



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A.C.



ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

**“PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPACITACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN LA
UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A.C., CAMPUS COATZACOALCOS,
VERACRUZ.”**

TESIS PROFESIONAL.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL.

PRESENTA:

KATYA HERNÁNDEZ LÓPEZ.

ASESORA DE TESIS:

ING. SUSANA ELVIRA GONZÁLEZ CARRASCO.

Coatzacoalcos, Veracruz.

Agosto 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA.

A mis padres.

Por mi oportunidad de existir, por su sacrificio en algún tiempo incomprendido, por su ejemplo de superación incansable, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional, por lo que ha sido y será...

Gracias.

“PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN LA
UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A.C CAMPUS COATZACOALCOS,
VERACRUZ.”

Hipótesis.

La captación de agua en temporada de lluvia, como fuente alterna para el abastecimiento en época de estiaje, logrará reducir el costo de pago de agua en la universidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las altas temperaturas, han contribuido al desabasto de agua en Coatzacoalcos, principalmente en las colonias bajas de la ciudad.

Durante la temporada de estiaje relacionado a altas temperaturas, en sectores importantes de la ciudad de Coatzacoalcos, Ver., ha ocasionado que el nivel de abastecimiento de la planta potabilizadora Yuribia ubicada en Tatahuicapan, Ver., disminuya.

Durante este impacto negativo de escasas de agua en las colonias, se presentan descontentos no solo hacia el municipio, sino también entre vecinos por este líquido vital, creando incertidumbre ante el abastecimiento de agua.

Una de las colonias afectadas es “el tesoro”, de la cual forma parte la Comunidad Universitaria Sotavento Campus Coatzacoalcos, Ver., donde también hay escasas de agua cuando se desencadenan el conflicto de suministro.

Por otra parte, es importante plantear una educación del aprovechamiento y uso racional de agua en la zona, el uso de riego de plantas y mantenimiento de las canchas hacen un gran requerimiento de litros de agua.

No tener un programa del correcto uso del agua en la institución genera una incorrecta administración, utilizando el agua para riego de jardineras, en horarios pico de máxima temperatura solar, creando problemas en el sistema **radicular** y generando que no absorba en el proceso de filtración del agua en su totalidad.

Además, la universidad no cuenta con un proyecto que genere una alternativa de abastecimiento de agua, que ayude en la época de estiaje, sino que además

reduzca el costo de uso, es por estas causantes que debe crearse una nueva vertiente que una el conocimiento ingenieril proyectado hacia una necesidad, y con suma razón si se suma a una solución del gran problema de abastecimiento de agua.

JUSTIFICACIÓN.

Es necesario implementar sistemas básicos de captación de un recurso natural y difícil de obtener limpiamente, los modelos de captación han tenido éxito como en las regiones de Chihuahua, Ciudad de México, Querétaro, Guerrero y Zacatecas.

Este proyecto servirá para disminuir costos de este servicio ambiental y posicionará a la institución como una universidad limpia, sostenible e integrará socialmente a la comunidad estudiantil impactando positivamente en sus vecinos de sus alrededores.

Los SCALL para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales, periurbanas y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido.

Aproximar una solución a las necesidades de la universidad, que cuente con fuentes alternas de dotación de agua, cuando los sistemas de abastecimiento son deficientes, mediante una tecnología que aproveche la precipitación pluvial de nuestra parte costera.

La precipitación pluvial representa un valioso recurso natural que se debe aprovechar, es una de las opciones más reales para proporcionar agua a aquellos que no cuentan con este recurso. Es posible establecer sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano a nivel de familia y a nivel de comunidad, si a esto sumamos que nacerá de una dependencia de educación reconocida, contribuirá en abastecimiento, embonara el quehacer ingenieril visto desde la

sustentabilidad, es decir creando un margen importante del que hacer del conocimiento, generando la disminución de costos hacia la institución.

La institución será pionera sentando las bases en ser la primera Universidad en la región no solo de Coahuila de Zaragoza, sino de Veracruz, que cuente con este diseño de aprovechamiento, abarcando una experiencia de impacto positivo social y mostrando la educación científica en el buen aprovechamiento de agua

Objetivo general.

Proponer un sistema de captación de aguas pluviales como medida preventiva en las temporadas de estiaje en la universidad de Sotavento campus Coatzacoalcos.

Objetivos específicos.

- Determinar un análisis de gasto del fluido en la universidad.
- Determinar técnica de captación.
- Propuesta del sistema de captación.
- Costo-beneficio.

| CONTENIDO | Pág. |
|--|------|
| CAPÍTULO I MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO | 13 |
| 1.1 Universidad de Sotavento | 14 |
| 1.2 Importancia hídrica y abastecimiento de la zona de Coatzacoalcos, ver. | 15 |
| 1.3 Sistema de Captación en México | 21 |
| 1.4 Importancia del Agua | 25 |
| 1.5 Importancia de la captación | 28 |
| 1.6 Impacto y limitaciones de los sistemas de captación de agua pluvial | 30 |
| 1.7 Normas en la utilización de los Sistemas de Captación de Lluvia | 31 |
| 1.8 Normas técnicas para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas | 34 |
| CAPITULO II ESTADO DEL ARTE | 39 |
| 2.1 Antecedentes de la Captación | 40 |
| 2.2 Principales sistemas de captación utilizados a nivel mundial | 41 |
| 2.3 Principales sistemas de captación utilizados en México | 44 |
| 2.4 Principales sistemas de captación utilizadas en Veracruz | 49 |
| CAPITULO III TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA | 50 |
| 3.1 Recuperación de Agua | 51 |
| 3.2 Microcaptación | 52 |
| 3.3 Macrocaptación | 53 |
| 3.4 Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas | 55 |
| 3.5 Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables | 57 |
| 3.6 Captación de aguas subterráneas y freáticas | 58 |
| 3.7 Captación de agua atmosférica | 59 |
| CAPÍTULO IV PROCESO DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL | 61 |
| 4.1 Importancia de la precipitación pluvial en la región de Coatzacoalcos, Veracruz. | 62 |
| 4.2 Descripción del proceso SCALIUS | 70 |
| 4.3 Proceso aplicable para la captación en la Universidad de sotavento A.C | 75 |
| 4.4 Fases del proceso de SCALIUS | 79 |

| | |
|--|----|
| 4.5 Materiales y Equipos Utilizados para SCALIUS | 83 |
| 4.6 Ventajas de SCALIUS | 85 |
| CAPITULO V COSTOS-BENEFICIO | 87 |
| 5.1 Costo del sistema de Instalación SCALIUS | 88 |
| 5.2 Beneficios de SCALIUS | 92 |
| Conclusión | 94 |
| Glosario | 96 |
| Bibliografía | 98 |

INTRODUCCIÓN.

Para lograr la sostenibilidad, necesitamos desarrollar un modelo de abastecimiento y uso de agua que esté en una sana relación con los ciclos y disponibilidades naturales, requerimos soluciones que puedan abastecer de forma más equitativa a la población sin destruir acuíferos, ríos, o los ecosistemas que de ellos dependen.

Unas de las posibles soluciones es el sistema de captación de agua pluvial, que se plantea en este trabajo de investigación, la fuerza de las universidades para nuevas propuestas que conlleven un ejemplo de actuación para la sociedad, si es posible, poniendo en práctica posibles soluciones al gran problema del abastecimiento del agua en zonas urbanas.

En la primera parte de este trabajo se hace un énfasis en la importancia de la limitación del agua, su captación y normas que rigen instalaciones hidráulicas.

Posteriormente contiene un estado del arte que da conocimiento de los principales sistemas de captación a nivel mundial, nacional y regional.

El capítulo tres recapitula diversas técnicas de recuperación de agua para su derivación, cosecha y captación. Y por supuesto conlleva la metodología propuesta del proceso SCALIUS para la universidad de sotavento campus Coatzacoalcos mencionando la importancia del proceso y sus ventajas.

De esta manera se muestra una propuesta que puede hacer frente al aprovechamiento eficiente de agua de lluvia, en distintas estaciones del año logrando un abastecimiento que amortigüe los problemas hídricos de la región.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1 UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO.

La universidad de Sotavento ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz (Fig.1). Iniciando sus actividades en el año de 1994, con dos licenciaturas: Derecho y Contaduría con planes y programas de estudios incorporados a la UNAM. Desde entonces ha ido desarrollándose, hasta llegar a ser considerada, como una de las mejores opciones de estudio del sur del estado de Veracruz.

Actualmente cuenta con incorporación a la SEP y SEV, siendo participe en ámbitos de investigación, con un aproximado de 2,002 alumnos aproximadamente, en el cual se toman en cuenta alumnos de sistema escolarizado, abierto y maestrías.

En la universidad se motiva la creatividad ingenieril en el desarrollo de proyectos o prototipos de apoyo a la sociedad, de igual manera la facultad de ingeniería industrial con el apoyo de los docentes se crean talleres de análisis del desarrollo tecnológico, así como una comprensión crítica del conocimiento y los procesos que están ligados de manera directa al beneficio de la sociedad.



Fig.1 Universidad de Sotavento A.C Campus Coatzacoalcos

<http://us.edu.mx/web/sotavento/>

1.2 IMPORTANCIA HÍDRICA Y ABASTECIMIENTO DE LA ZONA DE COATZACOALCOS, VER.

La fuente de abastecimiento la constituyen los ríos Ocotál y Tezizapa, proveniente de los cerros de San Martín y Santa Martha, la captación denominada Yuribia consiste en una presa derivadora que se localiza en las inmediaciones del poblado de Tatahuicapan a unos 50 km al noreste de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz (Fig.2).

En el sistema de acueducto Yuribia se encuentra con una planta potabilizadora con una capacidad instalada de 2,000 lts/seg, el sistema que maneja es de clarificación convencional, su estructura es de:

- Obra de toma.
- Tanque o cisterna.
- Cloriflocurador.

- Filtros.
- Centro de control de motores.
- Subestación eléctrica.
- Caseta de vigilancia.

En las últimas décadas del siglo pasado, la zona sur fue el auge de la industria petroquímica, que trajo grandes beneficios a todo el país. La entrada en operaciones del complejo Pajaritos, en 1967, y la construcción de los complejos La Cangrejera (1980) y posteriormente el Morelos (1988) fueron detonantes de la economía regional y nacional.

Con el aumento de las actividades económicas en estas ciudades vino también un incremento importante en la población que las habitan y con ello los problemas que conlleva la continua urbanización, por ejemplo, el abasto del agua se volvió un asunto crítico.

Los pozos que abastecían el agua a Coatzacoalcos resultaban insuficientes, frecuentemente se contaminaban con las aguas pluviales, la continua deforestación impedía la recarga natural por los terrenos arenosos, ocasionando que algunos de los excedentes fueran vertidos al río Coatzacoalcos o al Golfo; otras más comenzaron a correr por encima de las calles y se desalojaban por donde encontraran su curso según los desniveles del terreno, contaminando las norias que todavía en la década de 1980 estuvieron enclavadas en el vivero municipal.

En una circunstancia semejante se encontraba Minatitlán, ya que al igual que la primera población, su abastecimiento de agua se encontraba en Canticas, perteneciente a Cosoleacaque, este último también ya presentaba problemas en el abasto del vital líquido.

De lo anterior resultó que a principios de la década de los ochentas en numerosas colonias de Coatzacoalcos y Minatitlán el vital líquido en ocasiones estaba ausente por más de dos semanas, lo que generó movilizaciones sociales que consiguieron captar la atención de los respectivos gobiernos municipales y del estatal.

Para garantizar el abasto de agua a Minatitlán y Coatzacoalcos se explotaron varias opciones, entre ellas la construcción de la presa Yuribia, en lo que actualmente es Tatahuicapan, en la sierra de Santa Martha, cerca de manantiales, además en la región se tienen altas precipitaciones pluviales con escurrimientos, por lo que se estimó que el abasto del vital líquido sería ilimitado.

De tal forma, la construcción de dicha presa fue la opción que ofrecía los gastos de extracción y distribución más bajos; además de permitir ampliar la red a más poblaciones. Las obras de la presa y el tendido de los ductos comenzaron en octubre de 1984 y dos años después se efectuó la inauguración que comprende los 64 kilómetros de tubería de acero que transportan el agua, pero, desde el inicio de los trabajos, hubo conflictos con los habitantes de Tatahuicapan, ya que su opinión no era atendida para realizar la obra, la presencia de los tubos en el manto acuífero fue considerada por los habitantes del lugar como un atentado contra las deidades y seres que ahí viven.

Con la entrada en función de la presa los problemas de suministro de agua en Coatzacoalcos y Minatitlán se redujeron en un noventa y cinco por ciento; sin embargo, el pacto fue cumplido por los ejidatarios, pero no por las autoridades que dejaron obras inconclusas y solamente envían eventualmente alguna máquina para aplanar una calle o abrir un nuevo drenaje.



Fig. 2 Coatzacoalcos, Veracruz

<https://edutic.neocities.org/m4/final/index.html>

Importancia de la cuenca hídrica de Coatzacoalcos.

Anteriormente llamado Puerto México, es un puerto comercial e industrial que, aunado al recinto portuario de Pajaritos, conforma un conjunto de instalaciones portuarias de gran capacidad para el manejo de embarcaciones de gran tamaño y altos volúmenes de carga.

Se localiza sobre la margen W del Río Coatzacoalcos (Fig.3), el Puerto de Coatzacoalcos, sede de la cabecera municipal del mismo nombre, es considerado como el polo de desarrollo más importante en el sur de Veracruz, debido a su

ubicación estratégica que le ha permitido ser un centro de distribución de distintas mercancías, así como por considerarse uno de los puertos más importantes en la producción petroquímica y petrolera del país.

El corredor industrial formado entre Coatzacoalcos y Minatitlán comprende una zona de influencia que abarca las ciudades de Cosoleacaque, Nanchital, Agua Dulce y Las Choapas, extendiendo su área de influencia hasta la ciudad de Acayucan, Veracruz y La Venta, Tabasco.

El Puerto de Coatzacoalcos es un puerto de altura y cabotaje y es el único con servicio de Ferro buque, segundo puerto en manejo de petroquímicos y tercero en granel agrícola. En base a esto, se ha constituido como el líder en el manejo de graneles (secos y líquidos).



Fig. 3 Cuenca Hídrica de Coatzacoalcos, Veracruz.

<https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioCoatza.pdf>

Cuencas Hídricas de Coatzacoalcos.

Las Lagunas que sobresalen en el área son las de Sontecomapan, del Ostión, Tortugeros, Presa Cangrejera e infinidad de canales naturales. No existen Lagos, únicamente Lagunas de regular importancia que limitan la navegación a cayucos y embarcaciones menores de poco calado.

Río Coatzacoalcos: Su desembocadura se localiza 31.5 MN, al SE de Punta Zapotitlán. Sobre su margen W se encuentra ubicada la ciudad de Coatzacoalcos. A 2.8 MN, de la entrada se encuentra un puente, cuya parte central es levadiza.

Geográficamente la Región está situada en lo que podría llamarse la vertiente del Golfo de la Zona Ístmica, parte de la cual comprende esta Región Sur del Estado de Veracruz constituida por una importante red fluvial formada por los escurrimientos de la sierra de Los Tuxtlas y de la sierra de la parte media del Istmo.

La Bocana, localizada entre los morros de las escolleras, tiene una longitud de 328 m, un ancho de plantilla de 100 m y una profundidad de 14 m.

La sierra de Santa Martha cerca de manantiales y de la localidad de Tatahuicapan se encuentra la presa Yuribia, el cual es el principal abastecimiento de agua para las ciudades de Coatzacoalcos y Minatitlán.

1.3 SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA EN MÉXICO.

De acuerdo con la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua, en México llueve aproximadamente 711mm de lluvia al año. Sin embargo, el agua pluvial cae de manera desigual a lo largo de todo el territorio del país y el 67% de las lluvias se concentra entre los meses de junio y septiembre.

No obstante, en nuestra época existen las tecnologías para captar, almacenar y aprovechar el agua pluvial recolectada en el periodo de lluvias, limpiándola adecuadamente para así usarla a lo largo de todo el año.

A continuación, se describirá como fue el inicio de la captación en territorio mexicano y cuál fue su alcance en su época prehispánica hasta lo que viene siendo los avances en la época actual.

Infraestructura hidráulica en la gran Tenochtitlán.

Durante la etapa prehispánica, las chinampas, acequias, calzadas, diques, albarradones y acueductos fueron las obras hidráulicas más representativas. Los principales materiales para su construcción fueron la madera, la piedra y el lodo, así como plantas y tules.

Antes de que nuestra ciudad se viera cubierta por una gran capa de asfalto, Tenochtitlán, la capital de los aztecas, se encontraba sobre un valle caracterizado por ser una cuenca con un complejo de lagos, lagunas y pantanos procedentes de precipitaciones pluviales, de ríos permanentes o semipermanentes y de manantiales.

Gracias a esta cualidad, nuestros antepasados llevaron a cabo algunas de las más importantes construcciones de infraestructura hidráulica, las cuales requerían de mantenimiento periódico y de una considerable inversión laboral.

La geografía del Valle, las lluvias irregulares y el mismo sistema lacustre, dieron pie para idear soluciones que posibilitaran la aparición y el desarrollo de la agricultura de riego y el hábitat en la cuenca de México.

Las lluvias, de carácter irregular e impredecible en ocasiones, se aprovecharon y canalizaron mediante sistemas naturales (manantiales, arroyos, ríos) o mediante sistemas artificiales que captaban y retenían el agua de lluvia para desviarla a los campos de cultivo.

Gran parte de las obras hidráulicas que pertenecieron al señorío Tenochca de fines del Siglo XVI fueron incorporadas a la red urbana actual. Los lagos de la cuenca de México fueron aprovechados y manipulados artificialmente para servir a distintos propósitos, ya fuera separar las aguas dulces de las saladas, crear suelos para uso agrícola o habitacional y para abastecer a la población.

Las calzadas, que funcionaban como diques para evitar las inundaciones y, además, permitían controlar la entrada de agua dulce a la ciudad, y los acueductos de cal y canto, como por ejemplo el que conducía el agua dulce de Chapultepec a Tenochtitlán. Todas estas instalaciones, que debieron funcionar de manera coordinada, drenaban y aportaban el agua para uso común y para el regadío y para navegación mediante canoas.

En cuanto a la recolección y almacenamiento de agua pluvial, sabemos que fueron prácticas comunes en Mesoamérica desde tiempos muy antiguos. El agua que caía con las lluvias se recolectaba en recipientes o depósitos subterráneos, o a cielo abierto. El agua se captaba mediante canales y zanjas, aprovechando el agua rodada (en patios y casas, en el campo, en jagüeyes o mediante bordos) o bien conduciéndola desde los techos de las viviendas y edificios por medio de canjilones de madera o pencas o canalitos, a los depósitos.

Podemos ver que esta práctica no ha cambiado mucho desde aquellos tiempos, en todo caso se ha perfeccionado y hemos aprendido a utilizar otro tipo de materiales y filtros, ya que, a lo largo de los años, la calidad del agua de lluvia también se ha visto afectada gracias a la contaminación del aire.

En las viviendas, el agua se almacenaba en recipientes de barro, enterrados o al aire libre, así como en piletas de barro, cal y canto, piedra, excavados en el suelo, recubiertos o no con piedra o argamasa y estuco. Otros depósitos subterráneos eran los Chultunes o cisternas mayas como se muestra en la imagen número 3, muchos persisten hasta el presente, en él se pueden observar el diseño que se empleó para poder recolectar y almacenar el agua de lluvia.



Fig. 4 Chultunes

<https://www.reed.edu/uxmal/galleries/Mid/Other/Chultunes/Other-Chultunes-19.htm>

Un gran cambio sucedió después de la Conquista, ya que los europeos dejaron de darle mantenimiento a las obras hidráulicas prehispánicas, principalmente porque los intereses y la cultura era distinta.

La utilización de estos sistemas decayó gracias a los intereses de los conquistadores: la prioridad no era tanto el proveer de agua, o permitir la continuidad del sistema de chinampas, como poder navegar por el interior del lago con cierta holgura.

Otro factor importante fue el desconocimiento del manejo de una ciudad asentada sobre humedales, con temporadas de lluvias impredecibles y con un sistema de lagos interconectados que no comprendían del todo. Todos estos elementos contribuyeron a que cesara el mantenimiento de muchas de las instalaciones hidráulicas prehispánicas.

No es sino hasta finales del Virreinato que se intenta recuperar parte del conocimiento hidráulico autóctono, debido a las inundaciones que ocurrían en la Ciudad de México.

Esto llevo a las autoridades virreinales, preocupadas ante un problema de difícil solución, a recuperar los patrones indígenas de control hidráulico, tomando algunos testimonios de los pobladores ancianos.

Si las inundaciones fueron en época prehispánica la causa principal que permitió que todo el engranaje hidráulico se creara y se mantuviera, esas mismas inundaciones, aunque en otro tiempo, fueron de nuevo las que permitieron que el sistema hidráulico prehispánico mejorado subsistiera.

Hoy en día son variados los beneficios que puede englobar un sistema de captación de agua de lluvia y es quizás el mejor instrumento para aminorar la extrema desigualdad social que lamentablemente se gira en torno al agua.

1.4 IMPORTANCIA DEL AGUA.

Para el desarrollo de cualquier especie, incluida la humana, el agua es un recurso básico: sin agua, no habría vida. Cobra mayor importancia cuando hablamos de sociedades desarrolladas, ya que se requiere de ella tanto para su uso doméstico como industrial, por lo tanto, resulta primordial para cualquier cultura tener un adecuado manejo de este recurso, tanto para su abastecimiento, como para evitar desastres.

El agua es el fundamento de la vida: un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos, todos la necesitamos, y no solo para beber, nuestros ríos

y lagos, nuestras aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger.

Asimismo, el agua contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan, es, por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta, es decir, que "el agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales".

En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos.

La sociedad recurre al agua para generar y mantener el crecimiento económico y la prosperidad, a través de actividades tales como la agricultura, la pesca comercial, la producción de energía, la industria, el transporte y el turismo, el agua es un elemento importante a la hora de decidir dónde establecerse y cómo utilizar los terrenos.

Nuestro propio bienestar exige no solo un agua potable limpia, sino también agua limpia para la higiene y el saneamiento, también se utiliza el agua en actividades recreativas tales como el baño, la pesca, o el mero disfrute de la belleza natural de costas, ríos y lagos. Cuando salimos de vacaciones, esperamos encontrar aguas

limpias en los ríos y las costas, así como un suministro ilimitado de agua para la ducha y el baño, la lavadora o el lavavajillas.

El agua es esencial para los ecosistemas naturales y la regulación del clima, su movimiento continuo, sin principio ni fin, a ras de la superficie de la Tierra, por encima y por debajo de ella, como líquido, vapor o hielo, se denomina ciclo hidrológico.

Aunque el total de agua presente en el planeta permanece relativamente constante en el tiempo, su disponibilidad resulta particularmente vulnerable al cambio climático. Este hecho hará que disminuya, a su vez, el agua disponible para riego y producción de alimentos.

Al mismo tiempo, se modificarán las pautas de pluviosidad y el caudal de los ríos, inundaciones más frecuentes, en especial en unas llanuras aluviales cada vez más pobladas, multiplicarán los daños a las viviendas, las infraestructuras y el abastecimiento de energía; se espera que las inundaciones repentinas cada vez sean más frecuentes en Europa.

El aumento de las temperaturas y la menor disponibilidad de agua reducirán la capacidad de refrigeración de la industria y las centrales eléctricas.

La contaminación del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la calidad de vida, pero su incidencia ecológica es más general, el libre flujo de un agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen del agua, la escasez de agua de buena calidad perjudica al medio

acuático, húmedo y terrestre, sometiendo a una presión todavía mayor a la flora y la fauna, que padecen ya las repercusiones de la urbanización y el cambio climático.

1.5 IMPORTANCIA DE LA CAPTACIÓN.

La captación pluvial es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas ya que es un medio fácil para obtener agua para el consumo humano y uso agrícola.

Son variados los beneficios que puede englobar un sistema de captación de agua de lluvia y es quizá el mejor instrumento para aminorar la extrema desigualdad social que lamentablemente gira en torno al agua. De diseño simple y costo asequible para la mayoría de los hogares populares es sin lugar a dudas una excelente alternativa a considerar durante la época de lluvias.

El agua de lluvia es un recurso que se debe reutilizar para enfrentar el problema de escasez que existe en algunos lugares y de esta manera aprovechar el recurso para la realización de diversas actividades en el hogar.

La captación de agua de lluvia es una práctica que ya se realizaba desde la antigüedad con la finalidad de satisfacer necesidades básicas, con el paso del tiempo se han ido implementando nuevas tecnologías para que la recolección y reutilización sea más eficiente y segura.

Hoy en día la captación de agua pluvial es una de varias soluciones para solventar la escasez de agua que sufren algunos sectores de la población, tiene múltiples beneficios para el hogar y para preservar el medio ambiente. Se puede ahorrar y

aumentar el almacenamiento del agua entre otras ventajas que se pueden aprovechar en los hogares.

Con el crecimiento de la población acelerada, la demanda de agua es mayor y la oferta no alcanza para abastecer a la población en zonas rurales y urbanas, de ahí que la escasez del agua hoy en día es un problema serio que debemos atender.

Llevando a cabo en casa prácticas como recolectar el agua de lluvia podemos solucionar en gran medida el desabasto para diferentes actividades de uso doméstico: limpieza de exteriores e interiores, servicio de sanitarios, lavar la ropa, mantener áreas verdes y preservar el medio ambiente, para uso agrícola: riego para el cultivo, abastecer de agua a la ganadería, etc.

Si aprovechamos la captación de agua pluvial, sobre todo en aquellos estados en donde las precipitaciones son frecuentes, se podría solucionar en parte el problema del agua que existe en algunas regiones. De esa manera se evitaría un poco la dependencia del suministro público o asumir un gasto adicional al requerir del servicio de pipas de agua.

Las ventajas de la captación de agua pluvial no sólo se reducen a un ahorro en el consumo del agua del servicio público, también repercute en el aspecto económico y beneficios al medio ambiente. Significa menos presupuesto en mantenimiento de las instalaciones sobre todo si se utilizan productos de calidad que garanticen su durabilidad por largo tiempo.

El sistema de captación es muy sencillo y se puede disponer del agua a toda hora, independientemente, de si existen tandeos en la red de suministro local.

1.6 IMPACTO Y LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL.

La implementación de los sistemas de captación de agua pluvial puede impactar diferentes aspectos de la sociedad, tal como se comenta a continuación:

Economía.

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener.
- La reducción en el consumo de agua potable entubada reduce la tarifa que pagan las familias.
- Empleo de mano de obra y materiales locales.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua.

Medio ambiente.

- Ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua.
- Conservación de las reservas de agua potable en acuíferos.
- Podría disminuirse el 50% de la contaminación por detergentes y suavizantes al utilizar agua de lluvia ya que ella es más blanda.

Salud.

- Agua limpia en comparación con las otras fuentes de agua por mantenerse en menor contacto con contaminantes.

- El agua se mantiene en óptima calidad para su uso.

Social.

- Educación y disciplina de la población para que haga buen uso del agua.

En cuanto a las limitaciones de los Sistemas de captación puede mencionarse:

- Dependen directamente de la cantidad de precipitación que se presente en la zona.
- Alto costo inicial en algunos casos lo cual limita su implementación por parte de familias de bajos recursos. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de establecer nuevas políticas de gobierno que incentiven el uso de los sistemas de captación de agua.

1.7 NORMAS EN LA UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA.

En México no existe una norma que especifique el método de muestreo para la captación de agua de lluvia, la propuesta de la metodología utilizada en la toma de muestra de este trabajo se realizó de la siguiente manera. (CONAGUA, 2009).

Las siguientes normas son de importancia para la captación de flujo de agua pluvial para saber la calidad del agua, requisitos y características para el almacenamiento de pozos acuíferos.

De igual manera se observan las normas para la utilización de aguas residuales y las normas que se utilizan para el muestreo de calidad, entre otras más.

A continuación, se menciona una lista de las entidades gubernamentales como CONAGUA, SEMARNAT y CSFI.

1. NOM-015-CONAGUA-2007: Proteger la calidad del agua de los acuíferos.
2. NOM-003-CONAGUA-1996: Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua, para prevenir la contaminación de acuíferos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1997.
3. NOM-004-CONAGUA-1996: Protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1997.
4. NOM-008-SCFI-2002: Sistema General de Unidades de Medida. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
5. NOM-052-SEMARNAT-2005: Establecimiento de características para el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 2006.
6. NMX-AA-003-1980: Muestreo de aguas residuales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.
7. NMX-AA-004-SCFI-2000: Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2000.

8. NMX-AA-005-SCFI-2000: Determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2000.

9. NMX-AA-006-SCFI-2000: Determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2000.

10. NMX-AA-026-SCFI-2001: Determinación de nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

11. NMX-AA-029-SCFI-2001: Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

12. NMX-AA-034-SCFI-2001: Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 d

1.8. NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS.

Los datos de proyecto para la ejecución de una obra hidráulica, generalmente se extraen del cúmulo de estudios previos que deben realizarse durante su planeación. También es de considerar que cuanto mayor sea la importancia del proyecto, mayor son en número y más profundamente se realizan los estudios, incluso, pueden llegar a efectuarse en diferentes épocas del año y bajo circunstancias específicas, siendo a veces repetitivos para fines de comparación y aclaración.

Es importante saber que, para la generación de este tipo de asentamiento de proyectos, es necesario describir los pasos básicos que lo constituyen sin pretender abundar en cuales son los datos del proyecto indispensables para la realización de una obra hidráulica.

Pretenden todos aquellos aspectos físicos, químicos, climáticos e hidrológicos que conforman una cuenca y sus escurrimientos, superficiales y subterráneos, así como los aspectos socioeconómicos de sus asentamientos humanos, incluida la industria, la agricultura, la ganadería y la recreación, la ecología y sus ramificaciones, que inciden o tendrán relación con las obras hidráulicas que se planean.

Para ello se mencionan algunos puntos básicos para su desarrollo:

1.Capacidad de almacenamiento y de regulación de vasos y tanques.

La capacidad de un Vaso o de un Tanque debe determinarse principalmente en función del uso que se le quiera asignar al mismo, a saber, como se muestra en la siguiente lista.

Uso de los vasos

- 1.- Almacenamiento
- 2.- Control de avenidas
- 3.- Retención de azolves
- 4.- Recarga de acuíferos

Uso de los tanques

- 1.- Almacenamiento
- 2.- Regulación de gastos

En cualquier caso, el conocimiento del régimen o hidrograma de entradas y del régimen o hidrograma de salidas, así como las diferencias aritméticas entre ambos, deberá tenerse específicamente bien definida. Si no fuera así, se deberá suponer alguna de estas leyes, o las dos, según sea el caso, con el fin de poder realizar un análisis simulado del funcionamiento del vaso, y/o del tanque, durante, por lo menos, un año completo (52 semanas mínimo).

No hay que olvidar que en los vasos deberán tomarse muy en cuenta los volúmenes de evaporación, mismos que se determinarán con mediciones directas en la cuenca. También se tomará en consideración el concepto de que el volumen que entra menos el volumen que sale, deja un volumen almacenado o regulado, en términos generales.

$$V_{alm} = V_{ent} - V_{sal}$$

Se procurarán embalses que no pongan en peligro las viviendas o industrias aledañas, por lo que se limitarán a una capacidad máxima de 1.50 millones de m³ por cada módulo de corona, con una altura de 35 m de cortina.

Cuando se esté diseñando una laguna de regulación, esta capacidad podría ser mayor, si se cuenta con mayores superficies planas y bordos de entre 1.5 y 3.0 m de altura, siempre y cuando se trate de captar aguas de drenaje combinadas. Las aguas industriales exclusivamente o con productos químicos peligrosos, no se almacenarán a cielo abierto, de preferencia se utilizarán tanques cerrados o depósitos subterráneos para dicho fin, cuidando los aspectos de impermeabilidad de los muros y del fondo principalmente.

2. Gastos de diseño de conductos cerrados, canales y estructuras.

a) **Periodo de diseño:** Se fijará en función de la población y de acuerdo con el estudio de factibilidad técnica y económica correspondiente. Sin embargo, dicho periodo no deberá ser menor a los presentados en la tabla 1.

| Población (habitantes) | Periodo de Diseño |
|------------------------------|----------------------|
| menos de 4,000 | 5 años |
| De 4,000 a 15,000 | 10 años |
| De 15,000 a 70,000 | 15 años |
| Más de 70,000 | 20 años |
| Tabla 1. Periodos de Diseños | |

b) **Población de diseño** Para su cálculo, se utilizarán métodos establecidos, tales como el aritmético, geométrico o logístico. En todos los casos deberán

representarse gráficamente los resultados obtenidos y seleccionar la población en función de la historia demográfica de los tres últimos censos.

c) Dotación de agua potable

Deberá de seleccionarse tomando como base los datos estadísticos que posea la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En caso de no existir dichos datos podrán tomarse los valores que se presentan en la tabla 2.

| Población de proyecto (habitantes) | Dotación (l/hab/día) |
|---------------------------------------|-------------------------|
| De 2,500 a 15,000 | 100 |
| De 15,000 a 30,000 | 125 |
| De 30,000 a 70,000 | 150 |
| De 70,000 a 150,000 | 200 |
| Mayor a 150,000 | 250 |
| Tabla 2. Dotación de Agua Potable | |

3. Gastos de diseño: Los diferentes gastos que se utilizan en el diseño de redes de abastecimiento de agua potable, gasto medio diario, gasto máximo diario y gasto máximo horario, deberán tomarse de datos estadísticos de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En caso de no existir la información antes mencionada, los gastos de diseño se calcularán de la siguiente forma:

- a) Gasto medio diario anual. Expresado en l/s y se calculará con la expresión:

$$Q_m = \frac{(D)(P)}{86,400}$$

b) Gasto máximo diario. Se calculará afectando al gasto medio diario anual por un coeficiente de variación diaria de acuerdo con la siguiente expresión.

$$Q_m = (Q_m)(C_{VD})$$

Los gastos de diseño para los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable serán los que se muestran en la tabla 3.

| Componente | Gasto de diseño (lt/s) |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Fuente y obra de captación | Q_{MD} |
| Conducción | Q_{MD} |
| Potabilizadora | Q_{MD} |
| Tanque de regularización | Q_{MD} |
| Conducción para alimentación a la red | Q_{MD} |
| Red de distribución | Q_{MH} |

Tabla 3: Gastos de Diseño

CAPÍTULO II
ESTADO DEL ARTE

2.1 ANTECEDENTES DE LA CAPTACIÓN.

En el Oriente, actual Jericó, antes del surgimiento de las primeras ciudades en el período, anterior a 8000 a 4000 a.c, en el Valle del Río Jordán se establecieron grandes comunidades para desarrollar una arquitectura en sus construcciones de piedra.

En estos primeros sitios habitados estuvo el origen del trigo y la cebada, cuya característica fue el crítico índice de precipitación de 300 mm/año, justo lo necesario para la agricultura, aunque menos fueron las planicies aluviales y oasis donde era posible el establecimiento de cultivos. Pero el área cultivada del Oriente estuvo restringida a la presencia de lluvias y nacimientos de agua natural.

Arqueólogos encontraron un sofisticado sistema de colección y almacenaje de aguas de lluvia en la isla de Creta, mientras trabajaban en la reconstrucción del Palacio de Knossos (1700 a.c). En Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones (templos y sitios de oración) que fueron construidas antes del año 1.000 a.c, que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua de lluvia.

En el desierto de Negev, Israel, en cuyas laderas se colectaba y conducía la escasa precipitación de los pequeños lomeríos hasta un recipiente construido con arcilla, el cual funcionaba como filtro de basuras y sedimentos que el agua arrastraba a su paso; posteriormente el líquido caía en cisternas de capacidades de 200 a 300 m³, donde se almacenaba para ser utilizado por el ganado y en las labores domésticas.

Probablemente la cisterna más grande en el mundo se encuentra en Estambul, construida bajo César Justiniano (527-565 DC), que medía 140x70 metros, pudiendo almacenar 80 mil metros cúbicos de agua. Y existe otra cisterna en el mismo lugar llamada Binbirdik, con una capacidad de 50 mil metros cúbicos y construida bajo César Constantino (329-337 DC).

Durante la República Romana (siglos III y IV a.C.) la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “la Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto (“atrium”) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia llamado “impluvium”, el agua de lluvia entraba por un orificio en el techo llamado “compluvium”.

2.2 PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN UTILIZADAS A NIVEL MUNDIAL.

Tokio.

A partir de 1985 el aprovechamiento de agua lluvia es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para los estados de emergencia. A nivel comunitario se están implementado instalaciones que están introduciendo a la población en la utilización del agua lluvia, éstas son llamadas “Ronjinson”, se les encuentra la vía pública del distrito de Mukojim.

Esta instalación recibe el agua lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, para extraer el agua se utiliza una bomba manual (Fig. 5), el agua colectada es utilizada para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia.

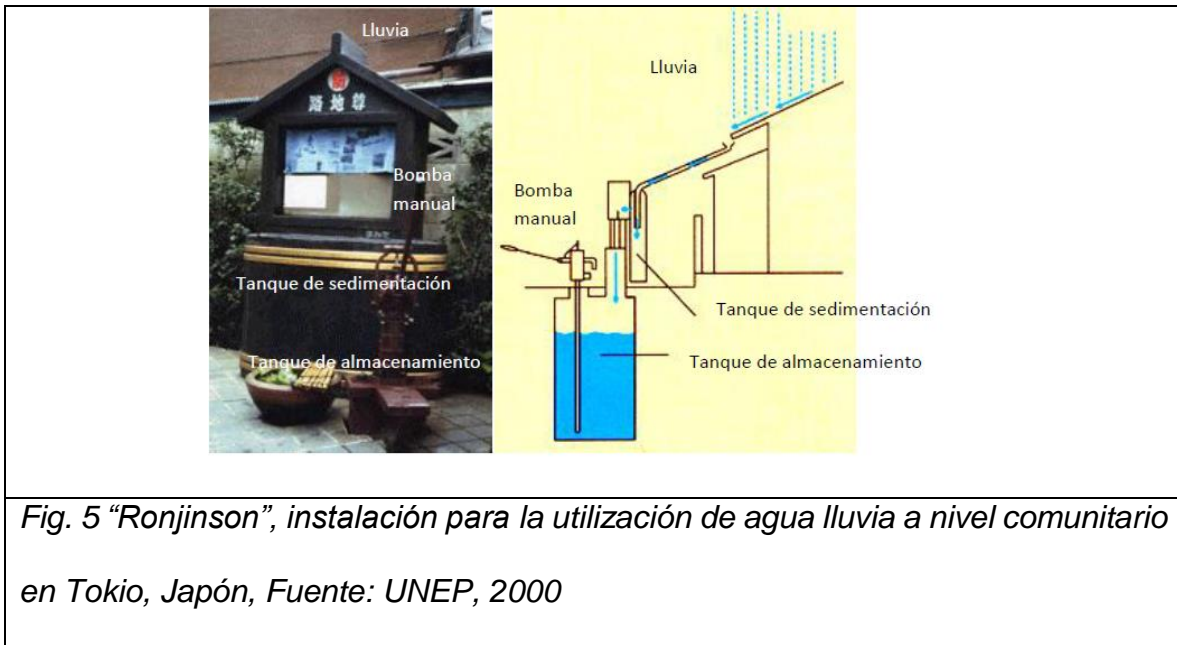


Fig. 5 "Ronjinson", instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón, Fuente: UNEP, 2000

Berlín, Alemania.

En octubre de 1998, los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, Daimler Chrysler Potsdamer Platz, con el fin de controlar las inundaciones, utilizar racionalmente el agua de la ciudad y crear un mejor micro clima. El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m²), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m³. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial.

En otro proyecto Belss-Luedecke-Strasse Building State en Berlín, el agua lluvia de todas las cubiertas (7.000 m²) es descargada a una cisterna con capacidad de 60 m³, junto con el agua de escurrimiento de las calles, espacios de estacionamiento y vías peatonales (área de 4.200 m²).

El agua es tratada en varios pasos y usada en la descarga de sanitarios y el riego de jardines. El sistema está diseñado para que la mayoría de los contaminantes del flujo inicial sean evacuados al alcantarillado de aguas lluvias.

El sistema retiene aproximadamente el 58% del agua lluvia que cae dentro del perímetro de las instalaciones. A través de un modelo basado en 10 años de simulación se estimó que el ahorro de agua potable con la utilización de agua lluvia es de 2.430 m³ por año, con este volumen se puede preservar el reservorio de agua subterránea de Berlín.

Orocuina, Honduras.

Los habitantes de las comunidades del municipio de Orocuina, hasta 1992 tenían que recorrer diariamente distancias de hasta 2.5 km para abastecerse de agua de baja calidad, situación que se hacía más difícil en la temporada seca.

En respuesta a este problema, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras diseñó e instaló cinco sistemas basados en pilas recolectoras para almacenamiento de agua de lluvia. Los sistemas consistían en colocar canaletes alrededor del techo de las viviendas y estos se conectaban a las pilas recolectoras construidas con materiales locales como arena, grava o piedra.

La capacidad de almacenamiento podía ser de 1.03 m³ hasta 4.40m³, los tamaños de las estructuras dependían de las posibilidades económicas de la población y de las necesidades de consumo según el tamaño del grupo familiar. El periodo de utilización del agua fue de alrededor de 40 días considerando el consumo diario de

25 litros por persona. Muchos de estos sistemas utilizan materiales reciclables y algunos prototipos muestran grandes niveles de iniciativa e ingenio.

2.3 PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN UTILIZADAS EN MÉXICO.

En México como en muchos países existen ininidad proyectos de captación de agua de lluvia en donde el principal factor “la falta de agua potable” obliga a recurrir a otras prácticas de usos y consumo del agua con la que se cuenta.

Querétaro.

El 31 de octubre de 2017 Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) desarrollaron un sistema de captación, almacenamiento y filtraje de agua de lluvia que permitirá la autosuficiencia del campus Amealco y sus invernaderos, ellos detallaron que este sistema surgió debido a las dificultades que existen para el abastecimiento de agua, tanto para las instalaciones como los invernaderos de la institución.

Lo cual llevo a plantearse captar el agua, dado que en el municipio de Amealco de Bonfil donde tienen lluvias de unos 800 milímetros al año aproximadamente, dado que el campus tiene un consumo estimado de 80 metros cúbicos mensuales y en el caso de los invernaderos llegan a los 230.

El M. en C. Ávila Juárez coordinador de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, puntualizó que la propuesta consistió en adaptar un sistema de captación de agua en los techos de los invernaderos aprovechando la topografía del terreno, para

enviarla por gravedad a una cisterna de ferrocemento diseñada por la propia Facultad de Ingeniería (Fig. 6).

Citando lo siguiente “Estamos hablando de un estimado de más de cinco millones de litros que tenemos almacenados, los cuales satisfacen sin ningún problema las necesidades del campus e incluso, tenemos un excedente, contemplando el consumo de los invernaderos. Hablando del campus, el agua se utiliza en los baños, tarjas y la cafetería. Una ventaja que tenemos es que Amealco no es una zona industrial, por ello el agua de lluvia es limpia”.



Fig. 6. Universidad Autónoma de Querétaro, implementación de sistema de captación de agua de lluvia

Fuente: www.sinembargo.mx/31-10-2017/3341932

Ciudad de México.

Abril 2014 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), implemento un sistema de cosecha de agua pluvial frente a las carencias de agua potable en el país, el agua de lluvia es un recurso que podría satisfacer la demanda para consumo humano, riego y otros usos.

El procedimiento permite captar 104 mil litros del recurso al año y demuestra que es posible recolectar las precipitaciones de manera eficiente para diversos usos (Fig.7).

Este sistema tiene un fin demostrativo y el líquido potable se pone a disposición de la comunidad universitaria con el nombre de Jugo de nube. Actualmente, el primer bebedero se encuentra en el edificio de Programas Universitarios.

Durante la temporada de lluvias, la que cae sobre el domo de cristal es canalizada hacia los Tlaloques (tecnología mexicana que separa la parte más sucia de la precipitación) para desechar los primeros 400 litros de cada aguacero y así reducir hasta el 75 por ciento de los contaminantes, por último, el recurso se distribuye al bebedero que se encuentra al interior del inmueble.

EcoPuma es la estrategia instrumentada por la UNAM para reducir su impacto ambiental y formar profesionistas comprometidos con el medio ambiente, el Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA) coordina los esfuerzos e iniciativas que realizan la institución y su comunidad en este campo.



Fig. 7 Sistema de captación de agua pluvial en edificio de programas universitarios de la UNAM.

Fuente. <http://sustentabilidadunam.blogspot.com/2016/03/ecopuma-la-estrategia-de-universidad.html>

Magdalena Peñasco, Oaxaca.

El consumo del vital líquido contaminado ha traído enfermedades a la población principalmente problemas en la dentadura tanto a adultos como a niños, además de propiciar el gasto de 45 mil 525 pesos anuales en la compra de agua embotellada para beber y uso doméstico.

Es por ello, que, con el fin de reducir los niveles de pobreza patrimonial, así como la incidencia de enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada por metales pesados en que viven niños indígenas mixtecos en la Sierra Alta de Oaxaca, investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo en el 2017, instalaron siete módulos de captación de agua de lluvia con la inclusión de lavaderos

especiales para uso de comedores escolares e infantiles para beneficio de 600 educandos.

Acompañado de Pedro Ponce Javana, Subdirector de Extensión y Vinculación Universitaria de la Universidad Autónoma de Chihuahua, el investigador Rafael Sánchez Bravo expresó que para el proyecto de captación de agua de lluvia se busca preservarla en su calidad y cantidad para quienes no la tienen pues son ellos quienes más la aprecian ante sus niveles de marginación (Fig. 8).

Con esta tecnología involucrada en el programa especial de extensión y vinculación universitaria, dijo que son las zonas rurales la prioritarias porque “ahí no se asoman los servicios básicos” además ahora se dará un servicio adicional ya que la población se dignifica y “sobre todo que ante las condiciones químicas de suelo arcilloso que incluye materiales pesados, habrá una protección en la salud pública”.



Fig. 8 Directores y estudiantes de la UACH determinando sistema de captación

Fuente: UACH <https://www.proceso.com.mx/491069/programa-captacion-agua-lluvia-la-uach-lleva-liquido-a-escuelas-poblanas>

2.4 PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN UTILIZADAS EN VERACRUZ.

Xalapa, Veracruz.

En el 2012 los edificios de la Universidad Veracruzana (UVI) fueron diseñados arquitectónicamente para “cosechar agua de lluvia”, de tal manera que a través de canaletas se dirige a un tanque de almacenamiento y sedimentación, donde se filtra hasta una mini planta potabilizadora que la convierte en apta para el consumo humano.

Aseguró que a través de ese sistema de captación pluvial se puede almacenar, durante la época de lluvias, hasta más de 150 mil litros del vital líquido, mismo que resuelve las necesidades básicas de la población educativa y trabajadores de esta Universidad.

El coordinador de la Casa de estudios en esta zona de Zongolica, Felipe Mata González aseguró que, en toda la región montañosa, estas instalaciones educativas son las únicas donde se consume agua potable, pese a que no están integrados a una red de distribución por parte de las autoridades municipales.

En la ciudad de Coatzacoalcos, ver., no se encuentran registros de datos que den por hecho la utilización de sistemas hidráulicos pluviales en ningún punto de la región, sin embargo, cada vez más está despertando el interés de guardar en tanques el agua de lluvia debido a las temporadas de estiaje.

CAPÍTULO III

TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA

3.1 RECUPERACIÓN DE AGUA.

Una etapa importante en la planificación de la captación y aprovechamiento de agua de lluvia es la selección correcta de las modalidades y técnicas necesarias para hacer frente al déficit hídrico recurrente en cada región o localidad, en función de las condiciones ambientales y socioeconómicas presentes y de los objetivos establecidos.

La mayoría de las técnicas de captación de lluvia tienen un origen empírico y han sido desarrolladas a lo largo del tiempo, a partir de las civilizaciones ancestrales de Meso y Sudamérica y de otras regiones del mundo.

En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países. Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades.

Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua, para uso doméstico, animal o vegetal.

Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia.

La esorrentía puede recogerse desde tejados y superficies del suelo (cosecha de agua de lluvia o rainwater harvesting), o desde cursos de agua intermitentes y efímeros (cosecha desde cursos de agua o floodwater harvesting).

Por consiguiente, un sistema de cosecha de agua sería aquel que facilita la recolección y almacenaje de agua de escorrentía, que puede utilizarse para abastecimiento doméstico o para cultivos. Cuando un sistema de cosecha de agua está específicamente diseñado para suministrar agua para el crecimiento de las plantas, recibe el nombre de «cultivo con escorrentía».

Todas las técnicas de cosechas de agua existentes tienen en común las siguientes características:

1. Son aplicadas en zonas áridas y semiáridas, donde la escorrentía tiene un carácter intermitente.
2. Dependen de un agua de origen local, como puede ser la escorrentía superficial, el caudal de un arroyo o de un manantial efímeros.
3. Son operaciones a pequeña escala, en cuanto al área de captación, al volumen de almacenamiento y al capital invertido.

5.2 MICROCAPTACIÓN.

Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos.

Las técnicas de Microcaptación usan las propiedades hidrológicas de un área con pendiente, lisa, poco permeable y sin vegetación, para que genere escorrentía superficial, y las de otra área contigua y aguas abajo, con surcos, bordos,

camellones u hoyos, para captar la escorrentía y abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados (Fig.9).

También es denominada como captación in situ, por tratarse de un proceso de captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, las técnicas de Microcaptación se destinan al suministro de agua para cultivos.

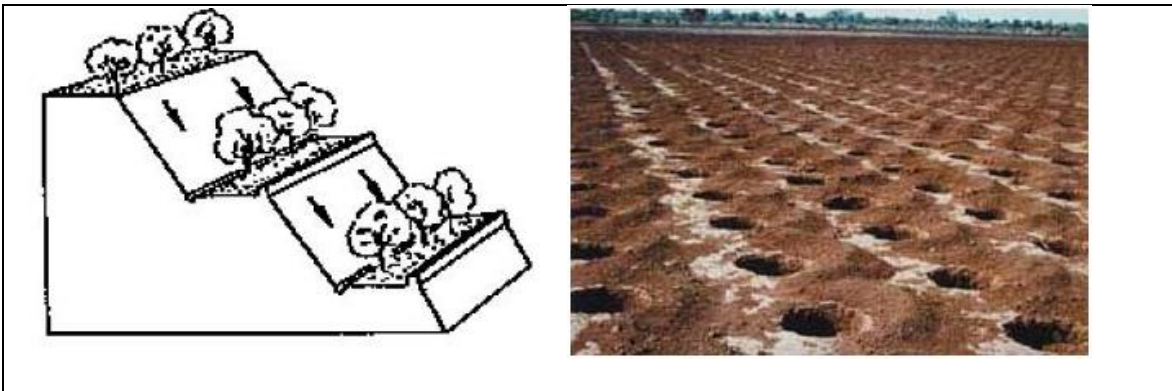


Fig. 9 Microcaptación <https://cosechadeagua.es.tl/microcaptaci%F3n-o-captaci%F3n-dentro-del-sistema.htm>

3.3 MACROCAPTACIÓN.

Consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (Macrocaptación interna) o apartadas del área de cultivo (Macrocaptación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas. Las técnicas de Macrocaptación son más complejas que las de Microcaptación.

Incorporan como principio hidrológico la utilización de un área productora de escorrentía superficial (pendiente más elevada, suelo delgado, área rocosa, etc.),

sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. Entre ambas debe haber estructuras de contención, de conducción de agua, como acequias, canales, zanjas, surcos o camellones.

El agua captada puede también ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento, como estanques o embalses temporales, para diferentes finalidades. También se puede considerar como técnica de Macrocaptación la derivación de fuentes de agua externas al área de cultivo, como torrentes, avenidas y cuencas, mediante bocatomas (Fig. 10).

La mayor parte de las macrocaptaciones se utilizan en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas.



Fig.10 Macrocaptación Fuente: Guía de Cosechas de Agua

https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf

3.4 DERIVACIÓN DE MANANTIALES Y CURSOS DE AGUA MEDIANTE BOCATOMAS.

No todos consideran la captación y derivación de manantiales y cursos de agua establecidos (nacientes, arroyos, embalses) como captación de agua de lluvia propiamente tal. Sin embargo, estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).

La derivación de manantiales consiste en obtener agua de calidad extrayéndola de un manantial, pero captándola y gestionándola de modo que se eviten las aún numerosas situaciones en las que las poblaciones no tienen otra posibilidad que extraerla a partir de manantiales no protegidos.

Los manantiales pueden ser de filtración, de fisura o tubulares según los inserticos de donde proviene el agua y de gravedad o artesianos, todo ello dependiendo del origen de estos. (Figura 11)

Los cursos de agua mediante bocatomas son aquellas estructuras que sirven para desviar el agua del río o quebrada para ser captada mediante muros hacia el canal de conducción.

Existen varios tipos de bocatomas: Tirolesa o sumergida y de captación directa a través de desvío del cauce hacia la entrada del canal. (Figura 12)

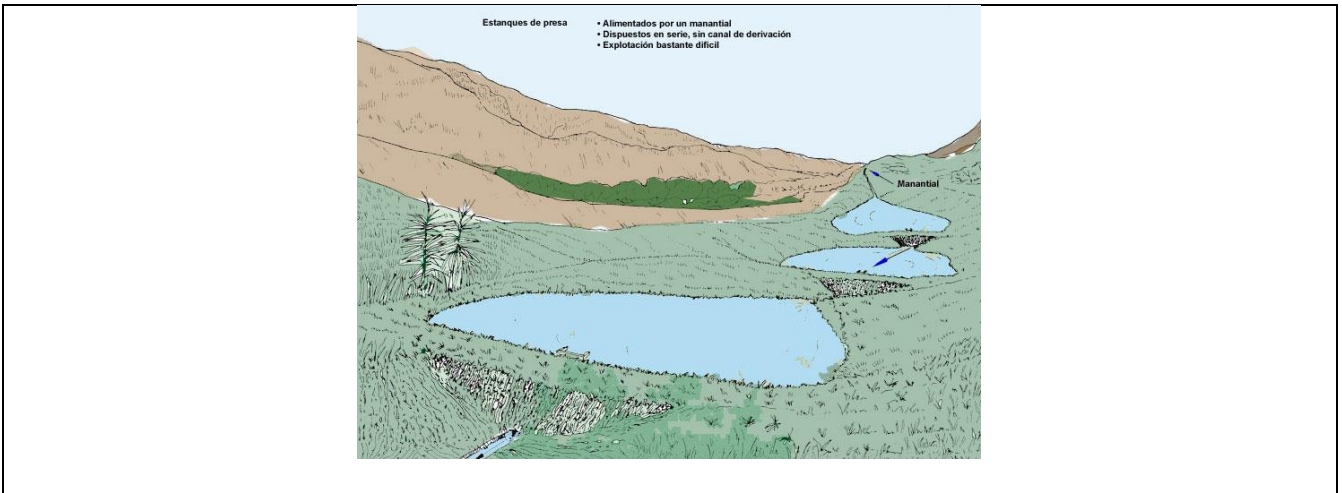


Fig. 11 Derivación de Manantiales

http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s01.htm

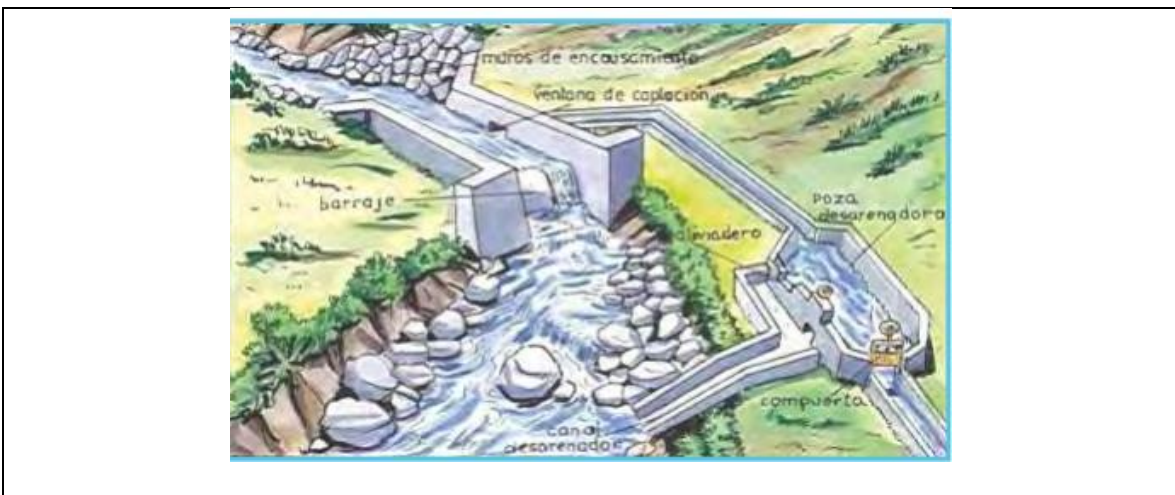


Fig. 12 Cursos de agua mediante bocatomas

Fuente: Manual Sistema de Riego

<http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual3.pdf>

3.5 COSECHA DE AGUA DE TECHOS DE VIVIENDA Y OTRAS ESTRUCTURAS IMPERMEABLES.

Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico. (Figura 13)

La captación de agua de lluvia es uno de los medios más seguros y eficaces para recolectar agua, es potable, excepto en zonas donde el aire está muy contaminado y es una buena alternativa para la escasez del vital líquido.

Dependiendo de la cantidad de lluvia almacenada, puede destinarse al riego de huertos familiares y para consumo de animales domésticos, aunque en la mayoría de casos se utiliza para uso del hogar.



Fig. 13 Cosechas en techos de Vivienda

Fuente: <https://ecoinventos.com/sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-para-usar-como-agua-potable/>

3.6 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y FREÁTICAS.

En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.

Las aguas subterráneas constituyen importantes fuentes de abastecimiento de agua, tienen muchas ventajas, en general el agua no requiere un tratamiento complicado y las cantidades de agua disponible son más seguras.

A veces el descenso de los niveles de agua ha causado su abandono; pero en la actualidad, los modernos métodos de investigación permitirán una aproximación muy segura de los recursos de agua subterránea para una prolongada producción. Se puede obtener aguas subterráneas, mediante pozos y manantiales. (Figura 14)

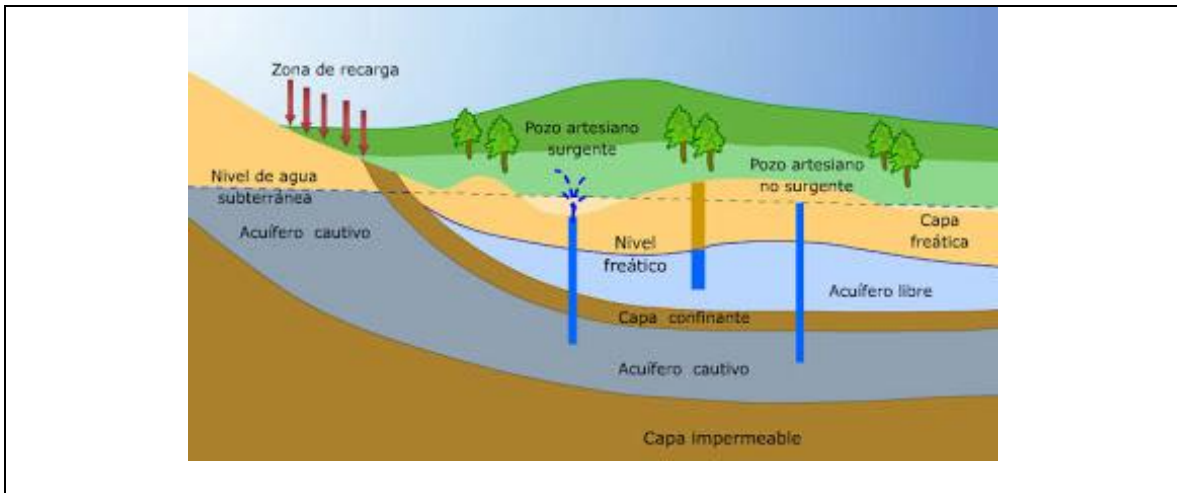


Fig. 14 Captación de aguas subterráneas y freáticas

Fuente: <http://apusdelagua.blogspot.com/2014/11/importancia-de-las-aguas-subterranas.html>

3.7 CAPTACIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA.

En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla, bruma, y las nubes bajas, así como recoger la llovizna y la lluvia conduciéndola hacia un aljibe o depósito donde es almacenada para su posterior utilización.

La captura y almacenamiento del agua que existe en la atmósfera antes de tocar la tierra ha supuesto un constante esfuerzo en zonas áridas. (Figura 15)

La niebla contiene una cantidad de agua que hasta ahora sólo han sabido aprovechar los árboles. Las pendientes existentes en las zonas montañosas provocan una fuerte escorrentía que hace que el agua que traen las lluvias intensas,

pase en gran parte a predios inferiores y, en su caso, al mar, arrastrando capas del terreno.

La técnica de captura se basa en forzar, de manera artificial, la precipitación de las minúsculas gotas constituyentes de las nieblas. Al ser arrastradas por los vientos dominantes, depositan parte de su contenido líquido sobre los obstáculos que encuentra a su paso, siendo aprovechada por la vegetación de forma natural.



Fig. 15 Captación de agua atmosférica.

Fuente: http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/27_disdera.html

CAPITULO IV

PROCESO DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

4.1 IMPORTANCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LA REGIÓN DE COATZACOALCOS, VERACRUZ.

En la zona del sureste del Estado de Veracruz, llueve casi durante todo el año, en cuanto se inicia el verano, las precipitaciones aumentan alcanzando su máxima precipitación en los meses de septiembre y octubre.

El mes de octubre es el que ha registrado las lluvias más copiosas con un promedio de 522.74 mm. Esto se debe a las influencias ciclónicas que perturban el golfo, cuya época da inicio desde el mes de junio.

A partir de mediados de octubre, la precipitación fluvial decrece hasta alcanzar en el mes de marzo unos 53.37 mm. Como promedio. Todavía en los meses de diciembre y enero las cifras se mantienen en los 150 mm. Y esto se debe a los constantes frentes fríos comúnmente denominados “Nortes”.

La precipitación total anual en las costas es mayor de 1,500 milímetros, incrementándose gradualmente conforme se avanza hacia el sur donde se registra un volumen de 5,000 milímetros. En gran parte de la zona sur del estado la precipitación es estacional, el período de lluvias abarca de junio a octubre, dentro de este se presentan dos máximas, la primera en junio y la segunda en octubre, con un promedio de 380mm.

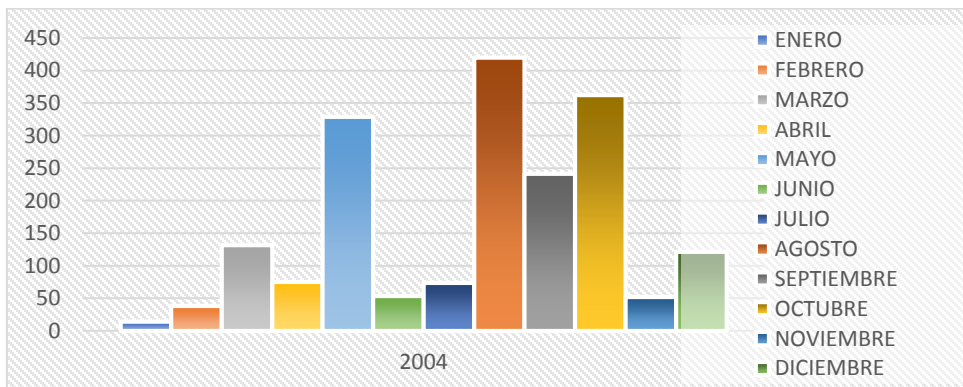
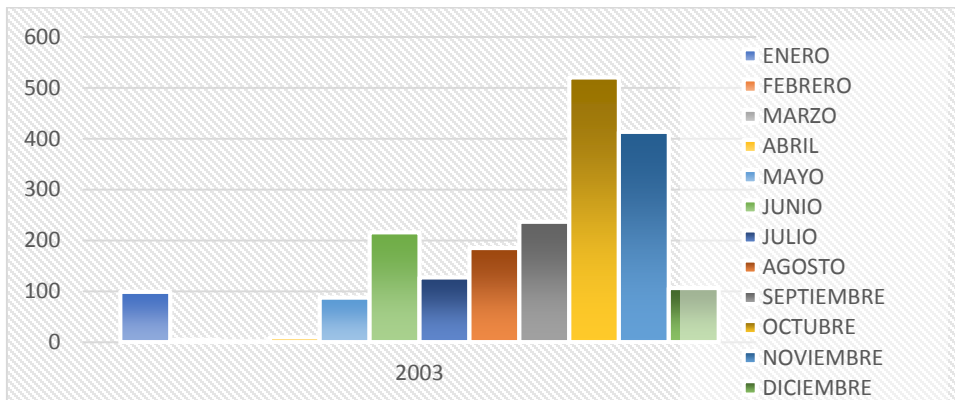
La precipitación media anual es de 2,832 mm, la precipitación media mensual mínima es de 50 mm, en abril y la máxima de 556 mm, en septiembre, según las estadísticas de los últimos años.

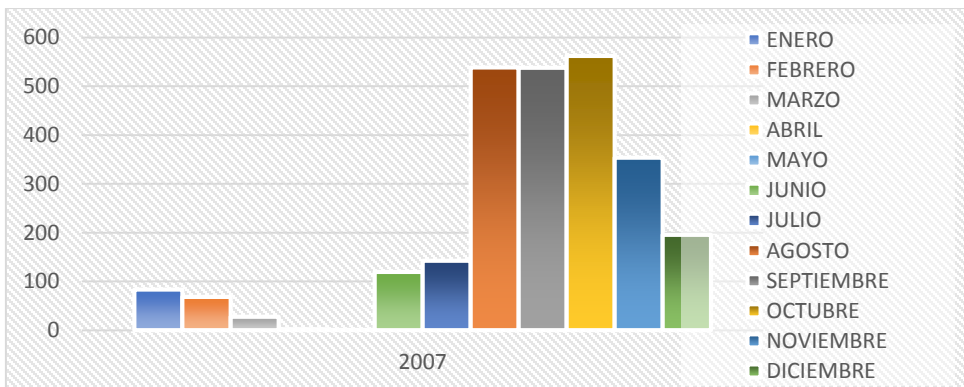
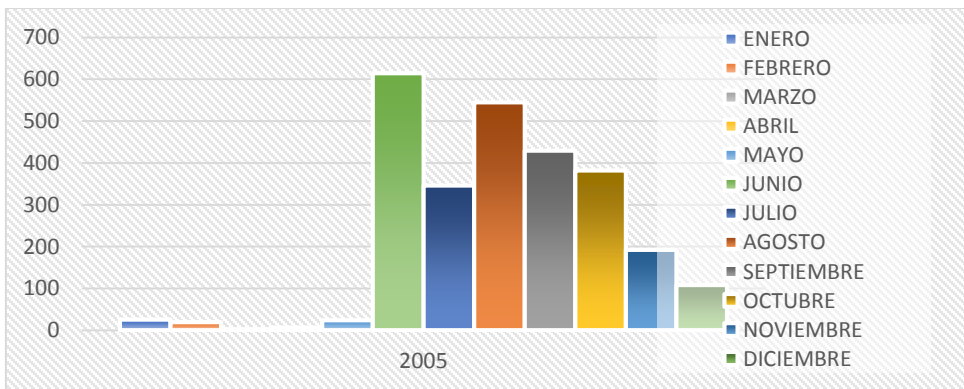
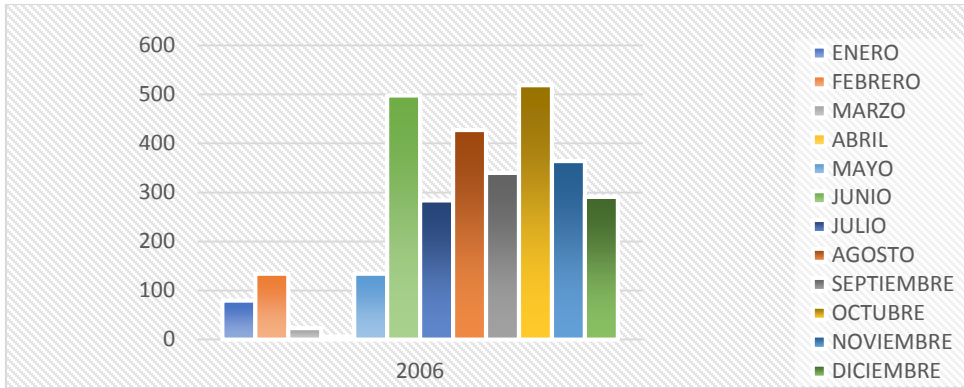
Por lo tanto, la implementación de un sistema de captación de agua es viable por la cantidad de precipitación con la que cuenta la región.

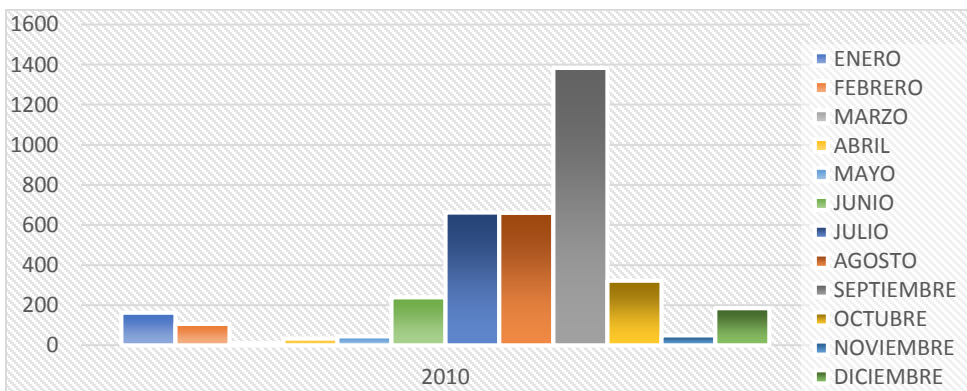
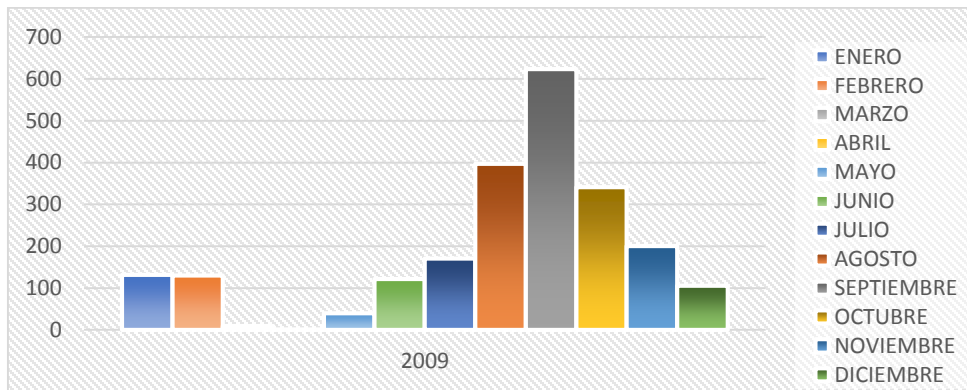
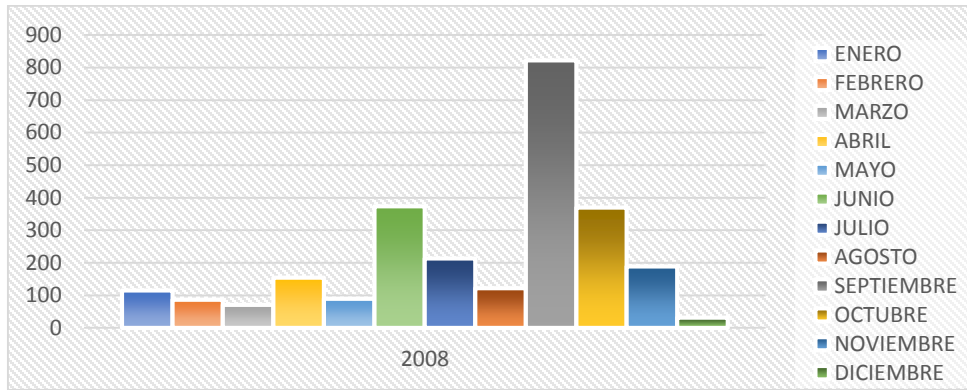
En la siguiente tabla proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el 2018 se pueden observar los meses en los cuales hay mayor y menor precipitación pluvial en la zona de Coahuila y se puede observar detalladamente en las gráficas cuales son los años donde ha habido menor precipitación pluvial.

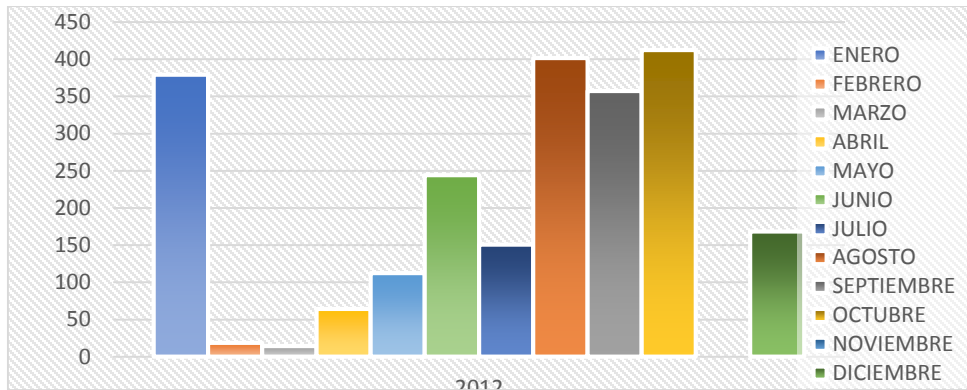
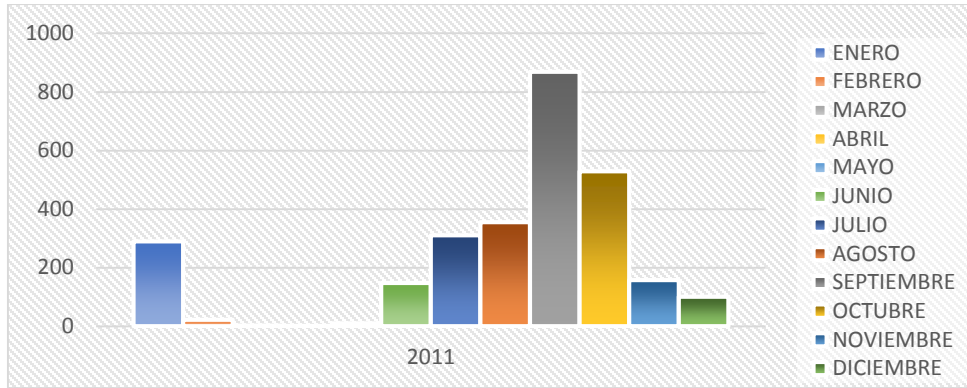
| ANOS | MESES | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| 2003 | 98.8 | 4.6 | 1.2 | 9.3 | 87.4 | 216 | 127.1 | 185.1 | 236.4 | 520.2 | 413.1 | 106.1 |
| 2004 | 14 | 38.4 | 131.5 | 75.3 | 328.6 | 53.3 | 73.7 | 419.7 | 241.3 | 362.2 | 51.7 | 121.5 |
| 2005 | 25.7 | 19.6 | 2.5 | 6 | 24.1 | 614.5 | 345.9 | 545.1 | 429.1 | 382.1 | 192 | 107.8 |
| 2006 | 79.5 | 134.2 | 23.4 | 5.7 | 134.2 | 497.5 | 283.8 | 427 | 340 | 519 | 364.1 | 290.62 |
| 2007 | 83.5 | 68.6 | 27.9 | 2 | 0.1 | 119.7 | 142.3 | 538.9 | 537.8 | 562.2 | 354 | 195.5 |
| 2008 | 115.3 | 85.9 | 70.6 | 154 | 88.8 | 374 | 213.3 | 121.3 | 822.4 | 369.8 | 188.6 | 31.6 |
| 2009 | 131.9 | 130.1 | 8.9 | 1 | 40 | 121.7 | 170.7 | 396.8 | 623.7 | 340.9 | 200.2 | 105.5 |
| 2010 | 162.3 | 106.4 | 11.7 | 33.6 | 45.1 | 239.9 | 661.8 | 661 | 1383.1 | 322.5 | 49.6 | 185.5 |
| 2011 | 289.7 | 21.9 | 2.4 | 0.6 | 9.7 | 147.8 | 310.9 | 355.6 | 868.5 | 529 | 157.6 | 100.1 |
| 2012 | 379.2 | 18.5 | 14.4 | 64.3 | 112.5 | 244.2 | 150.7 | 401.7 | 357.3 | 412.4 | | 168.3 |
| 2013 | 68.7 | 30.2 | 36.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2014 | 158.24 | 2.3 | 9.5 | 11.4 | 177.1 | 204.7 | 231.8 | 211.9 | 543.3 | 590.2 | 255.4 | 195.5 |
| 2015 | 114.8 | 43.4 | 57.5 | 1.5 | 100.8 | 150.1 | 100.8 | 314.1 | 491.61 | 760.4 | 599.7 | 146.5 |
| 2016 | 47.1 | 63.3 | 16.8 | 4.4 | 192.1 | 193.6 | 450.5 | 265 | 491.2 | | 264.1 | 156.8 |
| CONAGUA MARZO 2018 | | | | | | | | | | | | |

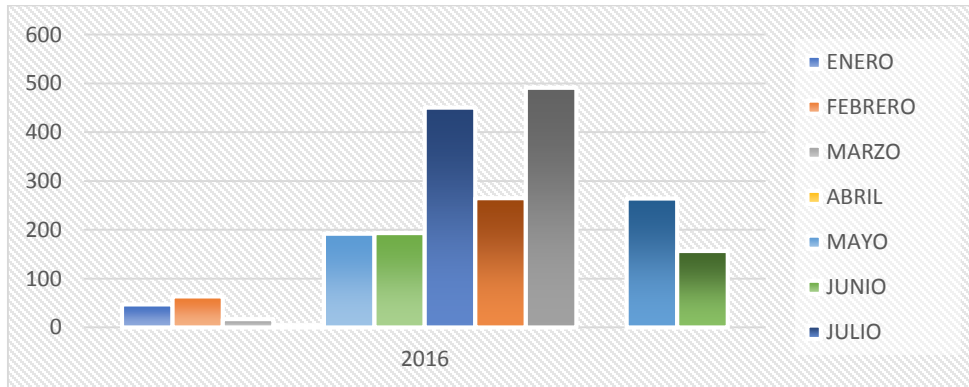
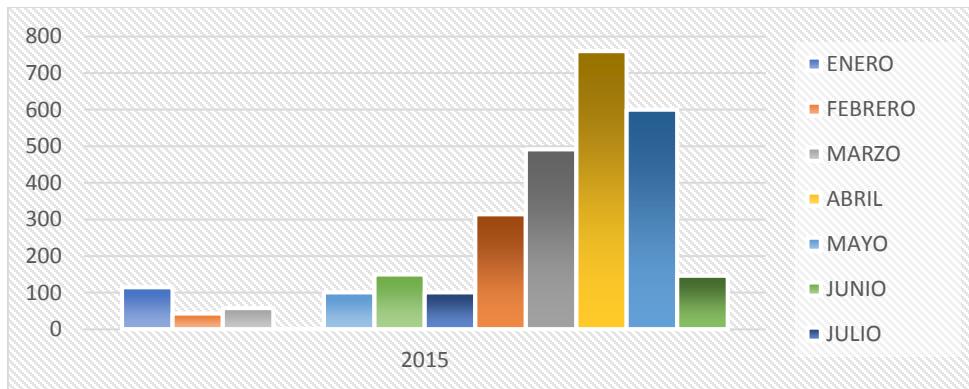
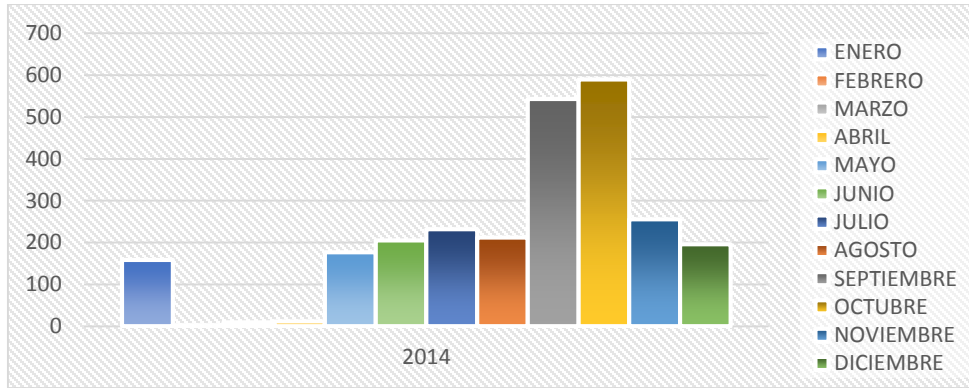
En las siguientes gráficas se muestran los ciclos anuales a partir del 2003 hasta el 2016, describiendo mes con mes el comportamiento pluvial en mm.











De acuerdo a las anteriores relaciones de intensidad pluvial, se observa que entre los años 2005 y 2007 hubo mayor precipitación de manera continua, es decir las lluvias fueron constantes de agosto hasta diciembre.

Los meses con mayor precipitación que se ha observado en las gráficas a través de cada año son agosto, septiembre y octubre; por lo cual estos meses serán necesarios para marcar un modelo de mayor precipitación en el diseño que se propondrá.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SCALIUS.

El consumo de agua pluvial será utilizado mayormente en los meses de estiaje los cuales consta a partir del mes de febrero terminando el 31 de mayo, esto de acuerdo con las estadísticas de temporadas y fenómenos meteorológicos para el estado de Veracruz (Fig. 16).

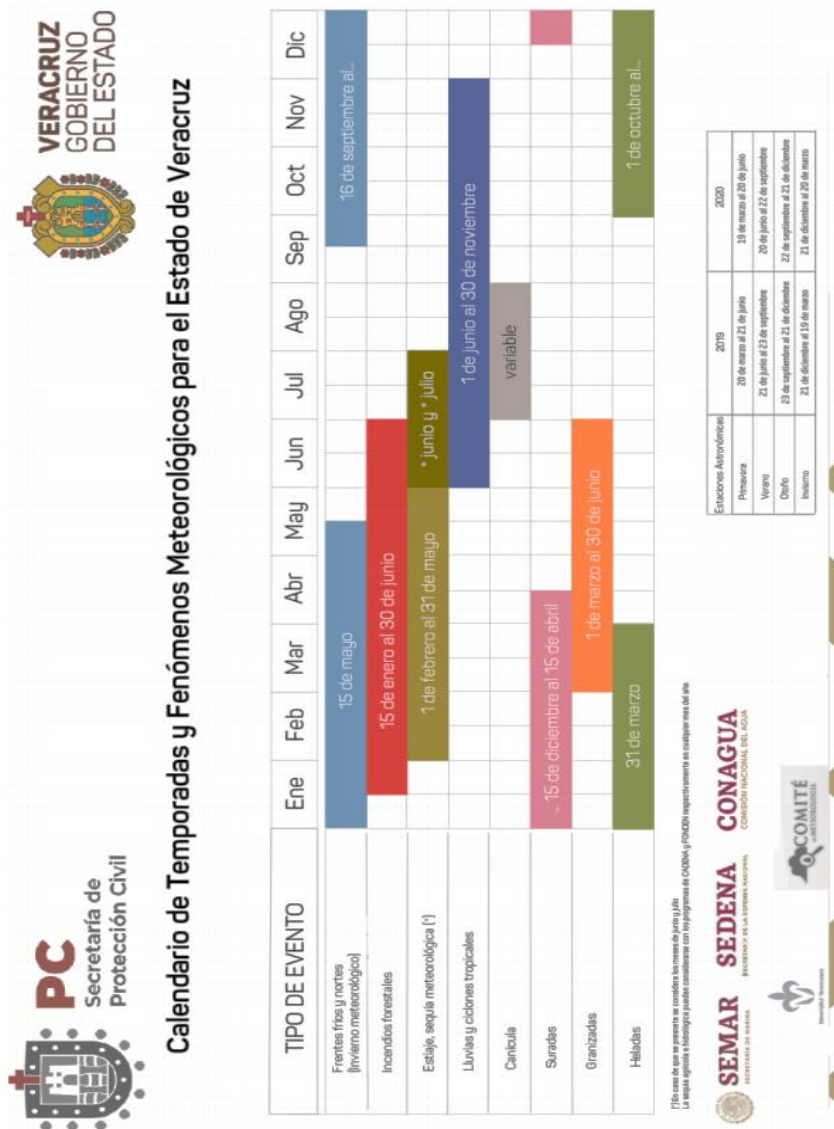


Fig. 16 Calendario de Temporadas de Estiaje.

Fuente: Secretaría de Protección Civil Dirección General de Prevención de Riesgos

De acuerdo con los pagos de consumo de agua en la US de manera mensual es aproximadamente a \$13,000 pesos, esto en consumo de agua fuera de temporada de estiaje, por lo tanto, durante las temporadas de estiaje el costo se eleva de un 15% a 20% sobre el costo aproximado.

Por lo tanto, el diseño estará basado en el mes de mayor intensificación pluvial para ser almacenada y posteriormente dar uso en los meses de mayor estiaje.

Este proyecto también se basa en las experiencias que se vieron de conocimiento en visitas industriales durante la carrera de Ingeniería Industrial, en el cual se realizaban visitas a laboratorios como por ejemplo de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz., en el cual reutilizan el agua de las torres de destilación, proceso que se reutiliza para disminuir la alimentación de agua nueva en el laboratorio de Química Pesada, el agua es tratada para quitar materiales pesados y ser reutilizado en las calderas cual a su vez se utiliza para el funcionamiento de las torres entre otras herramientas más, disminuyendo así las cantidades de agua y disminuyendo el costo de inversión de agua de proceso para la alimentación de la caldera.

Esta reutilización de agua de proceso hace no solo que se ocupe menos agua, sino que también en cada ciclo se resguarde la calidad de agua.

En la universidad de sotavento se cuenta con el edificio B y C de una altura de 12.80 metros, basándonos en el diagrama de bloques que explica el proceso de captación de agua pluvial que indica la filtración, conducción, almacenaje, tratamiento, nuevamente el almacenaje en la cisterna del tiempo de duración hasta su consumo.

Por ello es importante una altura optima en el edificio que tomaremos como base para la recolección del agua para aprovechar la máxima altura y que baje por gravedad para recolección.

De acuerdo de los potenciales sobre las características que se debe presentar para adoptar un método de recolección se tomara la experiencia para el método SCALIUS para el sistema de captación de agua pluvial.

Esta altura con la que cuenta el edificio, es óptima para evitar estancamientos y ayuda a que la presión sea óptima

Los meses que se proponen para la captación de agua pluvial es a partir de junio hasta noviembre, tomando en cuenta que en los meses de agosto hay una precipitación de 327.1 mm, septiembre con 487.9 mm y octubre con 370.1 mm, esto de acuerdo con los datos de CONAGUA que explica que un milímetro de lluvia es igual a un litro de lluvia por metro cuadrado de suelo.

A continuación, se observa el diagrama de bloques que describe el proceso que se llevará a cabo para la captación pluvial de SCALIUS.

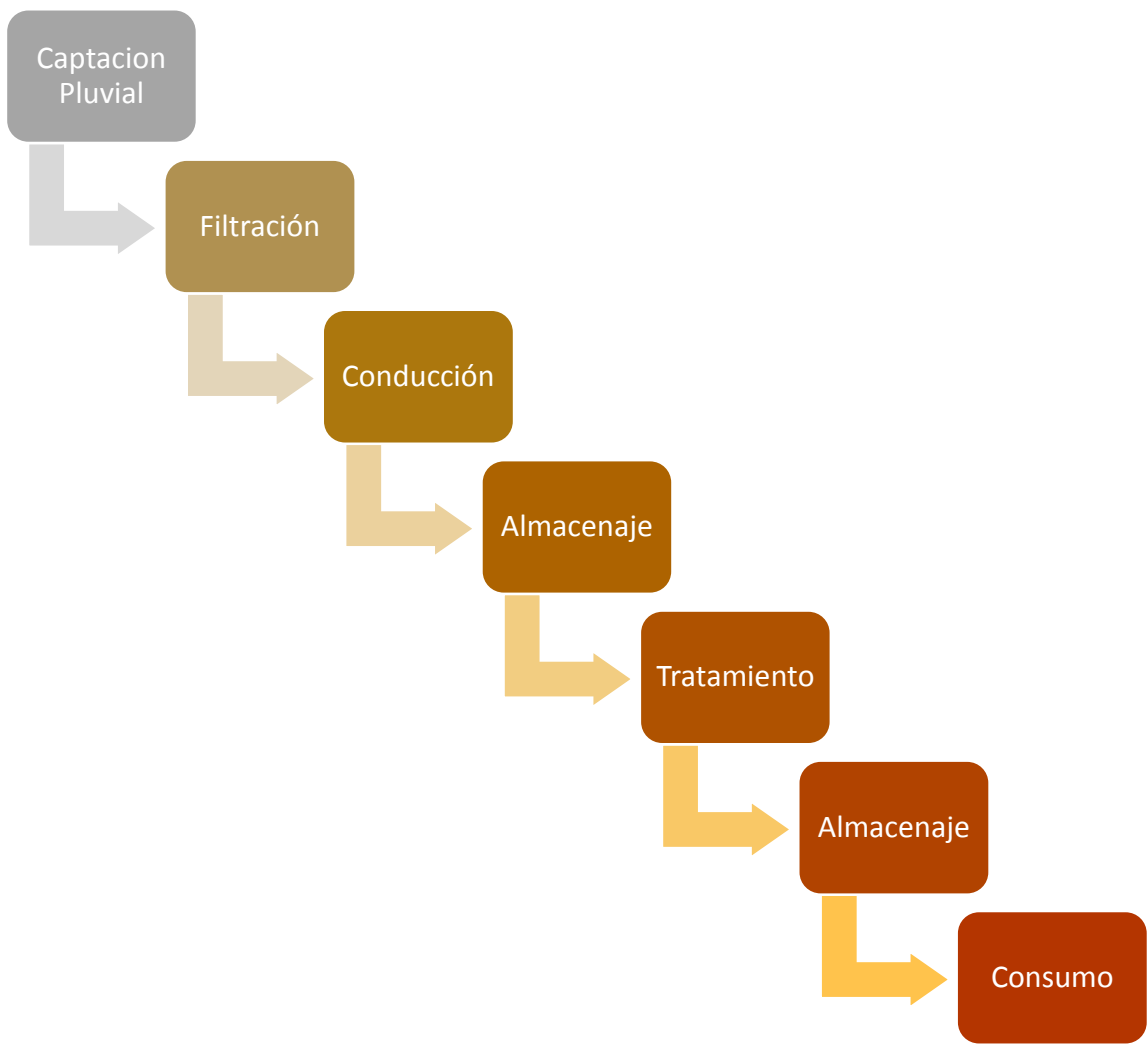


Diagrama 1 de Bloques: Proceso de Captación de Agua Pluvial

4.3 PROCESO APLICABLE PARA LA CAPTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A.C.

Propuesta para la captación pluvial en la Universidad Sotavento.

Conforme a lo analizado con el cómo comportamiento de la precipitación pluvial de la zona de Coatzacoalcos, Ver., y la infraestructura de la US, el método más viable es la cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables.

La US cuenta con una estructura en el techo de material de losa, la cual de acuerdo con la investigación en el marco teórico, da una mejor limpieza al agua para su captación, ya que se tendrá que recurrir a tener un techo en buen estado para una mejor fase en la captación, es decir, menor arrastre de impurezas.

La cual cuenta con canales de escurrimientos que serán aprovechadas para dar línea de conducción a las tuberías de recolección.

El modelo elegido es “captación de agua de lluvia en techos y viviendas”, que a continuación se denominará: Sistema de Captación de Agua de Lluvia Universidad Sotavento (SCALIUS), se tomó este modelo considerando los siguientes puntos:

- 1.- Tipo de precipitación alta de la zona de Coatzacoalcos.
- 3.- Infraestructura del edificio elegido para la propuesta del proyecto.
- 4.- Mejor aprovechamiento del diseño de infraestructura de la US para adaptación al sistema.
- 5.- Los techos cuentan con una inclinación de 20° lo cual es óptimo para la captación.

6.- Dar mayor aprovechamiento a la cisterna de almacenamiento a cielo abierto con el que cuenta la universidad.

7. Apreciación de menor costo.

Tomando en cuenta los puntos anteriores, se explica más detalladamente el estudio de la infraestructura con la que cuenta la US, para la propuesta SCALIUS.

La US cuenta con un abastecimiento por parte de pozo artesiano y agua municipal, el consumo en litros en la universidad es de aproximadamente 23,100 lts de agua al día; cuentan con 7 tinacos de 1100 lts, se tiene en consideración que se llenan tres veces al día, por la cantidad de alumnos durante 12 y 13 horas diarias.

La medición es en base al medidor de agua potable de CMAS (Comisión Municipal de Agua y Saneamiento), su sistema de almacenamiento es una cisterna y dos piletas a cielo abierto, su estrategia en temporadas de estiaje se basa en el pozo, con el cual se abastece el agua de uso sanitario; para las áreas verdes se utilizan las piletas de cielo abierto.

La US no cuenta con ningún convenio otorgado por CMAS para su abastecimiento, los muebles sanitarios que se están deteriorando han sido reemplazando por tanque de 14 lts, los cuales anteriormente eran de 16 a 18 lts y en un futuro no muy lejano los mingitorios se cambiarán.

El consumo promedio en los sanitarios es de 1,800 lts por tanque de WC al día, la US consta de 31 tanques, por lo cual el consumo es de 55'800 lt/día, en cuanto a los pagos no se cuenta con una tasa fija por consumo de agua, se explica porque

todo depende de la temporada en la que se encuentre y la cantidad fluctuante de la comunidad universitaria, lo que equivale al consumo de agua mensual.

Esta propuesta está proyectada y estudiada para el comportamiento de los meses con altas temperaturas en la región, que da consecuencia al estiaje.

Ya que la recolección de agua se amolda en las edificaciones de la universidad (Fig.17), la recolección se llevaría a cabo en los techos de la universidad y mediante una conexión con tuberías de PVC, el agua será transportada a la cisterna de techo abierto con el que cuenta la universidad.

En la figura se muestra un plano en donde se observa la parte superior del plano de la universidad para mostrar su distribución arquitectónica y dimensionar la propuesta del proyecto para el abastecimiento de agua y recolección de agua pluvial.

Se diseñará a manera de reducir los costos buscando los puntos que puedan apoyar en la infraestructura de la propuesta para minimizar los costos de inversión. Lo anterior también se utilizará como táctica no afectar el diseño actual de la universidad, es por ello que, de acuerdo al plano que muestra la parte superior de la estructura de la universidad, se escoge como estrategia el edificio B y edificio C, en el cual se encuentra mayor concentración de comunidad universitaria y por lo tanto mayor consumo de agua.

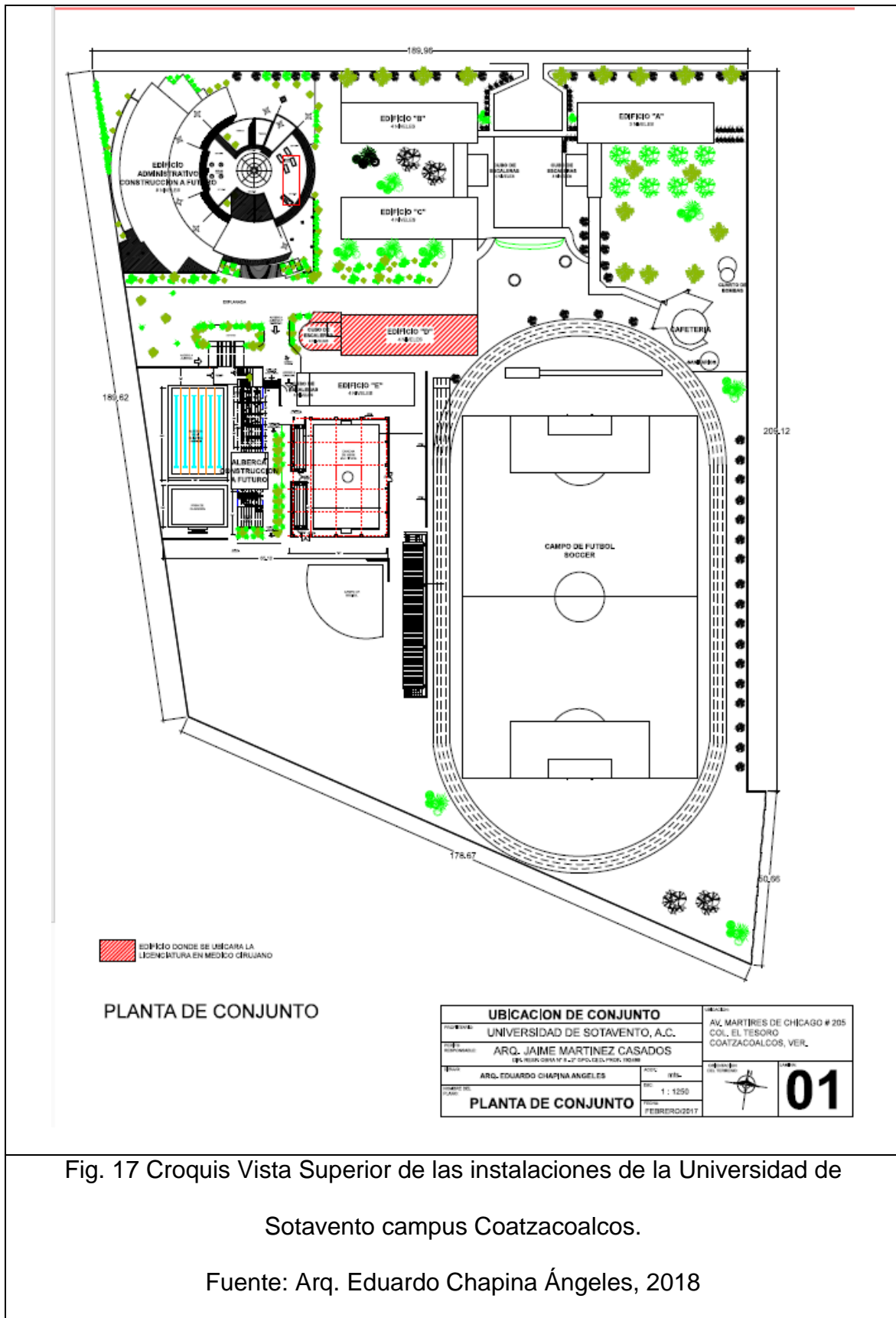


Fig. 17 Croquis Vista Superior de las instalaciones de la Universidad de Sotavento campus Coahuila.

Fuente: Arq. Eduardo Chapina Ángeles, 2018

4.4 FASES DEL PROCESO SCALIUS.

A continuación, se describe el proceso, paso a paso, de la propuesta “SCALIUS”, la cual se encuentra detallada el seguimiento del recorrido pluvial desde la captación hasta su depósito (Fig.18 y 18.1).

1. Antes de poder comenzar con el proceso de recolección, se tomará en cuenta el calendario de lluvias, para poder anticipar la realización de la limpieza de los techos donde se llevará a cabo la recolección, quitando las hojas que han caído en el edificio B, así también la limpieza de la cisterna a cielo abierto quitando hojas y posibles heces de los animales.
2. Se revisarán las tuberías checando que los filtros estén bien colocados, así como los tinacos en los cuales se almacenará el agua para su uso a futuro.
3. El Sistema de Captación de Agua de lluvia inicia en los techos en donde las escorrentías de acuerdo a los grados de caída de inclinación caerán sobre las canaletas de 6” que se encuentran colocadas alrededor de las construcciones y se escurre a través de tuberías de 6” en las cuales el agua correrá por gravedad.

Las canaletas que se instalarán alrededor del edificio para la recolección pluvial deben tener una inclinación para una mejor recolección, alrededor de 5° a 10° de inclinación cada una.

4. No se puede tener un estimado de cuánta agua se obtendrá de una precipitación ya que todo depende de la fuerza de este fenómeno natural, pero un aspecto importante que se debe de cuidar en la captación de agua de lluvia, son las canaletas por las que escurre el agua, deben mantenerse lo más limpias posible, para que el agua no se contamine.
5. Posteriormente caerá de manera vertical, por una tubería de PVC de 6" pulgadas, para mayor área de captación.
6. Por medio de las tuberías es llevada hacia el primer filtro de malla material 6" que estará instalada en el primer codo PVC de 6".
7. Durante las temporadas de lluvia donde hay precipitaciones constantes es posible realizar el sistema de captación de agua pluvial en grandes volúmenes, por lo que se debe de mantener almacenada para poder asegurar el abastecimiento durante las temporadas de estiaje.

7.1 Por lo tanto, en nuestro proceso pasará por dos almacenajes:

7.1.1 Tanque 1: el primero es de material de concreto el previo almacenaje donde se recolectará el agua con una mínima de contaminantes para ser tratada.

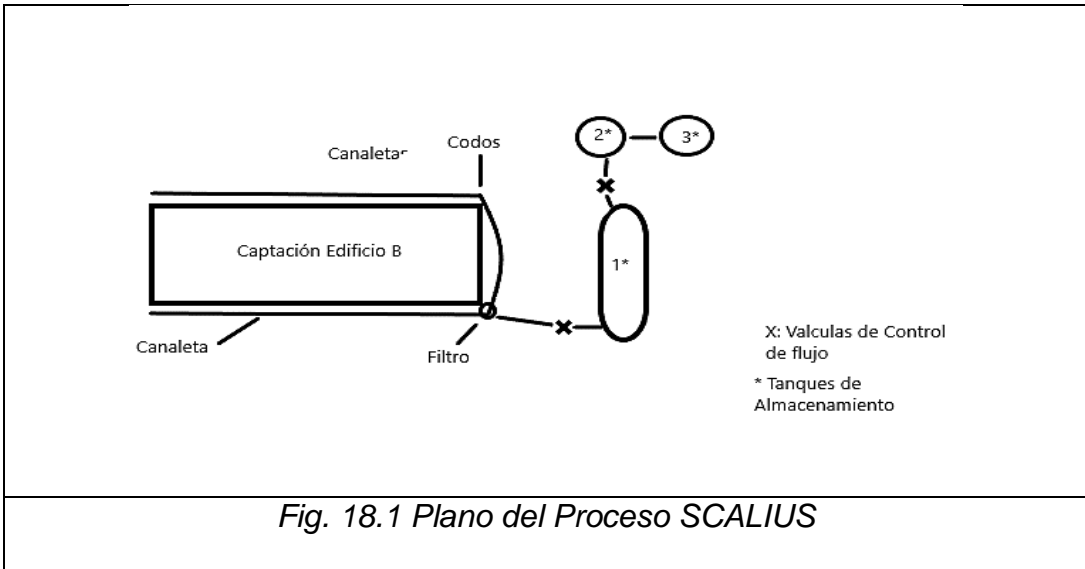
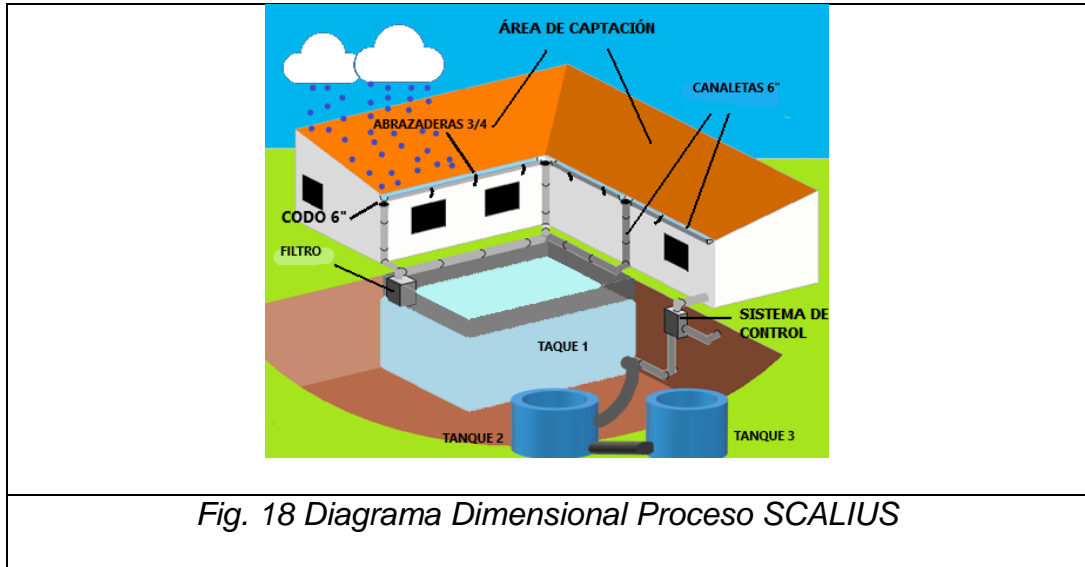
7.1.2 Tanque 2: este tanque es de material Rotoplas estos depósitos se encuentran reforzados para resistir inclemencias del tiempo, están diseñados para instalarse en el interior de acuerdo al diseño, aquí

pasará el agua desinfectada y pasará al último tanque donde se almacenará y de igual manera servirá como almacén de agua cuando el tanque número tres esté a su límite.

7.1.3 Tanque 3: este último tanque esta igualmente hecho de material Rotoplas y será el indicado para ser llenado y el agua que ahí se encuentre será enviada directamente al consumo de la comunidad US.

8. El tratamiento se llevará a cabo mediante pastilla de cloración ya que es un tratamiento sencillo y eficaz para poder desinfectar el agua. Este tratamiento consiste en introducir productos clorados, serán pastillas de cloro en el agua, para poder disminuir los microorganismos que se encuentren en ella. Tras un tiempo de actuación de aproximadamente 30 minutos, que en condiciones de almacenaje tienen un efecto duradero.
9. Pasamos al último almacenaje en el cual, se lleva el almacenaje permanente hasta el momento en que vaya a ser utilizada el agua, este consta de cisternas donde se almacenará el agua previamente tratada y libre de algún contaminante en este caso será en cisternas de por lo menos 10,000 litros de capacidad.
10. Sistema de control de flujo es importante para poder mantener un régimen de control sobre las válvulas al momento del llenado de las cisternas, es decir cuando pasa el líquido captado de una cisterna a otra y de igual manera

pasar el líquido captado ya tratado al consumo de la comunidad estudiantil de la US.



4.5 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA SCALIUS.

| Producto | Nombre | Especificaciones |
|---|---|---|
|  | <p>Bomba Hidráulica</p> <p>Siemens</p> | <p>1 HP</p> |
|  | <p>Filtro de Hojas de Acero inoxidable tipo canasta</p> | <p>6 a 8 pulgadas</p> |
|  | <p>Cisternas</p> | <p>Capacidad de 10,000 litros</p> |
|  | <p>Medidor de flujo</p> | <p>Una pulgada</p> |
|  | <p>Tubo PVC Sanitaria Métrica.</p> | <p>Longitud del Tubo de 6.00m con una absorción de agua de 0.5%</p> |

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
|  | <p>Tubo Codo</p> | <p>90° de PVC Sanitario 4 pulgadas</p> |
|  | <p>Válvulas de compuerta roscable</p> | <p>Medidas de 4", Peso: de 0.174g hasta 8.970g. Temperatura máxima de trabajo: 82°C. Presión de trabajo: 200lbs</p> |
|  | <p>Abrazaderas para Tubo</p> | <p>Ucr 34 uña cobre y cable de 19.5 mm (3/4)-(7/8 D.E)</p> |
|  | <p>Pastillas de Cloración</p> | <p>Una pulgada</p> |

4.6 VENTAJAS DE SCALIUS.

La conservación del recurso debido a que disminuye el impacto ambiental ocasionado por sobreexplotación de los cuerpos de agua además de que se promueve la autosuficiencia. Por otro lado, se proporciona una alternativa de fuente de abastecimiento.

La energía utilizada es mínima, ya que muchos sistemas requieren solo de una pequeña bomba para crear presión en las tuberías de conducción de agua dentro del hogar, además en la distribución de la misma los sistemas funcionan con la gravedad como única forma motriz.

Otra ventaja muy importante, en ciertas zonas es que se disminuye la cantidad de agua que escurre en las zonas urbanas propensas a inundaciones, en virtud de que desvía parte de la precipitación local a los tanques de almacenamiento para su aprovechamiento.

La calidad del agua de lluvia es considerablemente mejor frente a otras fuentes de agua disponibles como son lo son las subterráneas y las superficiales, debido a que o entra en contacto con la tierra o rocas que puedan disolver minerales, así como tampoco con los contaminantes que son descargados en los diferentes cuerpos de agua superficiales.

La construcción de sistemas de captación es simple por lo que se pueden emplear mano de obra y materiales locales lo que deduce los costos y fomenta una mayor participación de la comunidad.

La operación y mantenimiento son sencillos y se ejecuta por parte del usuario del sistema lo que resulta ser una buena alternativa a la falta de vigilancia y mantenimiento que se da en los organismos de abastecimiento local o municipal.

Cabe mencionar que este tipo de enotecnias tiene sus limitaciones entre las que están la precipitación de la zona, el área de captación y el espacio para el almacenamiento.

CAPÍTULO V

COSTO BENEFICIO

5.1 COSTO DEL SISTEMA DE INSTALACIÓN SCALIUS.

El cálculo de los costos es uno de los elementos que no pueden faltar para poder determinar la viabilidad de un proyecto. La estimación aproximada de la inversión que implicará el proyecto es crucial para mantenerse dentro del presupuesto y poder completar el proyecto.

De acuerdo con los materiales especificados en el capítulo anterior se desglosarán los costos de inversión del sistema de captación pluvial.

Materiales.

| CANTIDAD | MATERIALES | COSTO C/U | TOTAL |
|----------|--|-------------|------------|
| 2 | Bomba Hidráulica Siemens 1HP | \$1,300.00 | \$2,600.00 |
| 2 | Filtro de Hojas de Acero inoxidable tipo canasta 4" | \$300.00 | \$600.00 |
| 2 | Válvulas de compuerta roscable 4" | \$150.18 | \$300.36 |
| 2 | Cisternas de 10,000 lts | \$25,590.60 | \$51,181.2 |
| 1 | Medidor de flujo 1" | \$1,500.00 | \$1,500.00 |
| 5 | Tubo PVC Sanitaria Métrica 4". | \$75.00 | \$375.00 |

| | | | |
|--------------|-------------------------|----------|--------------------|
| 4 | Tubo codo 90° de PVC 4" | \$9.00 | \$36 |
| 1 | Pastilla de Cloración | \$299.00 | \$299.00 |
| 7 | Abrazaderas ¾ | \$2.70 | \$18.9 |
| TOTAL | | | \$56,940.46 |

Mano de Obra.

| Trabajadores | Días a laborar | Pago por día | Total |
|--------------|----------------|--------------|---------|
| 6 | 5 | \$300 | \$9,000 |

Insumos

Pago de energía eléctrica.

| Horas de uso de bomba hidráulica | KW/H | Costo por hora | Horas | Total |
|----------------------------------|-------------|----------------|-------|---------|
| 3 | 0.736 watts | \$ 0.741 | 2 | \$4.446 |

La universidad cuenta con una cisterna de concreto, con un aproximado de 50,000 litros de agua, el cual nos ayudará a captar el agua de lluvia de la universidad y almacenarla.

La inversión de la mano de obra es directa en este caso son empleados de la universidad que realizan diversas actividades dentro de ella, por lo que para la adaptación de esta cisterna y tinacos de almacenamiento serán alrededor de cinco

días para poder realizarlo, lo cual también facilita la experiencia con la que cuentan los trabajadores en diversas ramas.

El uso de la bomba hidráulica se limitará solamente para el llenado de las cisternas donde se almacenará el agua de lluvia y el almacenaje de agua en los tinacos al momento de su utilización.

| Descripción | Costo Total |
|---------------------------------|--------------------|
| Materiales. | \$56,940.46 |
| Mano de Obra. | \$9,000 |
| Insumos. | \$4.446 |
| Costo Total de Inversión | \$65,944.91 |

Es importante hacer el análisis de los Costos comparativos para tener un aproximado del ahorro que se tendrá por mes y por año tanto en cantidad de agua como en pago anual de consumo.

En primera instancia se calcula los costos que se generan por metro cubico de consumo de agua, y el precio que se paga de manera anual, esto se presenta en la siguiente tabla de costos de consumo de agua.

Costos de consumo de agua de la U.S.

| LITROS DE CONSUMO AL DIA (M ³) | COSTOS DE CMAS | PAGO MENSUAL | PAGO ANUAL |
|--|----------------|--------------|--------------|
| 55 | \$19.30 | \$29,722 | \$356,664.00 |

La siguiente tabla contiene la simulación de los costos que se generaran con la implementación de la propuesta del sistema de agua pluvial en los edificios B y C que a continuación se presentan.

Del cual el consumo total de los edificios B y C es 8.8 M³, con base a esto; se calcula el pago de ahorro mensual y anual del consumo de agua.

Con sistema de agua pluvial en edificio B y C:

| LITROS DE AGUA AL DIA (M ³) | AHORRO PAGO MENSUAL | AHORRO PAGO ANUAL |
|---|---------------------|-------------------|
| 6.6 | \$5,095.2 | \$61,142.4 |

Ahorro en cantidad de agua y ahorro en pago de consumo.

Ya calculado el costo que se genera al año por el pago anual del uso de agua se hace el comparativo aproximado con el costo que se generaría con el sistema propuesto de captación pluvial SCALIUS.

1. Costos sin SCALIUS: \$356,664.00
2. Costo con SCALIUS: \$295,521.6
3. Consumo edificio B y C con SCALIUS: 11.36 m³

El consumo de agua mediante SCALIUS es de 11.36 m³ lo cual nos abastecerá durante dos semanas dependiendo de los días en los cuales el edificio B y C no cuenten con agua de CMAS.

De acuerdo con la inversión y el gasto anual de consumo de agua, se puede ver una recuperación de \$61,142.4 en pago a CMAS, utilizando el beneficio se puede recuperar la inversión en un plazo de un año y medio.

Periodo de vida útil.

De acuerdo a la información recaudada en el transcurso de la información, el tiempo de vida útil del proyecto es de un aproximado de 5 a 6 meses hábiles para una familia promedio, mientras que una institución de dos a tres meses dependiendo de la cantidad captada y el uso que se le da al agua.

Mientras que de la infraestructura es de 20 a 30 años hábiles siguiendo el mantenimiento adecuado.

5.2 BENEFICIO DEL PROYECTO SCALIUS.

Los beneficios son variados por lo cual mencionaremos:

En las temporadas de estiaje la US no está exenta de esta problemática ya que no se abastece de agua al 100%, por lo que tienen de recurrir al abastecimiento mediante pipas lo cual genera costos extras para el consumo del agua

1. Este sistema es muy sencillo y trae múltiples beneficios ya que además de asegurar un suministro constante de agua para la limpieza de las escuelas, provee de agua apta el uso de la comunidad US.

2. En el ámbito ecológico disminuye la erosión del suelo ya que el agua de lluvia recarga lo acuíferos. De igual manera conserva las reservas de agua como los ríos y los lagos, además al utilizarla se reduce la sobreexplotación de fuentes dulces de agua y favorece la sostenibilidad del ecosistema.
3. En el ámbito económico el agua de lluvia es un recurso gratuito y relativamente limpio para utilizarlo en actividades que no impliquen su consumo. Es un auto suministro gratuito que presenta la posibilidad de reducir costos al utilizarla en sanitarios, actividades de limpieza, riego de jardines, de cultivo, etc.
4. De igual manera ayuda a reducir el exceso de la demanda de suministro público, favorece a la red de drenajes públicos y evita posibles inundaciones I no recibir el agua de lluvia que cae en los techos.
5. Es de alta eficiencia y provocará un gran impacto en las comunidades tanto estudiantiles como en la ciudad de Coatzacoalcos, ya que impulsará el uso de aguas externas en este caso se aprovecharán las lluvias para diversos usos.
6. La captación de agua de lluvia puede ser una estrategia poderosa para combatir la escasez del agua en la actualidad.

CONCLUSIONES.

En este trabajo se logró identificar la información necesaria para llevar a cabo un análisis sustentable en la implementación de captación de agua de lluvia, observando los beneficios que se obtendrán en la US.

De acuerdo a los datos proporcionados por CONAGUA en la ciudad de Coatzacoalcos la precipitación pluvial durante sus temporadas correspondientes es abundante, por lo cual la implementación de este sistema es óptima.

Un sistema de captación de agua de lluvia es variable en cuanto a sus componentes ya que estos se adaptan de acuerdo a las características de la edificación y sus necesidades; los componentes principales como lo son el sistema de conducción y el almacenamiento pueden ser de distintos materiales y características que por ende se reflejaran en el costo del sistema.

La propuesta está basada en las necesidades básicas que se llevan a cabo en la US, la distribución de los espacios esta propuesta de forma opcional ya que el interés de esta investigación está basado en la captación de aguas.

De igual manera se puede observar un ahorro en el fluido de 11.36 m^3 lo cual nos abastecerá de agua durante una semana y media de estiaje, lo cual depende de los días en los cuales la universidad no cuente con el flujo proveniente de CMAS.

Así mismo se puede observar el ahorro anual en cuanto a pagos a CMAS el cual es de \$61,142.4 en pago a CMAS, con este ahorro en pagos se está recuperando la inversión inicial de \$65,944.91 en año y medio aproximadamente.

La U.S no dependerá solamente del sistema SCALIUS, ya que es sistema es de uso exclusivo para las temporadas de estiaje, y el agua sea captada durante las temporadas de lluvia en la zona de Coatzacoalcos, Ver.

Los objetivos que se plantearon en esta propuesta fueron abordados de forma particular para seleccionar la forma más adecuada de llevar a cabo el proceso y de forma integral para el ensamble y colocación de cada uno de ellos, además de describir los procesos constructivos necesarios para su desarrollo.

Esta propuesta sintetiza la manera en que la universidad puede generar un ejemplo de cultura a través de diseños de ingeniería para confrontar de manera sustentable los problemas de estiaje en la región Sotavento, SCALIUS resulta totalmente redituable y puede llegar a ser una experiencia, que puede reproducirse a las comunidades.

Glosario

| | |
|----------------|--|
| Captación | Estructura construida con la finalidad de derivar un curso de agua y aprovechar su caudal. |
| Precipitación | Componente principal del ciclo hidrológico, responsable de depositar la mayor parte del agua dulce del planeta. |
| Estiaje | Período de tiempo en que la corriente o caudal de agua están más bajos. |
| Asequible | Se emplea para calificar a aquello que está al alcance o que es posible de conseguir. |
| Desalinización | Proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar. |
| Azolves | Tapar u obstruir lodo o basura algún conducto o canal, de modo que impide el paso del agua. |
| Hidrograma | Representación gráfica que describe el comportamiento del agua, con respecto al tiempo, al entrar o salir de algún almacenamiento. |
| Cisterna | Tanque para almacenamiento de agua potable construido bajo el nivel del suelo. |
| Escorrentía | Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno. |
| Cuenca Hídrica | Extensión de terreno delimitada por el lugar geométrico de los puntos más |

| | |
|--------------|---|
| | altos del mismo que define la zona de captación de las aguas pluviales. |
| Agua Tratada | Serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. |

BIBLIOGRAFÍA

- Aurelio Pedroza-Sandoval: Sistemas de captación de agua de lluvia (scall) y bioproductividad en comunidades marginadas de zonas áridas (PDF). Recuperado el día 01 de abril de 2018.
- Víctor D. Phillips. Et. Al. *CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA AFRONTAR LA ESCASEZ DEL RECURSO* (PDF). Recuperado el día 15 de febrero de 2018. Disponible en: http://licenciatura.iconos.edu.mx/k_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf
- Pino Duran Escamilla. *CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, ALTERNATIVA SUSTENTABLE* (PDF). Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- GRUPO DE ANALISIS: CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Acopio documental del Estado del Arte (PDF). Red del Agua. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el día 15 de febrero de 2018.
http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/gda/estadodelarte_gda_agualluvia.pdf
- Carlos Ángel Sánchez Recio: Captura de Agua atmosférica, una nueva fuente de agua; Congreso Nacional del Medio Ambiente (PDF). Recuperado el día 21 de octubre de 2018
- Dr. Jochen Scheerer: Aprovechamiento de Agua Pluviales (PDF). Recuperado el día 29 de agosto de 2018.

- SISTEMA DE INFORMACION MUNICIPAL (2016). Subsecretaria de Planeación (PDF). Coatzacoalcos, Veracruz.
- ESTADISTICAS DEL AGUA EN MEXICO Edición 2016: SEMARNAT, CONAGUA, México Gobierno de la Republica. (PDF). Recuperado el día 25 de febrero de 2018. http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf
- Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México; Estado de Veracruz. Consulta el día 27 de marzo de 2018.

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30039a.html>
- Lineamientos Técnicos: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia con Fines de Abasto de Agua Potable a Nivel Vivienda /PDF). Abril 2016, versión 10. Recuperado el día 27 de marzo de 2018.

file:///C:/Users/Ing_sistemas/Desktop/Bibliografia%20de%20Tesis/LINEAMIENTOS_CAPTACION_PLUVIAL.pdf
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo, Pesca y Alimentación. Publicado el día 16 de junio de 2016. Recuperado el día 27 de marzo de 2018. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/tecnicas-de-cosecha-de-agua>
- El universal: Captación de agua de lluvia para escuelas de la CDMX. Recuperado el día 03 de diciembre de 2018

- ONU-FAO; Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano experiencias en América Latina, 2000.

- Antecedentes de la Captación Pluvial (PDF) Recuperado el día 20 de junio de 2019.

http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/eventos/aguadelluvia11/1_albertofros_t.pdf

- Estudio de Factibilidad Técnico Económica de la Captación y Tratamiento de Agua de Lluvia en Zona Urbana (PDF) 2017.

http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1683/T_074.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Fan del Agua <https://fandelagua.com/beneficios-de-captacion-de-agua-de-lluvia/>

- http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2019/02/Recom_Temp_Estiaje_Autoridades.pdf

- Isla Urbana <http://islaurbana.mx/>

- Sistema de Captación <https://www.youtube.com/watch?v=4bv4xPExJsQ>

- Agua de Lluvia <https://www.youtube.com/watch?v=Cijhy1xGsbo&t=232s>

- Instalación de Sistema Pluvial

<https://www.youtube.com/watch?v=fm4S6AoTKm8>