricidad no es accesible, que la instalación no es factible o es muy costosa. En estos casos se pueden considerar viables las bombas manuales (como las de mecate, las de vacío, etc.) y en su caso las bombas solares, que no requieren de electricidad de la red pública.

El agua también se puede almacenar en una cisterna o tanque bajo y utilizarla para usos no potables, tal vez no es necesario tener una bomba electromecánica sino algún método que nos permita acceder al agua tratada por medio de cubos, mangueras o sistemas mecánicos que no requieren electricidad (bombas de mecate o de vacío), y utilizarla para riego o limpieza por ejemplo.

El agua para ser utilizable no siempre la tenemos en el punto donde la necesitamos, por lo que en la mayor parte de los casos es necesario transportarla y/o elevarla al sitio donde la requerimos, y cada vez más frecuente es necesario también darle una determinada presión para su adecuada utilización. Para ello necesariamente tenemos que agregarle cierta cantidad de energía, la cual nos permite lograr colocar el agua (volumen a transportar por unidad de tiempo) donde nos es útil. La mejor manera que ha encontrado el hombre hasta el momento de lograr esto es a través de una bomba, cuya función es generar la presión necesaria para vencer la altura (carga estática) a la que queremos tenerla, así como subsanar todas las pérdidas de presión generadas por la fricción en las tuberías y accesorios para su transporte (depende del tipo de material), esto se logra a través de un intercambio de energía el cual se lleva a cabo haciendo girar un impulsor mediante una flecha o eje, y el cual por su geometría es decir el diseño de sus alabes generará dicha presión. Se debe de dar una guía lo mas objetiva y accesible posible para tener un equipo de bombeo. Se deberá tener cuidado estos conceptos que son básicos para comprender el transporte de agua, que como ya mencionamos.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

V.1.8.- Espacios para instalación del sistema:

En las escuelas es indispensable tomar en cuenta los posibles espacios dentro del lote en los que se colocarán los componentes del sistema, ya que este espacio por lo regular será reducido, esta variable tiene una gran importancia, pues puede llegar a limitar la capacidad de almacenaje de agua de lluvia y por lo tanto reducir la capacidad de reserva. En los casos donde el espacio es reducido, se deberán priorizar los usos más importantes para los que se requiere el agua.

Como ya se comentó, los contenedores prefabricados, sobre todo los de plástico, pueden ser ubicados en los mismos techos o áreas de captación, cuando la capacidad de carga de la edificación lo permita. En estos casos, aún cuando el espacio es limitado, nos permite tener un determinado abasto de agua de lluvia.

Por otra parte algunos elementos del sistema pueden requerir una instalación especial que nos ayude a optimizar el espacio, sin embargo este tipo de modificaciones o instalaciones tendrán un costo, y este dependerá de lo que se requiera realizar. Por ejemplo, si se requiere techar un patio o garaje o se quiere construir una estantería o "rack" donde colocar horizontalmente algunos de los elementos y equipos del sistema (por ejemplo: tanques, bombas, filtros).

Aún cuando estas modificaciones tienen un costo pueden ayudarnos en mucho a aumentar la capacidad de captación y almacenamiento del sistema.

V.1.9.- Mantenimiento:

El mantenimiento de un sistema de recolección de agua de lluvia puede ser sencillo, pero es necesario llevarlo a cabo sobre todo cuando empieza la temporada de lluvias o unos días antes.

Este comienza con la revisión de todos los componentes del sistema desde las áreas de captación, hasta los contenedores del agua, pasando por las canaletas, tuberías y filtros. Así mismo se deberá revisar el correcto funcionamiento de las bombas electromecánicas o los sistemas mecánicos u de otro tipo de dispositivos para la elevación de agua.

Según sea el caso, será necesario asear todos los componentes del sistema de captación:

- Limpieza y reparación (esta se efectúa al principio de la temporada)
La operación consiste en barrerlos, limpiarlos, lavarlos, repararlos o sustituir los elementos que así lo requieran y retirando los materiales que puedan obstruir y los que puedan alterar la calidad del agua.
- Limpiar la superficie donde el agua será captada.
Esa operación se realiza, ya que durante un buen tiempo no han recibido lluvia y que lo más seguro es que se llenen de polvo, hojas de árboles u otros materiales.
- Limpiar los canales, tuberías y los rebosaderos de las cisternas.
- Limpieza de los tanques y cisterna por lo menos una vez al año.
- También se deberá revisar que en estas áreas no se tengan grietas o filtraciones, para evitar pérdidas de agua y daños a las edificaciones

V.1.10.- Monitoreo y mantenimiento.

El aspecto del mantenimiento es muy importante durante la operación de los equipos de captación, almacenamiento y distribución del agua de lluvia, ya que de la correcta operación y supervisión de estos componentes depende la vida útil y el buen funcionamiento de los mismos.

Las actividades mínimas que se deben realizar durante la época de lluvia y que además se encuentren en operación los componentes son:

- Monitorear los niveles de agua del tanque.
- Reparar posibles goteras que aparezcan durante la temporada de lluvia en techos con materiales adecuados y no contaminantes.
- Monitorear periódicamente que el agua fluya sin problemas por los canales o tuberías, reparando posibles daños en ellas.
- Revisar periódicamente las mallas o coladeras que retienen hojas y sólidos mayores, limpiar o cambiar los filtros para el tratamiento del agua, con la regularidad que el fabricante propone, o la que requiera según las condiciones y la experiencia particulares.
- Revisar el correcto funcionamiento de las bombas electromecánicas o sistemas de elevación de agua si el sistema las incluye.

Se recomienda que la primera lluvia de la temporada se deje pasar sin ser recolectada por dos razones: la primera es que esta lluvia puede arrastrar de la atmósfera, particular retenidas por mucho tiempo, y la segunda por que esta lluvia ayuda a limpiar la superficie de polvo y otras partículas, que no fueron retiradas por el barrido o limpieza previa.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

V.1.11.- Capacidad de inversión:

Un primer elemento en esta inversión, es considerar la reducción de costos, para lo cual se propone la utilización de los equipos existentes (en el caso de tenerlos), sistemas de elevación de agua, tanques o cisternas, etc. Por ejemplo, en México en fechas recientes se han sustituido los tanques de lámina por los de plástico, estos primeros pueden servir como contenedores primarios para el sistema y los nuevos serían para contener el agua ya tratada y para su consumo, o bien casas que cuentan con cisternas que suelen dejarse de usar, por lo que su reparación puede ser la única inversión para instalar el sistema.

Aquí nos podemos encontrar con una diversidad muy grande de situaciones, pero el objetivo es poder optimizar los recursos existentes.

Por otra parte el costo de los materiales varía de un lugar a otro y en cada una de ellos, algunos materiales son más comunes, por lo que es muy difícil establecer un costo total para el sistema y querer generalizarlo a todas las comunidades.

Sin embargo diferentes estudios y sobre todo la práctica de quienes instalan o utilizan sistemas de captación de agua de lluvia, proponen que un sistema que sustituya todos los usos, desde el consumo humano del agua hasta la limpieza, proporciona un costo-beneficio mayor, ya que se realizaría la instalación del sistema con las infraestructuras existentes en la escuela, tales como: tuberías, sistemas de elevación de agua por medios electromecánicos y contenedores de agua, en la preparación de las superficies de captación y en las instalaciones de conducción, por tanto, se recomienda consultar a un asesor especialista.

Si el sistema se planea desde un principio con un crecimiento progresivo a lo largo de algunos años, las inversiones posteriores que se quieran hacer, pueden ser añadidas al sistema, dando por ejemplo, una mayor capacidad de almacenamiento, y por tanto una mayor autonomía o tiempo de reserva, lo que incrementará el volumen de agua para utilizar durante más meses.

Es difícil también establecer el costo de amortización de la inversión, pero el beneficio de tener una reserva de agua para los tiempos de escasez no tiene costo, sobre todo para una gran parte de la comunidad de las escuelas que se surte por medios informales del vital líquido. Cualquier costo se compensa con los beneficios en salud e higiene y la simple posibilidad de tener agua.

Cuando se habla de sistemas de captación de agua de lluvia, no se piensa en gastos sino en inversiones, ya que el concepto "rescatar el agua de lluvia", no solo nos proporciona un satisfactor fundamental, sino que permite a mediano plazo crear condiciones distintas a las del derroche y destrucción de los recursos hidráulicos que actualmente realizamos la gran mayoría. Así, los costos de un sistema pueden ser recuperados no solo por el hecho de dejar de pagar las cuentas del agua, sino por todos beneficios en salud y bienestar que la aplicación del sistema conlleva.

Lo cierto es que una limitante para la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia suele ser la capacidad de inversión de la familia o comunidad, por lo que es importante saber que estos sistemas pueden instalarse a partir de los actuales recursos (instalaciones y equipos) con que se cuente, pero planeando el futuro crecimiento del sistema, hasta lograr tener (en la medida de los diversos factores) el máximo de beneficios de este satisfactor tan importante ya que es gratuita.

CAPITULO VI

VI.- Conclusiones.

El agua de lluvia es un recurso muy interesante y atractivo para utilizarla en diferentes actividades dentro de una institución educativa. La principal razón es que ésta es gratuita.

La otra parte da la labor respectiva es la correcta implementación de los recursos con los que se cuentan y adquirir los que falten.

La última es el mantenimiento que se le proporcione a las instalaciones para incrementar la vida útil de las instalaciones, de tal manera que proporcione un servicio duradero y de buena calidad.

Todo esto hace que el proyecto sea técnicamente viable para hacer un uso más eficiente del agua dentro de las instituciones educativas, pues con la precipitación de la zona de rayón y el espacio disponible, se logra abastecer completamente la demanda requerida. Además se fomenta desde la niñez y la juventud el concepto de sustentabilidad en materia de agua. El país cuenta con hasta 3,389 planteles de educación pública entre los niveles básicos, medio y superior. Cada una de las escuelas es una fuente potencial de agua de lluvia que interconectadas pueden formar una red de agua cuyo origen provenga de las precipitaciones pluviales. Las escuelas apoyarían en gran medida a fomentar el uso racional de este valioso recurso natural.

VI.1.- Sistema.

De acuerdo con lo visto en los capítulos anteriores, instalar sistemas de captación de agua de lluvia, en instituciones educativas, para abastecer sus sanitarios durante todo el ciclo escolar.

VI.1.1.- Características:

Figura 6.1 –

Instalación de tanques de geo-membrana.



Figura 6.2 –

Inodoros con menos capacidad hídrica: Los inodoros con cajas limpiadoras que descargan sólo 6 litros de agua se han generalizado dando ahorros importantes de agua para muchas ciudades. Ahorradores de agua en la caja del excusado o inodoro: En la actualidad se comercializan sistemas que permiten realizar la descarga de agua al excusado con dos cantidades diferentes de agua, una menor para cuando se ha orinado en el excusado y una descarga mayor o normal de agua cuando se ha utilizado el excusado para defecar. Estos sistemas se conocen como sistemas duales y permiten una reducción importante en el gasto de agua potable que se realiza en una casa.



Figura 6.3 –

Accesorios e implementos para el consumo controlado de agua: En el mercado también existen nuevos modelos de llaves que eficientan la salida del agua, pulverizando o atomizando las gotas y obteniendo una mayor área de contacto, una humectación mayor y un mojado más rápido con menor cantidad de agua.



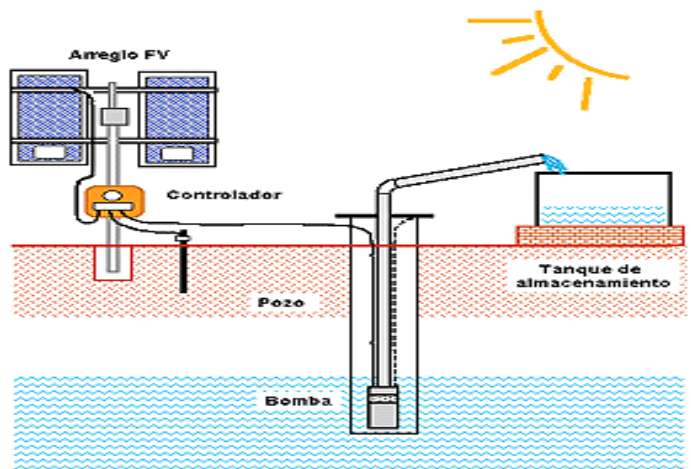
Figura 6.4 –

Mingitorios que no utilizan agua y mingitorios mixtos de bajo consumo: en diferentes ciudades se comercializan mingitorios que no consumen agua para su limpieza inmediata, en ellos se utilizan diferentes mecanismos, los más comunes son los que utilizan un aceite especial como trampa de olores, el cual no se mezcla con la orina y presenta una menor densidad que el agua por lo que la orina se desplaza dentro de las tuberías del mingitorio sin necesidad de tener en el mueble un espejo o trampa de olores que contenga agua. Existen también para uso residencial, mingitorios de muy bajo consumo de agua, que pueden ser utilizados tanto por hombres como por mujeres.



Figura 6.5 –

Sistemas de bombeo fotovoltaico. Es similar a los sistemas convencionales excepto por la fuente de potencia. Los componentes principales que lo constituyen son: un arreglo de módulos fotovoltaicos, un controlador, un motor y una bomba. El arreglo se puede montar en un seguidor pasivo para incrementar el volumen y el tiempo de bombeo. Se emplean motores de corriente alterna (CA) y el de corriente continua (CC). Las bombas pueden ser centrífugas o volumétricas. Generalmente el agua se almacena en un tanque.



VI.1.2.- Sistema de captación y distribución.

Existen dos alternativas:

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

- a) Construir una sola cisterna subterránea de 300 m³ en el patio, con un costo aproximado de \$ 717,466.00*.
- b) Construir cuatro cisternas redondas superficiales de membrana con capacidad de 80 m³ cada una, a los lados de los edificios, con un costo de \$ 227,028.29*.

Aunque los gastos pudieran considerarse altos para los beneficiarios del proyecto, existe la expectativa de que empresas comprometidas con el cuidado del agua brinden su apoyo al proyecto, canalizando recursos en beneficio del acuífero y los alumnos del plantel.

*Los costos incluyen el habilitar los techos con canaletas y declives, así como equipos de bombeo fotovoltaicos, tuberías, válvulas y filtros.

VI.1.3.- CONCLUSIONES.

El proyecto garantiza un suministro de agua para las instalaciones de la Institución Educativa durante todo el año.

Conjuntamente promueve una nueva cultura del agua en equilibrio con el medio ambiente respecto al uso del agua pluvial, el reúso y su ahorro.

Cabe señalar que el proyecto obliga para su continuidad de un óptimo manejo del sistema, requiere de un responsable con conocimientos técnicos e higiene, pero principalmente con una plena convicción respecto al ahorro de agua.

No obstante, aunque los costos para realiza el proyecto podrían representar un alto desembolso para los participantes del proyecto, existe la expectativa que empresas comprometidas con el cuidado del agua brinden su apoyo al proyecto, canalizando recursos en beneficio del acuífero.

Adicional a lo anterior las autoridades educativas, a través de la institución educativa aportaron alrededor de \$35,000.00 para la instalación de muebles ahorradores de agua, mingitorios secos, llaves ahorradoras de agua y rehabilitación de paredes de los sanitarios.

Total	Costo por suministro por pipas	Costo por otro tipo de suministro	Accidentes relacionados con la defecación al aire libre.	Pérdida de horas clase alumno por defecar u orinar fuera del plantel	Ausentismo por enfermedades de origen hídrico	Atención primaria enfermedades gastro-intestinales	Costo imposibilidad de cumplir programa académico
\$22.032,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$22.032,00	\$5.000,00	\$0,00

Figura 6.6 – Situación con Proyecto. Interacción oferta-demanda.

VI.1.4.- RECOMENDACIONES.

- Concretar lo antes posible para evitar pérdidas.
- La implementación del proyecto puede tener mayores beneficios de fijarse mecanismos para la reutilización del agua.
- El agua captada es susceptible de beber, si se trata adecuadamente.
- La replicabilidad en viviendas puede incrementar beneficios exponencialmente.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Glosario y términos

Abastecimiento de Agua Potable: Suministro de agua potable a una comunidad, que incluye las instalaciones de depósitos, válvulas y tuberías.

Acero Galvanizado: Es aquel que se obtiene luego de un proceso de recubrimiento de varias capas de la aleación de hierro y zinc. Por lo general se trata de tres capas de la aleación, las que se denominan “gamma”, “delta” y “zeta”. Finalmente se aplica una última y cuarta capa externa que sólo contiene zinc, a la que se le llama “eta”, y es la que le da aquel típico aspecto gris brillante al acero.

Acuífero: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Acuífero Artesiano: Acuífero bajo presión debido al confinamiento entre estratos.

Acuífero: Formación geológica subterránea que contenga agua.

Agropecuarias: Que tiene relación con agricultura y ganadería.

Agua Dulce: Es agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, especialmente cloruro sódico. El ser humano, con un proceso, la puede purificar y beberla lo que se llama proceso de potabilización y el agua obtenida se denomina agua potable.

Aguas Residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

Agua Subterránea: Es agua que se ha infiltrado a través del suelo más allá de la zona radicular.

Agua Superficial: Es agua, como la escorrentía, que permanece en la superficie del suelo y puede ser recolectada en estanques y otros depósitos.

Almacenamiento: Acción y resultado de poner o guardar las cosas en un almacén.

Área de Captación: Es el lugar donde se recoge el agua que fluye por una superficie.

Atmosfera: Proviene de dos vocablos griegos que refieren al aire y a una esfera. El término de nuestro idioma se utiliza para nombrar al manto gaseoso que se encuentra rodeando un planeta u otro tipo de objeto astronómico.

Bomba Manual: Es una bomba hidráulica, que usa la fuerza humana y la ventaja mecánica para mover los líquidos o el aire de un lugar a otro.

Bombeo Fotovoltaico: Es una de estas fuentes de energía que generan electricidad y contribuyen a la sostenibilidad, basando su funcionamiento en transformar la energía del sol, inagotable y limpia, en energía eléctrica.

Calidad Física Química: Se refiere al conjunto de propiedades físico químicas de un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.

Cambio Climático: Es la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales.

Canaletas: Son conductos que se instalan en los bordes de los aleros de las casas para que retengan y conduzcan el agua que cae en ella para transportarlas a otro lugar.

Captación ("Cosecha") del Agua: La práctica de recolectar y almacenar agua de una variedad de fuentes para uso benéfico.

Captación de agua de lluvia: Es la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua precipitada, para ser utilizada posteriormente para cualquier uso.

Cemento: Es cualquier material aglomerante, aglutinante capaz de unir fragmentos de propiedades físicas diferentes. Entre estos tenemos a las calizas naturales calcinadas.

Cespol: Pieza inicial de un Sistema de Drenaje, que sirve como trampa de agua para impedir el paso de los malos olores de la cañerías al exterior.

Ciclo Hidrológico: Proceso natural en el cual el agua pasa de la atmósfera a la tierra y luego regresa a la atmósfera.

Cisterna: Deposito artificial cubierto, destinado para recolectar agua.

Clima: Es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región.

Compuestos Inorgánicos: Son todos aquellos compuestos que están formados por distintos elementos, pero en los que su componente principal no siempre es el carbono, siendo el agua el más abundante.

Compuestos Orgánicos: Es una sustancia química que contiene carbono, formando enlaces carbono-carbono y carbono-hidrogeno. En muchos casos contienen oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, boro, halógenos y otros elementos menos frecuentes en su estado natural.

Concreto: Es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra machacada y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales.

Condiciones Climáticas: Se denomina tiempo meteorológico al estado de la atmósfera caracterizado por una combinación de elementos con valores específicos (temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitaciones, viento, etc.) en cierto lugar y en un momento determinado.

Conducción: Es la acción y efecto de conducir (llevar, transportar, guiar, dirigir).

Contenedor: Es un recipiente de carga para el transporte marítimo o fluvial, transporte terrestre y transporte multimodal.

Costo: Es el Gasto Económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.

Cuenca de Agua: El área en la cual el agua corre hacia un punto específico.

Cuenca Hidrológica: Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas-aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

Cuerpos de agua: Es una masa o extensión de agua, tal como un lago, mar, u océano que cubre parte de la tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o dulce.

Deforestación: Es la acción y efecto de despojar un terreno de sus árboles y plantas.

Descarga: La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

Dióxido de carbono: Se presenta solo en una pequeña parte de la atmósfera pero es uno de los GEI más importantes, además permanece mucho tiempo en la atmósfera y, desde la Revolución Industrial, la concentración de CO₂ aumento un 30%.

Diseñar: Es proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Utilizado habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas creativas.

Disponibilidad: Es la referencia a la posibilidad de que algo, un producto o un fenómeno, esté disponible de ser realizado, encontrado o utilizado.

Dotación: Es la Cantidad de agua que consume en promedio una persona durante un día.

Drenaje separado: Es una red de alcantarillado diseñado para desalojar exclusivamente las aguas negras y residuales o las aguas pluviales.

Ecosistema: Es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Energía: Es la capacidad de generar movimiento o lograr la transformación de algo.

Escorrentía: Es el agua de lluvia que corre sobre la superficie del suelo después de una lluvia.

Escurrimiento: Es la lámina de agua que circula sobre una superficie, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.

Escusado: Es el elemento sanitario utilizado para recoger y evacuar los excrementos y la orina humanos hacia la instalación de saneamiento y que (mediante un cierre de sifón de agua limpia) impide la salida de los olores de la cloaca hacia los espacios habitados.

Estructura de Captación de Techo: Estructura, como un tanque de cemento o una cisterna, que recolecta el agua de lluvia que cae de un techo de una edificación.

Evaporación: Es el proceso en el cual el agua cambia de estado líquido a estado gaseoso o vapor.

Evapo-transpiración: Es la circulación del agua a través de una planta, comenzado por las raíces, pasando luego por el sistema vascular, para finalmente evaporarse a la atmósfera.

Extracción: Es el acto de sacar algo que está hundido, inmerso o sepultado en algo.

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

Factor Económico: Es la esencia misma de la convivencia, adaptada a convivir en paz evitando las disputas y los resentimientos al colocarle un valor a los objetos y a las acciones, creando normas de convivencia basadas en la lógica matemática.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Factor Social: Son los elementos de los sistemas políticos, económicos, sociales y culturales del entorno.

Factor Técnico: Es la producción u oferta y la demanda de agua, que está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma.

Filtros: Es un dispositivo a través del cual se hace pasar un fluido para limpiarlo de impurezas o separar ciertas sustancias.

Floricultura: Es la disciplina de la horticultura orientada al cultivo de flores y plantas ornamentales en forma industrializada para uso decorativo.

Fluticultura: Es una actividad planificada y sistemática realizada por el ser humano que abarca todas las acciones que realiza con relación al cultivo para el beneficio de todas aquellas plantas que producen frutos.

Forraje: Es el pasto o alimento herbáceo que consume el ganado.

Fuente de Abastecimiento: Lugar de producción natural de agua que puede ser de origen superficial (río, estero, lago o mar) o subterráneo (manantial o pozo).

Ganadería: Es el manejo de animales domesticables con fines de producción para su aprovechamiento.

Gases Efecto Invernadero: Son los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera.

Gasto o flujo: Es el término que nos indica un volumen de agua por unidad de tiempo.

Geología: Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna y externa de la Tierra.

Gravedad: Es una fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro.

Grieta: Es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales.

Impermeables superior e inferior: También se conoce como pozo artesiano.

Infiltración: Es la penetración del agua a través del suelo.

Interceptor: Es algo que impide, detiene, interrumpe, se apodera de algo antes de que llegue a su destino.

Interruptor: Es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente.

Juntas: Sistema de unión entre tubos y piezas especiales.

Línea de Conducción: Es un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad o bombeo. Donde tuberías transportan agua desde donde se encuentra en estado natural hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento, reservorio o una planta potabilizadora mediante conjunto de ductos y accesorios.

Llaves Ahorradoras de Agua: llaves que eficientan la salida del agua, pulverizando o atomizando las gotas y obteniendo una mayor área de contacto, una humectación mayor y un mojado más rápido con menor cantidad de agua.

Manantial: Es la fuente de agua que fluye libremente de la tierra.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Mantenimiento: Es el conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó.

Manto Freático: El estrato superior de saturación de agua en la tierra.

Manto Freático Estancado: Manto freático colocado por encima de una capa de suelo o roca impermeable que sale a la superficie de un cerro como un manantial.

Medio Electromecánico: Es un dispositivo o de un aparato mecánico: Accionado o controlado por medio de corrientes eléctricas.

Membrana: Es una piel delgada a modo de pergamino, un tejido que presenta forma laminar y que tiene consistencia blanda o una placa o lámina de pequeño espesor y flexible.

Metano: Es un gas incoloro, inflamable, no tóxico, que se produce de forma natural por la descomposición de la materia orgánica, cuya fórmula química es CH_4 .

Meteorología: Es la disciplina que se ocupa del estudio de los fenómenos atmosféricos, las propiedades de la atmósfera y especialmente la relación con el tiempo atmosférico y la superficie de la tierra y los mares.

Mingitorios Secos: Es un objeto utilizado para orinar, generalmente ubicado en baños, que no usa agua y es fácil de instalar y mantener.

Monitoreo: Acción y efecto de monitorear (monitorizar, observar el curso de uno o varios parámetros para detectar posibles anomalías).

Mortero: Es una mezcla principalmente de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua.

Muebles Ahorradores de Agua: Ahorradores de agua en la caja del excusado o inodoro, cuentan con sistemas que permiten realizar la descarga de agua al excusado con dos cantidades diferentes de agua, una menor para cuando se ha orinado en el excusado y una descarga mayor o normal de agua cuando se ha utilizado el excusado para defecar.

Obra Pública: Son los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles.

Oxido Nitroso: Es un gas incoloro y no inflamable cuya fórmula química es N_2O .

Pavimentación: Es la capa superior del firme del conjunto de los elementos que componen el suelo de la vía pública.

Permeabilidad: Es la característica del suelo o de las rocas relacionada con el grado de penetración del agua a través de sus partículas.

Polietileno: Es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $\{\text{CH}_2\text{-CH}_2\}_n$. Es uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas anuales alrededor del mundo) y a su bajo precio. Es químicamente inerte.

Pozo: Es la excavación de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.

Precipitación: Es la caída del agua atmosférica, en forma de lluvia.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Precipitación Media Anual: Es el promedio que se da a largo plazo con respecto a una zona o región específica y es medida cada año por meteorólogos que pronostican el clima en una ubicación.

Proceso: Es la acción de avanzar o ir para adelante, al paso del tiempo y al conjunto de etapas sucesivas advertidas en un fenómeno natural o necesarias para concretar una operación artificial.

PVC: Es un Polímero de Cloruro de Vinilo que se emplea para la fabricación de diversos productos plásticos.

Radiación: Es la acción y efecto de irradiar (despedir rayos de luz, calor u otra energía).

Radiación de Onda Corta: Es la emitida por el Sol. Su espectro de longitudes de onda lo determina la temperatura del Sol.

Radiación de Onda Larga: Es la emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.

Rebosadero: Orificio o desagüe para que un líquido no rebase un determinado nivel, y por el que sale el agua que sobra en una bañera, lavabo, fregadero o piscina.

Recarga: Es un método de gestión hídrica que permite introducir agua en los acuíferos subterráneos (en general, agua de buena calidad y pretratada, aunque ha habido varias experiencias de recarga con aguas residuales).

Recolección: Procede del latín *recollectum* y hace referencia a la acción y efecto de recolectar.

Red de Agua Potable: Es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

Reducciones: El concepto que hace referencia a volver algo al estado que tenía con anterioridad o a disminuir, aminorar, ceñir o estrechar algo.

Rehabilitación: Es el término para describir la acción de "habilitar de nuevo o restituir a alguien o algo a su antiguo estado".

Rejillas: Es una pieza que combina elementos unidos de manera que queden espacios repetitivos. Ordinariamente la rejilla es una pieza con elementos en una sola dirección pero en algunos casos puede ser bidireccional y contar con elementos perpendiculares a los principales dando lugar a una malla.

Retrete: Instalación para orinar y evacuar el vientre.

Reutilización del agua: Es un sistema de conexiones de los desagües de los lavabos y bañeras a un depósito. En dicho depósito se realizarán dos tratamientos de depuración. Tratamiento físico: se realiza mediante filtros que impiden que las partículas sólidas pasen. Tratamiento químico: se realiza mediante la coloración del agua con hipoclorito sódico con un dosificador automático. Esto deja al agua lista para la reutilización. Luego para devolver el agua hacia las cisternas, se utilizan bombas de bajo consumo que conducirán al agua desde el depósito cuando las cisternas deban ser llenadas nuevamente.

Río: Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Sanitarios: Conjunto de aparatos de higiene que están en el cuarto de baño.

Sensor de Nivel: Es un conjunto funcional que se activa en función de la altura del nivel de agua controlada, para establecer el cierre o la apertura de un circuito eléctrico.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonatico, Estado de México.

Sifón: Conducto cerrado que se construye en drenes o canales para vencer obstáculos como ríos, caminos, barrancas, líneas de ferrocarril, etc.

Silicones: Son polímeros inorgánico-orgánico con la fórmula química $[R_2SiO]_n$, donde R son los grupos orgánicos tales como metil, etil, y fenil. Pueden variar su consistencia del líquido a gel para el caucho o plástico duro. El tipo más común es el polidimetilsiloxano lineal o PDMS. El segundo grupo más grande de materiales de silicón está basado en las resinas de silicón.

Sistema de Distribución: Es el conjunto de tuberías destinadas al suministro de agua a los usuarios.

Sistema Hidroneumático: Se denomina así a un equipo constituido básicamente por un tanque herméticamente cerrado en el cual se almacena agua y aire a presión con valores convenientes para su distribución y utilización en una red hidráulica.

Subsuelo: Es la capa de suelo debajo de la capa superficial de la tierra.

Suministro: Es el acto y consecuencia de suministrar (es decir, proveer a alguien de algo que requiere).

Tanque: Depósito para almacenar fluidos.

Tanque Elevado: El tanque elevado es aquel cuya base está por encima del nivel del suelo, y se sustenta a partir de una estructura. Generalmente son construidos en localidades con topografía plana donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería de alimentación y descarga.

Tanque Enterrado: Este tanque se construye bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe terreno con una cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y de fácil excavación. La ventaja principal del tanque enterrado es que protegen el agua de las variaciones de temperatura y ofrecen una perfecta adaptación al entorno.

Tanque Semienterrado: El tanque semienterrado tiene parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel del terreno. Se emplea generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta dificultad de excavación

Tanque Superficial: El tanque superficial está construido sobre la superficie del terreno. La construcción de este tipo de tanque es común cuando el terreno es "firme" o no conviene perder altura y se tiene la topografía adecuada.

Techo: Es la superficie interior, generalmente horizontal, por encima de los límites superiores de las paredes de una habitación; aunque también se le conoce como cielo a la parte interior y techo a la parte exterior. Por lo general no es un elemento estructural, sino más bien un acabado de superficie que oculta la parte inferior del piso o del techo que existe por encima de la estructura.

Temporada: Es la época del año en que se presenta con mayor frecuencia un evento.

Tiempo: Es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación; esto es, el período que transcurre entre el estado del sistema cuando éste presentaba un estado X y el instante en el que X registra una variación perceptible para un observador (o aparato de medida).

Tinaco: Depósito para almacenamiento de agua y distribución de esta por gravedad, de materiales, formas y capacidades diversas.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

Topografía: Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales (ver planimetría y altimetría).

Tratamiento de Agua: Conjunto de procedimientos por medio de los cuales se mejora, en diferentes grados, la calidad de las aguas negras o residuales

Tubería: Conducto fabricado de diferentes materiales, generalmente de sección circular; puede trabajar a presión o como canal.

Válvula: Accesorio que se utiliza en los sistemas de agua para seccionar y controlar el paso del agua.

Vapor de agua: Es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro.

W.C.: Inodoro (en inglés Water Closet), elemento sanitario utilizado para recoger y evacuar los excrementos. Cuarto de baño, habitación donde se encuentran el inodoro y otros elementos para el aseo y baño.

Zona de Saturación: La capa o profundidad del suelo que está saturada con agua infiltrada.

Zona Radicular: Profundidad en la cual las raíces de las plantas penetran el suelo.

Captación de agua de lluvia en la Escuela La Puerta de Santiago del Municipio de Tonalico, Estado de México.

BIBLIOGRAFÍA

Autor: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR)
Libro: Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia
Lugar y Fecha: Enero 2001
Editorial: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

Autor: TEXTULIANO CABALLERO AQUINO
Libro: Captación de Agua de Lluvia y Almacenamiento en Tanques de Ferrocemento (Manual)
Lugar y Fecha: Noviembre 2006
Editorial: Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Autor: Instituto Internacional de Recursos Renovables, A.C.
Libro: Captación de Agua de Lluvia "Proyecto Isla Urbana"
Lugar y Fecha: 2010
Editorial: Internet

Autor: ILÁN ADLER, GABRIELA CARMONA, JOSÉ ANTONIO BOJALIL
Libro: Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos
Lugar y Fecha: 2008
Editorial: International Renewable Resources Institute (IRRI)

Autor: Global Wáter Technologies Group
Libro: Filtros de Agua "Filtros para Purificación de Agua"
Lugar y Fecha: 2010
Editorial: Internet.

Autor: Comisión Nacional del Agua
Libro: Normas Oficiales Mexicanas
Lugar y Fecha: Septiembre 2009
Editorial: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

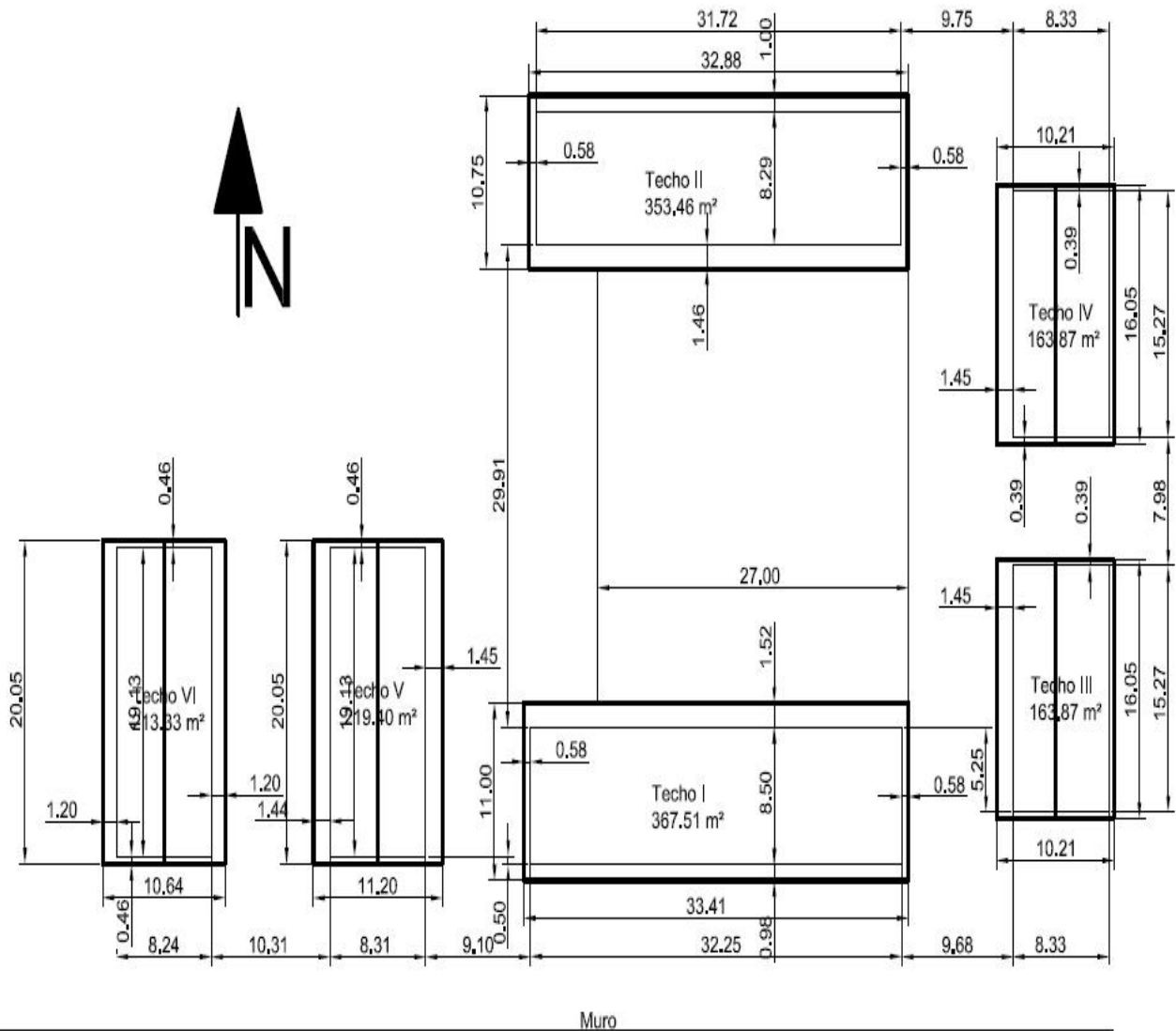
Autor: Subsecretaria de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural
Libro: Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de un Tanque de Regulación de Agua Potable Concreto Reforzado
Lugar y Fecha: 1995
Editorial: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)

Autor: Comisión Nacional del Agua
Libro: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento "Alcantarillado Sanitario"
Lugar y Fecha: diciembre 2009
Editorial: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)

Autor: Comisión Nacional del Agua
Libro: Captación de Lluvia en Escuelas de las Cuencas Media y Baja del Balsas en el Estado de México.
Lugar y Fecha: 2011
Editorial: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

ANEXO

PLANOS Y ESQUEMAS

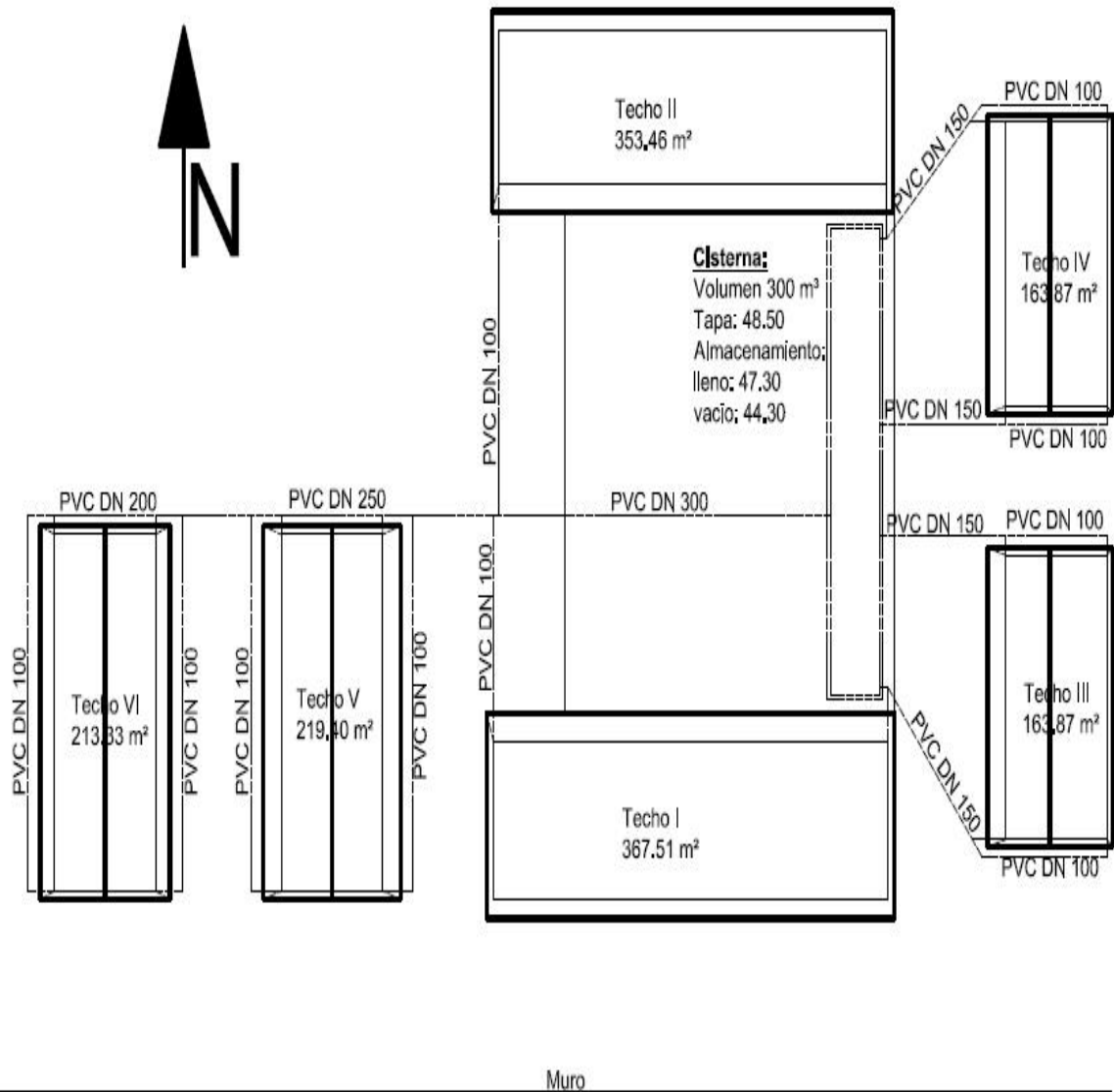


Plano 7.1: Dimensiones de la edificaciones de la Institución Educativa.

El Plano 7.1 muestra que se puede usar seis techos para captar el agua pluvial. Las dimensiones de dichos techos están especificadas en la siguiente tabla 7.1 (datos aproximados).

Tabla 7.1: Medidas de los techos.

Techo	Dimensiones	Área (M ²)
I	11.00 X 33.41	367.51
II	10.75 X 32.88	353.46
III	10.21 X 16.05	163.87
IV	10.21 X 16.05	163.87
V	11.20 X 20.05	219.40
VI	10.64 X 20.05	213.33
	Suma	1,481.44



Plano 7.2: Plano de la tubería de PVC y la Cisterna Subterránea.

