

# Análisis estadístico del abastecimiento del sistema de captación de agua pluvial del centro de cómputo

Galindo Téllez Humberto<sup>1</sup>, Gayosso Rebollo Roció Areli<sup>1</sup>, Villalba Carmona Elizabeth<sup>1</sup>,  
Garrido Rosado Rafael<sup>1</sup> y Hernández Corona Sergio<sup>2</sup>

Ingeniería Industrial<sup>1,2</sup>

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla<sup>1</sup>, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla<sup>2</sup>  
Zacatlán<sup>1</sup>, Puebla<sup>2</sup>; Pue. México

[inghumbertogt, rgarrido801024] @gmail.com [arelygayosso15, elycarmona] @hotmail.com

*Abstract*— Water is the most important element for life, however, in recent years, this hydric resource has been affected by the lack of culture regarding its care and management by humanity. Several studies carried out worldwide show that rainwater collection systems help the care and management of water and positively impact the environment where they develop. This research presents a statistical analysis of a rainwater collection system, having as main objective a redesign for its operation, taking advantage of this way the natural hydric resource (rain). The results obtained in the research was a viable and functional redesign to take advantage of the water collected, having positive impacts on the social, environmental and economic part.

*Keywords*—: *rainwater, catchment system, redesign, hidric resource, advantage.*

*Resumen*— El agua es el elemento más importante para la vida, sin embargo, en los últimos años este recurso hídrico se ha visto afectado por la falta de cultura con respecto a su cuidado y gestionamiento por parte de humanidad. Varios estudios realizados a nivel mundial demuestran que los sistemas de captación de agua pluvial ayudan al cuidado y manejo del agua e impactan de manera positiva el entorno donde se desarrollen. Este trabajo presenta un análisis estadístico de un sistema de captación, teniendo como objetivo principal un rediseño nuevo para su funcionamiento, aprovechando de esta manera el recurso hídrico natural (lluvia). Los resultados que se obtuvieron en la investigación fue un rediseño viable y funcional para aprovechamiento del agua captada, teniendo impactos positivos en la parte social, ambiental y económica.

*Palabras Claves:* *agua pluvial, sistema de captación, rediseño, recurso hídrico, aprovechamiento.*

## I. INTRODUCCIÓN

La Sierra Norte de Puebla es una cadena montañosa que constituye el extremo sur de la Sierra Madre Oriental en México. Tiene una longitud aproximada de 100 kilómetros, con anchuras de hasta 50 kilómetros, la sierra limita al oriente con la llanura Costera del Golfo, al poniente y al sur con el Eje Neovolcánico. Cuenta con 5 ríos principales: Río Necaxa, Río Tuxpan, Río Tecolutla, Río Cazonces y Río Nautla, dentro del mismo territorio destacan las presas de Patla, Tenango y Necaxa. El clima se caracteriza por sus variadas temperaturas cálidas, húmedas y frías, acompañan al paisaje la neblina en las partes altas y húmedas con lluvia durante todo el año.

En la zona se encuentra el municipio de Zacatlán, exactamente en el noroeste de la entidad, a una altitud promedio de 2040 msnm y pertenece a la primera región socioeconómica del estado. Se tiene la idea o el pensamiento que Zacatlán es un municipio rico en recursos hídricos por esa razón aún no está catalogado como una zona con crisis de agua por las agencias regionales y estatales, sin embargo, estos recursos hídricos se ven afectados por actividades que realiza la población o empresas regionales, tanto la población como los pequeños empresarios no tienen la cultura del cuidado del agua, de esta manera se le da un uso inadecuado que ponen en peligro la sustentabilidad de este recurso vital para la vida.

Lo que se pretende con la investigación en torno al tema captación de agua pluvial dentro del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla (ITSSNP) y la modificación del sistema de captación de agua pluvial del edificio del centro de cómputo, es brindar una solución a la institución y a las autoridades competentes, para hacer frente al impacto económico, como bien sabemos el aumento de la comunidad estudiantil, las fallas en los Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP) y la inhabilitación de ellos, representa un problema que afecta a toda la comunidad tecnológica, el más representativo se ve reflejado en el ámbito económico, ¿Por qué? El ITSSNP es la máxima casa de estudios del municipio de Zacatlán, ofrece actualmente 8 carreras (Ingeniería industrial, ingeniería electromecánica, ingeniería en industrias alimentarias, ingeniería forestal, ingeniería informática, ingeniería en innovación agrícola, contador público y gastronomía) como consecuencia existe una demanda considerable de acuerdo a la oferta educativa, de esta forma cada año la comunidad estudiantil aumenta, y si a esto se le suma el personal administrativo y docente, las cifras crecen.

En el ciclo escolar 2017-2018 se tenía una población tecnológica de 2245 personas (alumnos, administrativos y docentes). Este aumento provoco en los últimos ciclos escolares un alto incremento en el pago de agua potable, repercutiendo de manera negativa a la institución, es imposible que vivamos sin este líquido vital, ya que el agua es la base de la vida y un bien escaso que hay que gestionar racionalmente para el bien de la humanidad y de los ecosistemas.

El agua de lluvia se puede aprovechar en los diferentes edificios de la institución con la implementación y rediseño de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP), ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro por las fallas en los sistemas del ITSSNP, vuelven a verse como una solución para ahorrar económicamente, beneficiando a toda la población estudiantil.

## II. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El diseño metodológico, implica decidir los procedimientos, estrategias y operacionalidad de éstos para alcanzar el objetivo de nuestra investigación, el cual es llevar a la práctica los pasos generales del método científico, al planificar las actividades sucesivas y organizadas donde se encuentran las pruebas que se han de realizar y las técnicas para recabar y analizar los datos. Los datos de campo que se recabaron fueron mediante un instrumento de medición y capturas del suministro de agua.

Dentro de la investigación del proyecto se tiene un diseño no experimental ya que se basó en observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, en este punto nos referimos a la toma de datos; sobre el consumo y suministro de agua pluvial en el edificio del centro de cómputo.

Se dispone de la investigación longitudinal o evolutiva, ya que se recolectaron datos a través del tiempo en puntos o periodos establecidos por cada uno de los integrantes del equipo de investigación, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. De igual forma se utilizó un diseño de panel, pues se dice que toda una población o grupo es seguido a través del tiempo. En el edificio del centro de cómputo se tiene bien definida la población, ya que se cuenta con un horario específico para los grupos que toman clases durante toda la semana y el total de alumnos. Estos sujetos fueron estudiados de manera consecutiva con respecto al consumo de agua pluvial.

### 2.1 Hipótesis

Desde el inicio de la investigación se plantearon dos hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Es posible abastecer el edificio del centro de cómputo únicamente con agua pluvial en temporada de lluvia.

Hi (Hipótesis alternativa): No es posible abastecer el edificio del centro de cómputo únicamente con agua pluvial en temporada de lluvia.

Con la finalidad de verificar si el nuevo rediseño que se realizó al sistema de captación de agua pluvial, es viable para cumplir con la demanda con respecto al consumo de agua y si es posible mantener este edificio solamente con agua de lluvia durante 11 semanas, impactando de manera positiva la parte social, ambiental y económica del instituto.

A continuación, se detallan las actividades que se llevaron a cabo en el tiempo establecido para tal investigación: Analizar el sistema de captación, para encontrar las fallas y posteriormente hacer una lluvia de ideas con el equipo de trabajo, de esta forma se plantearon las posibles soluciones y alternativas. Con esto se buscó un nuevo rediseño, así mismo los nuevos materiales a utilizar para un buen funcionamiento del sistema de captación de agua, se implementaron las nuevas mejoras al Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP), con el fin de captar agua pluvial para suministrar agua al edificio del centro de cómputo.

Para fortalecer nuestra investigación se efectuó un instrumento de medición (encuesta), el cual consto de 30 preguntas, divididas en 6 variables: Conocimientos generales sobre sistemas de captación, utilización, calidad del servicio, impacto económico, social y ambiental, se utilizó la escala Likert. El escalamiento Likert consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, es decir, se presenta una pregunta y se solicita al sujeto encuestado que externé su respuesta eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala, como se muestra a continuación:

Variable ➡ IMPACTO ECONÓMICO

Pregunta ➡ ¿Cuánto crees que se ahorraría económicamente con el rediseño del sistema de captación del edificio del centro de cómputo en un periodo de un año?

ítems ➡ a) \$15,000      b) \$25,000      c) \$35,000      d) \$45,000      e) \$55,000

Cada ítem tiene un valor correspondiente:

Tabla 1. Valores de ítems

Ítems	Valor
a	1
b	2
c	3
d	4
e	5

Antes de aplicar el instrumento de medición, se comprobó su fiabilidad haciendo una prueba piloto con 35 sujetos, una vez teniendo las 35 encuestas se codificaron los datos, es decir se vaciaron y capturaron en una matriz de datos con los valores implicados en las respuestas (1,2,3,4,5) que arrojaron los sujetos

encuestados en un programa de análisis estadístico (SPSS), obteniendo así una alfa de Cronbach de 0.8173, de esta forma nos percatamos que la fiabilidad de nuestro instrumento era aceptable y respetable.

El centro de cómputo cuenta con 862 alumnos de diferentes carreras y semestres, se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Estos datos se sustituyeron en la fórmula para calcular el total de una muestra, dando un resultado de 266.

Así que la encuesta se aplicó a 266 alumnos solamente del edificio del centro de cómputo, de diferentes carreras, semestres y horarios, esto con la finalidad de tener mejores resultados y sobre todo obtener datos favorables para la investigación. Una vez que se aplicaron las 266 encuestas, se codificaron los resultados en una matriz de datos, la cual se realizó en Excel, posteriormente con la ayuda del software SSPS se tabularon cada de una de las preguntas.

Consecutivamente se realizó un análisis estadístico a los datos, para aceptar o rechazar las hipótesis de cada pregunta, así que se decidió usar una Chi-cuadrada para obtener los grados de libertad y calcular de esta manera la campana de Gauss, ubicando el estadístico de contraste en la gráfica. Los resultados calculados se analizaron y se interpretaron respectivamente.

Para complementar el trabajo se decidió llevar a cabo un análisis por cada una de las variables del instrumento de medición, de igual forma una prueba de hipótesis por medio de un análisis de varianza de un factor, con el fin de conocer de forma general lo que pensaba y consideraba la población estudiada, con respecto a la investigación llevada por el equipo de trabajo, esto nos permitió mejorar ciertos aspectos del proyecto de investigación.

Anteriormente se mencionó la toma de datos sobre el suministro y consumo de agua pluvial, el equipo de trabajo estuvo tomando capturas de suministro de agua día a día y estas se anotaban en un formato que se diseñó especialmente para su captura. Por las mañanas se visitaba la cisterna para supervisar que no existieran fallas en el suministro de agua pluvial y así no dejar sin agua al edificio, las capturas se tomaban por la tarde - noche en las últimas horas de clase, para no variar los resultados. Posteriormente solo se realizaba una resta entre el día anterior y el día actual dando como resultado el total de agua pluvial suministrada por día.

Los datos que se recabaron respecto al consumo y suministro de agua pluvial del edificio, durante un periodo de 11 semanas se pueden apreciar en el siguiente formato, diseñado por el propio equipo de trabajo como se muestra en las dos tablas siguientes:

Tabla 2. Datos de octubre del 2018 del consumo y suministro de agua potable y pluvial

Mes	Semana	Día		Cap. potable			Cap. pluvial			Cons. litros	
		Día	Fecha	m3	L. inicial	L. final	m3			Pota-ble	Plu-vial
OCTUBRE	1	lunes	1			0	55	55.875	0.875	0	875
		martes	2			0	55.875	56.632	0.757	0	757
		miércoles	3			0	56.632	57.397	0.765	0	765
		jueves	4			0	57.397	58.222	0.825	0	825
		viernes	5			0	58.222	59.003	0.781	0	781
		sábado	6			0	59.003	59.149	0.146	0	146
	2	lunes	8			0	59.149	59.971	0.822	0	822
		martes	9			0	59.971	60.763	0.792	0	792
		miércoles	10			0	60.763	61.508	0.745	0	745
		jueves	11			0	61.508	62.315	0.807	0	807
		viernes	12			0	62.315	63.119	0.804	0	804
		sábado	13			0	63.119	63.247	0.128	0	128
	3	lunes	15			0	63.247	64.01	0.763	0	763
		martes	16			0	64.01	64.819	0.809	0	809
		miércoles	17			0	64.819	65.634	0.815	0	815
		jueves	18			0	65.634	66	0.841	0	841
		viernes	19			0	66	67.341	0.866	0	866
		sábado	20			0	67.341	67.623	0.282	0	282
	4	lunes	22			0	67.623	68.24	0.617	0	617
		martes	23			0	68.24	69.013	0.773	0	773
		miércoles	24			0	69.013	69.826	0.813	0	813
		jueves	25			0	69.826	70.627	0.801	0	801
		viernes	26			0	70.627	71.491	0.864	0	864
		sábado	27			0	71.491	71.619	0.128	0	128
	5	lunes	29			0	71.619	72.504	0.885	0	885
		martes	30			0	72.504	73.377	0.873	0	873
		miércoles	31			0	73.377	74.173	0.796	0	796

Tabla 3. Datos de noviembre y diciembre del 2018 del consumo y suministro de agua potable y pluvial

Mes	Semana	Día		Cap. potable			Cap. pluvial			Cons. litros			
		Día	Fecha	m3	L. inicial	L. final	m3			Pota-ble	Plu-vial		
NOVIEMBRE	1	jueves	1			0	74.173	74.992	0.819	0	819		
		viernes	2			0	74.992	74.992	0	0	0		
		sábado	3			0	74.992	75.147	0.155	0	155		
	2	lunes	5			0	75.147	75.997	0.85	0	850		
		martes	6			0	75.997	76.785	0.788	0	788		
		miércoles	7			0	76.785	77.582	0.797	0	797		
		jueves	8		0	0.852	0.852	77.582	77.582	0	852	0	
		viernes	9		0.852	1.673	0.821	77.582	77.582	0	821	0	
		sábado	10		1.673	1.968	0.295	77.582	77.582	0	295	0	
	3	lunes	12		1.968	2.797	0.829	77.582	77.582	0	829	0	
		martes	13		2.797	3.661	0.864	77.582	77.582	0	864	0	
		miércoles	14		3.661	4.483	0.822	77.582	77.582	0	822	0	
		jueves	15		4.483	5.281	0.798	77.582	77.582	0	798	0	
		viernes	16		5.281	6.104	0.823	77.582	77.582	0	823	0	
		sábado	17		6.104	6.327	0.223	77.582	77.582	0	223	0	
	4	lunes	19		6.327	7.211	0.884	77.582	77.582	0	884	0	
		martes	20		7.211	7.988	0.777	77.582	77.582	0	777	0	
		miércoles	21		7.988	8.769	0.781	77.582	77.582	0	781	0	
		jueves	22		8.769	9.623	0.854	77.582	77.582	0	854	0	
		viernes	23		9.623	10.466	0.843	77.582	77.582	0	843	0	
		sábado	24		10.466	10.743	0.277	77.582	77.582	0	277	0	
	5	lunes	26		10.743	11.621	0.878	77.582	77.582	0	878	0	
		martes	27		11.621	12.41	0.789	77.582	77.582	0	789	0	
		miércoles	28		12.41	13.217	0.807	77.582	77.582	0	807	0	
		jueves	29		13.217	13.981	0.764	77.582	77.582	0	764	0	
		viernes	30		13.981	14.851	0.87	77.582	77.582	0	870	0	
	DICIEMBRE	1	sábado	1		14.851	15.106	0.255	77.582	77.582	0	255	0
		2	lunes	3		15.106	15.98	0.874	77.582	77.582	0	874	0
			martes	4		15.98	16.876	0.896	77.582	77.582	0	896	0
			miércoles	5		16.876	17.623	0.747	77.582	77.582	0	747	0
jueves			6		17.623	18.427	0.804	77.582	77.582	0	804	0	
viernes			7		18.427	19.223	0.796	77.582	77.582	0	796	0	

### III. RESULTADOS

Se realizó una prueba de hipótesis a los datos recabados en campo, con respecto al suministro de agua pluvial en el edificio del centro de cómputo mediante un análisis de varianza de un factor. Con el análisis estadístico se rechazará y se aceptará una de las dos hipótesis de nuestra investigación.

A continuación, se pueden observar los resultados obtenidos mediante este análisis:

Tabla 4. Resultados del análisis estadístico

Análisis de varianza de un factor				
Resumen				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Agua potable	59	19223	325.813559	156275.637
Agua pluvial	59	22582	382.745763	156868.469

Como se puede observar en la tabla 4, se suministraron 22,582 litros de agua pluvial durante 11 semanas al edificio del centro de cómputo y 19,223 litros de agua potable.

Se obtuvo una varianza de 156275.637 en el agua potable y una varianza 156868.469 en el agua pluvial, lo que nos permite conocer la dispersión que existe en el conjunto de datos recabados en campo.

En la tabla 5 se puede apreciar que se obtuvieron 1 grado de libertad en el numerador y 116 grados en el denominador, un valor de F de 0.61069414 y un valor crítico de 3.922879362.

Tabla 5. ANOVA del análisis estadístico

Análisis de varianza						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	95617.63559	1	95617.63559	0.61069414	0.436118636	3.922879362
Dentro de los grupos	18162358.14	116	156572.0529			
Total	18257975.77	117				

Observando los resultados anteriores podemos afirmar empíricamente que la hipótesis nula es aceptada, ya que existe una condición que establece que, si F se compara con el valor crítico y si F es mayor que este valor, por lo tanto, F es significativa y por consecuencia se rechaza la hipótesis nula (H0).

En este caso F es menor que nuestro valor crítico, pues 0.61069414 es mucho menor que 3.922879362, por lo tanto, nuestra hipótesis nula (H0) es aceptada.

Para verificar y tener mayor validez, con ayuda de los grados de libertad obtenidos en el análisis de varianza, se graficó el valor de F en una gráfica de distribución, si el valor se encuentra dentro del rango de aceptación entonces la hipótesis nula (H0) se acepta, pero si este valor cae fuera del rango se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

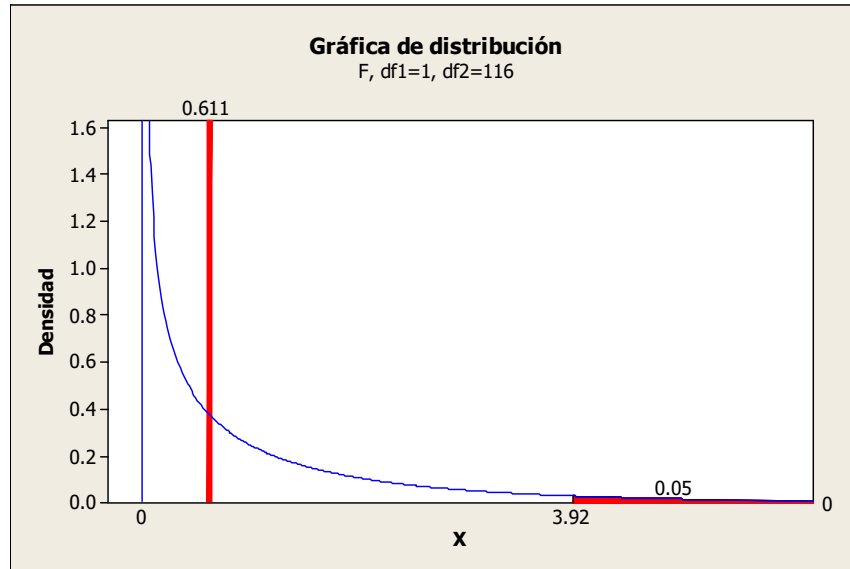


Ilustración 1. Distribución F

Como se puede observar en la ilustración 1, en valor de F se encuentra dentro del rango de aceptación en la gráfica de distribución, por lo tanto, la hipótesis nula ( $H_0$ ) de nuestra investigación es aceptada la cual establece que; “Es posible abastecer el edificio del centro de cómputo únicamente con agua pluvial en temporada de lluvia”.

Con el instrumento de medición aplicado se obtuvieron los siguientes resultados:

La población estudiantil desconoce muchos puntos importantes de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP) con los que cuenta el instituto, por ejemplo, desconocen los componentes básicos para elaborar un sistema de captación, no se preocupan por la disponibilidad de agua, pues consideran y creen que la zona es rica en cuanto a recursos hídricos.

Con el rediseño y mejora del sistema de captación de agua pluvial del edificio del centro de cómputo del Instituto, se obtuvieron 3 impactos, los cuales se exponen a continuación:

### 3.1 Impacto Social.

Los sistemas de captación de agua pluvial resultan beneficiosos para el tecnológico, ya que su principal objetivo es beneficiar a la comunidad tecnológica, mediante el ahorro de consumo de agua potable y obviamente en minimizar el pago del recurso hídrico, y concientizar a la población estudiantil para que haga un buen uso en la utilización del agua, cantidades necesarias para suplir diversas necesidades, de esta forma aprovechar eficientemente los recursos hídricos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y fáciles de implementar.

### 3.2 Impacto Económico.

Este sistema de captación nos permitió almacenar agua pluvial en temporada de lluvia para suministrar agua al edificio del centro de cómputo, en un periodo de 11 semanas La cantidad que se suministró fueron 22, 582 litros de agua pluvial, lo cual se reflejó un ahorro de \$196.4634. Tal vez parece muy poco, pero es un ahorro significativo, un factor que influye es la poca demanda del recurso hídrico en este edificio si se compara con la demanda de otros edificios del instituto (edificio A y E).



### 3.3 Impacto Ambiental.

Se observó que la comunidad tecnológica no está de acuerdo en la construcción de los sistemas de captación, pues consideran que al construirlos se afecta y perjudica el medio ambiente. En este punto el equipo de trabajo difiere con la comunidad tecnológica, ya que la construcción de un Sistema de Captación de Agua Pluvial (SCAP) debería ser considerada en cualquier obra de edificación como un sistema complementario de abastecimiento de agua potable. La utilización de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP) y su difusión podrían ayudar a la sustentabilidad de los recursos hídricos.

## IV. DISCUSIÓN

Todos sabemos que el agua es esencial para la vida y por esa razón deberíamos cuidarla, pero la realidad es que la gestionamos de manera muy deficiente y una gran cantidad de personas sufre por escasez de agua. Para actuar de manera adecuada debemos tener un conocimiento básico de la importancia de la captación de agua pluvial. El consumo de agua per cápita aumenta debido a la mejora de los niveles de vida, la población crece y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, se puede decir que la cantidad de agua existente para todos los usos está comenzando a escasear y ello nos lleva a una crisis del agua. (unesco, 2003)

Parte de la sustentabilidad ambiental es reconocer el problema de escases de agua en un futuro dentro de la sociedad, identificando la necesidad de este vital líquido para las próximas generaciones, una solución es la creación de Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SCAP) para el aprovechamiento de agua pluvial para mitigar este impacto.

(León Agatón, Córdoba Ruiz, & Carreño Sayago, 2016) mencionan que hoy en día se tiene el aprovechamiento del agua de lluvia como fuente potencial de agua en las ciudades en países en vías de desarrollo, sobre todo, el aprovechamiento de aguas de lluvias se ha convertido, en los últimos años, en una alternativa interesante, debido, principalmente, al bajo costo que tiene. Por otra parte, el ingeniero (Carrasco, 2016) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias aporta detalles sobre las técnicas de construcción de los sistemas de captación y almacenamiento para la agricultura, este punto es interesante, ya que si la población tiene conocimientos sobre los sistemas de captación se lograría un avance significativo dentro de nuestra sociedad. El agua es actualmente considerada como el recurso natural más crítico del planeta (Unidas, 2006), numerosos estudios realizados en el mundo demuestran que los sistemas de recolección de aguas de lluvia han sido importantes para suplir diferentes necesidades básicas, como: Australia, China, Grecia, India, Indonesia, Irán, Irlanda, Jordania, Namibia, Singapur, Sudáfrica, España, Reino Unido, EE. UU, Taiwán y Zambia.

El uso de agua dentro de la comunidad tecnológica es de suma importancia ya que es un recurso para el bienestar de los estudiantes y docentes, por tal razón se implementaron sistemas de captación de agua pluvial, impactando

de manera positiva en diferentes aspectos: social, económico y ambiental. Actualmente el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla cuenta con diversos sistemas de captación, construidos de diferentes materiales: concreto y geomembrana.

Menciona (Morales, 2013) que el mal uso del agua gratuita que cae del cielo ha contribuido al problema de escasez y contaminación de esta, ya que no solo se aprovecha el agua pluvial, sino que además se contamina y desperdicia. Al canalizarse a las calderas y posteriormente al drenaje, el agua pluvial se mezcla con aguas negras, jabonosas y residuos industriales, convirtiéndose en agua contaminada. Es por

esta razón que en nuestra investigación y proyecto buscamos que el agua captada no se contamine, por medio de filtros y se tuvo en cuenta las bajadas de drenaje. Tenemos confianza y seguridad de que, con el nuevo rediseño del sistema de captación del edificio del centro de cómputo, captaremos una gran cantidad de agua para mantener a este edificio. Una ventaja de este sistema es el material del cual está hecho “geomembrana” el cual es un plástico de polietileno de alta densidad y alto peso molecular, con alta resistencia a los rayos ultravioleta, de un coeficiente de expansión del 700%, para el almacenamiento, conservación y tratamientos de agua. (Amanco, 2018) afirma que el agua pluvial puede almacenarse hasta 4 meses en la bolsa de geomembrana gracias a sus propiedades y características.

El sistema tiene una capacidad de 19,000 litros para uso exclusivo del edificio (centro de cómputo). Existen varios factores que llevaron al equipo de trabajo a realizar un nuevo rediseño y un mantenimiento correcto del Sistema de Captación de Agua Pluvial (SCAP) como lo fueron:

Uso de agua potable en el edificio para diferentes actividades, tales como las descargas de agua de los sanitarios, recurso hídrico para tareas de limpieza del propio edificio, el alto costo que paga la institución por el servicio de agua potable, incremento de la comunidad estudiantil cada ciclo escolar, falta de cultura para el cuidado del agua por parte de la comunidad tecnología, zona geográfica de la región, permitiendo tener una precipitación de 205 mm anualmente.

Se trabajó de manera conjunta y eficiente con recursos propios, realizando diferentes mejoras al sistema de captación de agua pluvial: limpieza general a toda la red del sistema, implementación de filtros en las bajadas de agua, de esta forma las conexiones para el suministro de agua se hicieron directas y se eliminó el receptor de primeras aguas (tlaloque), reparación de la geomembrana dañada del Sistema de Captación de Agua Pluvial (SCAP), el cual presentaba un agujero en la parte inferior de la estructura provocando así pérdida del recurso hídrico, mantenimiento y reparación de la bomba sumergible posteriormente se colocó para subir el agua a los tinacos, cambio de electro nivel.

## V. CONCLUSIONES

El sistema de captación de agua pluvial del edificio del centro de cómputo y los otros sistemas que se encuentran dentro del tecnológico son una alternativa viable para abastecer la cantidad de agua en las diferentes actividades llevadas a cabo dentro de la institución y de esta forma ahorrar el consumo de agua potable, minimizar el pago de m<sup>3</sup> de agua potable, crear una institución sostenible y amigable con el medio ambiente, hay que recalcar que la investigación sobre el rediseño y la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua pluvial es un campo que está cobrando relevancia e importancia en los últimos años.

Es importante destacar que después de todo lo analizado por el equipo de trabajo en la investigación se concluyó que es fundamental la combinación de varios instrumentos para financiar transferencia de tecnología y construcción de los sistemas captación de agua pluvial del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, ya que estos pueden generar cambios permanentes en la comunidad tecnológica y aumentar la efectividad de las acciones y la sostenibilidad del instituto. Se considera que la educación ambiental es importante para enfrentar la escasez de recursos hídricos y los efectos de la sequía, los sistemas de captación de agua de pluvial instalados en el tecnológico deberían funcionar como una herramienta eficaz para la concientización y educación de los jóvenes.

## REFERENCIAS

- [1] Marina, S. d. (2016). Metodología de la Investigación. México, D.F: Universidad Naval.
- [2] Martínez, H. (2010). Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso.
- [3] Morales, A. A. (2013). Econotecnia para captación y reciclaje de aguas pluviales en casa de interés social en Pachuca, Hidalgo. México D.F: UNAM.
- [4] OMS, U. (2000). Informe global de evaluación del suministro de agua y del saneamiento. Organización Mundial de la Salud.
- [5] Onudi, O. d. (2003). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.
- [6] Rubio, I. M. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias.
- [7] WWAP. (2003). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. UNESCO/Mundi-Prensa Libros.
- [8] Reyes, M., & Rubio, J. J. (Bogotá, 2014). Descripción De Los Sistemas De Recolección Y Aprovechamiento De Aguas Lluvia. Universidad Católica De Colombia.
- [9] Salud, O. P. (Lima,2001). Guía de diseño para la captación del agua de lluvia. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural.
- [10] anco. (24 de Agosto de 2018). Empresa AMANCO Mexichem, Building & Infrastructure. Obtenido de Amanco: <http://www.amanco.com.gt>
- [11] Carrasco, J. (2016). Insituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- [12] León Agatón, A., Córdoba Ruiz, J. C., & Carreño Sayago, U. F. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. Tecnura.
- [13] Morales, A. A. (2013). Econotecnia para captacion y reciclaje de aguas pluviales en casa de interes social en Pachuca,Hidalgo. Mexico D.F: UNAM.
- [14] UNESCO. (2003). Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos del mundo "Agua para todos,agua para la vida", 33.