

Autor: Angel Jaymar Reyes Camacho

Construcción de paneles solares y recolectores de  
agua para viviendas de Querétaro.

2019



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de ingeniería



Nombre de la tesis:  
**CONSTRUCCIÓN DE PANELES SOLARES Y  
RECOLECTORES DE AGUA PARA VIVIENDAS DE  
QUERÉTARO.**

Tesis  
Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

Reyes Camacho Angel Jaymar



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería



CONSTRUCCIÓN DE PANELES SOLARES Y RECOLECTORES DE AGUA  
PARA VIVIENDAS DE QUERÉTARO.

**TESIS:**

Que como parte de los requisitos de obtener el grado de:

INGENIERO CIVIL.

**Presenta:**

Reyes Camacho Angel Jaymar.

**Dirigido por:**

Dr. Omar Chávez Alegría.

Dr. Omar Chávez Alegría.  
Presidente.

\_\_\_\_\_

Firma

Dr. José Gabriel Ríos Moreno.  
Secretario.

\_\_\_\_\_

Firma

Dr. Mario Trejo Perea.  
Vocal.

\_\_\_\_\_

Firma

M. I. Gerardo René Serrano Gutiérrez.  
Suplente.

\_\_\_\_\_

Firma

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre 2019  
México.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## RESUMEN

Se tienen dos problemas significativos a nivel mundial; primero el agua está presentando una escasez a gran escala; del total de agua en el mundo, menos del 1% es agua dulce que realmente podemos disponer, en México el agua generada por la precipitación al año es de 1, 489,000 millones de  $m^3$ , solo alrededor del 22% escurre por los ríos o arroyos con base en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). El segundo problema es el alto costo en la producción de energía eléctrica en el mundo. En México existe un monopolio en la producción y distribución de energía eléctrica, por Comisión Federal de Electricidad (CFE), en el año 2017 generó ingresos por venta de energía eléctrica de \$57,536 millones de pesos anuales con base en el informe anual de CFE. El presente trabajo tiene el objetivo construir; un recolector de agua y un sistema de paneles solares para viviendas del estado de Querétaro; con los datos obtenidos; realizar un análisis y estimar las dimensiones óptimas de los recolectores de agua y sistemas de paneles solares en relación al consumo total de agua y energía eléctrica de cada vivienda. Los métodos utilizados para el diseño del recolector de agua fueron; el aritmético, el de isoyetas y el de polígonos de Thiessen. Para el diseño del sistema de paneles solares, se utilizaron las leyes de ohm y capacidad de amperaje. El consumo promedio al mes de agua en la primera vivienda es de  $8m^3$ , el consumo promedio bimestral, de energía eléctrica de la segunda vivienda es de 170 kWh. Los resultados mostraron que el volumen de agua recolectado en un área de  $9.72 m^2$  fue de  $2.02m^3$  en un periodo de dos meses, con el sistema de paneles solares se generaron 250 Wh cada dos días. Para la primera vivienda, un área de recolección de  $293.43 m^2$  sería necesaria para recolectar  $8m^3$  de agua al mes, para remplazar el total de energía eléctrica proporcionada por CFE a la segunda vivienda, el sistema de paneles solares debe producir 2,834 Wh al día.

Palabras clave: (Vivienda sustentable, Recolección de agua, Generación de energía eléctrica).

## SUMMARY

There are two significant problems worldwide; first the water is presenting a shortage on a large scale; of the total water in the world, less than 1% is fresh water that we can really dispose, in Mexico the water generated by the precipitation per year is 1,489,000 million of  $m^3$ , only about 22% flows through rivers or streams based on the Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). The second problem is the high cost in the production of electrical energy in the world. In Mexico there is a monopoly in the production and distribution of electrical energy, by Comisión Federal de Electricidad (CFE), in the year 2017 it generated revenues from the sale of electrical energy of \$ 57.536 million pesos per year based on the annual CFE report. The present work has the objective to build; a water collector and a solar panel system for housing in the state of Querétaro; with the data obtained; perform an analysis and estimate the optimal dimensions of water collectors and solar panel systems in relation to the total consumption of water and electricity of each home. The methods used for the design of the water collector were: the arithmetic, the isoyetas and the polygons of Thiessen. For the design of the solar panel system, the Ohm laws and the amperage capacity were used. The average monthly consumption of water in the first house is  $8m^3$ , the bimonthly average consumption of electricity in the second house is 170 KWh. The results showed that the volume of water collected in an area of  $9.72m^2$ , was  $2.02 m^3$ , over a period of two months, with the solar panel system 250 Wh were generated every two days. For the first house, a collection area of  $293.43 m^2$  would be necessary to collect  $8 m^3$  of water per month, to replace the total electrical energy provided by CFE to the second house, the solar panel system must produce 2,834 Wh a day.

Key words: (Sustainable housing, Water collection, Electric power generation).

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la persona que se dé el tiempo de leer mis ideas en este trabajo, a los inversionistas que pudieron financiar los materiales para los experimentos, a mi madre Angelica Reyes Camacho por siempre estar a mi lado, a mis padrinos: Sandra luz Reyes Camacho y Efrén Ricardo Reyes Camacho por todo el apoyo que siempre me han dado, a mis primos por nunca dejarme solo, a mi director de tesis Dr. Omar Chávez Alegría y sinodales: Dr. José Gabriel Ríos Moreno, Dr. Mario Trejo Perea y M. I. Gerardo René Serrano Gutiérrez por hacer este trabajo una realidad. En la preparación de este manual se recogieron las opiniones desinteresadas de los Directores y Coordinadores de Investigación y Posgrado de todas las Facultades de la Universidad Autónoma de Querétaro, así como de investigadores, académicos y personal administrativo de la misma.

En particular, la Dirección de Servicios Escolares y la Dirección de Investigación y Posgrado, agradecen al Mtro. Francisco Perusquía Monroy el haber revisado el texto y por sus atinados comentarios para mejorarlo.

# ÍNDICE

## Contenido

RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 HIPÓTESIS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6 OBJETIVOS PARTICULARES.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 ENERGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 ENERGÍA FÓSIL EN MÉXICO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 ENERGÍAS RENOVABLES.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 ENERGÍA ELÉCTRICA Y CELDAS SOLARES.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 CÁLCULO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>35</b>
<b>2.6 LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN MÉXICO.....</b>	<b>41</b>
<b>2.7 LO QUE ES EL AGUA Y COMO SE PUEDE CUANTIFICAR.....</b>	<b>42</b>
<b>2.8 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE AGUA PLUVIAL.....</b>	<b>43</b>
<b>2.9 TRATAMIENTO DEL AGUA.....</b>	<b>51</b>

<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA; PANELES SOLARES.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3 CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL. ....</b>	<b>67</b>
<b>3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....</b>	<b>76</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA VIVIENDA.....</b>	<b>83</b>
<b>4.2 DURACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA VIVIENDA.....</b>	<b>86</b>
<b>4.3 CÁLCULO DE BATERÍAS RECARGABLES. ....</b>	<b>87</b>
<b>4.4 RECOLECCIÓN TEÓRICA DE AGUA EN QUERÉTARO.....</b>	<b>90</b>
<b>4.5 CAPTACIÓN REAL DE AGUA EN LA UBICACIÓN.....</b>	<b>102</b>
<b>4.6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS CON LOS REALES.</b>	<b>103</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
2.1	Trabajo en un cuerpo con masa.....	16
2.2	Percentiles de la cantidad de petróleo que se dispone.....	21
2.3	Distribución total del petróleo en una zona.....	22
2.4	Representa las reservas de millones de barriles de petróleo equivalente en México en los años recientes.....	23
2.5	Reservas de petróleo en México.....	24
2.6	Millones de barriles de petróleo en México, años recientes.....	25
2.7	Aportación monetaria; empresas petroleras al gobierno de México.....	26
2.8	Petróleo y PIB en México.....	27
2.9	Efecto fotovoltaico.....	30
2.10	Efecto fotoeléctrico y electrones.....	31
2.11	Demostración del efecto fotovoltaico.....	31
2.12	Eficiencia en celdas solares a través del tiempo.....	32
2.13	Costo en la fabricación de celdas solares a través del tiempo.....	33
2.14	Campo eléctrico.....	36
2.15	Energía eléctrica.....	38
2.16	Potencial eléctrico.....	39
2.17	Curva masa.....	43

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
2.18	Hietograma.....44
3.1	Filtros recomendados para mejorar la calidad del agua.....57
3.2	Recibos de luz y agua de las viviendas.....58
3.3	Diagrama de flujo, paneles solares.....60
3.4	Diagrama de flujo, recolectores de agua.....61
3.5	Diagrama producción de energía eléctrica.....62
3.6	Panel solar.....63
3.7	Batería recargable.....63
3.8	Controlador de carga.....64
3.9	Inversor.....64
3.10	Sistema de paneles solares.....65
3.11	Arreglo de baterías para el sistema.....66
3.12	Área de recolección.....67
3.13	Tubo de distribución.....68
3.14	Agua recolectada.....68
3.15	Agua filtrada.....69
3.16	Curva masa anual, Querétaro, año 2018.....73
3.17	Hietograma anual del estado de Querétaro para el año 2018.....74
3.18	Consumo kWh/ tiempo, casa habitación 1.....77

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
3.19	Costo de energía eléctrica/ tiempo, casa habitación 1.....77
3.20	Consumo de kWh/ tiempo, casa habitación 2.....78
3.21	Costo de energía eléctrica/ tiempo, casa habitación 2.....79
3.22	Consumo de kWh/ tiempo, casa habitación 3.....80
3.23	Costo de energía eléctrica/ tiempo, casa habitación 3.....80
3.24	Consumo de agua en relación al tiempo, casa habitación 2.....82
3.25	Costo de agua en relación al tiempo, casa habitación 2.....82
4.1	Plano vivienda uno; panel solar.....84
4.2	Watts generados en comparación a los Watts consumidos.....89
4.3	Curva masa teórica; vivienda 2.....91
4.4	Hietograma teórico de la casa 3; año 2018.....92
4.5	Ubicación de la casa 2 y las estaciones pluviométricas.....93
4.6	Ubicación de la casa 2 y las estaciones pluviométricas.....94
4.7	Mediatrices de los polígonos.....94
4.8	Áreas de las figuras resultantes.....95
4.9	Ubicación de la casa 1 y las estaciones pluviométricas.....96
4.10	Unión de las estaciones y limitación del área.....96
4.11	División en segmentos proporcionales.....97
4.12	Unión de valores iguales.....98

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
4.13	Isoyetas; casa 1.....	99
4.14	Plano de área de recolección en la vivienda.....	101
4.15	Agua recolectada.....	105
4.16	Consumo de agua en la casa habitación y el agua recolectada.....	106
4.17	Disminución del consumo de agua.....	107

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>		<b>Página</b>
1.1	Historia de las celadas solares .....	7
2.1	Periodo de retorno y probabilidad de excedencia.....	44
2.2	Datos de los últimos 40 años; Michoacán.....	45
2.3	Obtención del periodo de retorno y probabilidad de excedencia.....	46
2.4	Número de Reynolds para tuberías.....	48
2.5	Número de Reynolds para canales.....	48
2.6	Métodos para activar carbón.....	52
3.1	Energía eléctrica, Sistema de paneles solares.....	65
3.2	Precipitaciones en los estados de la república mexicana 2018.....	70
3.3	Precipitaciones en los estados de la república mexicana 2019.....	72
3.4	Milímetros de precipitación; Querétaro, 2018.....	73
3.5	Consumo de energía eléctrica en casa habitación 1.....	76
3.6	Consumo de energía eléctrica en casa habitación 2.....	78
3.7	Consumo de energía eléctrica en casa habitación 3.....	79
3.8	Costo de agua en casa habitación 2.....	81
4.1	Consumo de watts por un foco de 12 W.....	84
4.2	Consumo de watts por un foco de 24 W.....	85
4.3	Duración el sistema en un día común, casa habitación.....	86

<b>Tablas</b>	<b>Página</b>
4.4	Consumo de watts por un foco de 24 W .....87
4.5	Consumo de watts por una laptop de 24 W .....88
4.6	Costo de los materiales, producción de energía.....89
4.7	Registro anual de las precipitaciones casa 3; año 2018.....90
4.8	Área y el volumen de agua generado por la precipitación.....92
4.9	Precipitación media (mm), polígona de Thiessen.....95
4.10	Precipitación media (mm), método de isoyetas.....100
4.11	Volumen de agua real recolectado; casa 3.....102
4.12	Comparación del volumen de agua recolectado con el calculado.....103
4.13	Comparación del volumen de agua recolectado con el calculado.....104
4.14	Estimación del área que se requiere para satisfacer la demanda.....105
4.15	Costo de materiales, recolectores de agua.....107

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) la producción de energía es una necesidad en la actualidad y la implementación de paneles solares y recolectores de agua a una estructura que generen energía eléctrica y agua gratuita será de ayuda para ahorrar económicamente al usuario y ayudar al planeta aprovechando los recursos naturales; sol y agua. (Hernández, Piernavieja, & Schallenberg, 2008).

La naturaleza no tiene sentimientos, solo existe por sí misma, se adapta y domina el entorno. Dañar al ambiente no es correcto pero la sana y continua explotación del mismo sí lo es. Es nuestra responsabilidad adaptarnos lo mejor posible al entorno que nos rodea. Teniendo la creencia de que al tener energía de sobra se hará viable la posibilidad de una innovación en la vida cotidiana; con un exceso de energía se tiene la oportunidad de anexar aditamentos tecnológicos para que la estancia en una estructura sea lo más grato posible; domótica.

Son energías diarias, continuas y gratuitas: el sol, el viento, el magnetismo, los desechos y el movimiento de la materia. A grandes rasgos un método que provoque el funcionamiento de un generador eléctrico o de celdas solares o la recolección de agua sería un cambio para el ambiente y una ventaja para el usuario. (Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, 2004).

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Aproximadamente el 75% del planeta tierra está conformado por agua del cual: 97.5% es agua salada y el 2.5% restante es agua dulce. Del total de agua dulce en el mundo alrededor del 70% está en los glaciares, del porcentaje restante (0.75%) el 30% es agua subterránea y del porcentaje restante (0.525%) es el agua presente en lagos, ríos, humedad, plantas y animales. En el mundo habitan 7,500 millones de personas del cual 11% no cuentan con agua potable alrededor de 825 millones de personas, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran realmente disponibles a todos los usos humanos directos. De esta pequeñísima porción dependen procesos sociales vitales. A cada persona le corresponderían unos 700 m<sup>3</sup> de agua al año (CONAGUA, 2016).

United Nations Children's Fund (UNICEF) comprobó que alrededor de 1,000 niños mueren todos los días a causa de enfermedades diarreicas asociadas con agua potable contaminada, saneamiento deficiente o malas prácticas de higiene (UNICEF, 2018).

Para satisfacer la demanda de agua, la humanidad ha venido modificando el ciclo hidrológico desde los albores de la historia mediante la construcción de pozos, embalses, acueductos, sistemas de abastecimiento de agua, sistemas de drenaje, planes de irrigación e instalaciones similares. Los gobiernos y las entidades públicas gastan sumas importantes de dinero para diseñar y mantener estas instalaciones.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) comprobó que existen organizaciones internacionales como: World Wrestling Council (WWC), International Water Association (IWA), International Hydropower Association (IHA), entre otras que tienen la intención de relacionarse en temas críticos relacionados con el agua a todos los niveles, incluyendo el más alto nivel de toma de decisiones; a través de la participación de la gente en el debate y desafiando el pensamiento convencionales, son responsables de la concientización del cuidado del agua, distribución del agua, tratamiento del agua y la producción de energía hidroeléctrica (UNESCO, 2017).

A pesar de los esfuerzos realizados en el planeta, un total de 748 millones de personas en todo el mundo siguen teniendo serios problemas para acceder al agua. En zonas inseguras, salir a recoger agua conlleva el riesgo de ser víctima de violencia y ataques. Se calcula que solamente en África, la gente camina 40,000 millones de horas todos los años para abastecerse de agua (UNICEF, 2018)

En México existen 35, 000 organizaciones civiles de las cuales solo 1, 000 son de tipo ambientalista. En el año 2005, en México, 89% de la población cuenta con agua potable y 79% con alcantarillado, en el país el cuidado del agua no es un tema al que se le haya dado mucha importancia, de seguir la tendencia actual al consumo desinteresado del agua y el crecimiento poblacional en 15 años el país comenzara a sufrir una crisis de desabasto (CEMDA, 2006). Existen manuales, periódicos, tesis y experimentos individuales que se concentran en la captación de agua pluvial pero en México no existe el caso de una comunidad que se concentre a la correcta captación y tratamiento del agua. De acuerdo a el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) se debe de realizar una correcta organización con instituciones públicas y privadas para que la captación de agua sea una práctica cotidiana que brinde facilidades a una sociedad (IICA, 1998).

La contaminación y el desperdicio del agua han causado que en el país se disponga de menos de la mitad del agua en los últimos 50 años, se catalogó al país como un país de disponibilidad de agua promedio baja. Por otro lado, el problema a veces no consiste en captar más agua, sino en evitar el derroche (CEMDA, 2006). La sociedad moderna requiere grandes cantidades de energía la que es extraída de los recursos naturales de nuestro planeta. En el año 2016, el 85.51% de la energía en el mundo provino de energías fósiles (33.28% del petróleo, 24.13% del gas natural y 28.1% del carbón) y el 3.15% de energías renovables, el mundo consumió un total de 265.8 millones de barriles de petróleo equivalente por día, como energía primaria. El país que consume mayor cantidad de energía en el Mundo fue China con un consumo de 61 millones de barriles equivalentes de petróleo por día, seguido por Estados Unidos con 45.5 millones de barriles equivalentes de petróleo por día y en tercer lugar India con 14.5 millones de barriles equivalentes por día (Santillana, 2016).

La Secretaría de Energía (SENER) afirma que la planta fotoeléctrica más grande de México se localiza en Coahuila, la cual genera 754 Mega Watts (MW). Querétaro, tiene un consumo per cápita 2,550 kilo Watts/hora (kWh) por año (SENER, 2015). La única empresa autorizada de proveer energía eléctrica a México es: Comisión Federal de Electricidad (CFE), pero esta situación podría cambiar con base en la reforma energética (2013), ya que abre el mercado de la energía eléctrica en México.

México ocupa la mayor parte de su energía en: residencias, transporte, sector agropecuario (diésel) e industria (gas seco y electricidad) (Puga., 2019). El mercado de la energía eléctrica en México tiene un valor de \$311 mil millones de pesos anuales, de los cuales, 58.5% se destinan al sector industrial, 25.4% al doméstico y el resto se divide entre agropecuario y comercial (Castillo, 2017).

La CFE cobra el consumo de energía eléctrica de tres maneras: consumo básico \$0.793 pesos los primeros 75 kWh, si se sobrepasa este consumo será un consumo intermedio donde se cobrara \$0.956 pesos por cada uno de los siguientes 65 kWh sobrepasando este consumo se catalogara como consumo excedente y se cobrara \$2.802 pesos por cada kWh adicional a los anteriores (CFE, 2018).

Con el pago de impuestos se debe de solventar los gastos de los bienes requeridos para producir y suministrar energía eléctrica en todo el país; sin embargo, CFE continúa cobrando bimestralmente el consumo de energía eléctrica a cada estructura. Los usuarios deben acoplarse a los aumentos o disminuciones en los costos de la misma. Sin una clara forma de producir energía eléctrica de una manera independiente esta situación continuara.

La industria solar fotovoltaica se encuentra dividida en dos grandes segmentos: el mercado mayorista, con proyectos a gran escala con potencial internacional, y la generación distribuida, que puede impulsar el desarrollo económico regional compatible con el cuidado al medio ambiente, la participación del gobierno, las empresas, la academia y la sociedad civil (ProMÉXICO, 2017).

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se puede pronosticar que el agua es un recurso limitado que de no ser correctamente administrado escaseara y sin una manera de producción de energía eléctrica independiente se continuara pagando a CFE bimestralmente por energía eléctrica, continuando con una indiferencia ante estos temas; podrían ser motivo de conflicto a gran escala.

Los limitantes en el desarrollo de los objetivos del presente trabajo son la inversión que se debe realizar y un lugar adecuado para la construcción del: recolector de agua y el sistema de paneles solares.

Los resultados que se presenten día a día serán variables de acuerdo a las condiciones climatológicas. Dependiendo de la ubicación en donde se construye el recolector de agua y el sistema de paneles solares se pueden obtener mejores o peores resultados. Sin la correcta construcción de los recolectores de agua y paneles solares, no se pueden realizar graficas u otras correctas relaciones de los resultados proporcionados.

## 1.2 ESTADO DEL ARTE.

A lo largo de la historia, la humanidad ha recolectado agua generada por las lluvias/precipitación, siendo el agua un pilar de cualquier civilización. La recolección de agua está directamente relacionada con la forma y texturas de los recolectores al igual que de la ubicación en donde se encuentren, (Manioglu & Sahin, 2019) afirmaron que si recolectamos el agua de lluvia y aguas grises en una vivienda se podría obtener una eficiencia de 41.9% y 40 % respectivamente , mientras que (Ghisi & Marinowski, 2019) comprobaron que en la implementación de un sistema de recolección de aguas de lluvia y aguas grises se tendría una optimización de la energía en una vivienda de 36.1%; Al mismo tiempo (Cheng, et al., 2018) demostraron que mediante la recolección de agua de lluvia y aguas grises se puede satisfacer el 90% de las necesidades de agua no potable en una vivienda y 43% para comercios. Es importante tener en cuenta, en que se consume el agua, comúnmente los gastos de agua dentro de una vivienda son en el baño, consumiendo en promedio 15.5% escusados, 6% lavabos, 38% bañeras, 19% lavandería y 22% en la cocina, fuera de la vivienda el agua que se consume variaría en la jardinería o en un uso externo. Para tener una optimización en la recolección de agua, se tiene que considerar además del sistema de construcción de los recolectores, las actividades de consumo de agua de los ocupantes y sus prácticas (Byrne et al., 2018). Además de la recolección de agua el tratamiento de la sustancia es esencial para que se le pueda dar un correcto uso a cada actividad, la calidad de agua de lluvia ya sea con agua de red o agua de lluvia se recomienda asegurar que el potencial hidrógeno (pH), biochemical oxygen demand ( $BOD_5$ ), Chemical Oxygen Demand (COD), ion amonio ( $NH_3-N$ ) y fosfato-fósforo ( $PO_4-P$ ) estén dentro de los límites de la Clase IIB (Cheng, Chong, & Poh, 2018). La falta de conocimiento en relación a la situación mundial del agua, la calidad del agua, el fácil acceso al recurso y el desconocimiento de prácticas de recolección/cuidado del agua genera que una vivienda no pueda ser autónoma en la obtención del recurso, el objetivo no es tener un área muy grande de captación de agua ni cisternas de almacenamiento masivas sino hacer conciencia a las personas de que el cuidado/manejo del agua es un tema que debe de importarnos a todos (Ghisi & Marinowski, 2019).

El incremento de la población mundial está teniendo como consecuencia un incremento en la demanda del agua, el apoyo del gobierno y capitales privados serian de ayuda para el fomento de la recolección de agua; en malasia se ofrecen bonos por la recolección de agua lluvia, para casas con un área mayor a 100 m<sup>2</sup> y se fomenta a la instalación de recolección de aguas grises para convertirse en una vivienda verde (Cheng, et al., 2018).

Una vivienda además de consumir agua consume energía eléctrica, los paneles solares son una excelente opción para generarla, la Tabla 1.1 muestra la historia de las celdas solares mostrando que el primer experimento fue hace 180 años, se aumentó la eficiencia de convertir la radiación en energía eléctrica y se disminuyó el costo de producción a través del tiempo.

Tabla 1.1. Historia de las celadas solares.

<b>Autor</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Material</b>	<b>Costo (pesos)</b>
Becquerel,1839	0.01	Cloruro de plata se colocó en una solución ácida (pila electrolítica) y se ilumina mientras está conectado a electrodos de platino, la generación de tensión y corriente.	\$900.00
Fritts,1883	1	Selenio, con una capa delgada de oro.	\$200.00
Laboratorios Bell,1954	6	Semiconductores hechos con silicio.	\$105.00
ASEC,1989	17	Silicio.	\$95.00
ASEC,1993	19	Silicio.	\$80.00
ASEC,2000	24	Silicio.	\$70.00
ASEC,2002	26	Silicio.	\$60.00
ASEC,2005	28	Silicio.	\$50.00
ASEC,2007	30	Silicio (límite Shockley-Queisser).	\$45.00
Lumb,2017	44.5	Perovskita híbrida.	-
SunPower,2019	22.1	Silicio.	\$57.58

\* Applied Solar Energy Corporation (ASEC).

International Energy Agency (IEA) afirma que los paneles solares se construyen alrededor de todo el mundo, la producción de energía eléctrica es una necesidad diaria. En el año 2000 se consumieron 15, 000 Tera Watts/hora (TWh) en el mundo mientras que en el año 2016 en todo el mundo se produjo más de 25, 000 TWh, más del 60% de la energía fue generada por energía fósil (SENER, 2012)

Los países con plantas fotoeléctricas de mayor escala son: Estados Unidos, China e India. La segunda planta fotovoltaica más grande del mundo se localiza en India; Kurnool Ultra Mega Solar Park, con la capacidad de producir 1,000 MW, con una extensión de 240 kilómetros (km); para su construcción se requirió 1,000 millones de euros; cuenta con 4 millones de paneles solares; esta planta fotovoltaica solo es superada por el Parque Solar del Desierto de Tengger en China con una capacidad de 1.500MW (Roca, 2018).

En México existen 260 plantas de energías renovables, de las cuales más de 100 son plantas hidroeléctricas y 16 plantas fotovoltaicas. A finales del año 2016 el conjunto de estas plantas renovables produjo más de 220 MW en el país; energía que estaba distribuida y conectada a la red (SENER, 2012).

Un sistema de paneles solares consiste en diferentes componentes conectados para poder generar energía eléctrica; el sistema se compone de baterías, controlador de carga, inversor y paneles solares. Los paneles solares son arreglos de celdas solares conectadas en serie o en paralelo dependiendo el caso, las células solares convierte la radiación de la luz en energía eléctrica (Chahuruva & Dei, 2017).

Se procura siempre optimizar las partes que conforman el sistema de los paneles solares (baterías, inversores, controladores de carga y paneles solares), buscando hacerlos más eficientes de igual modo se experimenta con las condiciones ambientales y el rendimiento de los sistemas en estas condiciones (Blumberga, Lauka, & Rozentale, 2018).

Bitenc, et al., 2019 y Wang & Xu, 2019 demostraron el potencial en nuevos materiales para la construcción de baterías recargables como el calcio, metal-air, magnesio, aluminio, entre otras, en comparación a las tradicionales baterías de litio.

Chahuruva & Dei, 2017 demostraron que la eficiencia de los inversores se encuentra en un rango de 82 al 94%, por lo que los inversores tienen una eficiencia energética.

Los usuarios que comienzan a utilizar paneles solares pueden reducir los precios promedio efectivos de electricidad que pagan. Cuando el precio baja, un consumidor solar puede consumir más electricidad que antes, un efecto de rebote solar en las viviendas generan un incremento de energía eléctrica de 18% lo que en Phoenix Arizona es un costo adicional de 972 dólares al año (Kahn, Qui, & Xing, 2019).

Demenkova, Korzhova, & Phinenko, 2017 demostraron que al desarrollar un algoritmo que siguiera la trayectoria del sol aumentaría la eficiencia de los paneles solares.

Es importante que se tenga un fácil acceso al consumo de energías renovables (paneles solares), ya que en las ciudades solo el 30% tiene acceso estas (Alsabbagh, 2019).

Una vivienda adecuada es más que un techo bajo el cual protegerse: significa disponer de un lugar con privacidad, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad, tenencia legal, estabilidad, durabilidad estructural, iluminación, calefacción, ventilación, infraestructura básica que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, con acceso a fuentes de trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable (ONU-Habitat, 1996).

La Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI) afirma que la Política Nacional Urbana y de Vivienda se encamina, a facilitar a los mexicanos el ejercicio del derecho que tienen las personas a una vivienda digna y a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, como se contempla en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Así lo manifestó el Presidente de la República, el 11 de febrero de 2013, los principios y características generales que fueron cuatro grandes ejes de la política: i) lograr una mayor y mejor coordinación interinstitucional, ii) transitar hacia un modelo de desarrollo urbano sustentable e inteligente, iii) reducir, de manera responsable, el rezago de vivienda y iv) procurar una vivienda digna para todos los mexicanos (CONAVI, 2018).

El Centro de Estudios de Desarrollo Regional y Urbano Sustentable (CEDRUS) demostró que la vivienda en México y en el mundo es uno de los principales problemas económicos y sociales de los países, sus regiones y ciudades, el 75% del uso del suelo corresponde al uso de vivienda, de ahí su importancia. Desgraciadamente, la mayor parte de la población no tiene acceso a financiamientos que les permitan adquirir una vivienda, lo que propicia que solo un sector minoritario de la población participe en ese mercado, al rededor del 85% del PIB lo producen las ciudades, destacando las principales zonas metropolitanas, 17 de ellas aportan el 50% de la producción nacional (CEDRUS, 2019).

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA), 2013 demostró que el 76% de la vivienda registrada ante el Registro Único de Vivienda (RUV) entre 2011 y 2012 se ubicó en apenas 86 municipios., De acuerdo con diversas estimaciones, en 2010 alrededor de 9 millones de hogares enfrentaban tipo de rezago de las cuales 7 millones podrían solo requerir acciones de mejoramiento y ampliación.

La población de México aumento 17.5% en zonas metropolitanas del año 2000 al 2010. En los últimos treinta años, 137 mil km han cambiado de usos de suelo forestales, agrícolas y vegetales a uso urbano, entre 40 y 75% de la emisión de gases de efecto invernadero se generan en las ciudades, 39% de la demanda de agua se pierde por fugas en la red de distribución (CEDRUS, 2019).

En México obtener una vivienda es complicado por los altos costos, (Mundo ejecutivo, 2019) realizo un estudio en las 45 ciudades más importantes de México tomando el costo por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de una casa en venta, encontró que las ciudades más caras son: Puerto Vallarta, Jalisco (\$22,314 pesos), Oaxaca, Oaxaca (\$13,900 pesos) y Acapulco, Guerrero (\$12,932 pesos) y las ciudades más accesibles para adquirir vivienda son: Matamoros, Tamaulipas (\$3,437 pesos), Nuevo Laredo, Tamaulipas (\$4,041 pesos) y Tehuacán, Puebla (\$4,948 pesos). Aun así la población de México está aumentando y el desarrollo urbano y la vivienda son cosas conjuntas.

Se busca mejorar la accesibilidad a los créditos sin obstáculos burocráticos. En Oaxaca el 65.25% de las viviendas tienen electricidad, 58.74% viviendas agua, 51.03% viviendas con drenaje y solo el 33.2% tienen los tres servicios (Avendaño, Martínez, Pérez, & Velasco, 2017), este problema se tiene que solucionar, la vivienda es un factor importante para el desarrollo de un estado y por ende de un país, México, está dando pasos a favor de la generalización de tecnologías y procesos de producción habitacional ‘verde’ y de edificación sustentable, como es el caso del: Programa Hipoteca Verde del Instituto, Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), Programa de Subsidios de la CONAVI, e instrumentos de financiamiento internacional verde como los Nationally Appropriate Mitigation Action (NAMAS) de esta forma, se amplía el alcance de los programas en curso al intensificar la construcción de viviendas energéticamente eficientes y reduciendo sus niveles de emisiones (CONAVI, 2018).

El capítulo 1, comienza dando una explicación general de los recursos naturales y que es correcto la sana explotación de los mismos, posteriormente el problema a solucionar con la investigación, el estado del arte del trabajo, se definen los objetivos generales y particulares planteados, la hipótesis y por último la justificación del trabajo. En el capítulo 2, se menciona los fundamentos teóricos de la energía, la situación actual de México en relación a la energía fósil, la manera en la que México produce energías sustentables, así como los principios teóricos en el uso de la energía eléctrica y la recolección de agua pluvial. En el capítulo 3, se describe la metodología a seguir para analizar y diseñar los paneles solares y los recolectores de agua para la producción de energía eléctrica, la captación y distribución del agua, en el capítulo 4, se muestran los resultados obtenidos del trabajo con base en el diseño descrito en la metodología para la construcción de los paneles solares y recolectores de agua. Finalmente en el capítulo 5 se explican las conclusiones del trabajo.

Es cierto que los objetivos generales del presente documento pudieran resultar ambiciosos, sin embargo se pretende que el presente documento sirva como una guía para poder producir agua y energía eléctrica para cualquier estructura y de esta manera poder generar un cambio en el medio ambiente y en la economía del usuario.

### **1.3 HIPÓTESIS.**

El correcto diseño/construcción de recolectores de agua y sistema de paneles solares, en relación al consumo total de agua y energía eléctrica en una vivienda; lograra la eliminación de los pagos al estado en insumos de agua y electricidad.

### **1.4 OBJETIVOS.**

#### **1.5 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar, construir y adaptar un recolector de agua pluvial y un sistema de paneles solares, a dos viviendas en el estado de Querétaro, México. Recolectar un volumen de agua de mínimo el 20% del consumo de la vivienda en un periodo de recolección de 2 meses. En cuanto a la producción de energía eléctrica generar 250 Watts/hora (Wh) con el sistema de paneles solares, logrando disminuir el costo en los insumos de agua y electricidad.

#### **1.6 OBJETIVOS PARTICULARES.**

- Con base en los resultados obtenidos del objetivo general, diseñar el recolector de agua y sistema de paneles solares óptimo para cubrir el 100% del consumo de agua y energía eléctrica en las viviendas.
- Fomentar el uso de paneles solares y recolección de agua en viviendas mediante redes sociales.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo se hace con la finalidad de que el usuario esté más familiarizado con el diseño y la construcción de recolectores de agua y paneles solares. Teniendo el objetivo de generar energía eléctrica y recolectar agua de una forma sencilla y sustentable para que de esta manera podamos obtener ganancias del método empleado (Rodríguez, 2016).

En el año 2011 los sistemas de energía solar en el mundo generaron 85 TWh de electricidad, que son suficientes para cubrir las necesidades de 100 millones de personas (Gustavo, 2016).

En todos los países del mundo se están construyendo plantas fotoeléctricas algunas de las más representativas son:

- Central fotoeléctrica ubicada en la ciudad de Datong, en la provincia de Shanxi. Ocupa 10 km y se ve simpáticamente desde las alturas. Genera 50 MW y ya ha comenzado a suministrar electricidad a una red en esa localidad del noroeste de China. Aún se prevé una segunda fase que extenderá la potencia a 100 MW con volumen suficiente para proporcionar más de 3,2 millones de kWh de energía solar en 25 años, con lo que se reducirán 2,74 millones de toneladas de dióxido de carbono (Carbello, 2017).
- Planta solar Villanueva (754MW), Coahuila con una inversión de 650 millones de dólares es la primer planta fotoeléctrica en iniciar operaciones después de la reforma energética (SENER, 2019).

Una instalación para recolectar agua de lluvia puede contribuir a la provisión de agua apta para diversos usos como limpieza, riego, sanitarios y lavarropas, etc. Puede ser útil en regiones donde el agua potable escasea o simplemente se quiere cuidar el recurso (Baldo, 2014).

Una ayuda en el aspecto económico ya que en la actualidad existe un gasto fijo vitalicio; el recibo de luz, el recibo del agua, se tiene como opción lograr disminuir el costo del recibo de energía eléctrica y agua.

Por qué hacer algo para no depender del estado en la producción de energía eléctrica y agua:

- Volverse independiente en el consumo de energía eléctrica y producción de agua.
- Contar con una reserva de agua y energía eléctrica.
- Ayuda a cuidar el medio ambiente.
- El consumo de energía eléctrica y agua provenientes del estado disminuiría.
- Es un paso para el uso de nuevas tecnologías en la vida diaria.
- Se genera energía limpia.

Dado todos los problemas que ya se avisaron en el futuro cercano con el petróleo y otras fuentes de energía eléctrica no renovables o menos eficientes, sería muy conveniente comenzar de forma gradual, pero con más fuerza a pensar en un uso masivo de los paneles solares aplicados a las empresas y entidades estatales e incluso el sector residencia que al igual que ha recibido refrigeradores, bombillos, cocinas y otros equipos e utensilios para el ahorro de energía puedan recibir de manera ordenada paneles solares para su aplicación a las casas o edificios multifamiliares (Gustavo, 2016).

## 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

### 2.1 ENERGÍA.

Un ente físico real, un número escalar que se le asigna al estado del sistema físico, es decir; se puede describir completamente la dinámica de un sistema en función de las energías cinética y potencial (Osinergmin, 2017). La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. (Hernández, Piernavieja, & Schallenberg, 2008).

La energía que surge en el fenómeno del movimiento podemos expresarla en Joules (J), está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo o lo que es lo mismo energía cinética ( $E_c$ ). La masa del cuerpo estará expresada en kilogramos (kg), desde su posición de equilibrio hasta la distancia expresada en metros (m), en un tiempo expresado en segundos (s), determinado una vez conseguida esta energía, el cuerpo mantiene su energía cinética, un trabajo negativo de la misma magnitud se requiere para que el cuerpo regrese a su estado de equilibrio (Osinergmin, 2017).

$$E_c = \frac{Kg \cdot vel^2}{2} \quad (1)$$

Donde;  $E_c$ =Energía cinética (J), Kilogramo= (kg), vel= velocidad ( $\frac{m}{s}$ ).

Cuando un cuerpo desciende por consecuencia de la gravedad (g) se realiza un trabajo (T), desde un punto de referencia hasta una altura (h) determinada; es la energía que tienen los cuerpos; lo que se denomina como energía potencial ( $E_p$ ), depende de la configuración que tengan en un sistema de cuerpos que ejercen fuerzas entre sí, se puede pensarse como la energía almacenada en un sistema, o como la cantidad de trabajo que un sistema puede entregar (Osinergmin, 2017).

$$E_p = kg \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Donde;  $E_p$ = Energía potencial (J), kg= kilogramo (kg), g= gravedad ( $9.807 \frac{m}{s^2}$ ), h=altura (m).

Existe trabajo cuando se produce cierto desplazamiento por la energía aplicada a un cuerpo. El trabajo es la aplicación de una fuerza (F) a un objeto provocando el recorrido de una distancia (d). El trabajo es una magnitud física escalar, las unidades de la fuerza son los Newton (N) (Osinergmin, 2017).

$$T=F*d \quad (3)$$

Donde; T= trabajo (J), F= Fuerza (N), d= distancia (m).

Con los conceptos anteriores Albert Einstein formuló la ecuación más famosa del mundo, la fórmula de la energía la cual demuestra la cantidad de energía que podría tener una masa en relación a la velocidad de la luz.

$$E=mc^2 \quad (4)$$

Donde; E= Energía (J), m= masa (kg), c= cte. vel luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ).

El trabajo realizado por un cuerpo es igual a la integral de la fuerza de lo largo de la distancia recorrida (x), desde su posición inicial (x0) hasta su posición final (x1).

$$T= \int_{x_0}^{x_1} Fdx \quad (5)$$

Donde; T= trabajo (J), F= Fuerza (N), dx= distancia recorrida (m).

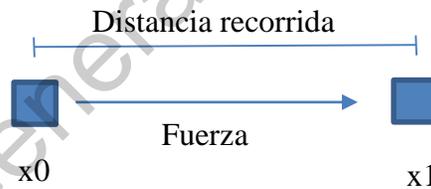


Figura 2.1. Trabajo en un cuerpo con masa.

Ese trabajo se convierte en energía cinética del cuerpo, a cualquier velocidad la energía cinética es igual a la variación de la masa multiplicada por c al cuadrado; y como  $m_0$  es la masa del cuerpo en reposo; entonces, sumando la energía cinética a la energía de la masa en reposo se obtiene la energía total del cuerpo (Conesa, 2005).

$$E_c - E_p = E_t \quad (6)$$

Donde;  $E_c$ = Energía cinética (J),  $E_p$ = Energía potencial (J),  $E_t$ = Energía total del cuerpo (J).

El factor de Lorentz ( $\gamma$ ) modifica la cantidad de movimiento en la Ecuación 8.

$$\gamma = \frac{1}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

Donde;  $\gamma$  = Fact. Lorentz,  $v$ = velocidad ( $\frac{m}{s}$ ),  $c$ = cte. vel luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ).

En el caso del cálculo de la energía en un fotón, la ecuación cambiara un poco ya que la masa del fotón es igual a cero y viaja a la velocidad de la luz, el factor de Lorentz se vuelve cero por lo que de la Ecuación 6 podemos obtener la ecuación modificada de Albert Einstein.

$$p = m_0 * c^2 * \gamma = \frac{m_0 * c^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

Donde;  $p$ =cantidad de movimiento (J),  $m_0$ =masa reposo (kg),  $c$ =cte. vel luz,  $\gamma$  = Factor de Lorentz.

Un fotón viaja a la velocidad de la luz ( $v=c$ ) y su masa inicial es igual a cero ( $m_0=0$ ) por lo que con la ecuación 7 obtenemos:

$$p = \frac{0 * c^2}{\left(1 - \frac{c^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{0}{\sqrt{1-1}} = \frac{0}{0} = \text{indeterminado}$$

Con lo anterior podemos obtener la forma extendida de la ecuación de Einstein.

$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2 \quad (9)$$

Donde;  $E$ = Energía (J),  $m$ = masa (kg),  $c$ = cte. vel luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ),  $p$ = cantidad de movimiento.

La Ecuación 9 se caracteriza por, calcular la energía de los cuerpos sin masa.

Como la masa es igual a cero la energía de un fotón es igual a la cantidad de movimiento del fotón por la constante de la velocidad de la luz (Janssen, 2013).

$$E=pc \quad (10)$$

Donde; E= Energía (J), c= cte. vel luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ), p= cantidad de movimiento.

Conociendo lo anterior podemos calcular la cantidad de movimiento de un fotón, suponemos que el momento de un fotón, es la constante de Planck dividido entre la longitud de onda; mientras menor sea la longitud de onda, más energía tendrá el fotón.

$$p=mc \rightarrow p=\frac{\hbar}{\lambda} \quad (11)$$

Donde; p= cantidad de movimiento, m= masa (kg), c= cte. vel luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ),  $\hbar$ =Cte. de Planck  $6.63 \times 10^{-34}$  (N\*m\*s),  $\lambda$ = longitud de onda.

Utilizando un fotón de luz ultravioleta;  $\lambda=390$  nanómetros y haciendo la operación:

$$E=\frac{\hbar}{\lambda} c=\frac{6.63 \times 10^{-34} \text{N*m*s}}{390 \text{nm} \left( \frac{1 \times 10^{-9} \text{m}}{1 \text{nm}} \right)} (300\,000\,000) \frac{\text{m}}{\text{s}}=5.1 \times 10^{-19} \text{ Joules}$$

$5.1 \times 10^{-19}$  J es la energía proporcionada por un fotón, es importante recordar que una lámpara de luz ultravioleta arroja millones de fotones mientras esté en funcionamiento lo que es energía a considerar.

## 2.2 ENERGÍA FÓSIL EN MÉXICO.

Antes de 1938 la industria petrolera nacional estaba controlado por las empresas extranjeras: London Trust Oil Shale, Mexican Petroleum Company of California, Huasteca Petroleum Company, Tamiawua Petroleum Company, Tuxpan Petroleum Company, Pears Oil Company, California Standard Oil de México, Pen Mex Oil de México, Petroleum Company of Mexico, Mexican Sinclair Petroleum Corporation, Mexican Golf Petroleum Company (Puga, 2018).

El 18 de marzo de 1938, el presidente de México Lázaro Cárdenas expidió el decreto de expropiación de las empresas petroleras del país logrando que el petróleo mexicano y los ingresos del mismo se mantuvieran en el país de esta manera, México tuvo un avance histórico en la industria del petróleo (Castro, 2007).

México es un país petrolero al ser exportador de petróleo y tener un 0% en importación de petróleo crudo, al tener la mayoría del petróleo en aguas someras. Petróleos Mexicanos (PEMEX) es el líder de costos en la producción del petróleo, 1 barril de petróleo de 159 litros (L) cuesta \$26 dólares; \$8 dólares de producción y \$18 dólares de exploración y desarrollo del petróleo, en comparación de otras empresas petroleras como Cherron tezaco con un costo total de 48 dólares, Rollal roshel \$38 dólares y British petroleum \$32 dólares, Canadá \$80 dólares y las industrias petroleras Árabes \$10 dólares. México ocupa el sexto lugar a nivel mundial como industria petroquímica (Puga, 2018).

Los valores de reservas de hidrocarburos son los indicadores más importantes de información dentro de la industria petrolera, que los gobiernos, el sector financiero y las empresas petroleras requieren para definir las acciones a seguir y asegurar la sustentabilidad a largo plazo de los proyectos petroleros. Las reservas de hidrocarburos son volúmenes de petróleo crudo, condensado, gas natural y líquidos de gas natural que se espera sean comercialmente recuperables a través de la aplicación de proyectos de desarrollo que permitan la extracción de hidrocarburos de acumulaciones conocidas a partir de una fecha dada bajo condiciones definidas.

La Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) afirma que las reservas tienen que satisfacer cuatro criterios, estas deben ser descubiertas, recuperables, comerciales y remanentes. La precisión de los valores de reservas depende de la cantidad y calidad de la información disponible, del proceso de análisis de la información utilizada, de la experiencia y de los criterios de los profesionistas que realizan dicho análisis, por lo que el establecimiento de metodologías y lineamientos para normar la estimación y clasificación de éstas es fundamental para su correcta cuantificación, garantizándose así, certidumbre y transparencia en los volúmenes de hidrocarburos reportados (CNH, 2019).

En la sección de análisis de los reportes de reservas, se observan los valores de las diferentes categorías de reservas a nivel nacional, por campo, cuenca, tipo de fluido, ubicación y Área Contractual o Asignación, dicho análisis se realizó con base en la información proporcionada por los Operadores Petroleros y Terceros Independientes.

Clasificación de reservas y recursos conforme al Petroleum Resources Management System (PRMS), 2018.

Society of Petroleum Engineers (SPE) muestra en la Figura 2.2 la manera en la que distribuye el volumen total de hidrocarburos. Las definiciones de reservas pueden ser confusas, sin embargo, si se considera que en términos probabilistas representan una función de distribución acumulada. Se puede explicar fácilmente que las reservas son una distribución continua de volúmenes que, por convención, se reportan para los percentiles 10, 50 y 90. Por lo anterior, las categorías de reservas comúnmente utilizadas (1P, 2P y 3P) (SPE, 2018).

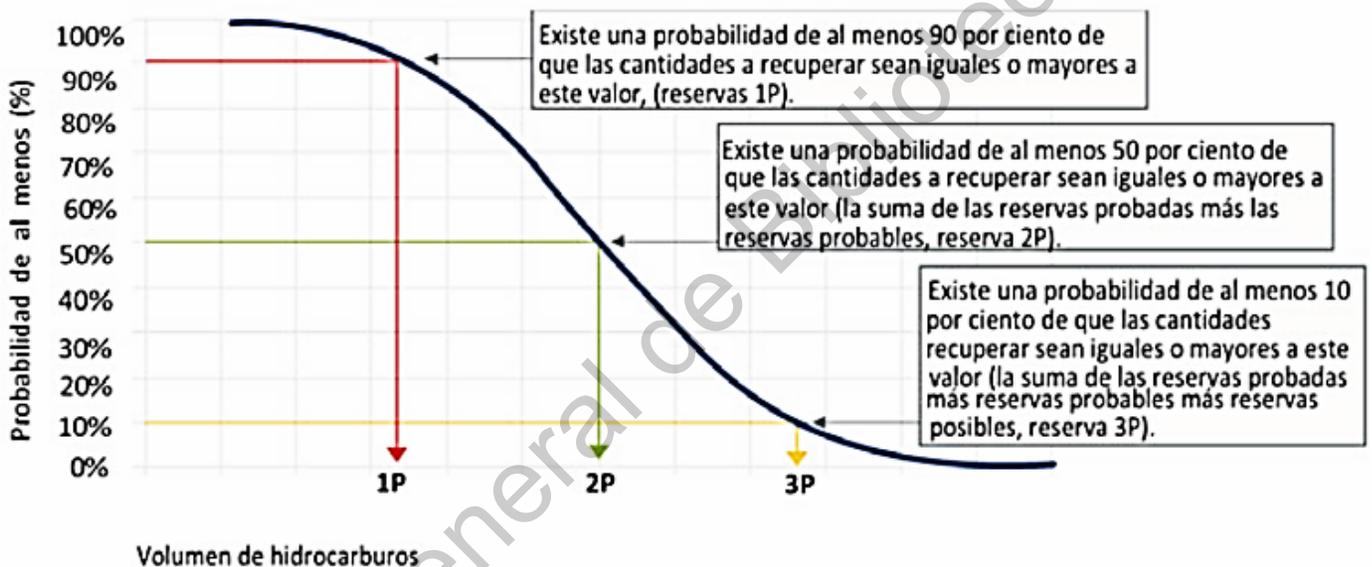


Figura 2.2. Percentiles de la cantidad de petróleo que se dispone.

La Figura 2.3 muestra el volumen total de hidrocarburos que se encuentran en el suelo, dicho volumen se divide en volumen comercial, no comercial y no recuperable de cada uno de los conceptos anteriores se obtienen los percentiles para saber el volumen de petróleo total, al mismo tiempo el volumen total de hidrocarburos se divide en volumen descubierto y volumen no descubierto, los hidrocarburos son un recurso no renovable y limitado

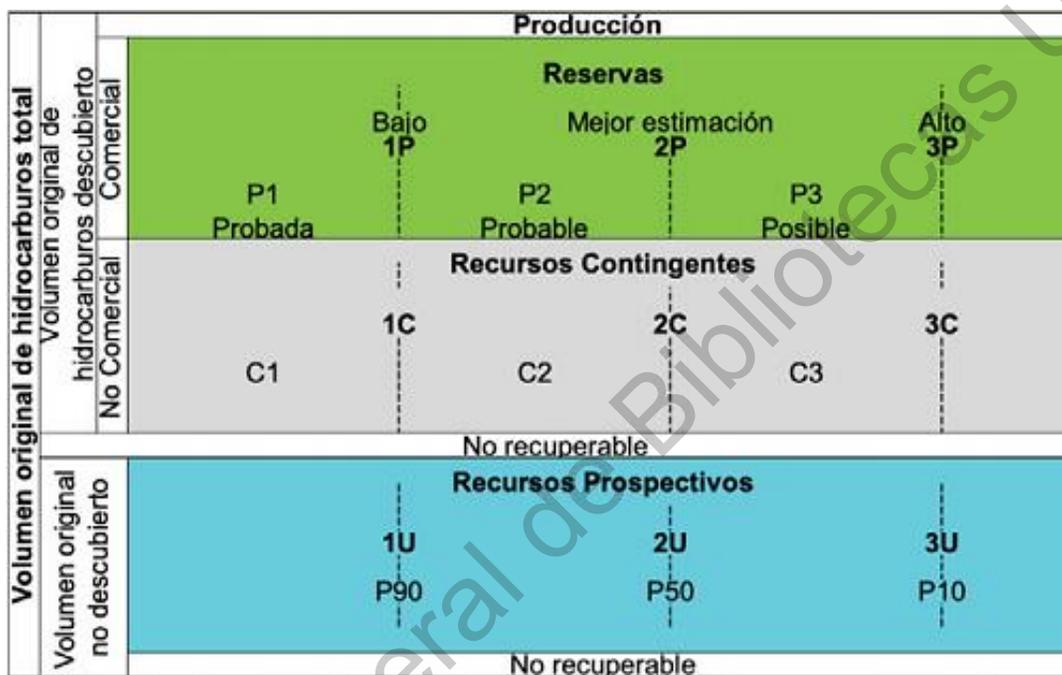


Figura 2.3. Distribución total del petróleo en una zona.

### Reservas de petróleo en México.

CNH, 2019 demostró que existe un 90% de probabilidad de que en México cuente con 8,483.70 millones de barriles de petróleo equivalente sin embargo la Figura 2.4 muestra que las reservas de barriles de petróleo equivalente del país disminuye conforme pasa el tiempo.

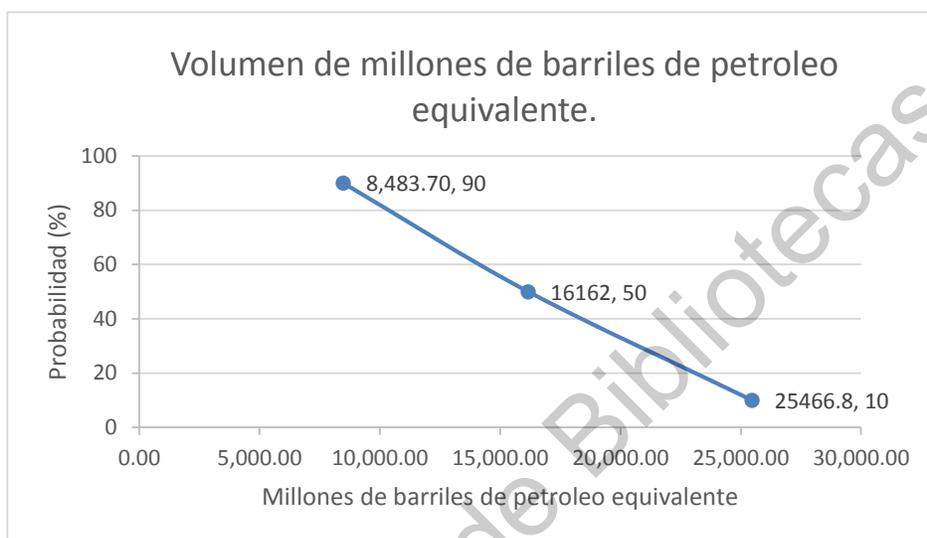


Figura 2.4. Representa las reservas de millones de barriles de petróleo equivalente en México en los años recientes.

En el año 2018 México cuenta con 25,466.8 millones de barriles de petróleo equivalente de reserva como se muestra en la Figura 2.5 (CNH, 2019).

**Reservas nacionales de PCE  
(millones de barriles de petróleo crudo equivalente)**

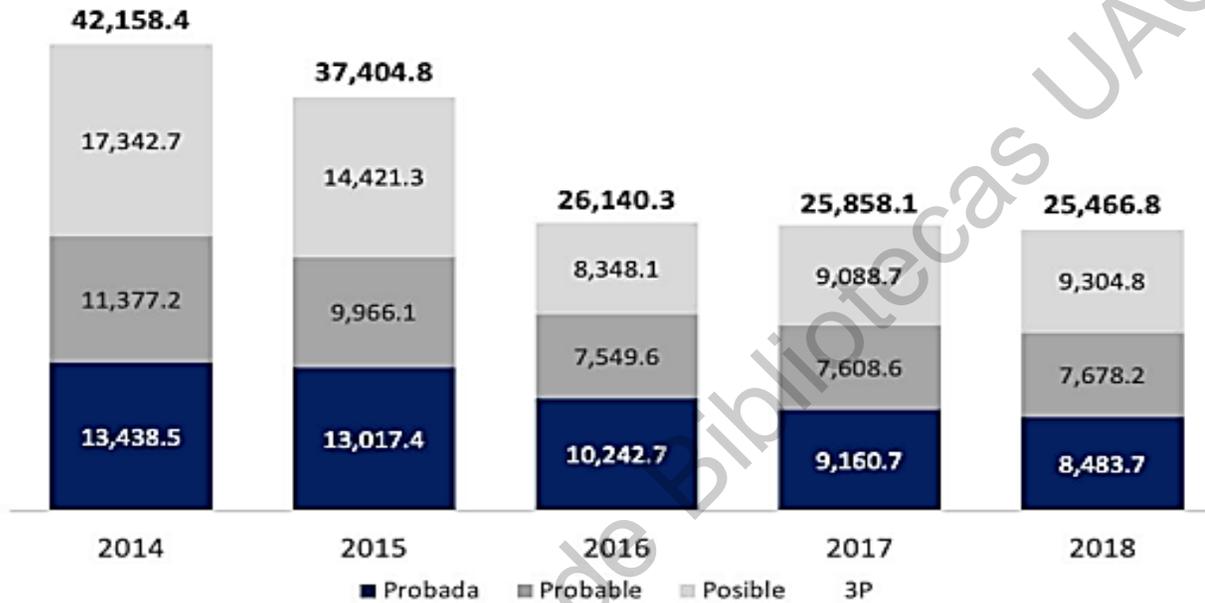


Figura 2.5. Reservas de petróleo en México.

Lynch, 2019 demostró que efectivamente las reservas de barriles de petróleo equivalente en México disminuyen como muestra la Figura 2.6, se observa la disminución del recurso y una disminución significativa en el periodo de 1995 al 2000, solo se están tomando en cuenta las reservas de millones de barriles probadas (1P), demostrando que las reservas petroleras de México están disminuyendo conforme pasa el tiempo.

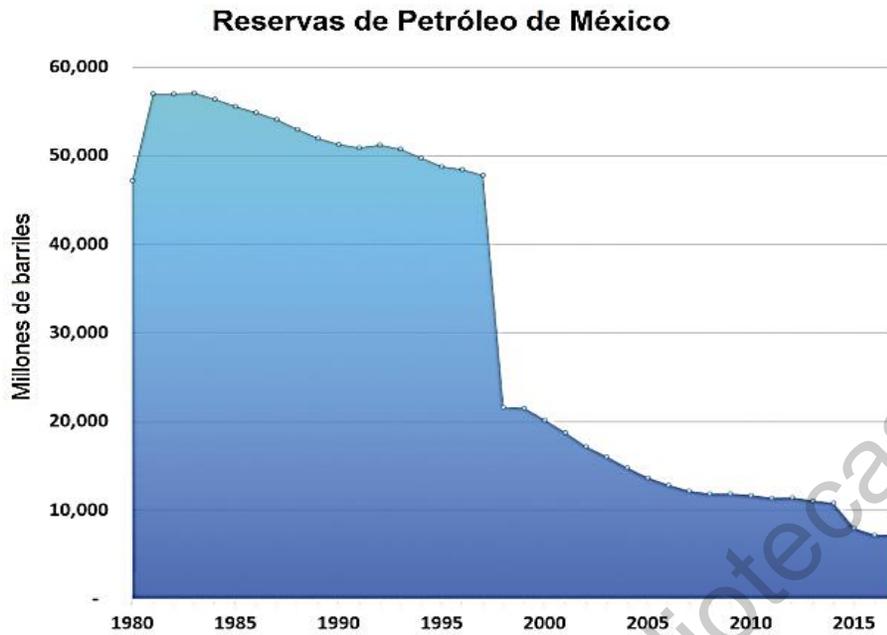


Figura 2.6. Millones de barriles de petróleo en México, años resientes.

Todo apunta a que de aquí a unos años va a ser cada vez más difícil y más caro extraer petróleo y la demanda de energía continua aumentando, la utilización de energías renovables es esencial para remplazar este recurso. 55 países petroleros ya alcanzaron el pick oil, en el año 2010 México también alcanzo el pick oil, sin embargo aún se encuentra entre los 65 países petroleros del mundo (Puga., 2019). En el año 2007 el presidente de México Felipe Calderón Hinojosa dio inicio hacia las reformas energéticas y de esta manera poder privatizar la energía de México, se implementa la reforma energética con el Presidente Enrique Peña Nieto en el año 2013 (Puga, 2018). El nuevo modelo energético atrajo ya nuevas inversiones hacia las cuencas petroleras mexicanas. Desde su promulgación, se han otorgado 107 contratos, firmados entre 2016 y 2018, para permitir la inversión de 73 diferentes compañías. Esta apertura del sector petrolero ha posibilitado inversiones relevantes en exploración sísmica, así como compromisos de desarrollo de nuevos pozos. Esta expansión de la actividad petrolera impulsada por parte de empresas privadas ha conducido a nuevos descubrimientos y a la incorporación de reservas, ha significado importantes ingresos al Estado y al país, aún sin haberse generado una producción importante de petróleo por parte de los nuevos participantes (Lynch, 2019).

El beneficio más evidente para México es el ingreso que el gobierno recibe directamente de la industria del petróleo, ya sea de PEMEX o de las empresas privadas, como se aprecia en la Figura 2.7, los ingresos al gobierno federal por parte de Pemex en los últimos años fue superior a los 400, 000 millones de pesos. Sin mencionar los ingresos a la secretaria de hacienda y crédito público por el Impuesto Sobre la Renta (ISR), Impuesto al Valor Agregado (IVA), impuestos causados por la importación y exportación de mercancías, impuestos prediales y sobre la nómina e Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) (PEMEX corporativo, 2018).

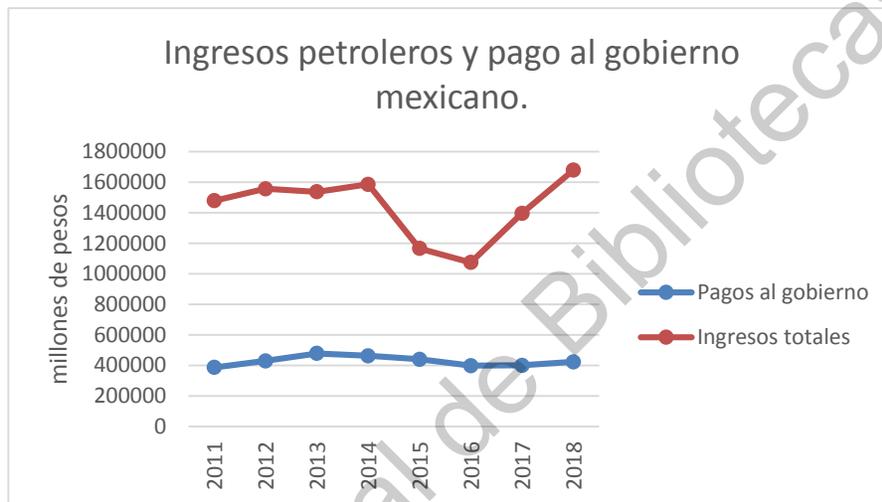


Figura 2.7. Aportación monetaria; empresas petroleras al gobierno de México.

Con base en la ley de ingresos de la federación, de cada año.

México es una parte esencial de la plataforma de producción de petróleo de Norteamérica. Las medidas de la Reforma Energética, implementadas en México en los últimos años, conocidas también como nuevo modelo energético, ofrecen un considerable potencial para incrementar el nivel de la producción de petróleo y gas. (Lynch, 2019) Estados Unidos es el primer consumidor de petróleo y el 2 importador de petróleo en el mundo, 7 millones de barriles de petróleo al día (Puga., 2019).

En México las empresas petroleras representan aproximadamente el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) e incluyendo sus beneficios indirectos el 10% del PIB de México, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), como se muestra en la Figura 2.8. La participación de este sector ha disminuido significativamente en los últimos años debido al deterioro del precio internacional del crudo y a una menor producción y exportación de petróleo. (Lynch, 2019)

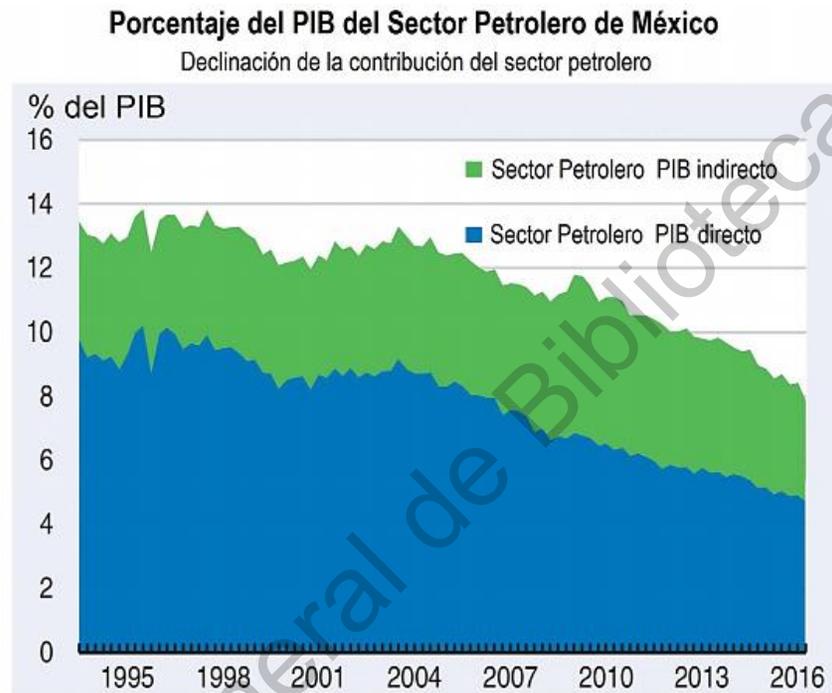


Figura 2.8. Petróleo y PIB en México.

La introducción en gran escala de las energías renovables en México no será tarea fácil, pues se deben remover un número de barreras de distintos tipos. Como ya se mencionó, el marco legal actual no favorece la adopción de las energías renovables en el sector eléctrico nacional. Debido a sus limitaciones presupuestales es poco probable que el gobierno de México financie grandes proyectos de energías renovables, que requieren de gran capital, más allá de algunos proyectos piloto o demostrativos. Por otro lado, en México no existe experiencia.

### **2.3 ENERGÍAS RENOVABLES.**

“Las energías renovables son precursoras del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento energético de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública, entre otros” (SENER, 2012).

México se encuentra en una encrucijada con respecto a la generación con energías renovables, pues tiene todos los elementos necesarios para convertirse en un importante usuario y desarrollador de la tecnología, debido a su posición geográfica y a sus instrumentos de política internacional, tales como el Tratado de Libre Comercio (TLC) y el Plan Puebla-Panamá; México podría también convertirse en un importante exportador de esta tecnología hacia sus mercados vecinos. Sin embargo, por otro lado, el gran paradigma petrolero se encuentra profundamente arraigado en la gente, incluidos líderes industriales y oficiales de la energía. Por lo tanto, a menos que se haga un esfuerzo consciente y rápido para cambiar esta situación, las oportunidades que se vislumbran (económicas, sociales, políticas, ambientales y de otro tipo) podrían perderse (Huacuz, 2003)

La generación de energías no fósil, es un tema que nos debe de importar a todos, debemos de producir energía no fósil, siendo una recomendación; la ayuda y la cooperación entre el Gobierno Federal e iniciativa privada. Las maneras en las que México genera energía limpia representativamente es mediante el uso de: energía geotérmica, energía eólica, solar fotovoltaica, termosolar de concentración, bioenergéticos, energías oceánicas, energía hidroeléctrica, producción de biocombustibles, biodiesel, etanol anhidro y bioturbosina. El conjunto de estos métodos representa actualmente menos del 35% del consumo de energía del país; siendo este el objetivo a lograr en el año 2026 (SENER, 2012).

## 2.4 ENERGÍA ELÉCTRICA Y CELDAS SOLARES.

¿Por qué creemos y descreemos algo?, se me dirá que el ideal sería tener siempre razones para creer; es decir argumentos fundados en algo, en hechos reclamarían algunos (Heróles, 2003). Si se hablara de la sustentabilidad, proviene de la raíz latina “Sustinere”, es “sustentar, mantener firme una cosa”, el desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Macedo, 2019). El concepto de la sostenibilidad surge por vía negativa como resultado de los análisis de la situación del mundo que se puede describir como una emergencia planetaria (Bybee, 1991).

La Sostenibilidad es la cualidad de mantenerse por sí mismo sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles es decir si algo tiene el valor de 10 unidades cuando esto recupere su valor de 10 unidades por sí mismo sería algo sustentable, la sustentabilidad al llegar al concepto moderno basado en el desarrollo de los sistemas socio ecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la social y la ambiental (Calvente, 2007). Las personas consumen a diario energía, buscando la mejor manera de obtenerla. Prácticamente toda la energía de que disponemos proviene del Sol. El Sol produce el viento, la evaporación de las aguas superficiales, la formación de nubes, las lluvias, etc. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos, con el paso de los siglos, originaron los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural (Hernández, Piernavieja, & Schallenberg, 2008). En el periodo postclásico (1325-1521) la cultura mexicana afirmaba que el dios del sol (Tonantíuh) era la fuente de toda la vida en el planeta (el quinto sol) (Portilla, 2006). El sol es una fuente de energía perdurable, se dice que este es capaz de producir cuatro mil veces más energía, de la que el mundo entero es capaz de consumir actualmente; si sabemos aprovecharla podemos beneficiarnos ampliamente de ella. El sol nos proporciona energía de dos maneras distintas, por un lado en forma de calor y por otro en forma de luz.

La Universidad Autónoma de México (UNAM) afirma que las celdas solares fotovoltaicas son: Las unidades estructurales de los paneles que sirven para captar y convertir la energía solar en energía eléctrica, esto se logra a través de un proceso llamado efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones de una superficie metálica cuando se le ilumina con luz (visible, UV, rayos X), los electrones que abandonan el material metálico son llamados fotoelectrones (Bulnes, 2010). La luz tiene una naturaleza dual lo que significa que es una onda y un cuerpo; la onda se caracteriza por tener una amplitud, una longitud de onda ( $\lambda$ ), velocidad (vel) y frecuencia (f). El cuerpo son los fotones y con ellos llevan una cantidad de energía (García, 2015). El átomo está formado por un núcleo que se conforma por protones y neutrones. Orbitando alrededor del núcleo se encuentran los electrones, mientras más alejado este un electrón del núcleo más energía tendrá, cuando el átomo tiene más energía de la que puede almacenar última orbita, el electrón abandona el átomo como se muestra en la Figura 2.9 (UNAM, 2005).

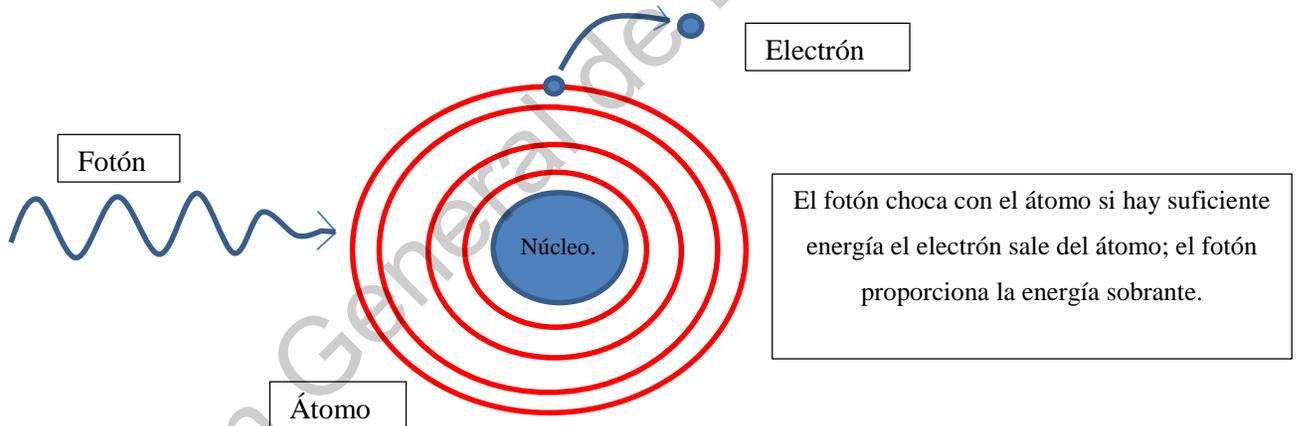


Figura 2.9. Efecto fotoeléctrico.

El efecto fotovoltaico cambia respecto al material que utilizemos para transformar la radiación en energía eléctrica como muestra la Figura 2.10.

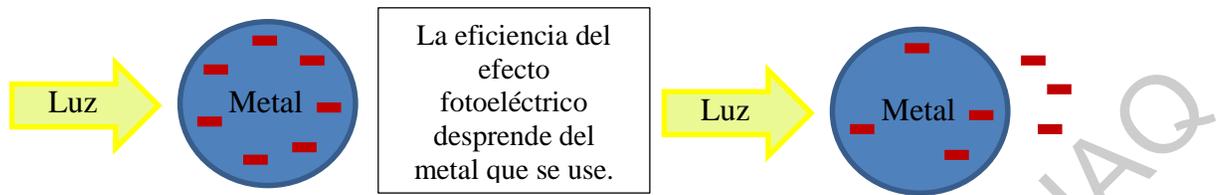


Figura 2.10. Efecto fotoeléctrico y electrones.

Para poder observar el desprendimiento de electrones del metal se utilizó un tubo de vacío dentro del tubo se colocaron dos placas metálicas (emisor y recolector) unidos por un cable externo, en el cable externo se colocaba un amperímetro; el procedimiento era radiar con una fuente de luz el emisor dejándolo temporalmente cargado el electrón se desprende de la placa y llega a la otra. Es importante recordar que los electrones viajan a la velocidad de la luz lo que es una velocidad increíblemente rápida es decir, todos los efectos relacionados con los electrones son inmediatos; los electrones son los responsables de generar energía eléctrica, en la Figura 2.11 se observa el experimento con el que demostró el efecto fotovoltaico (Lamigueiro, 2018). Velocidad de la luz= $c=299792458 \frac{m}{s} \approx 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$

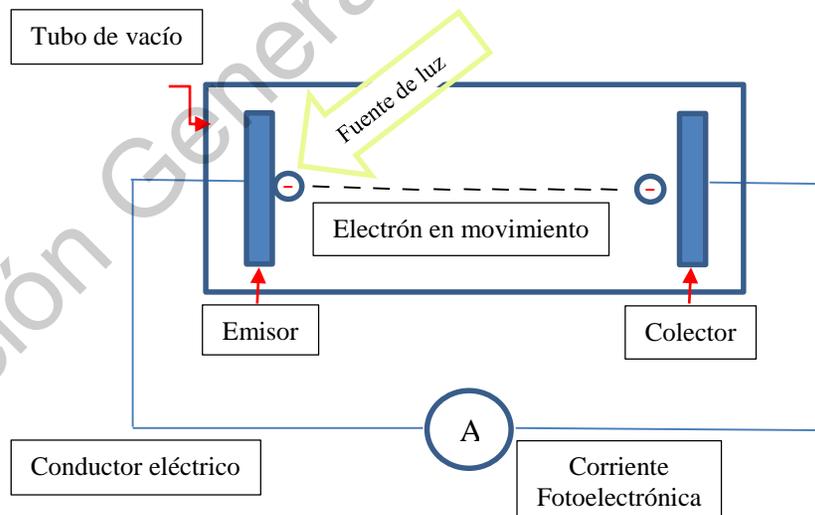


Figura 2.11. Demostración del efecto fotovoltaico.

El primer descubrimiento del efecto fotovoltaico en los materiales fue propuesto por Alexandre Edmon Becquerel en 1839 con una pila electrolítica que generaba corriente al exponerse a la luz.

El efecto también fue observado en un material sólido (metal selenio) en 1883. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. (Ferandez, 2009)

Hertz, (1887) observo el fenómeno fotovoltaico. Thomson, 1897 propone la existencia de electrones. Einstein, (1905) y Schottky, (1930) realizaron una comprensión más profunda de los principios científicos, la cual fue necesaria antes de que células fotovoltaicas eficientes pudieran ser confeccionadas. Fuller et al, (1954), demostraron que una célula fotovoltaica de silicio convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958, (Ibáñez, 2004), (Vera, 2017) y (Beegle, 2019).

En la Figura 2.12 representa la eficiencia de las celulas solares al convertir la radiación en energía electrica, se observa un aumento considerable en la eficiencia de las celdas conforme pasa el tiempo en los ultimos 180 años con base en la Tabla 1.1.

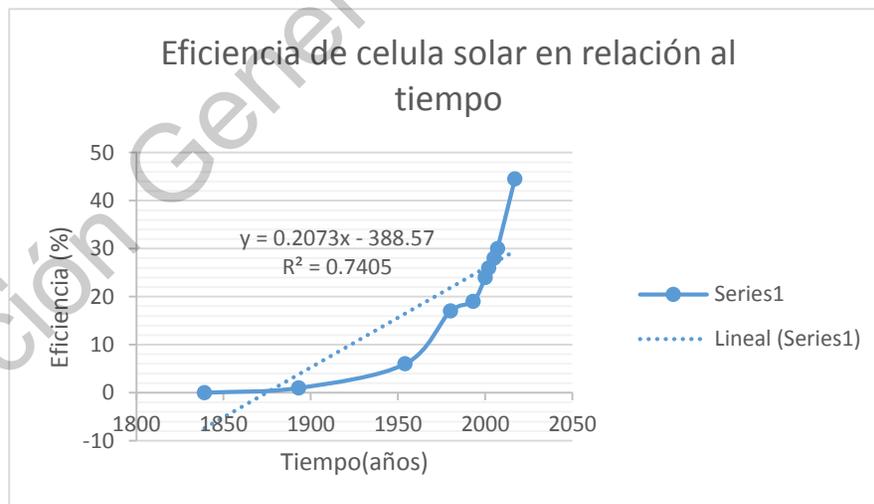


Figura 2.12. Eficiencia en celdas solares a través del tiempo.

La Figura 2.13 muestra la disminucion en el costo de la fabricacion de celulas solares tambien en los ultimos 180 años todo indica a que la energía solar es una excelente manera de producir energía electrica. Con base en la Tabla 1.1.

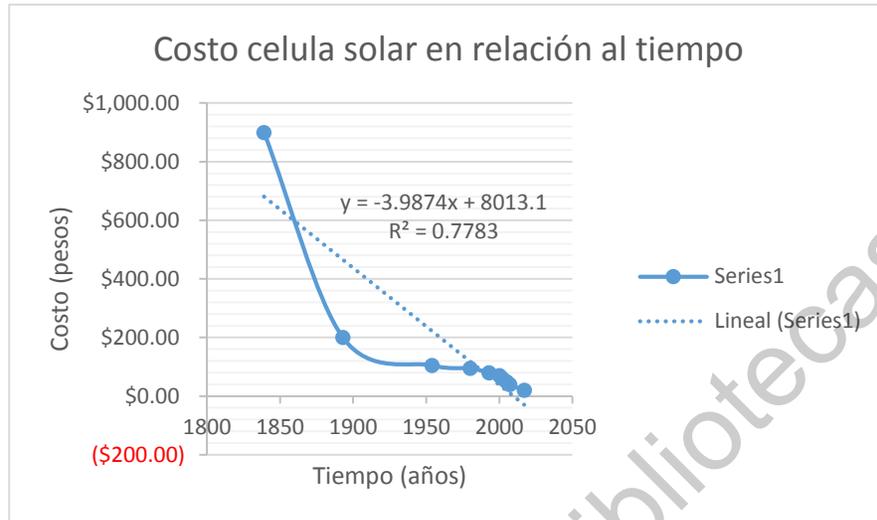


Figura 2.13. Costo en la fabricación de celdas solares a través del tiempo.

Calculamos la potencia media ( $W_m$ ) con la Ecuación 12, siendo los Watts (W) sus unidades de medición, relacionando el Amperaje (A) y el Voltaje (V); después utilizamos la Ecuación 13 para determinar la eficiencia de un panel solar:

$$W_m = I_p * V_p \quad (12)$$

Donde;  $W_m$ =Potencia media (W),  $I_p$ =corriente promedio (A),  $V_p$ =voltaje promedio (V).

$$E_p = \left( \frac{W_m}{A_p * S} \right) * 100 \quad (13)$$

Donde;

$E_p$ =eficiencia del panel solar,  $W_m$ =potencia media(W),  $A_p$ =Área del panel solar ( $m^2$ ),  $S$ =Solarimetro ( $W/m^2$ ).

Un solarimetro es el aparato con el cual se mide la radiación solar global total recibida en la superficie terrestre después de pasar por la atmosfera, sus unidades de medición son los ( $W/m^2$ ) (Ramírez, 2016).

La energía solar fotovoltaica se obtiene a partir de la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se produce cuando los fotones de la luz solar inciden sobre una célula fotovoltaica, donde pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula fotovoltaica. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para ser atrapados por un campo eléctrico y formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas entre sí, encapsuladas, generalmente en acetato de etil-vinilo, cubiertas por un vidrio en la parte anterior y por un sustrato de plástico o metálico en la parte posterior, y todo herméticamente cerrado con un marco de aluminio anodizado, constituyen lo que se denomina un módulo o panel fotovoltaico. El módulo fotovoltaico es la unidad principal de las instalaciones fotovoltaicas. Es importante saber que en cuanto a energía estamos más acostumbrados a relacionarla con energía eléctrica; pero como comienza este principio; el electromagnetismo es la parte de la electricidad que estudia la relación entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos (energía eléctrica/ imanes).

## 2.5 CÁLCULO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Una carga eléctrica es una propiedad de la materia (electrones, protones y neutrones), es la cantidad de energía eléctrica acumulada en un cuerpo.

Cuando una carga eléctrica está en movimiento genera energía, medida en Coulomb (C) crea un campo eléctrico y un campo magnético a su alrededor; fuerza electromagnética. Así pues, este campo magnético realiza una fuerza sobre cualquier otra carga eléctrica que esté situada dentro de su radio de acción. Esta fuerza que ejerce un campo magnético será la fuerza electromagnética.

La fuerza electromagnética es la responsable de la interacción entre partículas con carga eléctrica y, por extensión, de todas las reacciones químicas (y por consiguiente de todos los fenómenos biológicos).

La ley de coulomb:

$$F = \frac{Kq_1q_2u}{d^2} \quad (14)$$

Donde;

F=fuerza(N), K=constante de proporcionalidad, u=vector unitario, q=cargas(C), d= distancia (m).

La constante de proporcionalidad o constante de coulomb está representada de la siguiente manera

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \quad (15)$$

Donde; K=constante de proporcionalidad,  $\pi=3.14159265$ ,  $\epsilon_0$ =permisividad eléctrica( $\frac{C}{Nm^2}$ ).

La permisividad eléctrica del vacío, está representada por el símbolo  $\epsilon_0$ .

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} = \frac{C}{Nm^2}$$

Toda carga (fuente) influye sobre las partículas eléctricas ubicadas en su proximidad el campo eléctrico es la interacción entre la carga fuente y las cargas próximas.

$$E = \frac{F}{q} \quad (16)$$

Donde; E=campo eléctrico ( $\frac{N}{C}$ ), F=fuerza (N), q=carga (C).

La fuerza que ejerce la carga (fuente) podemos expresarla de la siguiente manera.

$$F = \frac{KQq}{d^2} \quad (17)$$

Donde;

F=fuerza(N), K=constante de proporcionalidad, Q=carga fuente(C), q=carga(C), d=distancia (m).

Si Sustituimos la ecuación 17 en la ecuación 16; obtendremos la ecuación para calcular el campo eléctrico el fenómeno se puede apreciar en la Figura 2.14 (Zegarra, 2019).

$$E = \frac{KQ}{d^2} \quad (18)$$

Donde;

E=campo eléctrico ( $\frac{N}{C}$ ), K=constante de proporcionalidad, Q=carga fuente (C),d=distancia (m).

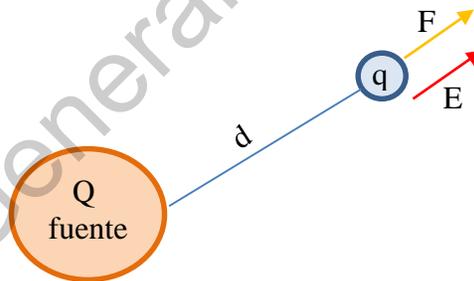


Figura 2.14. Campo eléctrico.

Es importante conocer algunos conceptos como las dos maneras en la que la electricidad se comporta las cuales son:

- Corriente directa: es el flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial y carga eléctrica, mantiene un sentido en relación al tiempo.
- Corriente alterna: es el flujo variable de las cargas eléctricas, cambian el sentido del movimiento de manera periódica en relación al tiempo. (Gussow, 2008).

Los tipos de conexiones que se pueden hacer para variar las magnitudes de las propiedades de la electricidad:

- Conexión en serie: (+,-,+,-), Se conectan mediante un conductor el polo positivo con el polo negativo de una fuente de energía eléctrica; Suman el voltaje y la corriente permanece igual (+V, =A,  $\Omega$ ).
- Conexión en paralelo: (+,+,-,-), Se conectan mediante un conductor el polo positivo con el polo positivo y el polo negativo con el polo negativo de una fuente de energía eléctrica; Suman la corriente y el voltaje permanece igual (+A, =V,  $\Omega$ ).

#### Las propiedades de la electricidad:

Energía eléctrica: Es el trabajo que realiza una carga; con dos placas cargadas una positiva y una negativa; ambas placas tienen una carga y un campo eléctrico en el caso de tener una carga puntual positiva; la fuerza de repulsión o de atracción con la carga será

$$F = q * E \quad (19)$$

Donde;  $F = fuerza(N)$ ,  $q = carga(C)$ ,  $E = Campo\ electrico\ (\frac{N}{C})$ .

En el caso de ocurrir un desplazamiento existiría un trabajo como en la ecuación 21 lo demuestra, el trabajo es el cambio de energía o en otras palabras la energía eléctrica

$$W = Ee_2 - Ee_1 \quad (20)$$

Donde;  $Ee_2 = qEd_2 \rightarrow Ee_1 = qEd_1$  (21)

Donde;  $Ee$  = energía eléctrica (W),  $q$  = carga (C),  $E$  = campo eléctrico ( $\frac{N}{C}$ ),  $d$  = distancia (m).

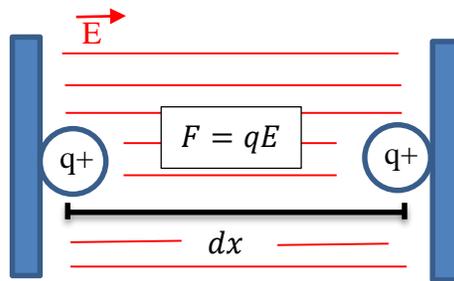


Figura 2.15. Energía eléctrica.

Por lo que la energía eléctrica podría expresarse de la siguiente manera teniendo como unidad los Joules (J)

$$Ee = qEd \quad (22)$$

Donde;

$Ee$  = energía, eléctrica (J),  $q$  = carga (C),  $d$  = desplazamiento (m),  $E$  = campo eléctrico ( $\frac{N}{C}$ ).

Voltaje: Es la magnitud física que, en un circuito eléctrico, impulsa a los electrones a lo largo de un conductor. Es decir, el diferencial de potencia también llamada tensión, su unidad de medición son los Voltios (V).

$$V = \frac{Ee}{q} = \frac{\text{Energía eléctrica}}{\text{Carga}} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \text{Volt} \quad (23)$$

Donde;  $V$  = voltaje (V),  $Ee$  = energía eléctrica (J),  $q$  = carga (C).



Figura 2.16. Potencial eléctrico.

La Figura 2.16 muestra el movimiento que tiene una carga; la porción por unidad de tiempo con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, el trabajo de mover un kilogramo un metro en un segundo, es a lo que denominamos como potencia eléctrica; una unidad de poder que equivale a 1 J por segundo (s), (1J/s=1Watt), su unidad de medición son los Vatios (W) o Watts (W).

La cantidad de electricidad que pasa por un conductor en un segundo es a lo que se le denomina como Intensidad/Corriente, su unidad de medición son los Amperios (A).

Resistencia: es la dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica, Su unidad de medición son los “Ohmios” ( $\Omega$ ).

Conociendo los conceptos anteriores el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm postulo la siguiente ecuación (A.Serway, 1999):

$$I = \frac{V}{R} \quad (24)$$

Donde; I=corriente (A), v=voltaje (V), R=resistencia( $\Omega$ ).

$$W = I * V \quad (25)$$

Donde; W=Watts (W), I=corriente (A), V=voltaje (V).

Sabiendo lo anterior podemos proseguir a calcular cuanta energía podemos generar.

Aplicando la formula a los paneles solares obtenemos la Ecuación 26:

$$W_p = I * V * h_s * F.S \quad (26)$$

Donde;  $W_p$ =Potencia media (W),  $I$ =corriente (A),  $V$ = voltaje (V),  $h_s$ = horas de sol (h),  $F.S$ =Fact. Seguridad.

De esta manera podemos estimar la cantidad de energía eléctrica que deseamos generar, se iguala con los watts que se consumen en la vivienda con los watts generados por el sistema de paneles solares.

Los aparatos que funcionan con energía eléctrica (electricidad) requieren de un voltaje y corriente determinado para que funcionen; si la fuente de energía que proporciona estas propiedades es menor a las necesarias el aparato no funcionara, si la fuente de energía proporciona magnitudes mayores a las necesarias es probable que el aparato sufra daños.

## 2.6 LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN MÉXICO.

Dependiendo de la ubicación en la que nos encontremos será la cantidad de agua que se pueda percibir, en el caso en México la distribución del agua se encuentra de la siguiente manera: En todo el país llueve aproximadamente  $1\,511\text{ km}^3$  de agua cada año, lo que equivale a una alberca de 1 km de profundidad. Alrededor de 72% ( $1\,084\text{ km}^3$ ) de esa agua de lluvia regresa a la atmósfera por evapotranspiración. En su mayor parte, México es un país árido o semiárido (56%), es decir, los estados norteros abarcan 50% de la superficie y ahí llueve sólo 25% del total. En la parte angosta del país, que ocupa 27.5% del territorio, cae la mayoría del agua de lluvia (49.6%), en los estados del sur-sureste: Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco. Por lo que recolectar agua en el sur del país es más conveniente que en la parte centro y norte de México (Fondo para la Comunicación y Educiación Ambiental, 2006). En México se cuenta con 779 de plantas potabilizadoras en acción (CONAGUA, 2014).

(Sánchez, 2019) afirma que podemos cuantificar las precipitaciones caídas en un punto mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida en milímetros (mm) o pulgadas (in) y que los instrumentos para medir la cantidad de agua que cae en un lapso de tiempo son:

- Pluviógrafo: registra la evolución de la precipitación con el tiempo, bien con tinta y papel, bien digitalmente. En algunos modelos, el pluviógrafo está dotado de un flotador que hace subir a una plumilla que registra gráficamente el llenado del recipiente a lo largo del tiempo.
- Pluviómetros: Para poder leer con más precisión el agua recogida ( $\pm 0,1\text{ mm}$ ) un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día.

## 2.7 LO QUE ES EL AGUA Y COMO SE PUEDE CUANTIFICAR.

¿Qué es el agua? Ni sabe, ni huele, ni tiene color son quizás algunas de las características más conocidas del agua. Debe recordarse que las cualidades de inodora, insípida e incolora corresponden al agua químicamente pura (que en la naturaleza no se encuentra como tal, pues siempre tiene sales minerales y otros compuestos en distintas proporciones). El Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) afirma que la fórmula química del agua es  $H_2O$ , es decir, que está compuesta por dos moléculas de Hidrógeno y una de Oxígeno ( $H_2O$ ). La cantidad de agua que tenemos en el planeta no varía. Sin embargo, el lugar, la forma y la calidad en que se encuentra sí presentan variaciones. A nivel local no disponemos de una cantidad fija. Hay promedios históricos, pero desgraciadamente cada vez es menos el agua disponible tanto en cantidad como en calidad, debido a la sobreexplotación, el cambio climático, la contaminación y la deforestación que hemos provocado (CEMDA, 2006).

La precipitación: es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Cuando el agua se evapora de la tierra va incrementando su altura el  $H_2O$  va disminuyendo su temperatura y se condensando lugar a las nubes que se mantienen flotando en el cielo. Cuando se acumula el  $H_2O$  incrementa su volumen, llega un momento que no aguanta el peso y es cuando este volumen cae a la tierra a lo que llamamos precipitación. (Precipitación = el  $H_2O$  que cae del cielo). La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en formas diferentes, como: lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie.

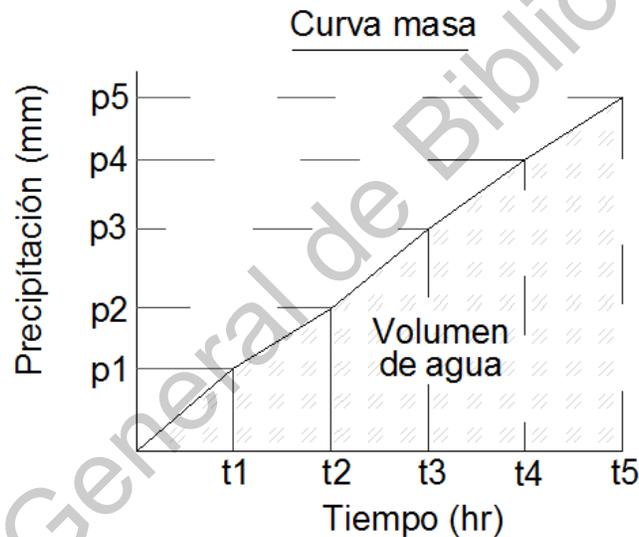
## 2.8 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE AGUA PLUVIAL.

La curva masa o curva de alturas de lluvia acumuladas; representa la altura total de lluvia caída desde el tiempo “0” (el origen) al tiempo “t” considerado, la Figura 2.17 muestra la suma de las precipitaciones en tiempos definidos. La pendiente en un punto cualquiera de la curva representa la intensidad instantánea de la curva en el momento considerado (Sáenz, 1999).

Intensidad: la relación entre precipitación del agua en un tiempo (Zepeda, 1980).

$$i = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} = \frac{dP}{dt} \quad (27)$$

Donde; i= intensidad (mm/hr), P= precipitación (mm), t= tiempo (hr).



p= precipitación

t= tiempo

Figura 2.17. Curva masa.

Hietograma: Es un gráfico que muestra la distribución de la variación de la altura de lluvia (su intensidad) con respecto a un intervalo de tiempo normalmente es representada con una gráfica de barras en donde las variables son el tiempo y la intensidad como se muestra en la Figura 2.18. Con el podremos estimar el volumen de agua que podríamos contar de acuerdo a la zona de estudio; con base a las mediciones del pluviómetro o del pluviógrafo dependiendo la exactitud en la medición (Zepeda, 1980).

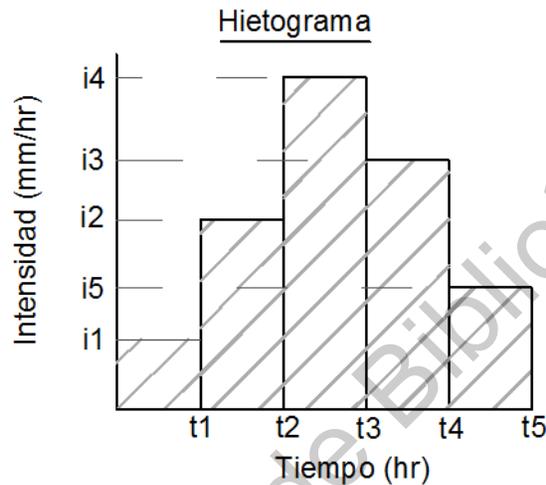


Figura 2.18. Hietograma.

La Tabla 2.1 muestra la manera de obtener el periodo de retorno (T), se puede definir como la frecuencia con la que se presenta un evento y el grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia (periodicidad) (Joel, 2011).

Tabla 2.1. Periodo de retorno y probabilidad de excedencia (Urra, 1995).

Fórmula	Probabilidad de excedencia	Período de retorno
California	$m/N$	$N/m$
Hazen	$(2m-1)/2N$	$2N/(2m-1)$
Weibull	$m/(N+1)$	$(N+1)/m$
Blom	$(m-3/8)/(N+1/4)$	$(N+1/4)/(m-3/8)$
Gringorten	$(m-0.44)/(N+0.12)$	$(N+0.12)/(m-0.44)$

Donde; m es el número de evento y N el total de eventos que se tiene.

Cálculo del periodo de retorno por el método de “Weibull”

En la Tabla 2.2 se tiene una serie de datos de precipitación, para la estación 16148 Zitácuaro (Michoacán) de una longitud de 40 años (Urrea, 1995).

Tabla 2.2. Registros de precipitaciones en los últimos 40 años; Michoacán

La tabla 2.2 a) muestra la precipitación obtenida en el estado de Michoacán de los años 1921 al 1940 y la tabla 2.2 b) muestra la precipitación de los años 1941 al 1960.

<b>Años</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Años</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
1921	29.6	1941	81.7
1922	78.8	1942	76.8
1923	74.2	1943	89.7
1924	67	1944	75.8
1925	111.7	1945	59.9
1926	80.9	1946	73
1927	93.4	1947	74.6
1928	88.3	1948	93.2
1929	75.7	1949	62.9
1930	70.1	1950	73.7
1931	102.9	1951	74.8
1932	63.3	1952	76.1
1933	82.2	1953	63.8
1934	66.5	1954	93.5
1935	88.8	1955	571
1936	87	1956	74.6
1937	89.8	1957	57
1938	70.4	1958	109.5
1939	62.6	1959	80.6
1940	73.4	1960	54

a)      b)

Teniendo una precipitación promedio de 89.32 mm de agua, Michoacán obtuvo 3,572.8 mm de agua en 39 años.

En la Tabla 2.3, se ordena la serie de mayor a menor, donde el evento de mayor magnitud tiene un valor de  $m=1$ , se calcula el periodo de retorno ( $T=(n+1)/m$ ) y la probabilidad de excedencia ( $P=1/T$ ) para calcular el porcentaje, solo se multiplica por 100.

Tabla 2.3. Obtención periodo de retorno (T) y probabilidad de excedencia (P), (Urra, 1995).

Años	Precipitación (mm)	Precipitación (ordenada)	m	T (años)	P	Porcentaje (%)
1921	29.6	111.7	1	41	0.024	2.4
1922	78.8	109.5	2	20.5	0.048	4.9
1923	74.2	102.9	3	1366	0.073	7.3
1924	67	93.5	4	10.25	0.097	9.8
1925	111.7	93.4	5	8.2	0.121	12.2
1926	80.9	93.2	6	6.83	0.146	14.6
1927	93.4	89.8	7	5.85	0.17	17.1
1928	88.3	89.7	8	5.12	0.195	19.5
1929	75.7	88.8	9	4.55	0.219	22
1930	70.1	88.3	10	4.1	0.243	24.4
1931	102.9	87	11	3.72	0.268	26.8
1932	633	82.2	12	3.41	0.292	29.3
1933	82.2	81.7	13	3.15	0.317	31.7
1934	66.5	80.9	14	2.92	0.341	34.1
1935	88.8	80.6	15	2.73	0.365	36.6
1936	87	78.8	16	2.56	0.39	39
1937	89.8	76.8	17	2.41	0.414	41.5
1938	70.4	76.1	18	2.27	0.439	43.9
1939	62.6	75.8	19	2.15	0.463	46.3
1940	73.4	75.7	20	2.05	0.487	48.8
1941	81.7	74.8	21	1.95	0.512	51.2
1942	76.8	74.6	22	1.86	0.536	53.7
1943	89.7	74.6	23	1.78	0.56	56.1
1944	75.8	74.2	24	1.7	0.585	58.5
1945	59.9	73.7	25	1.64	0.609	61
1946	73	73.4	26	1.57	0.634	63.4
1947	74.6	73	27	1.51	0.658	65.9

## Curvas IDF

Es la relación que existe entre la intensidad, duración y frecuencia (periodo de retorno) de una precipitación relacionando en un gráfico las tres variables anteriores.

Teniendo un volumen de agua podemos determinar la cantidad de energía que genera el agua cuando se mueve de un punto a otro; de acuerdo a la altura de cada punto, la energía cinética proporcionada y la energía potencial que posee.

Al igual que en el capítulo de cálculo de energía eléctrica, tenemos que tener claro algunos conceptos:

Flujo del agua: es el movimiento de un fluido respecto a dos puntos, expresando su magnitud con un sistema de coordenadas (Saldarriaga., 2007).

Flujo laminar: el flujo se mueve en capas sin intercambio de paquetes de fluido entre ellas

Flujo transición: se refiere al comportamiento del flujo de agua al pasar de un flujo laminar a un flujo turbulento

Flujo turbulento: El intercambio de paquetes de fluido entre las capas que se mueven a diferente velocidad (Ávila, 2002).

Osborne Reynolds; de la universidad de Cambridge, Inglaterra, propone la correcta descripción y formulación de los dos tipos de flujo entre los años 1880 y 1884.

Osborne Reynolds realizó un experimento en el cual ingresaba tinta dentro de tubos de vidrio con diferentes caudales y diferentes diámetros de tubos de vidrio, lo que le permitió observar resultados similares en relación a la presión cuyas unidades de medición son el Pascal (Pa).

$$\text{Número de Reynolds} = \text{vel} \frac{d\rho}{\mu} \quad (28)$$

Donde;

vel=velocidad  $\left(\frac{m}{s}\right)$ , d= diámetro tubería(m),  $\rho$ =densidad  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ ,  $\mu$ =viscosidad dinámica(Pa).

Tabla 2.4. Número de Reynolds para tuberías (Saldarriaga., 2007).

Tipo de flujo	Número de Reynolds= $v \frac{d\rho}{\mu}$
Laminar	0 a 2200
Transición	2200 a 4500
Turbulento	Mayor a 4500

Para canales el número de Reynolds se puede expresar como:

$$R_e = \frac{\text{vel} * R_h}{v} \quad (29)$$

Donde:  $R_e$ =Núm. Reynolds, vel=velocidad  $\left(\frac{m}{s}\right)$ ,  $R_h$ =radio hidráulico(m),  $v$ =viscosidad(Pa).

Tabla 2.5. Número de Reynolds para canales (Saldarriaga., 2007).

Tipo de flujo	Número de Reynolds= $\frac{V * R_h}{v}$
Laminar	0 a 500
Transición	500 a 12500
Turbulento	Mayor a 12500

El número de Froude represente al tipo de flujo subcrítico o supercrítico

$$F_r = \frac{Vel}{\sqrt{\frac{gA}{T}}} \quad (30)$$

Donde;

$F_r$ =Núm. Froude,  $vel$ =velocidad ( $\frac{m}{s}$ ),  $g$ =gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ),  $A$ =area( $m^2$ ),  $T$ =tirante( $m$ ).

Para el flujo de agua en canales cambia un poco podemos obtener la velocidad de fricción con la ecuación de Chezy, (Saldarriaga., 2007).

$$Vel = \sqrt{gR_h * S} \quad (31)$$

Donde;  $vel$ =velocidad ( $\frac{m}{s}$ ),  $g$ =gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ),  $R_h$ =radio hidráulico ( $m$ ),  $S$ =pendiente.

El teorema de Bernoulli (Daniel Bernoulli, 1738, en su obra hidrodinámica).

Describe el comportamiento de un fluido a lo largo de un recorrido.

La energía permanece constante a través de tu recorrido.

$$P_1 + \frac{\rho * vel_1^2}{2} + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{vel_2^2 \rho}{2} + \rho g Z_2 \quad (32)$$

Donde

$P$ = presión(Pa),  $vel$ = velocidad ( $\frac{m}{s}$ ),  $\rho$ =densidad ( $\frac{kg}{m^3}$ )  $g$ = gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ),  $Z$ = altura ( $m$ ).

El científico Darcy-Weisbach plantea que existen pérdidas por fricción en la fórmula de Bernoulli y plantea la siguiente ecuación (flujo laminar).

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (33)$$

Donde;

$h_f$ = pérdidas,  $f$ = coef. fricción ( $\frac{64}{Re}$ )  $L$ =longitud ( $m$ ),  $v$ = velocidad( $\frac{m}{s}$ ),  $d$ = diámetro ( $m$ ),  $g$ =gravedad( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ).

Lo que nos da como resultado la siguiente ecuación en la cual se obtiene la cantidad total de energía en un sistema (Ávila, 2002).

$$P1 + \frac{vel_1^2 \rho}{2} + pgZ1 = P2 + \frac{vel_2^2 \rho}{2} + pgZ2 + h_f \quad (34)$$

Donde;

P= presión(Pa), vel= velocidad ( $\frac{m}{s}$ ),  $\rho$ =densidad ( $\frac{kg}{m^3}$ ) g= gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ), Z= altura (m),

$h_f$  = pérdidas por fricción.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## 2.9 TRATAMIENTO DEL AGUA.

Existen varias actividades en las cuales la calidad del agua tiene que tener un mínimo de condiciones para que pueda desempeñar dicha actividad, es esencial para poder mejorar la calidad del agua en cuanto a color, olor y contaminantes que contiene que dicho volumen de agua pase por un tratamiento para que de esta manera el agua pueda desempeñar la actividad mencionada de la mejor manera posible.

La adsorción es un proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos.

El carbón es un mineral de origen orgánico constituido básicamente por carbono. Su formación es el resultado de la condensación gradual de la materia de plantas parcialmente descompuestas a lo largo de millones de años. Existen tres tipos básicos de carbón: lignito, hulla y antracita.

Los átomos situados en la parte exterior de la estructura cristalina disponen de fuerzas de atracción libre, lo que les permite atraer compuestos existentes en su inmediato alrededor.

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1,500 m<sup>2</sup>, por gramo de carbón.

Para la elaboración de carbón activado se parte de materiales tales como las cortezas de almendros, nogales o palmeras, otras maderas y carbón mineral.

Este carbón se obtiene calentando el material de que se trate al rojo vivo para expulsar los hidrocarburos, pero sin aire suficiente para mantener la combustión. A continuación y con el objeto de activar el carbón formado se expone este a un gas oxidante a altas temperaturas. Este gas desarrolla una estructura porosa en el carbón natural favoreciendo la aparición de superficies internas. Las propiedades superficiales que se obtienen como resultado dependen del material inicialmente empleado y del proceso exacto de elaboración, de modo que las variaciones posibles son muchas.

En la Tabla 2.6 se muestra las principales materias primas y tecnologías de activación utilizados en la producción de carbón activado, así como la dureza y el tamaño de poro de los productos obtenidos (Universidad Sevilla, 2006).

Tabla 2.6. Métodos para Activar el carbón y su condición respecto a cada método.

<b>Materia prima</b>	<b>Activación</b>	<b>Dureza o resistencia a la abrasión</b>	<b>Tamaño de poros</b>
Madera de pino	Deshidratación química	30-50	Macropóroso
Madera de pino	Térmica	40-60	Mesoporoso
Carbón mineral bituminoso	Térmica	70-80	Mesoporoso
Concha de coco	Térmica	90-99	Micropóroso

Purificar el agua es una serie de etapas en las cuales, se aplica alguna actividad al agua, mediante avanza el proceso la calidad del agua es mejor, en el mejor de los procesos el agua puede ser potable. La purificación del agua consiste en eliminar las impurezas suspendidas y disueltas en el agua; eliminando los olores y sabores desagradables disminuyendo los metales pesados que se encuentren en el agua potable.

Proceso de una planta purificadora de agua (Aguas de la península, 2019).

1. Almacenamiento del agua; en este proceso las partículas de mayor tamaño quedan depositados en el fondo del tanque (decantación).
2. Por medio de una bomba dirigir el agua al filtro de grava escalonada, filtrando contaminantes orgánicos e inorgánicos.
3. Filtro de malla intermedio: filtro de retención para las partículas de grano menor que puedan salir del filtro de malla escalonada.
4. Filtro de carbón de coco activado; retiene una gran cantidad de químicos, como combustibles bifenilos poli clorados, toxinas y desechos radioactivos, puede eliminar el plomo, cadmio, mercurio; siempre que los metales pesados se presenten en pequeñas cantidades. Elimina cloro, mal olor, microorganismos y patógenos como virus y bacterias. Mejora el color y sabor del agua.
5. Filtro de malla intermedia; destinada a filtrar partículas de carbón, de esta manera no perjudicar el filtro siguiente.
6. Filtro electromagnético; se encarga de separar las partículas positivas de las negativas para así ingresar al filtro de resina catiónica.
7. Filtro de resina catiónica; es un suavizador/ ablandador del agua remueve el calcio y el magnesio (tanque de fibra de vidrio no corrosivo al agua llenado con resina catiónica donde en el fondo tiene capas de grava).
8. Filtro ultravioleta; elimina el 99.99% de agentes patógenos, funciona mediante la radiación/iluminación del flujo del agua con una o más lámparas de silicio, cuarzo con longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros.
9. Filtro electromagnético; se encarga de separar las partículas positivas de las negativas para así ingresar al filtro de cartuchos.
10. Filtros de cartucho; con dimensiones de 15, 10, 5, 1 micra; filtros encargados de atrapar partículas de micro tamaño para que el agua pase de una forma más limpia a ósmosis inversa. Ósmosis inversa; ingreso del agua a membranas separando por este procedimiento metales pesados.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL.

El proyecto propone la instalación de un sistema de paneles solares y un recolector de agua a dos viviendas en el estado de Querétaro, con la intención de la continua producción de energía eléctrica en la primera vivienda y el almacenamiento del agua en la segunda vivienda logrando una mejor estructura que las convencionales. Al tener un uso continuo de estos artefactos, se consuma menos energía eléctrica y agua proporcionada por el estado teniendo un aporte positivo a la vida cotidiana del usuario y pueda ayudar al entorno. Se pretende demostrar matemáticamente mediante gráficos y tablas que se recuperaría la inversión de cada proyecto.

En el siguiente trabajo se explicaran procedimientos utilizados para producir, almacenar y distribuir energía eléctrica y agua, teniendo la opción de realizar un convenio con el estado o dar un uso personal.

En una forma metódica la estrategia a utilizar será:

1. La inversión del propietario o beneficiario.
2. Diseño/construcción del elemento acorde las necesidades de la situación.
3. Aprovechar los beneficios del producto y tener un control de los resultados.

Dividiremos el trabajo en dos:

- Producción de energía eléctrica.
- Recolección de agua.

Comenzaremos con la producción de energía eléctrica, el plan de acción que ejecutaremos es construir un panel solar conformado por células solares una vez que se tenga el panel y esté produciendo energía eléctrica se debe de decidir el futuro de la energía eléctrica que ya producimos para lo cual tenemos dos opciones:

- Conectar a un almacenador de energía (batería o capacitor) para guardar la energía eléctrica que produce y utilizarla en otro momento cuando la necesitemos
- Conectar el panel a un inversor y ejecutar un contrato con la CFE para realizar una interconexión.

La “Comisión federal de electricidad (CFE)” cuenta con un programa el cual establece que un usuario comienza a generar energía eléctrica, proporcionara la energía eléctrica a las instalaciones de CFE por medio de una interconexión y la CFE disminuya el recibo de pago de la luz o en gran escala recibir un pago monetario (Vásquez, 2017).

Después de la generación de energía eléctrica viene el almacenamiento o la transformación de la energía; ocupamos almacenadores tales como baterías o capacitores en el segundo caso utilizamos un inversor para cambiar de corriente directa; por lo general 12 V, a corriente alterna logrando un abastecimiento eléctrico de 120 V.

Muy bien, teniendo el sistema de generación de energía eléctrica continuaremos escribiendo sobre el programa de la CFE para poder disminuir el costo del recibo de luz con las siguientes especificaciones.

- Derivado de diversas disposiciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, su Reglamento, así como en el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012; ahora puedes instalar en tu domicilio o negocio, tu propia fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala y realizar un contrato de interconexión con CFE.
- Al hacerlo, además de ahorrar en tu gasto por concepto de consumo de energía, contribuirás en la utilización de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica, en el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y por ende, en la conservación del medio ambiente.
- Los requisitos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con CFE, son que tengas un contrato de suministro normal en baja tensión, que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE, y que la potencia de tu fuente no sea mayor de 10 kilo Watts (kW) si la instalaste en tu domicilio o de 30 kW si la instalaste en tu negocio.
- Para realizar un contrato de interconexión en mediana escala, los requisitos son que tengas un contrato de suministro normal en media tensión, que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE, y que la potencia de tu fuente no sea mayor de 500 kW.

La duración del contrato es indefinida y puede terminarse cuando lo desees, avisando a CFE 30 días antes (Vásquez, 2017).

Continuando con el siguiente tema el almacenamiento de agua, esto es muy sencillo. ¿Por qué las personas no recolectan el agua de la lluvia (precipitación)?

La pendiente mínima para que el agua fluya es 2%; por ejemplo si la longitud es de 1 metro o lo que es lo mismo 100 centímetros (cm) para tener una pendiente del 2% la altura que tendríamos que elevar de solo un lado serían 2 cm.

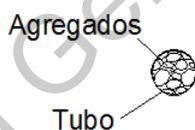
Una vez que se recolecte el agua se podrá almacenar para posteriormente adicionarle un tratamiento de filtración, esto no es tan complejo como parece, el simple hecho de adicionar un grupo de filtros granulares, la calidad de agua mejorará para darle varios usos por ejemplo; lavar la ropa, lavar los patios, lavar los platos, regar las plantas, etc.

En el caso de que se desee ingerir el agua que se está recolectando es necesario implementar otras técnicas, adicionar un tratamiento de purificación y posterior mente dar un tratamiento de potabilización al agua.

La forma de purificar el agua que recolectemos será; a través de filtros de agregados pétreos y algodón como se muestra la Figura 3.1.

**Purificador de agua:**

Vista Superior.



Vista Lateral.

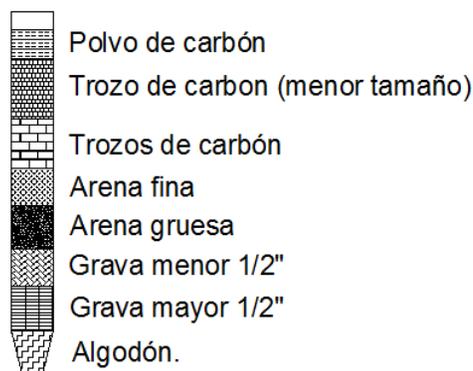


Figura 3.1. Filtros recomendados para mejorar la calidad del agua.

También Existe la posibilidad de que con el agua que estemos recolectando impulsar una bobina para poder generar energía eléctrica, posteriormente dirigir el agua para a un recolector y repetir el ciclo de la idea anterior.

Para el almacenamiento de agua se pretende dar la pendiente adecuada las superficies existentes de la vivienda para dirigir el agua generada por la precipitación hacía un punto estratégicamente planeado y de esta manera podamos recolectar el agua.

Para el correcto diseño del recolector de agua y del sistema de paneles solares se requiere una recolección datos en el consumo de agua y energía eléctrica de las viviendas como se observa en la Figura 3.2, con estos datos sabremos el volumen de agua y la cantidad de energía eléctrica que necesitamos generar.



Figura 3.2. Recibos de luz y agua de las viviendas.

Estimando el consumo promedio de agua y energía eléctrica, se puede calcular el tamaño óptimo del sistema de paneles solares y los recolectores de agua.

Para la construcción de los recolectores de agua y paneles solares seguiremos los siguientes pasos:

- Recolección de datos de consumo de energía eléctrica y agua.
- Construcción de un recolector de agua y un sistema de paneles solares con dimensiones aleatorias.
- Recolectar los resultados del recolector de agua y el sistema de paneles solares, para poder hacer gráficos en los que se vea el aporte a las viviendas en cuanto a energía eléctrica y recolección de agua.
- Realizar la estimación teórica del recolector de agua y sistema de paneles solares que se necesitaría para producir el consumo total de agua y energía eléctrica de las viviendas.

La Figuras 3.3 y la Figura 3.4 son diagramas de flujo para la producción y uso de paneles solares, así como la captación y uso del agua.

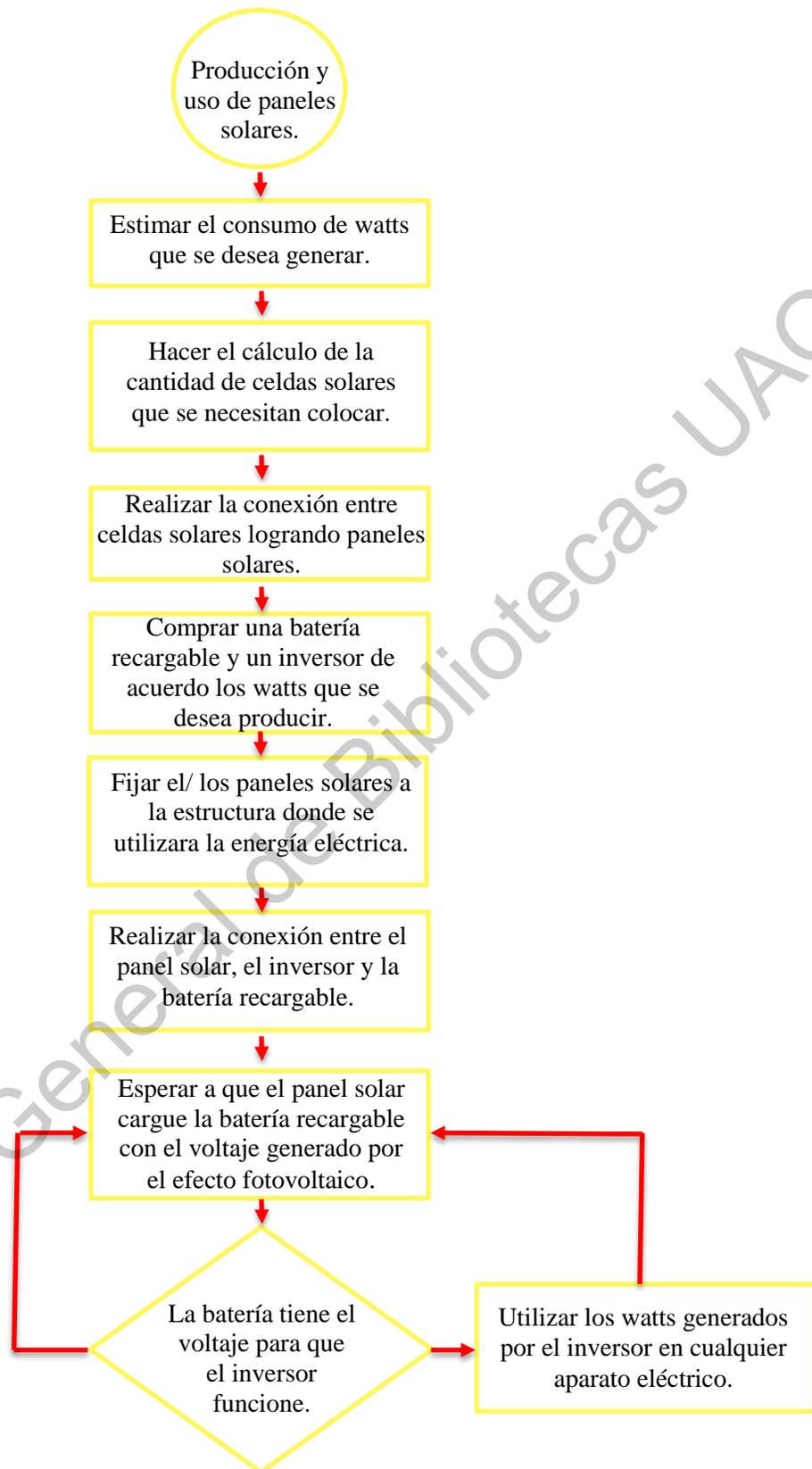


Figura 3.3. Diagrama de flujo, paneles solares.

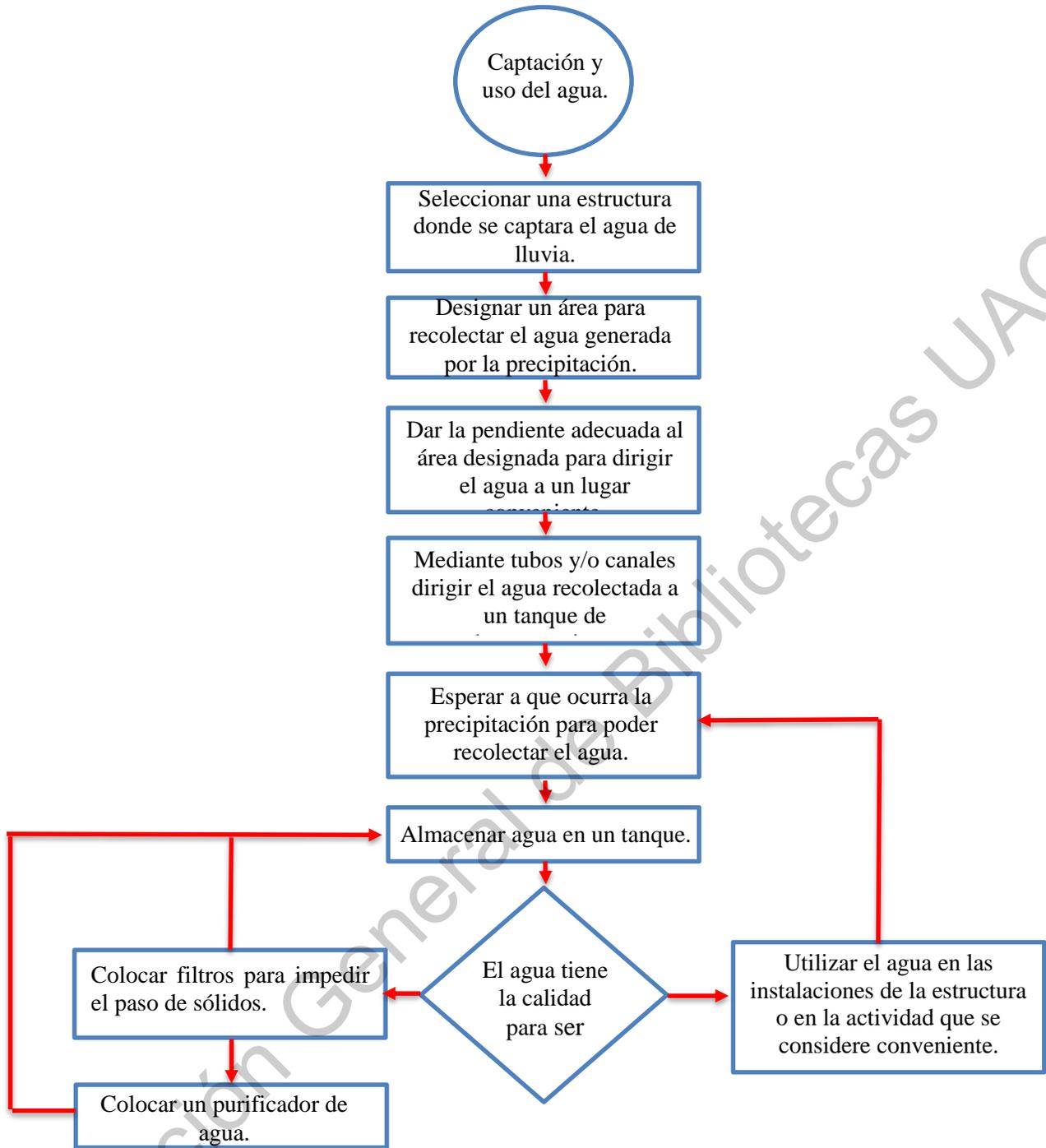


Figura 3.4. Diagrama de flujo, recolectores de agua.

Todo con el objetivo de lograr un cambio en la manera de construir y tener una alternativa de producción de agua y energía eléctrica para que el usuario pueda aprovechar al máximo su estructura y en el caso de tener sobrantes poder utilizarlos a conveniencia.

### 3.2 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA; PANELES SOLARES.

Para la parte de energía eléctrica, se colocó un panel solar sobre una vivienda para abastecer de energía eléctrica a una ferretería; el panel solar cuenta con 36 células solares de 3x6 in, conectadas en serie, proporcionando un voltaje de 18 V, un amperaje de 0.1 A; estas celdas solares funcionan como una fuente constante de energía eléctrica las cuales conectaremos en paralelo a una batería recargable de 12 V y 4.5 A, para almacenar la energía eléctrica posteriormente se conecta en paralelo un inversor de 750 W transformando los 12 V (corriente directa) a 120 V (corriente alterna); una vez terminado este proceso podremos utilizar la energía eléctrica proporcionada por el inversor; los watts generados por el inversor dependerá del voltaje y amperaje proporcionados por las baterías . Para regular la energía eléctrica que el panel solar proporciona a la batería y conectar el inversor al mismo tiempo es necesario un controlador de carga, la Figura 3.5 ilustra el sistema de paneles solares.

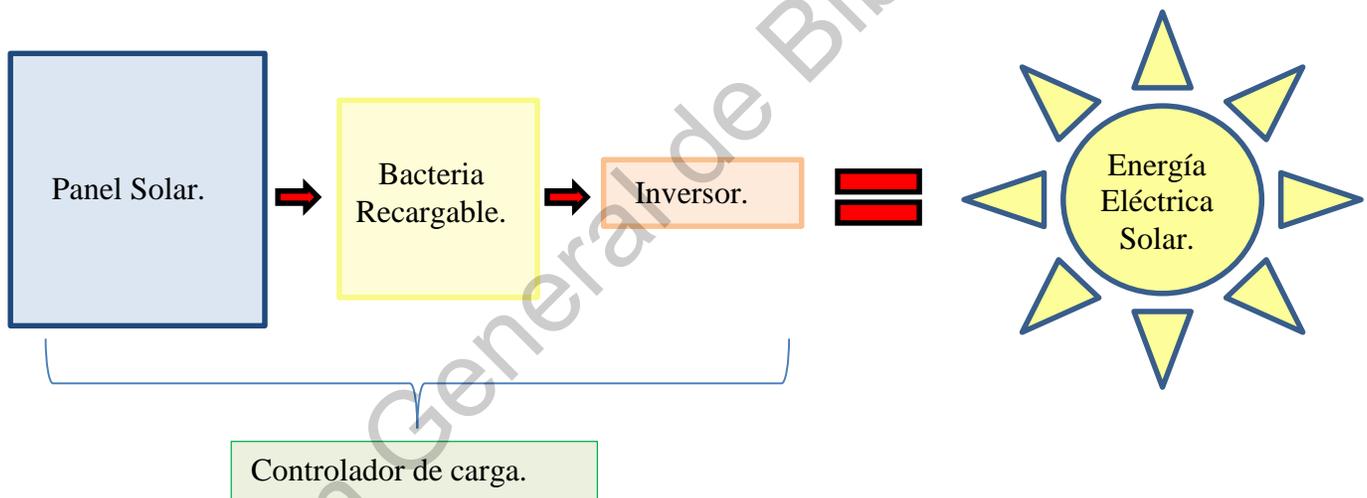


Figura 3.5. Diagrama producción de energía eléctrica.

La figura 3.6 muestra la vista lateral del panel solar instalado en la vivienda generando 18 V y 0.1 A.



Figura 3.6. Panel solar.

En la figura 3.7 se observa la batería recargable de 12 V, 4.5 A, corriente directa, la cual recibe toda la energía proporcionada por el panel solar.

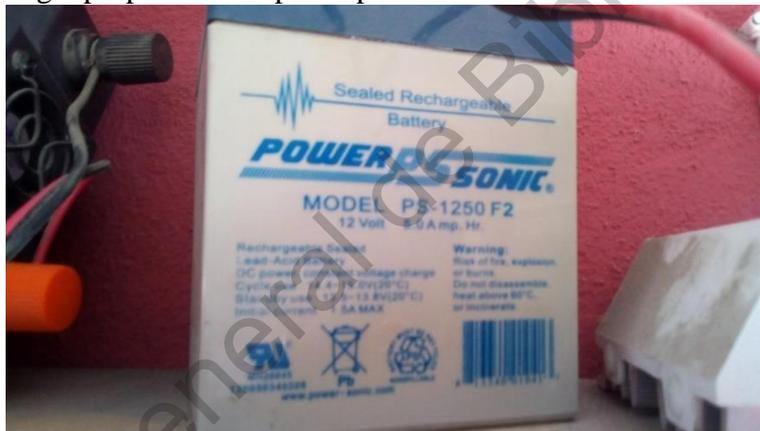


Figura 3.7. Batería recargable.

En la figura 3.8 se observa el controlador de carga; aparato encargado de relacionar la energía de los tres elementos evitando que se generen saltos de energía con la ayuda de un fusible.



Figura 3.8. Controlador de carga.

La figura 3.9 muestra el inversor utilizado, aparato encargado de convertir corriente directa (12 V) a corriente alterna (120 V), los watts que se producen depende del amperaje que ingrese al inversor.



Figura 3.9. Inversor.

La figura 3.10 muestra el sistema de los paneles solares utilizado para poder generar energía eléctrica la cual puede ser usada de la manera que se considere conveniente, en la imagen.



Figura 3.10. Sistema de paneles solares.

Cálculo de Watts a generar:

Con el objetivo de generar 250 W se propone utilizar los componentes de la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. Energía eléctrica, Sistema de paneles solares.

<b>Inversor</b>					
<b>Componentes</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Puerto USB</b>	<b>Batería recargable</b>	<b>Panel Solar</b>
Voltaje (V)	12.00	120.00	5.00	12.00	18.00
Corriente (A)	69.00	6.25	0.50	5.00	0.10
Potencia (W)	828.00	750.00	2.50	60.00	1.80
Resistencia (Ω)	0.17	1.73	10.00	4.00	180.00
Frecuencia (Hz)	-	60.00	-	-	-

\*Hz= Hertz

Por lo que analizaremos el problema de la siguiente manera para poder generar los 250 W. Si la batería proporciona 12 V al inversor, entonces

$$250 W = A * 12V$$

$$A = \frac{250 W}{12 V}$$

$$\text{Corriente} = 20.83 A$$

Por lo que para producir 250 W es necesario que la batería proporcione al inversor 20.83 A mínimo para lograr el objetivo, es correcto ya que el amperaje límite del inversor es 69 A.

Por lo que el arreglo de las baterías para ser conectadas al inversor sería:

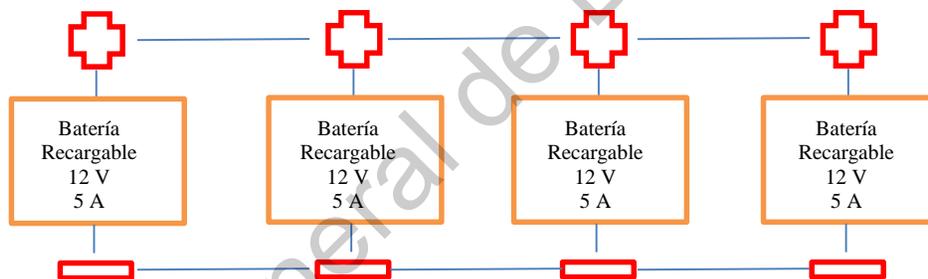


Figura 3.11. Arreglo de baterías para el sistema.

En la Figura 3.11 se muestran 4 baterías y sus polaridades (positivo, negativo) conectas en paralelo para que se sumen el valor de sus corrientes  $5+5+5+5=20$  A que son los que necesitamos para poder hacer funcionar el inversor y generar 250Wh.

### 3.3 CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL.

Se pretende diseñar una superficie que pueda captar la precipitación para de esta manera poder dirigir el volumen de agua recolectado a un lugar donde podremos almacenarla y si es necesario mejorar la calidad del agua; con el objetivo de posteriormente pueda ser utilizado dicho volumen de agua.

En una casa habitación se le dio la pendiente del 2% a un área de 3.6 x 2.7 m, dirigiendo el agua que se recolecte por precipitación, hacia una esquina de dicha área, donde colocaremos un tubo de Termoplástico obtenido del Cloruro de Vinilo (PVC) de 4 in para dirigir el agua hacia un purificador de agua y posteriormente a botes de 19 litros (L) donde recolectaremos el agua para en un futuro pueda ser usada.

La Figura 3.12 muestra el área de captación de agua; siendo una losa de la azotea en la vivienda (3.6m, 2.7m) con la cual se recolecto la precipitación que se concentro en la misma



Figura 3.12. Área de recolección.

En la figura 3.13 se muestra el tubo PVC por donde se pretende concentrar el agua de la precipitación que se recolecte.



Figura 3.13. Tubo de distribución.

La figura 3.14 se observa el agua recolectada en un bote de 19 L, de esta manera podemos hacer mediciones del volumen de agua que recolectemos, el agua tiene una tonalidad café y es necesario realizar un proceso de purificación, con esta calidad de agua se pueden regar las plantas.



Figura 3.14. Agua recolectada.

Después de un proceso de purificación la Figura 3.15 muestra la calidad final del agua recolectada después del proceso de purificación, como se muestra en la Figura 3.1, si se desea consumir el agua es necesario potabilizar el agua (rayos ultravioleta o hirviendo el agua).



Figura 3.15. Agua filtrada.

Para comenzar con el análisis de cuanta agua podemos recolectar es necesario la obtención de las precipitaciones en un lugar, por ejemplo la CONAGUA, ofrece los datos de las precipitaciones de cada mes de cada estado de la república mexicana incluyendo algunos datos climatológicos (CONAGUA, 2019).

Con estos datos se puede obtener la precipitación media anual este valor se mide en mm de altura (método aritmético). La precipitación media anual ( $P_{an}$ ) es el promedio de las precipitaciones mensuales del año (Bateman, 2007).

$$P_{an} = \frac{\sum_{\text{mes=enero}}^{\text{Diciembre}} P_{\text{mes}}}{12} \quad (35)$$

Donde;  $P_{an}$ = Precipitación media anual (mm),  $P_{\text{mes}}$ = precipitación de los meses del año (mm).

La Tabla 3.2 muestra la precipitación obtenida en todos los estados de la república mexicana en el año 2018 donde Tabasco y Morelos son los estados donde hay mayor precipitación. La Tabla 3.3 contiene las precipitaciones del año 2019 mostrando nuevamente a Tabasco como el mejor estado para recolectar agua.

Tabla 3.2. Precipitaciones en los estados de la república mexicana 2018.  
 La Tabla 3.2 a) muestra las precipitaciones del primer semestre del año 2018 en México.

<b>Entidad</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>
Aguascalientes	35.5	28.6	0.0	10.6	44.7	226.2	77.7
Baja California	14.4	12.8	4.8	0.3	0.4	0.6	3.9
Baja California Sur	0.6	9.1	0.0	0.0	0.0	15.3	6.9
Campeche	105.7	19.2	15.5	120.0	45.8	160.5	164.1
Coahuila	0.7	7.0	2.4	7.2	11.7	30.8	29.0
Colima	5.2	2.6	0.0	0.0	19.0	317.3	140.5
Chiapas	99.6	20.0	30.1	101.7	165.2	237.8	117.8
Chihuahua	0.1	19.2	1.8	0.9	4.4	45.9	97.1
Ciudad de México	7.9	7.7	12.2	44.5	59.1	127.4	85.9
Durango	2.4	12.2	0.1	1.7	8.3	72.1	63.9
Guanajuato	3.5	13.8	0.8	12.6	52.1	268.6	70.3
Guerrero	1.7	15.2	1.4	13.3	60.8	280.3	93.7
Hidalgo	27.1	16.2	14.8	48.6	29.5	111.5	40.9
Jalisco	14.8	17.5	0.1	2.2	57.7	201.4	147.8
Estado de México	11.5	16.2	6.8	41.7	89.5	241.2	112.6
Michoacán	15.4	16.2	0.4	6.6	80.1	246.8	118.8
Morelos	1.6	2.6	4.0	58.3	166.6	565.0	104.9
Nayarit	3.5	4.1	0.0	0.2	7.2	171.8	219.4
Nuevo León	16.5	18.0	3.6	53.8	47.9	82.0	37.8
Oaxaca	25.0	13.6	20.5	49.3	73.2	231.7	86.2
Puebla	32.4	14.3	29.7	84.6	72.1	260.1	76.9
Querétaro	9.2	10.0	2.8	24.1	39.5	161.8	31.4
Quintana Roo	89.8	19.1	50.0	78.0	160.6	230.2	90.7
San Luis Potosí	19.5	20.8	7.3	41.6	47.4	131.6	25.1
Sinaloa	0.4	14.7	0.1	0.1	0.6	89.3	148.5
Sonora	1.6	34.3	0.9	0.1	0.3	43.1	120.1
Tabasco	323.9	58.3	49.3	109.5	59.5	129.9	109.5
Tamaulipas	27.3	12.4	12.2	79.0	62.6	124.7	26.2
Tlaxcala	5.6	10.3	5.7	65.8	45.7	149.4	52.1
Veracruz	112.7	37.2	57.4	90.1	35.1	154.0	130.6
Yucatán	55.2	5.8	15.1	57.1	118.8	170.0	97.3
Zacatecas	24.3	22.8	0.2	6.9	27.4	126.4	55.6
Nacional	25.7	17.6	9.1	28.3	39.0	121.5	83.8

a)

La tabla 3.2 b) muestra las precipitaciones del segundo semestre del año 2018 en México y la suma de las precipitaciones de cada mes siendo Tabasco y Morelos los estados que mas agua reciben por la precipitación.

<b>Entidad</b>	<b>Ago</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Aguascalientes	97.3	123.1	83.3	40.5	1.2	768.7
Baja California	5.5	7.5	40.7	9.9	24.7	125.3
Baja California Sur	19.6	76.6	21.5	0.5	13.0	163.2
Campeche	241.5	202.1	160.9	127.2	27.4	1389.8
Coahuila	41.0	172.8	67.4	7.7	19.3	396.8
Colima	298.9	337.0	292.3	198.3	0.6	1611.7
Chiapas	257.0	301.0	224.9	118.4	31.7	1705.3
Chihuahua	122.4	110.4	52.0	3.3	33.1	490.8
Ciudad de México	198.2	120.7	86.8	31.1	4.8	796.2
Durango	89.8	168.8	70.8	8.8	21.7	520.5
Guanajuato	146.3	165.2	65.5	50.4	1.2	850.3
Guerrero	256.6	197.1	188.7	58.9	4.5	1159.0
Hidalgo	79.6	72.4	93.3	35.2	6.6	574.6
Jalisco	206.9	201.6	149.8	75.9	1.7	1075.9
Estado de México	223.9	172.2	112.6	64.5	4.8	1098.7
Michoacán	215.0	161.9	147.4	100.9	4.8	1114.1
Morelos	459.3	312.8	213.6	74.4	0.6	1963.7
Nayarit	367.8	379.4	168.6	30.5	3.9	1356.4
Nuevo León	21.3	226.9	46.6	14.2	16.6	585.2
Oaxaca	208.4	178.6	257.9	44.1	28.6	1217.1
Puebla	238.8	173.1	167.3	84.8	13.6	1247.7
Querétaro	71.7	110.2	58.6	31.1	3.8	554.1
Quintana Roo	129.5	146.8	162.3	82.2	67.0	1306.1
San Luis Potosí	67.0	164.1	74.6	30.9	5.5	635.4
Sinaloa	291.1	320.4	70.5	5.6	51.1	1001.3
Sonora	147.8	109.0	81.8	1.0	25.9	565.9
Tabasco	195.7	218.1	253.7	358.8	99.4	1965.5
Tamaulipas	29.4	203.5	75.3	18.4	6.9	678.0
Tlaxcala	124.6	88.4	64.2	46.9	3.3	662.0
Veracruz	218.0	197.6	332.5	93.8	67.1	1516.1
Yucatán	159.2	137.3	87.0	67.4	28.5	998.7
Zacatecas	82.6	179.4	60.1	23.8	5.0	614.5
Nacional	139.1	166.0	110.7	39.6	23.4	803.7

b)

Tabla 3.3. Precipitaciones en los estados de la república mexicana 2019.

<b>Entidad</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Anual</b>
Aguascalientes	11.3	0.0	0.4	0.0	11.8
Baja California	17.8	49.5	13.4	1.2	81.8
Baja California Sur	11.1	3.1	6.1	0.0	20.3
Campeche	26.7	14.2	34.6	32.7	108.1
Coahuila	6.9	0.6	11.3	12.3	31.2
Colima	5.7	0.1	0.1	0.0	5.8
Chiapas	39.8	28.5	34.6	14.0	116.8
Chihuahua	15.2	13.8	11.5	1.0	41.4
Ciudad de México	5.3	5.7	7.2	4.3	22.5
Durango	6.6	0.7	0.7	0.0	8.0
Guanajuato	3.3	0.8	0.9	0.3	5.3
Guerrero	1.0	0.4	0.7	0.4	2.5
Hidalgo	12.3	7.9	11.3	6.8	38.3
Jalisco	8.4	1.1	0.1	0.1	9.8
Estado de México	4.1	5.8	6.7	7.3	23.9
Michoacán	8.1	1.0	0.7	1.4	11.2
Morelos	1.5	1.2	2.3	0.5	5.5
Nayarit	1.4	0.5	0.0	0.0	1.9
Nuevo León	22.5	2.8	38.2	13.9	77.4
Oaxaca	14.9	4.7	9.6	8.5	37.7
Puebla	6.8	9.1	11.4	8.0	35.4
Querétaro	7.5	2.3	4.6	2.7	17.0
Quintana Roo	67.0	62.0	20.0	57.0	206.0
San Luis Potosí	14.2	3.4	13.7	2.2	33.4
Sinaloa	11.3	1.2	4.8	0.0	17.3
Sonora	23.8	36.2	35.1	0.8	95.9
Tabasco	126.7	82.4	91.7	19.2	320.0
Tamaulipas	25.2	7.5	36.2	10.1	79.0
Tlaxcala	1.3	5.2	4.7	6.3	17.5
Veracruz	50.6	15.5	30.3	8.0	104.5
Yucatán	48.4	42.7	19.0	21.5	131.6
Zacatecas	8.9	0.4	6.3	0.3	15.8
Nacional	19.0	13.7	16.2	6.6	55.4

Mediante el uso de una curva masa y un hietograma se puede obtener el volumen aproximado del agua que se podría recolectar, a continuación se realizara el cálculo de volumen de agua para el estado de Querétaro, la Tabla 3.4 muestra las precipitaciones de los meses de año 2018 en Querétaro (CONAGUA, 2019).

Tabla 3.4. Milímetros de precipitación; Querétaro, 2018.

<b>Año.</b>	<b>Mes.</b>	<b>MM (Precipitación)</b>
2018	Enero	9.2
2018	Febrero	10.0
2018	Marzo	2.8
2018	Abril	24.1
2018	Mayo	39.5
2018	Junio	161.8
2018	Julio	31.4
2018	Agosto	71.7
2018	Septiembre	110.2
2018	Octubre	58.6
2018	Noviembre	31.1
2018	Diciembre	3.8

Con estos datos podemos hacer un grafica tipo curva masa, la Figura 3.16 muestra la suma de las precipitaciones de los meses en el estado de Querétaro en el año 2018.



Figura 3.16. Curva masa anual, Querétaro, año 2018.

En este caso la precipitación anual del estado de Querétaro es de 554.2 mm y la

$$\text{precipitación media anual es de } \frac{554.2 \text{ mm}}{12} = 46.18 \text{ mm.}$$

También con los datos anteriores podemos hacer un hietograma anual para el estado de Querétaro con los datos del año 2018 como se muestra en la Figura 3.17.

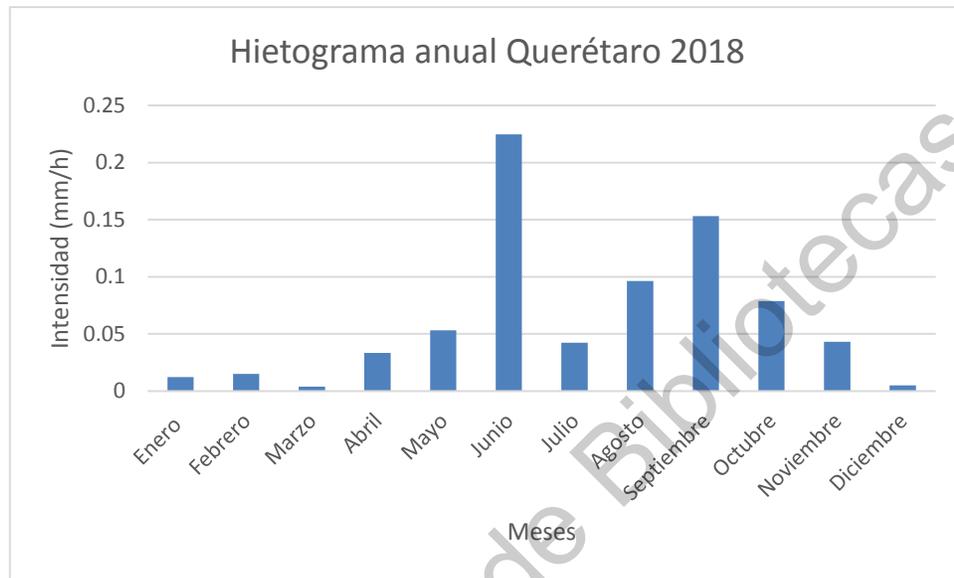


Figura 3.17. Hietograma anual del estado de Querétaro para el año 2018.

En el gráfico anterior podemos observar que el mes de junio fue el que presentó la máxima intensidad y que la mayor cantidad de agua que obtendremos.

Para determinar con una mayor precisión el volumen de agua que podemos obtener, en relación a la ubicación de una vivienda, se ocupan dos métodos:

- Polígonos de Thiessen.
- Método de isoyetas.

Polígonos de Thiessen (Bateman, 2007).

Procedimiento:

1. Localizar en un mapa las estaciones pluviométricas cercanas a la ubicación de donde se desea conocer el volumen de agua que se puede recolectar.
2. Unir las estaciones con líneas rectas y que no se crucen; formando triángulos.
3. Se traza la mediatriz con líneas perpendiculares y la prolongaremos hasta que intersecte con otra línea.
4. Borrar las líneas del paso 2.
5. Calcular la precipitación media de la ubicación con la siguiente formula:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (36)$$

Donde;  $P_m$ =precipitación promedio (mm),  $P_i$ =precipitación (mm),  $A_i$ =Área (m<sup>2</sup>).

*Método de isoyetas* (Bateman, 2007).

1. Localizar en un mapa las estaciones pluviométricas cercanas a la ubicación de donde se desea conocer el volumen de agua que se puede recolectar.
2. Unir las estaciones con líneas rectas y que no se crucen; formando triángulos.
3. Dividir las líneas proporcionalmente en relación al valor de las precipitaciones de las estaciones.
4. Unir con líneas los puntos con los mismos valores; formando curvas de precipitación (Isoyetas).
5. Borrar las líneas del paso 2.
6. Calcular la precipitación media de la ubicación con la siguiente formula.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_u * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \rightarrow P_u = P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}} \quad (37)$$

Donde;

$P_m$ =precipitación promedio (mm),  $P_i$ =precipitación (mm),  $A_i$ =Área(m<sup>2</sup>),  $P_u$ =precipitación ultima(mm).

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En esta parte del trabajo se mostrara el consumo mensual y bimestral que pueden tener viviendas tipo casa habitación con base a los recibos de luz proporcionados por la CFE y los recibos de agua proporcionados por la Comisión estatal de aguas (CEA).

A continuación se muestran tres tablas y seis graficas con el consumo de energía eléctrica de tres viviendas, de dos niveles, con tres habitantes dentro de cada vivienda. La Tabla 3.5 muestra el consumo de energía eléctrica de la casa 1 desde el año 2016 hasta el 2018 gastando en promedio \$2 pesos por día desde dicho año.

Tabla 3.5. Consumo de energía eléctrica en casa habitación 1.

Ubicación	Fecha inicio	Fecha fin	Días	Consumo kWh	Costo (pesos)	Costo por día (pesos)
Paseo de las campanas 102 3B EX Hda Santana C.P.76116	17/07/2018	17/09/2018	62	161	160	2.58
	17/05/2018	17/07/2018	61	222	220.62	3.62
	20/03/2018	17/05/2018	58	163	161.99	2.79
	17/01/2018	20/03/2018	62	206	204.72	3.30
	15/11/2017	17/01/2018	63	142	141.12	2.24
	15/09/2017	15/11/2017	61	156	155.03	2.54
	18/07/2017	15/09/2017	59	142	141.12	2.39
	18/05/2017	18/07/2017	61	199	197.76	3.24
	17/03/2017	18/05/2017	62	147	146.09	2.36
	16/01/2017	17/03/2017	60	155	154.04	2.57
	17/11/2016	16/01/2017	60	149	148.07	2.47
15/09/2016	17/11/2016	63	197	195.78	3.11	

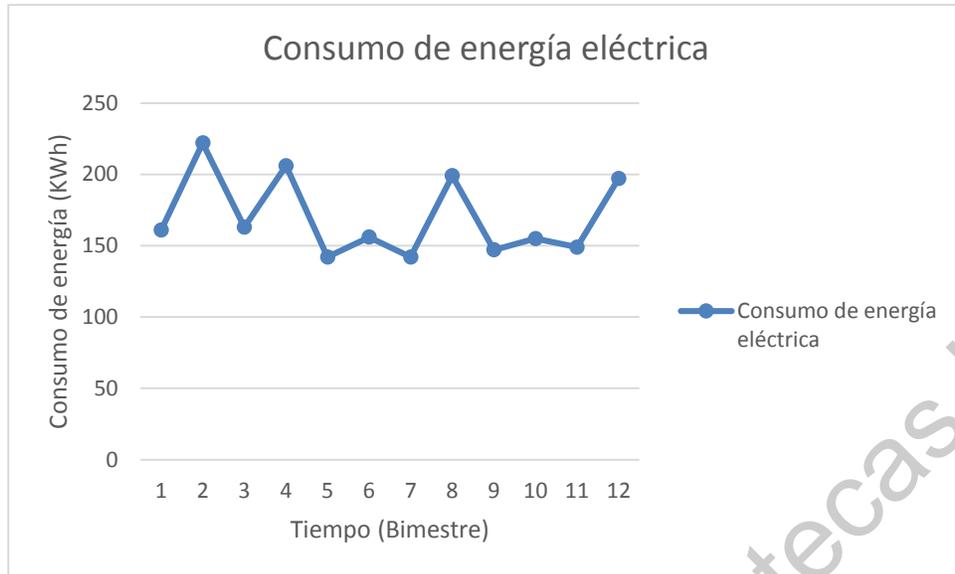


Figura 3.18. Consumo kWh, casa habitación 1

La Figura 3.18 muestra la cantidad de energía eléctrica que se consume en la vivienda 1, teniendo un consumo promedio de 169.91 kWh, la Figura 3.19 muestra el costo por el consumo de energía eléctrica, los usuarios pagan al bimestre \$168.86 pesos, pagando \$1013.17 pesos al año por el consumo de energía eléctrica.

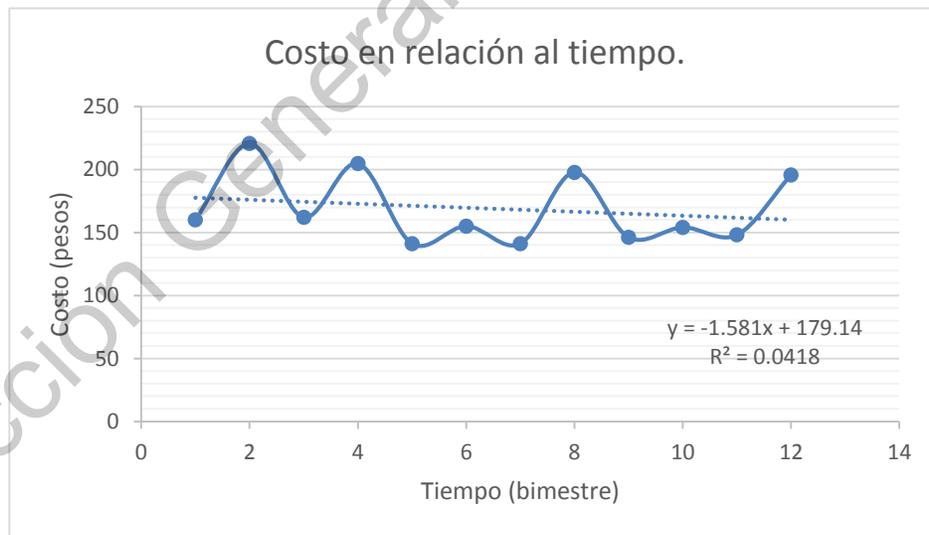


Figura 3.19. Costo de energía eléctrica en relación al tiempo, casa habitación 1.

Tabla 3.6. Consumo de energía eléctrica en casa habitación 2.

Ubicación	Fecha inicio	Fecha fin	Días	Consumo kWh	Costo (pesos)	Costo por día (pesos)
Cerro de la cruz 109-09 EX Hda Santana C.P.76116	17/07/2018	17/09/2018	62	268	287	4.63
	17/05/2018	17/07/2018	61	291	311.63	5.11
	20/03/2018	17/05/2018	58	256	274.15	4.73
	17/01/2018	20/03/2018	62	362	387.66	6.25
	15/11/2017	17/01/2018	63	356	381.24	6.05
	15/09/2017	15/11/2017	61	323	345.90	5.67
	18/07/2017	15/09/2017	59	273	292.35	4.96
	18/05/2017	18/07/2017	61	269	288.07	4.72
	17/03/2017	18/05/2017	62	361	386.59	6.24
	16/01/2017	17/03/2017	60	285	305.21	5.09
	17/11/2016	16/01/2017	60	279	298.78	4.98
	15/09/2016	17/11/2016	63	296	316.99	5.03

En la tabla 3.6 y la figura 3.20 se muestra el consumo de energía eléctrica en la vivienda dos teniendo un consumo promedio de energía eléctrica de 301.58 kWh superado el consumo promedio de la vivienda 1.

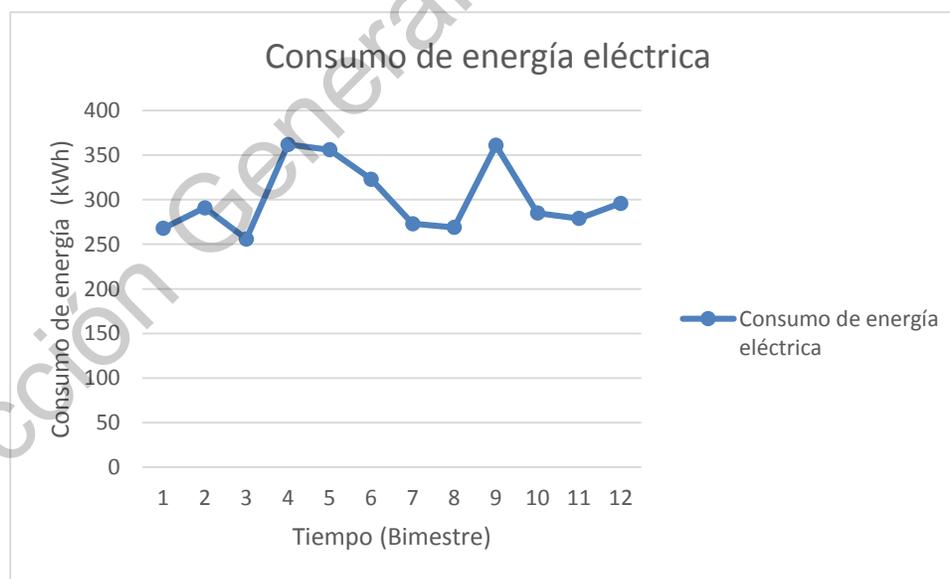


Figura 3.20. Consumo de kWh en relación al tiempo, casa habitación 2.

La Figura 3.21 muestra el costo de la energía eléctrica para la vivienda 2, pagando en promedio al bimestre \$322.96 pesos, pagando \$1937.79 pesos al año.

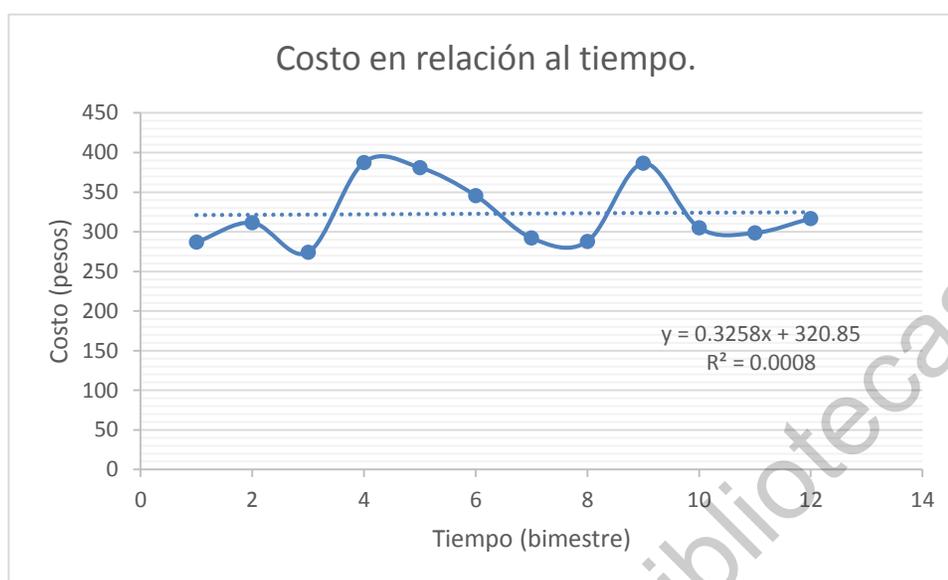
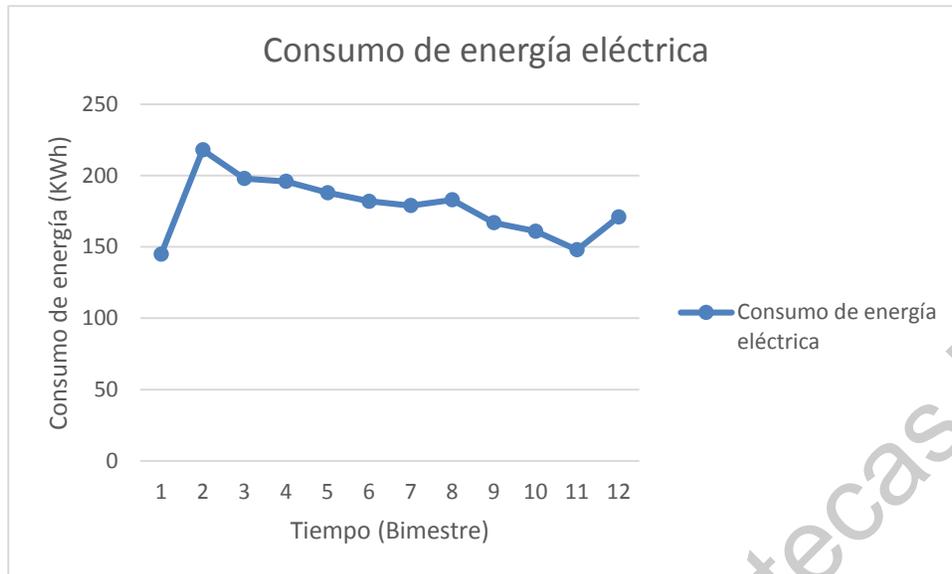


Figura 3.21. Costo de energía eléctrica en relación al tiempo, casa habitación 2.

La Tabla 3.7 muestra el consumo de energía eléctrica de la vivienda 3.

Tabla 3.7. Consumo de energía eléctrica en casa habitación 3.

Ubicación	Fecha inicio	Fecha fin	Días	Consumo kWh	Costo (pesos)	Costo por día (pesos)
Cerro de la cruz 109-03 EX Hda. Santana C.P.76116	17/07/2018	17/09/2018	62	145	142	2.29
	17/05/2018	17/07/2018	61	218	213.49	3.50
	20/03/2018	17/05/2018	58	198	193.90	3.34
	17/01/2018	20/03/2018	62	196	191.94	3.10
	15/11/2017	17/01/2018	63	188	184.11	2.92
	15/09/2017	15/11/2017	61	182	178.23	2.92
	18/07/2017	15/09/2017	59	179	175.30	2.97
	18/05/2017	18/07/2017	61	183	179.21	2.94
	17/03/2017	18/05/2017	62	167	163.54	2.64
	16/01/2017	17/03/2017	60	161	157.67	2.63
	17/11/2016	16/01/2017	60	148	144.94	2.42
15/09/2016	17/11/2016	63	171	167.46	2.66	



Figura; 3.22. Consumo de kWh en relación al tiempo, casa habitación 3

La Figura 3.22 muestra el consumo de energía eléctrica de la vivienda 3 consumiendo 178 kWh, la Figura 3.23 muestra el costo por la energía eléctrica, la vivienda 3 paga en promedio al bimestre \$174.32 pesos, pagando al año \$1045.90 pesos. Se podría afirmar que cada kWh para casas habitación tendría un costo aproximado de \$1 peso.

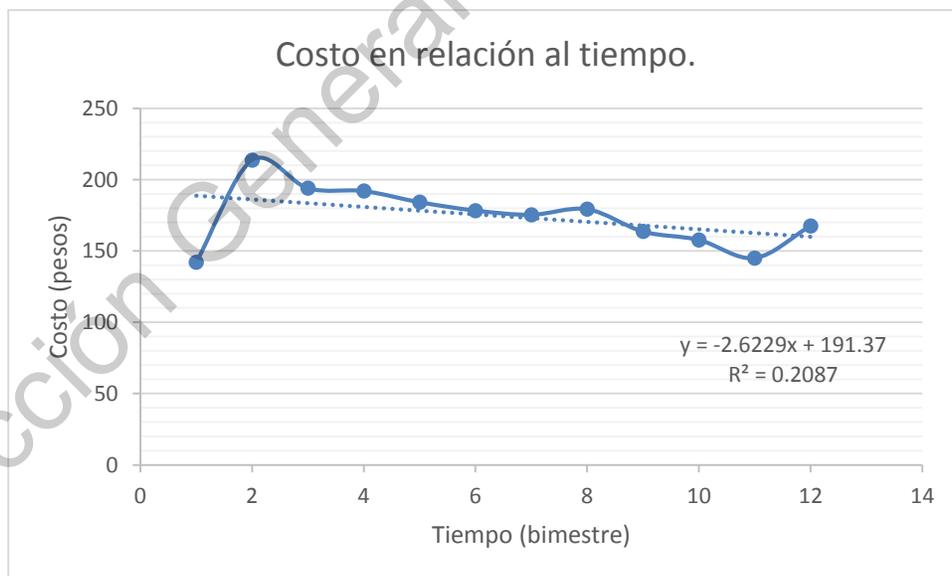


Figura 3.23. Costo de energía eléctrica en relación al tiempo, casa habitación 3.

En la Tabla 3.8 se observa el consumo de agua de una vivienda tipo casa habitación, de dos niveles con tres habitantes dentro de ella, que será la vivienda donde se colocara el recolector de agua; esta información se recaba de los recibos del agua proporcionados por la CEA cada mes desde el año 2011 al año del 2015.

Tabla 3.8. Costo de agua en casa habitación 2.

Ubicación	Fecha	Volumen de agua (m3)	Costo (pesos)	Costo por m3
	23sep-22oct-2015	9	177	19.67
	26mar-28abr-2014	14	224	16.00
	25feb-26mar-2014	8	141	17.63
	24ene-25feb-2014	11	190	17.27
	24dic-24ene-2014	8	143	17.88
	25nov-24dic-2014	12	200	16.67
	23oct-25nov-2013	10	173	17.30
	24sept-23oct-2013	10	173	17.30
	25jul-26ago-2013	13	194	14.92
	25jun-25jul-2013	6	127.85	21.31
	27may-25jun-2013	8	147.14	18.39
Cerro de	25abr-27may-2013	10	165	16.50
La cruz	25mar-25abr	13	190.75	14.67
No.109, 9.	25feb-25mar-2013	8	144.48	18.06
	24ene-25feb-2013	13	153.6	11.82
	07-mar-13	9	123.9	13.77
	26nov-26dic-2012	1	65.4	65.40
	26oct-26nov-2012	1	64.2	64.20
	25sep-23oct-2012	2	70.83	
	23ago-25sep-2012	6	103	17.17
	20jul-23ago-2012	4	73.9	18.48
	22jun-20jul-2012	2	50	25.00
	24may-22jun-2012	1	52	52.00
	24feb-23mar-2012	9	99.2	11.02
	24ene-23feb-2011	13	117.5	9.04
	22dic-24ene-2011	7	83.5	11.93
	24nov-22dic-2011	8	89.54	11.19

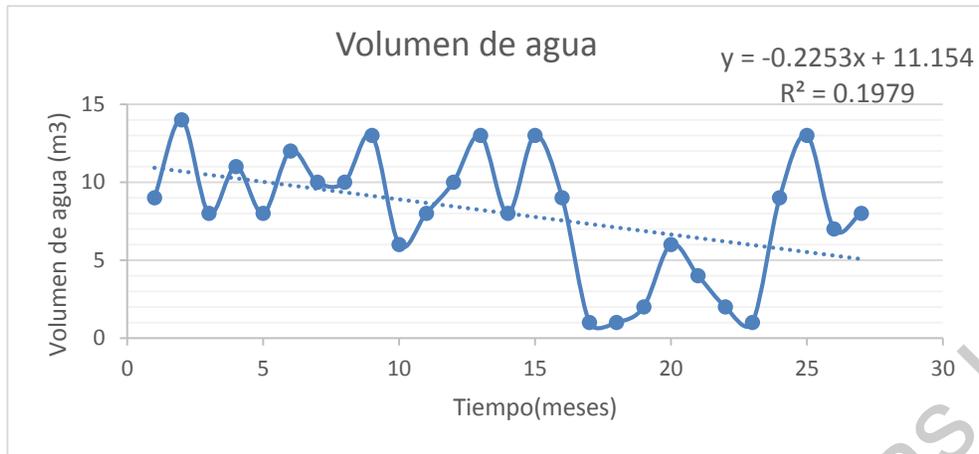


Figura 3.24. Consumo de agua en relación al tiempo, casa habitación 2.

En la Figura 3.24 muestra el volumen de agua consumido en metros cúbicos en relación a cada mes desde el 2011 hasta el 2015 teniendo un consumo promedio de  $8 \text{ m}^3$ .

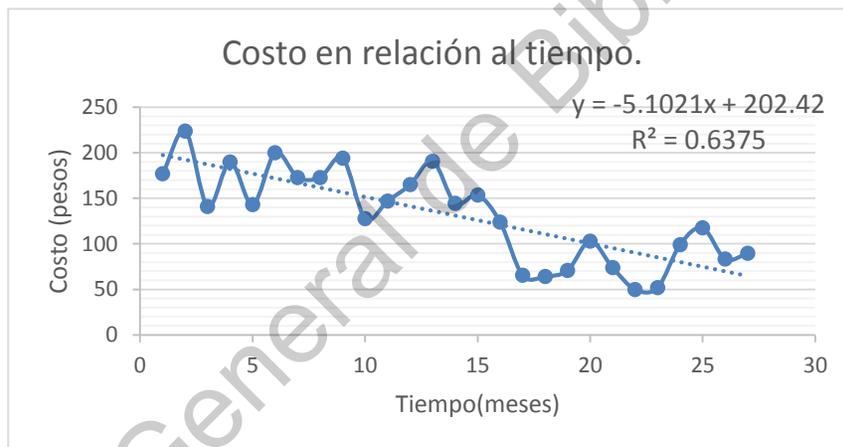


Figura 3.25. Costo de agua en relación al tiempo casa habitación 2.

La Figura 3.25 demuestra que la vivienda 2 paga en promedio al mes \$130.99 pesos por el consumo de agua, pagando al año \$1,571.91 pesos.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA VIVIENDA.**

A continuación se hará una estimación de la cantidad de energía eléctrica que podríamos generar, en una casa habitación ubicada en Querétaro, Ex hacienda Santana, calle: Paseo de las campanas.

El sistema que se utilizara consta de un panel solar con 36 celdas solares conectadas en serie, las cuales proporcionan alrededor de 18 V y 0.1 A, 1 batería recargable de 12 V y 4.5 A, un inversor marca truper de 750 W y un controlador de carga el cual controla el voltaje proporcionado por el panel solar y conecta a todos los elementos.

Para saber cuánta energía estamos generando con los paneles solares se hicieron mediciones con los aparatos que consumen energía eléctrica en el negocio donde se instalaron los paneles solares. Para poder medir cuantos W pudimos generar con el equipo antes mencionado, se realizaron pruebas de tiempo con focos de 12 W y 24 W.

En la Figura 4.1 representa el plano de la vivienda 1 en donde se colocó el panel solar.

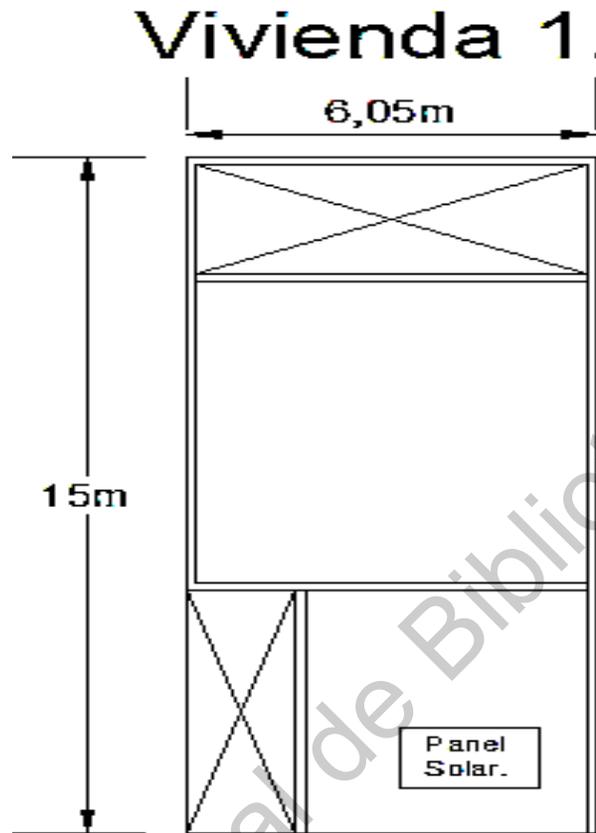


Figura 4.1. Plano vivienda uno; panel solar.

La Tabla 4.1 muestra los resultados obtenidos con un foco de 12 W, durando encendido más de 5 horas en todas las pruebas.

Tabla 4.1. Consumo de watts por un foco de 12 W.

<b>Foco de 12 watts</b>	<b>Inicio (horas)</b>	<b>Termino (horas)</b>	<b>Duración (horas)</b>
Sistema de	03:02	08:16	05:14
Panel solar	01:12	06:42	05:30
cargado			
100%	02:55	08:20	05:25

Con los datos anteriores obtenemos una duración promedio de 5 horas y 23 minutos por lo que si tenemos un foco que consume 12 W, con el panel solar estaremos generando 64.56 Wh.

$$W_g = W_c * d_f \quad (38)$$

Donde;  $W_g$ =Watts generados,  $W_c$ =Watts consumidos,  $d_f$ =Duración.

5 horas y 23 minutos es igual a 5.38 horas;  $12W * 5.38h = 64.56Wh$ .

La Tabla 4.2 muestra los resultados para un foco de 24 W, durando encendido más de 1 hora en todas las pruebas.

Tabla 4.2. Consumo de watts por un foco de 24 W.

<b>Foco de 24 watts</b>	<b>Inicio (horas)</b>	<b>Termino (horas)</b>	<b>Duración (horas)</b>
Panel solar	03:32	04:43	01:11
cargado	04:43	07:04	02:21
100%	03:00	04:34	01:34

Con los datos anteriores obtenemos una duración promedio de 1 hora y 42 minutos por lo que si tenemos un foco que consume 24 W, con el panel solar estaremos generando:

$$24W * 1.7h = 40.8 Wh$$

Por lo que los Wh generados por el inversor estarían en un intervalo de 40.8 Wh a 64.56 Wh con una batería recargable de 12 V y 4.5 A.

## 4.2 DURACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA VIVIENDA.

En la Tabla 4.3 se muestra la duración del inversor funcionando en la vivienda teniendo un uso cotidiano de los aparatos eléctricos; se conectaron diversos aparatos al inversor tales como cargadores y lámparas con diferentes consumos de energía eléctrica.

Tabla 4.3. Duración del sistema funcionando con equipos variados.

<b>Fecha</b>	<b>Inicio (horas)</b>	<b>Termino (horas)</b>	<b>Duración (horas)</b>
01-oct-18	10:00	11:40	01:40
02-oct-18	11:20	12:20	01:00
03-oct-18	10:00	12:00	02:00
04-oct-18	12:00	14:30	02:30
05-oct-18	09:00	11:10	02:10
06-oct-18	12:30	14:25	01:55
07-oct-18	10:00	12:20	02:20
08-oct-18	11:30	13:00	01:30
09-oct-18	09:00	11:20	02:20
10-oct-18	18:00	20:30	02:30
11-oct-18	10:00	12:10	02:10
12-oct-18	14:00	16:00	02:00
13-oct-18	10:00	11:40	01:40
14-oct-18	09:30	10:50	01:20
15-oct-18	09:30	11:00	01:30
16-oct-18	09:30	11:00	01:30
17-oct-18	14:00	15:40	01:40
18-oct-18	09:00	10:30	01:30
19-oct-18	11:20	12:20	01:00
20-oct-18	10:10	12:20	02:10

Se obtuvo un promedio en la duración del funcionamiento de los paneles solares de 1 hora y 49 minutos. En el caso de consumir 35.66 W en este tiempo por 30 días estaríamos generando 1,936.8 Wh al mes.

### 4.3 CÁLCULO DE BATERÍAS RECARGABLES.

Con solo una batería recargable no es suficiente para poder generar 250 W, por lo que analizaremos el problema de la siguiente manera; para poder generar los 250 W ocuparemos de las leyes de ohm, si la batería proporciona 12 V y necesitando 250 W sustituimos y obtenemos el amperaje necesario para obtener la energía que necesitamos.

$$250 W = A * 12V$$

$$A = \frac{250 W}{12 V}$$

$$A = 20.83 \text{ Amperios}$$

Si una batería recargable genera alrededor de 5.2 A si conectamos 4 baterías recargables en paralelo cumpliremos con el objetivo del trabajo.

Volvimos a realizar el cálculo de watts con el foco de 24 W, la Tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 4.4. Consumo de watts por un foco de 24 W.

<b>Foco de 24 watts</b>	<b>Inicio (horas)</b>	<b>Termino (horas)</b>	<b>Duración (horas)</b>
Panel solar	09:45	18:33	08:48
cargado	10:11	19:17	09:06
100%	09:07	19:04	09:57

Se conectó una laptop marca hp que requiere 24 W para funcionar, la Tabla 4.5 muestra los resultados que se obtuvieron, siempre teniendo una duración de funcionamiento de más de 9 horas.

Tabla 4.5. Consumo de watts por un foco de 24 W.

<b>Laptop de 24 watts</b>	<b>Inicio (horas)</b>	<b>Termino (horas)</b>	<b>Duración (horas)</b>
Panel solar	09:15	18:38	09:23
cargado	09:11	19:09	09:58
100%	09:25	19:28	10:03

Añadiendo 3 baterías recargables más de 12 V en la prueba del foco de 24 W obtuvimos una duración promedio de 9 horas y 17 minutos por lo que estaríamos generando 223.2 Wh. Para la prueba de la laptop obtuvimos una duración promedio de 9 horas y 48 minutos 235.2 Wh. Por lo que si añadimos 3 baterías al sistema estaríamos generando entre 223 y 235 Wh.

Generando esta cantidad diario al bimestre, estaríamos generando 14.1 kWh, si consideramos dos meses de 30 días y para el caso de solo contar con una batería recargable estaríamos generando 3.81 kWh en óptimas condiciones al bimestre por lo que si lo comparamos con el consumo de la vivienda se genera menos del 10% del consumo total de electricidad.

Si se quisiera que el consumo total de la vivienda fuera generado por un sistema de paneles solares una solución sería que el inversor proporcionara 2,834 Wh diario, baterías que proporcionen 227 A con un voltaje de 12 V y de igual manera que los paneles solares proporcionen 227 A; si se desea disminuir el amperaje se tiene que aumentar el voltaje.

La Figura 4.2 muestra el aporte del sistema de paneles solares a la vivienda 1 en relación al consumo de energía eléctrica.

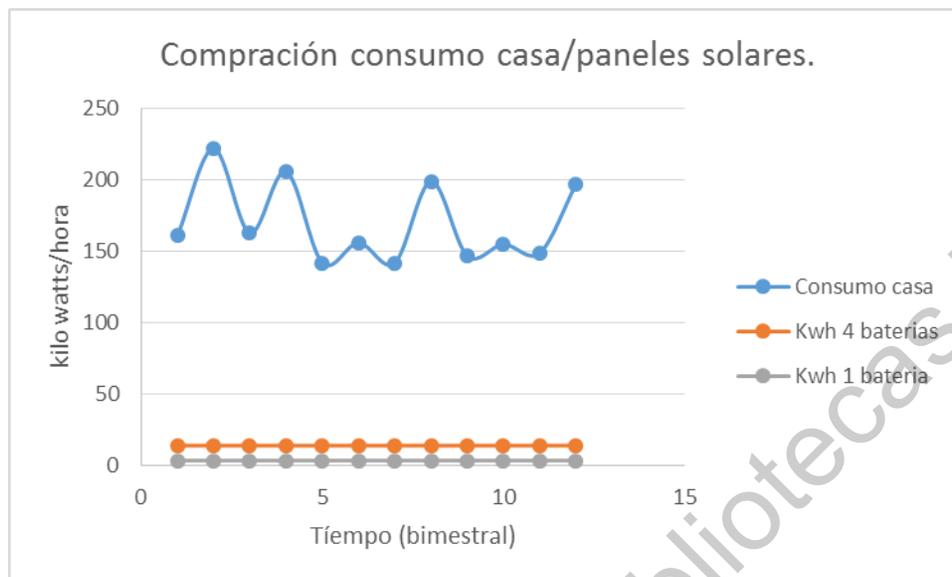


Figura 4.2. Watts generados en comparación a los Watts consumidos.

En la Tabla 4.6 se muestra la tabla de materiales utilizados para la construcción del sistema de producción de energía eléctrica, la cantidad y el costo de cada uno de ellos.

Tabla 4.6. Costo de los materiales, producción de energía.

Concepto	Cantidad	Costo (pesos)
Panel solar	1	\$2500
Baterías recargables	4	\$1400
Inversor	1	\$1200
Controlador de carga	1	\$600
Cable #12	10 m	\$40
Soldadura para cable	2 m	\$75
<b>Total</b>		<b>\$5815</b>

#### 4.4 RECOLECCIÓN TEÓRICA DE AGUA EN QUERÉTARO.

##### Método aritmético.

Se hará una estimación del agua que se podría recolectar en una casa habitación ubicada en Querétaro, col: Ex hacienda Santana, calle: cerro de la cruz. Lo que debemos de hacer es buscar estaciones climatológicas cercanas a la ubicación que tengan las precipitaciones a lo largo de la historia, mientras más datos tengamos más certera será la medición.

Personal Weather Station (PWS) confirma la Tabla 4.7 la cual muestra las precipitaciones e intensidades de la estación climatológica: CEA-PLAZA ALTAMIRA en el año 2018; veremos los registros de las precipitaciones a través del tiempo; datos proporcionados por Wunder Map (PWS, 2019).

Tabla 4.7. Registro anual de las precipitaciones casa 3; año 2018

Año	Mes	Días	Precipitación (in)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hora)
2018	Enero	31	0.02	0.051	0
2018	Febrero	28	0.1	0.254	0
2018	Marzo	31	0	0	0
2018	Abril	30	0.28	0.711	0.001
2018	Mayo	31	0.5	1.27	0.002
2018	Junio	30	6.96	17.678	0.025
2018	Julio	31	2.03	5.156	0.007
2018	Agosto	31	3.42	8.687	0.012
2018	Septiembre	30	3.71	9.423	0.013
2018	Octubre	31	3.38	8.585	0.012
2018	Noviembre	30	0.88	2.235	0.003
2018	Diciembre	31	0	0	0

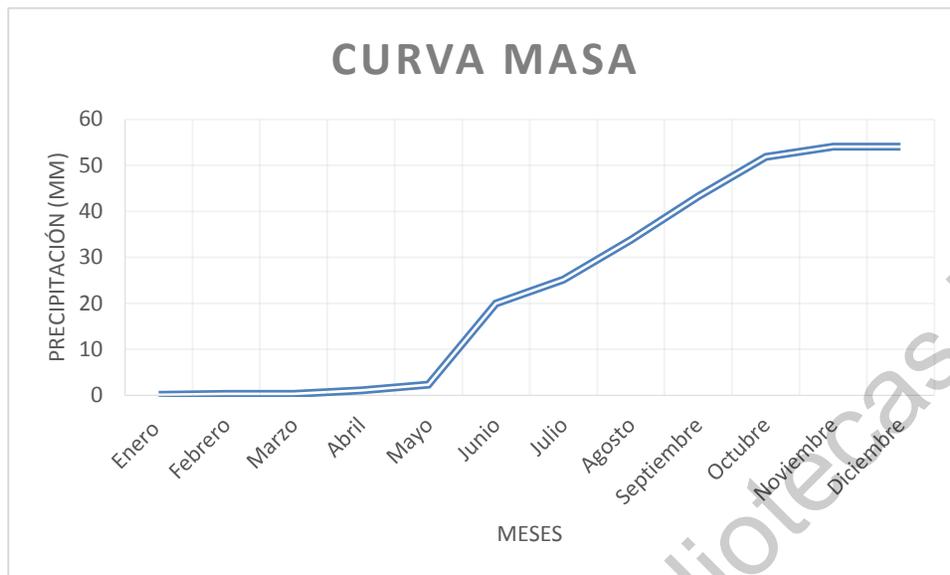


Figura 4.3. Curva masa teórica; vivienda 2.

La figura 4.3 representa la curva masa donde podemos observar que tendríamos una precipitación total anual de 54.051 mm de lluvia y una precipitación media anual de 4.5 mm.

Si suponemos que tenemos 1 m<sup>2</sup> de área de recolección entonces obtendríamos un volumen aproximado de cuanta agua podríamos recolectar.

$$V_u = P_T * 1 \text{ m}^2 \quad (39)$$

Donde; P<sub>T</sub>=precipitación (mm), V<sub>u</sub>=Volumen unitario.

$$0.05405 \text{ m} * 1 \text{ m}^2 = 0.05405 \text{ m}^3$$

La precipitación anual con estos datos es de 54.05 mm, en comparación con los datos de (CONAGUA, 2019) la precipitación anual es de 554.2 mm.

En la Tabla 4.8 se muestra la función de la cantidad de agua que podríamos recolectar teóricamente variando su área.

Tabla 4.8. Área y el volumen de agua generado por la precipitación.

Área	Altura	Volumen m3	Volumen en litros
1	0.054	0.054	54.051
87	0.054	4.702	4702.454

La figura 4.4 muestra el hietograma de la vivienda 2 y se observa que las intensidades mayores se encuentran en el segundo semestre del año, por lo que en el segundo semestre del año obtendremos más agua por la precipitación, junio es el mes en el que obtendremos mejores resultados en la recolección de agua.

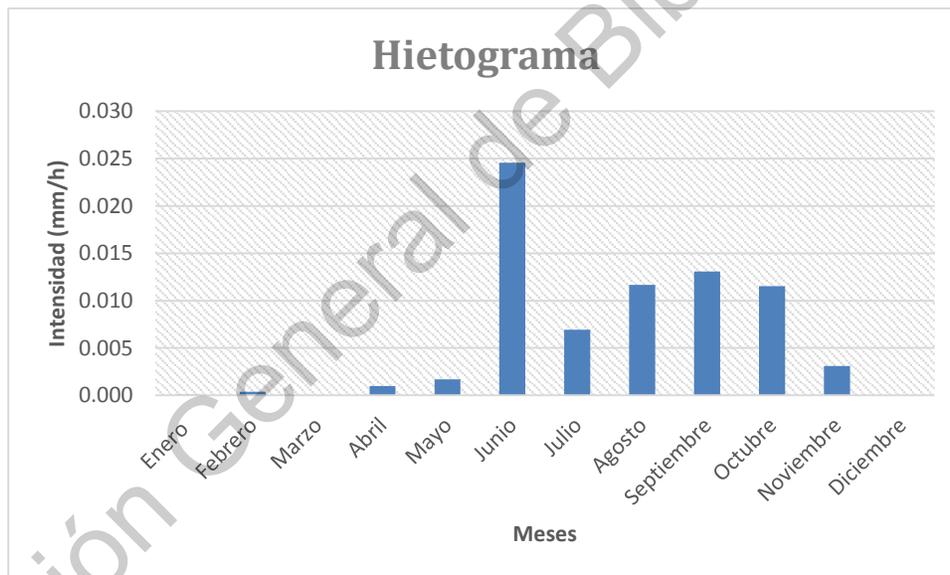


Figura 4.4. Hietograma teórico de la casa 3; año 2018.

Para mejorar la precisión de los milímetros de lluvia que obtendremos en relación a nuestra ubicación podemos utilizar los siguientes métodos:

### Polígonos de Thiessen

Procedimiento:

1. En la Figura 4.5 se localiza en un mapa las estaciones pluviométricas cercanas a la ubicación de donde se desea conocer el volumen de agua que se puede recolectar.

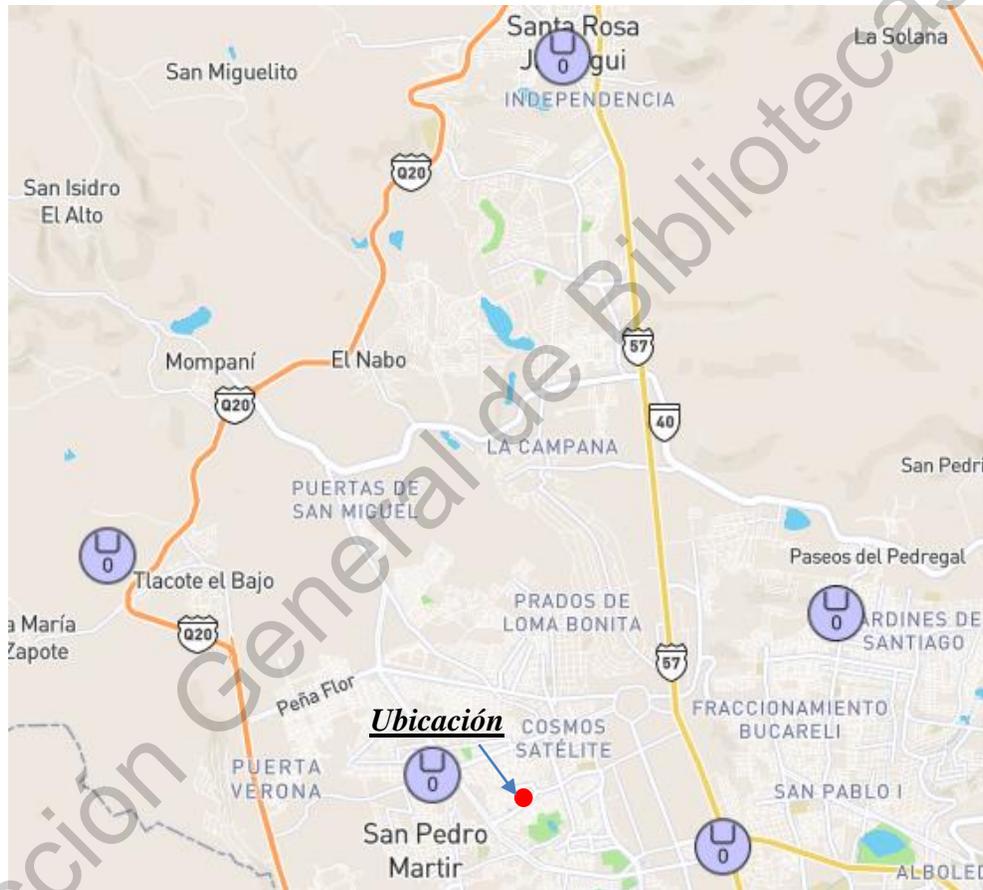


Figura 4.5. Ubicación de la casa 2 y las estaciones pluviométricas.

2. En la Figura 4.6 se unen las estaciones con líneas rectas, que no se cruzan; formando triángulos.

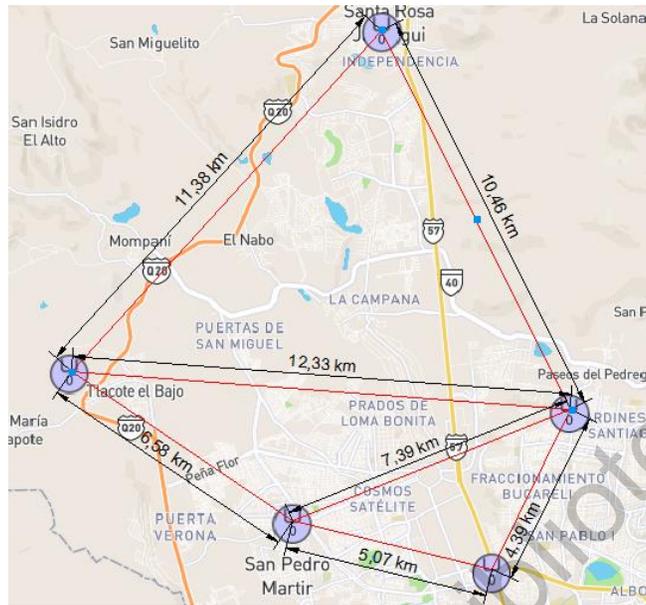


Figura 4.6. Polígonos generados por la unión de las estaciones.

3. En la Figura 4.7 se traza la mediatriz con líneas perpendiculares y la prolongaremos hasta que intersecte con otra línea.

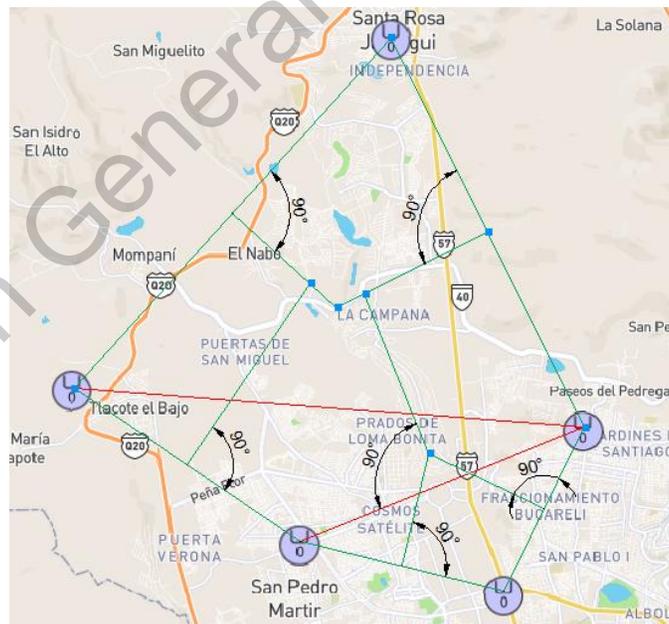


Figura 4.7. Mediatrices de los polígonos.

4. En la Figura 4.8 se borran las líneas del paso 2 y calcular el área de los polígonos que resultan.

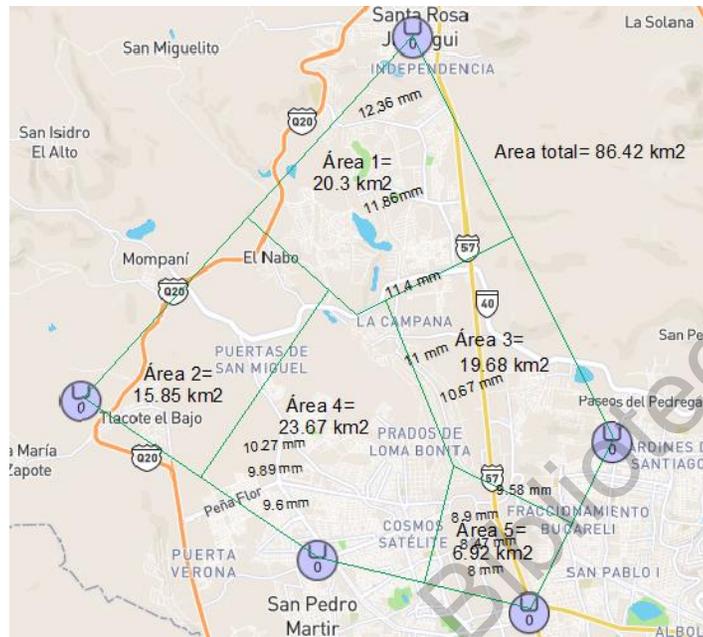


Figura 4.8. Áreas de las figuras resultantes.

5. En la Tabla 4.9 se calcular la precipitación media de la ubicación con la información de la Figura 4.8 y la Ecuación 36:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{Bateman, 2007}) \quad (36)$$

Tabla 4.9. Precipitación media (mm), polígonos de Thiessen.

Estación	Precipitación (mm)	Área (km <sup>2</sup> )
1	12.62	20.3
2	11.34	15.85
3	10.38	19.68
4	8.68	23.67
5	7.34	6.92

De la tabla anterior podemos decir que la precipitación media es de 10.32 mm.

Método de isoyetas.

- 1) En la Figura 4.9 se localiza en un mapa las estaciones pluviométricas cercanas a la ubicación de donde se desea conocer el volumen de agua que se puede recolectar.



Figura 4.9. Ubicación de la casa 1 y las estaciones pluviométricas.

- 2) En la Figura 4.10 se unen las estaciones con líneas rectas y que no se crucen; formando triángulos.

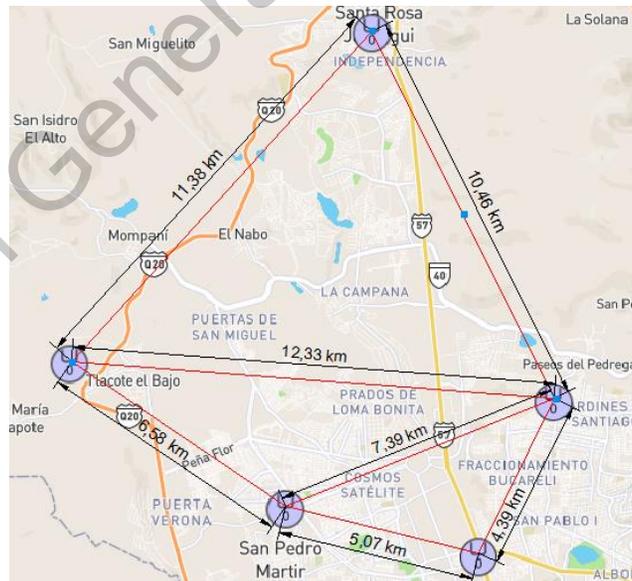


Figura 4.10. Unión de las estaciones y limitación del área.

- 3) En la Figura 4.11 se dividen las líneas proporcionalmente en relación al valor de las precipitaciones de las estaciones. En esta etapa se divide cada línea en partes iguales y se incrementa o disminuye la distancia proporcional a la división de la línea.

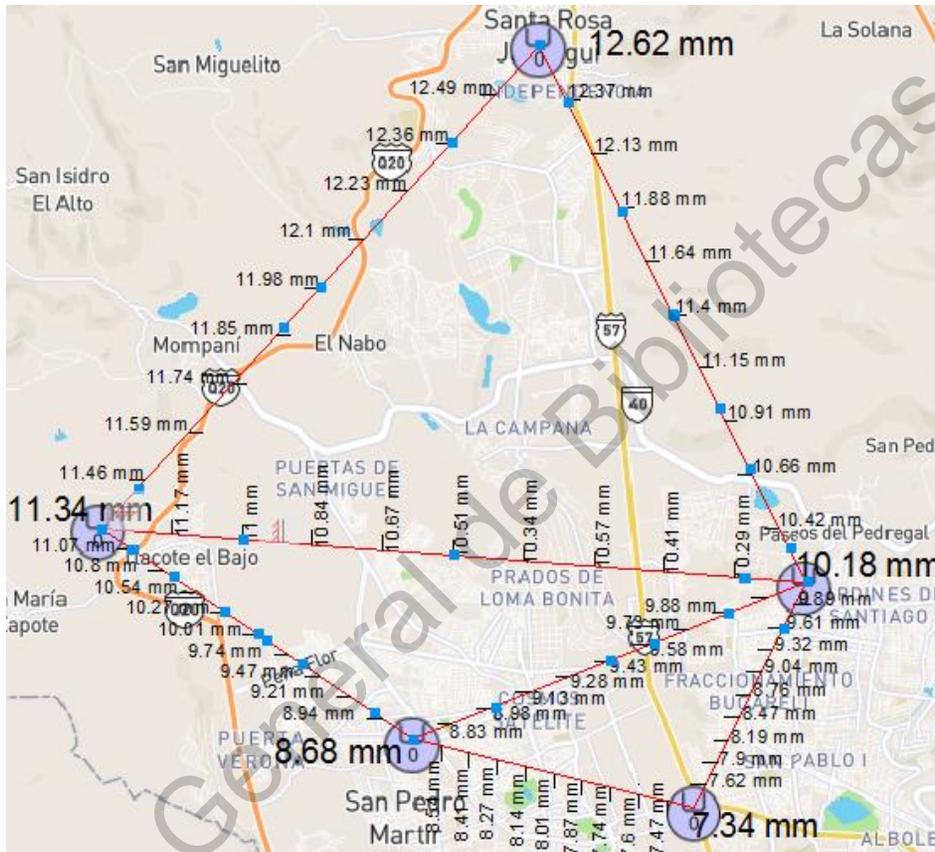


Figura 4.11. División en segmentos proporcionales. .

- 4) En la Figura 4.12 se unen con líneas los puntos con los mismos valores; formando curvas de precipitación (Isoyetas).

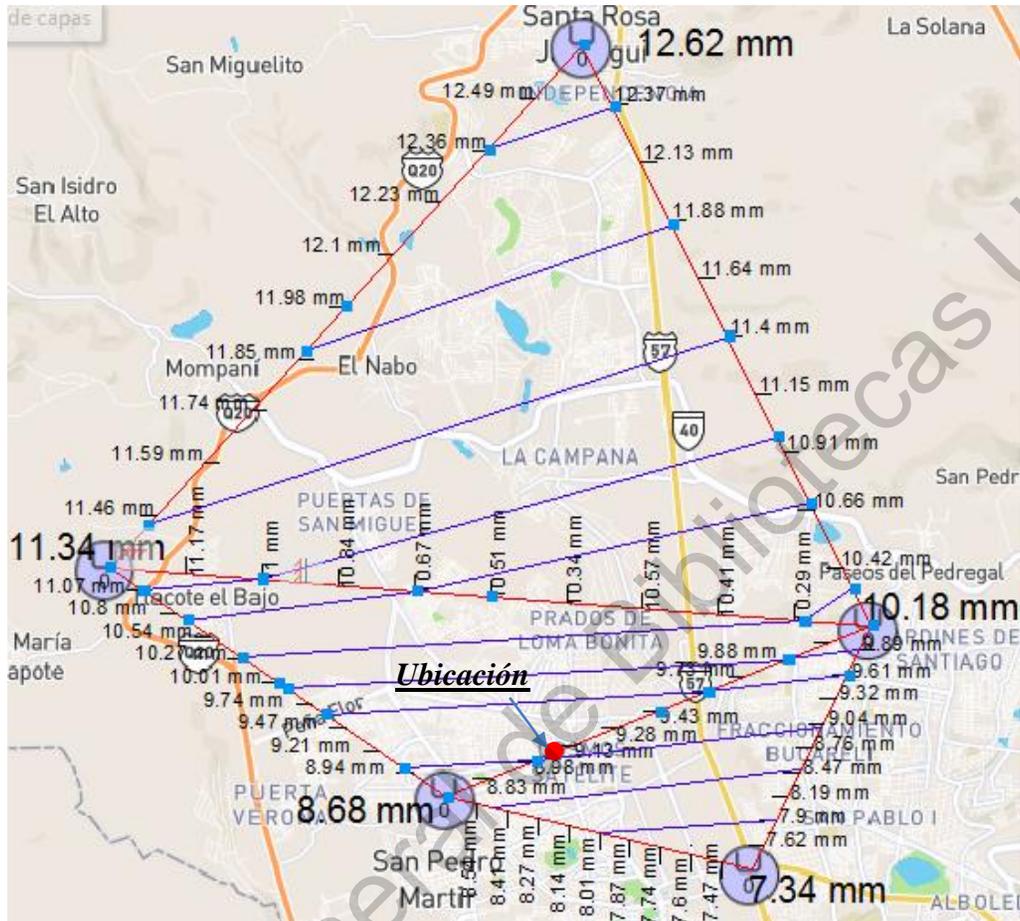


Figura 4.12. Unión de valores iguales.

- 5) En la Figura 4.13 se borran las líneas del paso 2. (las líneas azules representan las isoyetas).



Figura 4.13. Isoyetas, casa 1.

- 6) En la Tabla 4.10 se Calcula la precipitación media de la vivienda 3 con la información de la Figura 4.13 y la Ecuación 37.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_m * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \text{ Donde; } P_m = P_{final} - P_{inicial} \quad (37)$$

Tabla 4.10. Precipitación media (mm), método de isoyetas.

Estación	Precipitación (mm)	Área (km <sup>2</sup> )
1	7.34	1.11
2	8	2.63
3	8.47	4.05
4	8.9	6.6
5	9.6	3.86
6	9.89	5.86
7	10.27	12.04
8	10.67	8.92
9	11	15.76
10	11.4	15.57
11	11.86	8.83
12	12.36	1.17
13	12.62	---

La precipitación media con este método para el mes de junio es de 10.7 mm.

La ventaja de este método es que se forman isoyetas (indicadores de precipitación en una cierta zona) por lo que podemos aproximarnos al valor real de la precipitación en la ubicación a estudiar; en este caso fue de 9 mm de precipitación aproximadamente. Después de realizar el método el resultado que obtenemos es que la precipitación media en la zona es de 10.7 mm por lo que en teoría podríamos utilizar este valor para poder estimar el volumen que obtendríamos de la precipitación en cierto tiempo.

Nota: este procedimiento solo fue para la precipitación del periodo de agosto.

En la Figura 4.14 se observa el plano de la vivienda 3 en donde se realizó la recolección de agua tiene un área total de  $91.5 \text{ m}^2$ , el área de recolección tiene un largo de  $3.6 \text{ m}$  y un ancho de  $2.7 \text{ m}$  generando un área de recolección de  $9.76 \text{ m}^2$ .

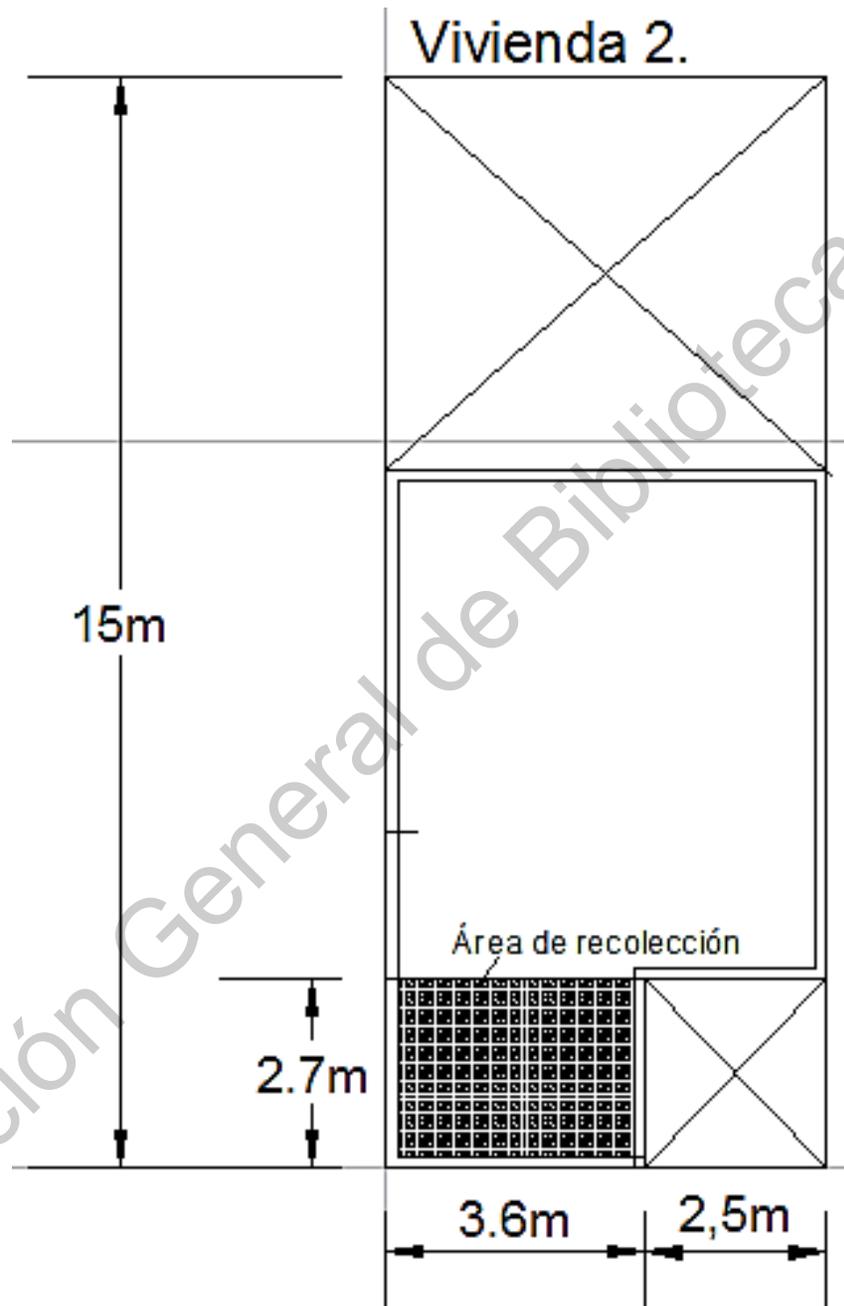


Figura 4.14. Plano de área de recolección en la vivienda.

#### 4.5 CAPTACIÓN REAL DE AGUA EN LA UBICACIÓN.

##### Recolección de agua real:

Para la recolección de agua en un área de  $9.72m^2$  se presentaron varias precipitaciones en la Tabla 4.11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.11. Volumen de agua real recolectado; casa 3.

<b>Fecha</b>	<b>Recolección de agua real (L)</b>
16-oct-18	14
04-nov-18	19
14-nov-18	19
03-abr-19	7
01-may-19	9
24-may-19	7
04-jun-19	307
05-jun-19	105
20-jun-19	268
22-jun-19	170
01-jul-19	239
11-jul-19	136
14-jul-19	288
15-jul-19	302
21-jul-19	209

De toda el agua recolectada se juntó 2099 litros de agua.

La calidad del agua se encontraba con un color café claro, por lo que es necesario aplicar un sistema de filtro por mallas para lograr una tonalidad mejor al agua.

#### 4.6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS CON LOS REALES.

La Tabla 4.12 muestra la comparación entre la cantidad de agua que podemos obtener teóricamente con la cantidad de agua que se recolecto en la realidad.

Tabla 4.12. Comparación del volumen de agua recolectado con el calculado.

Fecha	Recolección de agua real (L)	Recolección de agua teórica (L)	Relación
16-oct-18	14	24.3	0.58
04-nov-18	19	48.3	0.39
14-nov-18	19	0	1900.00
03-abr-19	7	0	700.00
01-may-19	9	0	900.00
24-may-19	7	24.4	0.29
04-jun-19	307	219.9	1.40
05-jun-19	105	73.3	1.43
20-jun-19	268	195.5	1.37
22-jun-19	170	122.2	1.39
01-jul-19	239	171	1.40
11-jul-19	136	97.7	1.39
14-jul-19	288	219.9	1.31
15-jul-19	302	219.9	1.37
21-jul-19	209	134.4	1.56

De acuerdo a la tabla anterior podríamos deducir que se puede esperar un aumento del 40 % en el volumen de agua que recolectemos en la realidad en comparación al volumen de agua que calculemos; en promedio.

Sabiendo lo anterior podemos decir que los milímetros obtenidos por Wundermap tendrán un factor de seguridad de 6.

$$P.R = F.S.* P.T \rightarrow F.S = 6 \quad (40)$$

Donde; P.R=precipitación real (mm),F.S=factor seguridad, P.T=precipitación teórica(mm).

La Tabla 4.13 enseña la diferencia en las precipitaciones obtenidas por la precipitación real, (PWS, 2019) y (CONAGUA, 2019) siendo la CONAGUA la institución con los datos más cercanos a la realidad.

Tabla 4.13. Comparación del volumen de agua recolectado con el calculado.

<b>Método.</b>	<b>Precipitación anual teórica (mm)</b>
Teoría WUNDERMAP	54.05
Teoría CONAGUA	554.2
Real	327.98

Con los resultados anteriores calculamos el volumen de agua que obtendríamos en un año para una área de 9.72 m<sup>2</sup> que es el área en la que estamos realizando la recolección de agua.

$$\text{Volumen}=9.72\text{m}^2*0.327\text{m}$$

$$\text{Volumen}=3.17\text{m}^3 \rightarrow 3170 \text{ litros al año}$$

En la Figura 4.15 observamos el volumen de agua que podríamos recolectar con un área de  $9.72 \text{ m}^2$ , mostrando las precipitaciones anuales teóricas calculadas y la precipitación anual real.

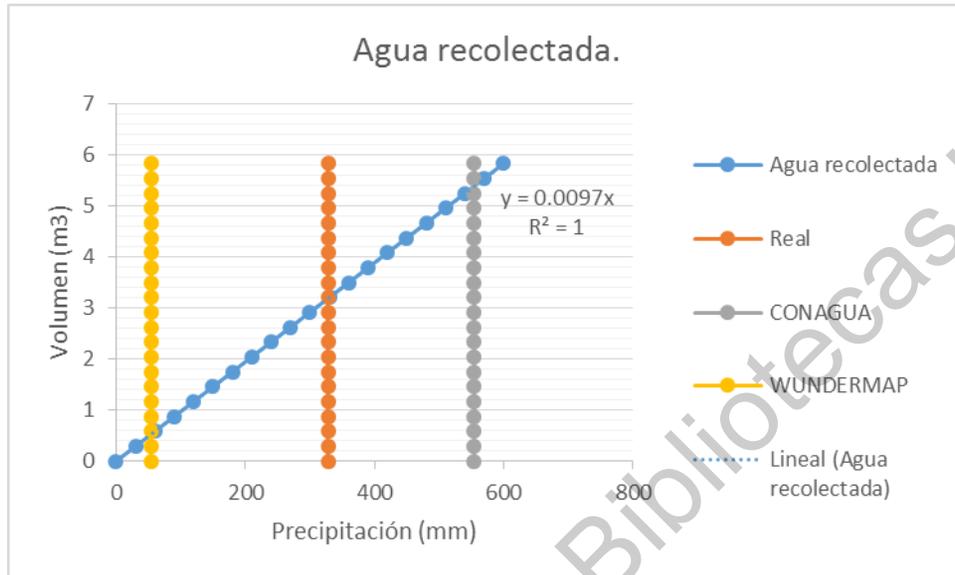


Figura 4.15. Agua recolectada.

Tomando en cuenta la información anterior estimaremos el área de recolección que tendríamos que tener para remplazar el consumo total de agua en la vivienda como se muestra en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Estimación del área recomendada.

Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
9.72	3.18
24.45	8
293.43	96
91.5	29.94

En la Figura 4.16 observaremos la influencia de un recolector de agua de 2.7 x 3.6 m en la vivienda.

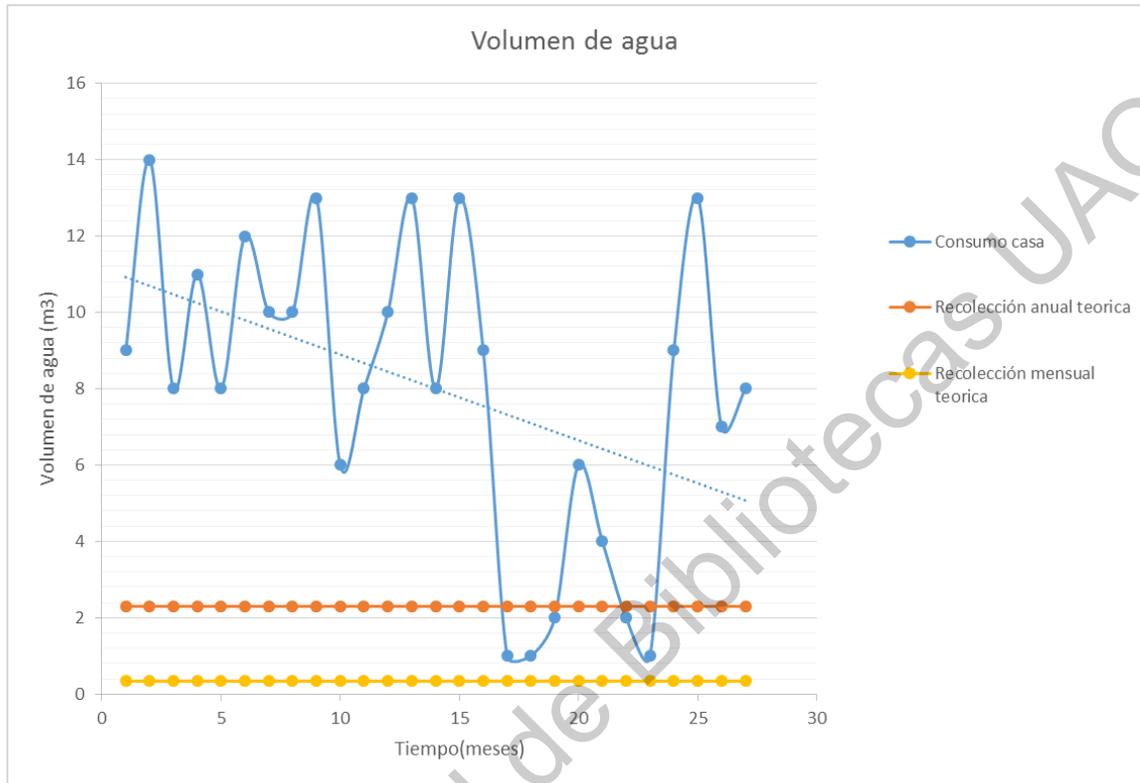


Figura 4.16. Consumo de agua en la casa habitación y el agua recolectada.

En la casa habitación en donde se realizó el recolector de agua se gasta en promedio  $8 \text{ m}^3$  de agua al mes si hacemos una relación con los resultados que obtuvimos tenemos que se necesitaría un área de  $24.45 \text{ m}^2$  para que con el volumen de agua que recolecte y se almacene durante 1 año sea utilizado para el consumo de 1 mes en este caso.

En la Figura 4.17 se aprecia el comportamiento de consumo de agua en la estructura después de haber colocado el recolector de agua, en la que se observa que se generó una disminución en el consumo promedio de la estructura.

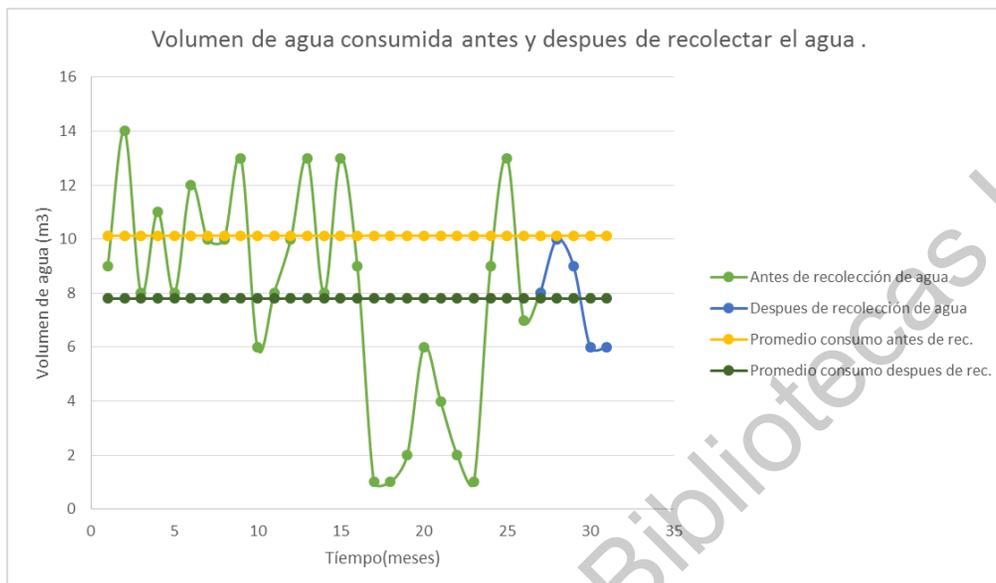


Figura 4.17. Disminución del consumo de agua.

La Tabla 4.15 muestra los materiales utilizados para la construcción del recolector de agua, la cantidad y el costo de cada concepto.

Tabla 4.15. Costo de materiales, recolectores de agua.

Concepto	Cantidad	Costo (pesos)
Arena	0.5 m <sup>3</sup>	\$190
Impermeabilizante	5 litros	\$450
Tubería	6 m	\$245
Pegamento de tubería PVC	1 tubo 500g	\$30
Bote 19L para recolectar agua	1	\$20
	<b>Total</b>	<b>\$935</b>

Se pretende que la idea de generar energía eléctrica y la recolección de agua sea una actividad que todos realicemos, por lo que para fomentar esto se pretende compartir información mediante redes sociales, por lo que se realizaron dos cuentas en redes sociales una en Facebook y otra en twitter.

Para estar al tanto de la información que se comparte acceder a:

*Facebook: Recolectores de agua y paneles solares.*

En donde se pueden encontrar videos y datos relacionados con la construcción de recolectores de agua pluvial y sistemas de paneles solares.

*Twitter: Recolectores de agua y paneles solares. @jaymar99690142*

En donde se comparten datos puntuales relacionados con avances en la construcción de recolectores de agua y paneles solares.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo en la metodología empleada para la construcción de paneles solares, fue necesario añadir 3 baterías recargables de 12 V y 4.5 A conectadas en paralelo para cumplir con el objetivo de generar 250 Wh, se logró el objetivo ya que se hizo la correcta relación de cómo solucionar el problema para llegar al objetivo general.

Se logró generar 250 Wh cada dos días (7.5 kWh al bimestre) sin embargo la vivienda consume 170 kWh al bimestre, se produjo menos del 5% del consumo total de la vivienda.

La energía eléctrica proporcionada por los paneles solares es la suficiente para poder recargar las baterías cada dos días; una vez teniendo la batería recargable a su capacidad máxima el inversor puede realizar su función. La duración de la energía eléctrica sustentable tiene un tiempo de uso máximo de dos horas al utilizar una laptop con bocinas o dos focos de 12 W (con solo una batería recargable). Si se desea que la batería recargable se recargue más rápido es necesario colocar más células solares, dependiendo el caso.

Solo existen dos maneras en las que la energía eléctrica se comporta (corriente directa y corriente alterna), las magnitudes (voltaje, corriente, resistencia) en cada caso puede ser de las dimensiones que consideremos convenientes.

Es ideal otorgar el voltaje y la corriente exacta a los aparatos para que tengan un buen funcionamiento, si aplicamos un voltaje menor al que el equipo requiere, no funcionara, si aplicamos un amperaje mayor al que el equipo requiere podemos dañar el equipo y en las peores condiciones incendiarlo.

Es posible poder hacer que la vivienda solo consuma energía eléctrica proporcionada por un sistema de paneles solares.

La inversión total fue de \$5,815 pesos en la construcción del sistema de paneles solares se recuperara la inversión en 64.61 años si se produjera 15 kWh al bimestre y 1 kWh tuviera valor de \$1 peso, la vivienda 1 gasta \$1,013.17 pesos al año por el consumo de energía eléctrica.

La precipitación es un fenómeno que ocurre ocasionalmente y es muy variable por lo que no siempre se podrá tener un abastecimiento constante de agua por lo que si se construye un tanque de almacenamiento su capacidad siempre será variable.

De acuerdo con la metodología empleada para la captación de agua en la vivienda, el área de captación que se utilizó para recolectar el agua no fue suficiente para remplazar el servicio proporcionado por el estado; ampliando el área de captación se podría remplazar el servicio, lo que conlleva a la construcción de una cisterna capaz de almacenar grandes cantidades de agua ( $8m^3$ ).

El agua que se almacena puede ser utilizada para cualquier propósito; en caso de que la superficie de recolección se encuentre sucia o contaminada es necesario utilizar filtros para mejorar su calidad, se recomienda asegurar que el pH,  $BOD_5$ , COD,  $NH_3-N$  y  $PO_4-P$  estén dentro de los límites de la Clase IIB. En el caso de que el agua captada por la precipitación tenga la intención de ser ingerida por algún humano es recomendable filtrar y purificar el agua captada, mediante filtros granulares y filtros ultravioleta el agua que recolectemos podría ser consumida por los humanos al igual que cuando el agua alcanza su punto de ebullición.

Se logró recolectar  $2.02 m^3$  de agua, el volumen de agua obtenido fue el suficiente para hacer reflexionar a usuarios de la vivienda a cuidar el agua y darle un mejor uso al líquido en las actividades que desempeñaban en la casa habitación después del recolecto de agua el consumo de agua en la vivienda disminuyó. Para poder obtener el mayor volumen de agua proporcionada por la precipitación es conveniente dar una pendiente mayor del 3% a la superficie que recolectara el agua y la rugosidad de la superficie, en óptimas condiciones debe de ser nula. El agua que se recolecto pudo ser utilizada en las actividades que los usuarios del recolector de agua creyeron convenientes como regar las plantas, lavar la ropa y hacer la limpieza de la vivienda.

El costo total del recolector fue de \$935 pesos la vivienda consume un promedio de  $8 m^3$  de agua al mes y el valor de  $1 m^3$  de agua es de \$21.33 pesos por lo que la inversión se recuperara en 5.47 años; la inversión en que se realice al construir los recolectores de agua se recuperara la vivienda 1 paga \$1,572 pesos al año.

Los recolectores de agua y los sistemas de paneles solares pueden ser añadidos a cualquier tipo de Obra: Estructura de concreto y/o acero, que se construye sobre un piso resistente y apto. Independientemente de su Ubicación. Las dimensiones de los recolectores de agua y paneles solares siempre variaran dependiendo de la cantidad de agua y energía eléctrica que se quiera obtener pero por lo general la adaptación de paneles solares y recolectores de agua a una estructura reducirá el costo en las facturas de agua y energía eléctrica.

Con responsabilidad, de nada sirve tener el mejor sistema de generación de energía si no se tiene una supervisión del mismo esto es el mantenimiento y la medición de energía que se está generando para que de esta manera se tome la mejor decisión al uso que se le dará a la energía. Lo que se desea con esto es que se tenga un uso correcto del sistema y de esta manera se esté más cerca de lograr una sustentabilidad energética.

## 6. REFERENCIAS

- Aguas de la península. (03 de 06 de 2019). *Aguas de la península siempre junto a ti*. Obtenido de Aguas de la península siempre junto a ti: <http://www.aguasdela Peninsula.cl/>
- Alsabbagh, M. (2019). Public perception toward residential solar panels in Bahrain. *Energy Reports*, 5, 253-261.
- ASEC. (1989). *Introducción a la Energía Fotovoltaica* . Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- ASEC. (1993). *OPEX energy*. Obtenido de [http://opex-energy.com/fotovoltaica/historia\\_fotovoltaica.html#2.\\_EVOLUCION\\_DE\\_LAS\\_CELULAS](http://opex-energy.com/fotovoltaica/historia_fotovoltaica.html#2._EVOLUCION_DE_LAS_CELULAS)
- ASEC. (2000). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- ASEC. (2002). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- ASEC. (2005). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- ASEC. (2007). *Introducción a la Energía Fotovoltaica* . Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N>

+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+l  
a+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf

Avendaño, J., Martínez, K., Pérez, M., & Velasco, A. (2017). *El problema de la vivienda en las pequeñas, medianas y grandes ciudades de Oaxaca, México*. Toluca, México: Quivera.

Ávila, G. S. (2002). *Hidraulica de Canales* (Primera ed.). México, México: Departamento de Publicaciones de la facultad de ingeniería C.U. Recuperado el 26 de 11 de 2018

Baldo, P. (24 de 06 de 2014). *clarin.com*. Obtenido de Press reader: <https://www.pressreader.com/>

Bateman, A. (2007). Hidrología básica y aplicada. En A. Bateman, *Hidrología básica y aplicada* (pág. 70). Barcelona, España: GITS. Recuperado el 15 de 06 de 2019, de <http://www.gits.ws/>

BBVA. (12 de 02 de 2013). *Servicio de estudios económicos del grupo BBVA*. Obtenido de [http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/ObsEcoMexico\\_31\\_tcm346-373355.pdf](http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/ObsEcoMexico_31_tcm346-373355.pdf)

Becquerel. (1839). *Foro histórico de las telecomunicaciones*. Obtenido de FHT: <http://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/becquerel-alexandre-edmond>

Bitenc, J., Dominko, R., Johansson, P., Lindahl, N., Palacin, M., & Ponrouch, A. (2019). Multivalent rechargeable batteries. *Energy Storage Materials*, 20, 253-262.

Blumberg, D., Lauka, D., & Rozentale, L. (2018). Accelerating power generation with solar panels. Case in Latvia. *Energy Procedia*, 147, 600-606.

Bulnes, C. A. (2010). Energía del sol. *Revista Ciencia*, 10.

Bybee, R. W. (1991). *Planet Earth in crisis: How would science educators respond?*

- Byrne, J., Eon, C., Liu, X., & Morrison, G. (2018). Influencing energy and water use within a home system of practice. *Energy and Buildings*, 158, 848-860.
- Calvente, I. A. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad*. UAIS.
- Carbello, L. (01 de 08 de 2017). Construyen una planta solar en forma de oso panda. *Clarín Arq.*
- Castillo, J. (2017). *cceea*. Obtenido de cceea: <https://cceea.mx/blog/tecnologia/empresas-que-competicion-con-la-comision-federal-de-electricidad>
- Castro, J. R. (2007). *La expropiación petrolera. Raíces históricas y respuesta de los empresarios extranjeros*. CDMX: UAM.
- CEDDET. (2016). *Plantas fotovoltaicas y economía asociada*. España: CEDDET.
- CEDRUS. (19 de 09 de 2019). *Universidad Autónoma de México*. Obtenido de <http://www.economia.unam.mx/cedrus/investigacion/propuestas-politica/vivienda.html>
- CEMDA. (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. México D.F.: CEMDA.
- CFE. (2018). *Comisión federal de electricidad*. Obtenido de Comisión federal de electricidad.: [https://app.cfe.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2018](https://app.cfe.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2018)
- Chahuruya, R., & Dei, T. (2017). Study on Isolated Solar Home Systems for Application in Zimbabwe.
- Cheng, J., Chong, M., & Poh, P. (2018). Assessment of greywater quality and performance of a pilot-scale. *Journal of Cleaner Production*, 172, 81-91.

- Cheng, J., Chong, M., Chow, M., Poh, P., Talei, A., & Vieritz, A. (2018). Quantification of mains water savings from decentralised rainwater, greywater, and hybrid rainwater-greywater systems in tropical climatic conditions. *Journal of Cleaner Production*, 176, 946-958.
- Chow, V. T. (1990). *Hidraulica de Canales Abiertos*. México, D.F.: DIANA. Recuperado el 27 de 11 de 2018
- CNH. (2019). *Reserva de Hidrocarburos en México*. CDMX, México: NHH. Recuperado el 18 de 06 de 2019
- CONAGUA. (2014). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. En *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación* (pág. 302). México: CNA.
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México: SMARN.
- CONAGUA. (10 de 2019). *Gobierno de Méxco*. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- CONAVI. (2018). *Programas Nacionales de desarrollo urbano y vivienda 2013-2018*. México: SEDATU.
- Conesa, L. M. (2005). Internacional de la física. Año Einstein. Historia de la ecuación:  $E = mc^2$ . *Centenario de la comunicación científica*, (pág. 89). Berlín.
- Cormac, J. C. (s.f.). *Diseño de Estructuras Metalicas*. México: INGRAMEX.
- Cormac, M. (2006). *Diseño de Concreto Reforzado* (5a ed.). México, D.F.: Alfaomega. Recuperado el 11 de 2018
- Csernak, J. C.-S. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.

Demenkova, T., Korzhova, O., & Phinenko, A. (2017). Modelling of algorithms for solar panels control systems. *Procedia Computer Science*, 103, 589-596.

Federal University of Santa Catarina. (Mayo de 2019). Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 100-114.

Ferandez, Á. (2009). Paneles solares así evolucionan. *Energía ciencia*, 13.

Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. (2006). *El agua en México; lo que todas y todos debemos saber* (Primera ed.). Mexico: CEMDA.

Fritts. (1883). *ACADEMIC*. Obtenido de <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1268621>

García, A. (2015). La primer manifestacion de la electricidad. *Simposio Internacional de historia de la electrificación.*, (pág. 18). CDMX.

Ghisi, E., & Marinovski, A. (2019). Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 100-114.

Gustavo, C. (2016). *La importancia de paneles solares en la generación de energía eléctrica*. España: Malaga.

Hernández, C., Piernavieja, G., & Schallenberg, J. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Las palmas de gran canaria: ITC.

Huacuz, J. (2003). *Actividades de investigación*. Obtenido de Energías renovables: ¿opción real para la generación eléctrica en México?: <https://www.ineel.mx/boletin042003/inv.pdf>

IICA. (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico en america latina y el caribe*. México: IICA.

- Institut de Ciència de Materials de Barcelona. (2018). On the road toward calcium-based batteries. *Science Direct*.
- Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República. (2004). *Nuevas energías renovables: una alternativa energía sustentable para México*. México, CDMX: IILSEN.
- Instituto Tecnológico de Canarias. (s.f.). e. ITC.
- Janssen, B. (2013). *Teoría de la Relatividad General*. España: Creative Commons.
- Joel, G. L. (2011). Periodos de retorno de lluvias torrenciales para el estado de Tamaulipas. En R. R. Vargas Tristán Virginia, *Investigaciones Geográficas* (págs. 20-33). México: UNAM.
- Kahn, M., Qui, Y., & Xing, B. (2019). Quantifying the rebound effects of residential solar panel adoption. *Journal of Environmental Economics and Management*, 96, 310-341.
- Laboratorios Bell. (1954). *Terra*. Obtenido de <https://www.terra.org/categorias/articulos/la-revolucion-solar>
- Lamigueiro, O. P. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. España: Creative commons.
- Lumb, M. (2017). GaSb-Based Solar Cells for Full Solar Spectrum Energy Harvesting. *Advanced Energy Materials*.
- Lynch, M. (2019). El futuro del petróleo en México. En M. Lynch, *Entendiendo el valor económico del nuevo modelo energético*. (pág. 27). EPRINC.
- Macedo, B. (2019). *El concepto de sostenibilidad*. Santiago, Santiago: OREALC.
- Manioglou, & Sahin. (2019). Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. *Sustainable cities and society*, 44, 367-377.

Mundo ejecutivo. (20 de 09 de 2019). *Mundo ejecutivo*. Obtenido de <http://mundoejecutivo.com.mx/rankings/2015/09/23/ciudades-mas-caras-mas-baratas-comprar-casa-mexico/>

ONU-Habitat. (1996). Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas sobre los asentamientos humanos. Recuperado el 2015 de 09 de 2015, de <http://unhabitat.org/wpcontent/>

Osinergmin. (2017). Manual de física general. En Osinergmin, *Libro de física general* (pág. 77).

PEMEX corporativo. (2018). *Régimen fiscal de PEMEX derivado de la reforma energética*. México.

Portilla, M. L. (2006). *EL ANTIQUISIMO MITO DE LOS SOLES*. México: UNAM.

PROMÉXICO. (2017). *La industria solar fotovoltaica y fototermica en México*. CDMX: PROMÉXICO.

Puga, Á. B. (29 de 04 de 2018). De la expropiación petrolera y de la reforma energética que el país necesita. Querétaro, Querétaro, México.

Puga., Á. B. (1 de 06 de 2019). La refinería Dos Bocas: una respuesta contundente. Querétaro., Querétaro., México.

PWS. (04 de 05 de 2019). *Weather underground*. Obtenido de Weather underground: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IQUERETA37/graph/2019-05-24/2019-05-24/daily>

Ramírez, N. R. (2016). *Medición de la eficiencia energética de los paneles*. México: CIMAV.

Rico, J. y. (1975). *Mecánica de suelos, TomoII*. Limusa.

Roca, J. A. (09 de 2018). *El periódico de la energía*. Obtenido de El periódico de la energía:  
<https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>

Rodriguez, L. A. (2016). *ESTRATEGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y AGUAS LLUVIAS EN LAS SEDES DE LAS FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. BOGOTÁ D.C.: UDFJC.

Sáenz, M. (1999). Hidrología en la Ingeniería. En G. M. Saénz, *Hidrología en la Ingeniería* (pág. 382). Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.

Saldarriaga., J. (2007). *Hidráulica de tuberías*. Colombia: ALFAOMEGA.

Sánchez, J. (2019). *Hidrologia*. Obtenido de Obtenido de Practicas de hidrologia:  
<http://hidrologia.usual.es>.

Santillana, J. (2016). *CONSUMO DE ENERGIA EN EL MUNDO - 2016*. Recuperado el 03 de 10 de 2019, de Educacion en ingeniería química:  
<https://www.ssecoconsulting.com/consumo-de-energiacutea-en-el-mundo---2016.html>

Secretaría de energía. (2015). *Glosario de terminos petroleos*. México : SENER.

SENER. (2012). *Prospectiva de energías renovables 2012-2026*. México.

SENER. (2015). *Evaluación rápida del uso de la energía*. Querétaro: SENER.

SENER. (2019). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México:  
<https://www.gob.mx/sener/articulos/se-inaugura-la-planta-solar-villanueva-en-coahuila>

SPE. (2018). *Petroleum Resources Managment System*. International: SPE.

- Sunpower. (2019). *Solar top store*. Obtenido de <https://www.solartopstore.com/collections/sunpower-solar-panels>
- UNAM. (2005). *¿Cómo es un átomo?* CDMX: Dirección general de divulgación de la ciencia.
- UNESCO. (2017). *ONU para la educación la ciencia y la cultura*. Obtenido de ONU para la educación la ciencia y la cultura.: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/ihp/partners/non-governmental-organizations-ngos/>
- UNICEF. (2018). *UNICEF/ para cada niño*. Obtenido de UNICEF/ para cada niño: <https://www.unicef.es/noticia/dia-mundial-del-agua-1000-ninos-mueren-cada-dia-por-falta-de-agua-potable>
- Universidad Sevilla. (2006). MANUAL DEL CARBÓN ACTIVO. En E. P. U. Sevilla, *MANUAL DEL CARBÓN ACTIVO* (pág. 89). Sevilla.
- Urra, M. (1995). Fundamentos de la hidrología Superficial. En M. Urra, *Diseño de Proyectos de Riego y Drenaje*. Chile: Vinilit.
- Velazquez, E. (2015). Una vision de altura. *ABB review*, 68.
- Wang, H.-F., & Xu, Q. (2019). Materials Design for Rechargeable Metal-Air Batteries. *Cell Press, 1*, 565-595.
- Zegarra, J. A. (17 de 06 de 2019). *Von Neuman*. Obtenido de Von Neuman: <https://www.youtube.com/watch?v=gIdszH0dKbM>
- Zepeda, F. (1980). Hidrología. En F. Zepeda, *Hidrología* (pág. 137). México: UAQ.