

Estudio de prefactibilidad técnica para la implementación de eco tecnologías en un establecimiento comercial del sur de Morelos

Jesús Martínez-Domínguez ^{1,*}, Moisés Montiel-González², Mariana Romero-Aguilar ², Esteban Montiel-Palacios³, Roberto Alvarado-Juárez⁴

¹ Maestría en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables, FCQeI-UAEM, Cuernavaca, Morelos, México

² Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UAEM, Cuernavaca, Morelos, México

³ Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Cuautla, Morelos, México

⁴ Dirección académica, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV), Cuitláhuac, Veracruz, México

* Autor de correspondencia: jesus.martinezdom@uaem.mx

Energías renovables (Energía geotérmica y energía solar).

Resumen: El sector residencial y no residencial ocupan la tercera posición a nivel mundial como mayores consumidores de energía eléctrica. En México, el sector no residencial consume el 17.6 % de la energía total del país, por lo que tienen una gran huella de carbono debido a la producción de la energía eléctrica derivada de la quema de combustibles fósiles. Dentro de los edificios que componen a este sector se encuentran los establecimientos comerciales, los cuales, en su mayoría tienen muy alta demanda de energía, ya que, deben ser competitivos a nivel comercial y brindar confort térmico a los ocupantes del edificio, por lo que, sistemas de aire acondicionado o calefacción, la iluminación, además de la refrigeración de productos, son áreas de prioridad para los establecimientos comerciales, dicho esto, es necesario proponer alternativas para reducir su consumo energético sin comprometer sus actividades sustanciales. En este trabajo se realiza un estudio de prefactibilidad técnica en un establecimiento comercial ubicado en Jojutla, Morelos, con el objetivo principal de generar una propuesta para la posible implementación de eco tecnologías como pozos canadienses o provenzales y así proporcionar confort térmico al interior del edificio, así como un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al establecimiento comercial.

Palabras clave: Pozo canadiense; Sistema solar fotovoltaico; Consumo energético, Sector no residencial.

Technical pre-feasibility study for the implementation of eco technologies in a commercial establishment in southern Morelos

Abstract: The residential and non-residential sectors occupy the third position worldwide as the largest consumers of electricity. In Mexico, the non-residential sector consumes 17.6% of the country's total energy, so they have a large carbon footprint due to the production of electrical energy derived from burning fossil fuels. Among the buildings that make up this sector are commercial establishments, which, for the most part, have a very high energy demand, since they must be commercially competitive and provide thermal comfort to the occupants of the building, therefore, air conditioning or heating systems, lighting, as well as product refrigeration, are priority areas for commercial establishments, so it is necessary to propose alternatives to reduce their energy consumption without compromising their essential activities. In this work, a technical pre-feasibility study is carried out in a commercial establishment located in Jojutla, Morelos, with the main objective of generating a proposal for the possible implementation of eco technologies such as Canadian or Provençal wells and thus provide thermal comfort inside the building, as well as a photovoltaic solar system for the supply of electricity to the commercial establishment.

Keywords: Eco technologies; Canadian well; Photovoltaic solar system; Technical pre-feasibility.

Introducción

El desarrollo humano, está históricamente relacionado a la producción y al consumo energético, así como la disponibilidad de está, representa un factor clave para el crecimiento económico de cualquier país y una mejora en la calidad de vida de sus habitantes (Vargas y Otoya, 2001). Entre las formas de producir energía que el hombre ha encontrado, se enlistan las Energías No Renovables y las Energías Renovables siendo las primeras todas aquellas que se consideran finitas dentro de la Tierra, tales como, las derivadas de los combustibles fósiles, por ejemplo: el petróleo, el gas natural o el carbón y las segundas, son aquellas que poseen una fuente inagotable como: la energía solar, eólica, biomasa o geotérmica, etc. (Roldan, 2008). A nivel mundial el sector residencial y no residencial se ubican en la tercera posición respecto al consumo final de la energía eléctrica, por lo que tienen una elevada huella de carbono, esto debido a que la fuente principal de producción de la energía eléctrica es derivada de la quema de combustibles fósiles (IEA, 2018).

En el 2015 se determinaron los porcentajes para el uso de energía final en distintos tipos de edificios y climas en México. Entre sus hallazgos, encontraron que, para los edificios comerciales en climas cálidos subhúmedos, el mayor consumo se destina en el siguiente orden: aires acondicionados 47%, iluminación, 29.30% y refrigeración 10.88%, mientras que para climas cálidos secos se obtuvo el mismo orden en cuanto a consumo pero en diferentes proporciones, siendo estos los siguientes: aires acondicionados 52.66%, iluminación 23.20%, refrigeración 14.46%, motores eléctricos 4.76%, misceláneos 3.52% y otros 1.40% (Morrillón et al, 2015).

El pozo canadiense, también conocido como intercambiador de calor tierra-aire (EAHE, por sus siglas en inglés) se describe como un sistema pasivo de intercambio de calor que consiste en una red de tuberías instalada generalmente a 2.5 o 3 .m de profundidad desde la superficie del suelo, en la que se ha reportado que la temperatura se mantiene constante, a diferencia de la temperatura ambiente, por lo que, el pozo canadiense aprovecha esta diferencia de temperaturas para brindar confort térmico, esto es, aire acondicionado en el verano y calefacción en el invierno, según sean las necesidades del lugar de aplicación (Carro et al, 2018). Las principales ventajas que presenta esta eco tecnología sobre las convencionales son: el nulo uso de combustibles para funcionar, por ser un sistema pasivo no requiere de energía eléctrica, materiales asequibles para su implementación, bajos costos de implementación y mínimo mantenimiento. Por lo anterior, se considera al pozo canadiense como un sistema energéticamente sustentable.

En el 2019 realizaron una propuesta de inversión para sistemas solares fotovoltaicos en Mérida, Yucatán, en 20 pequeñas y medianas empresas de giro comercial (PYMES), en las que se determinó ahorro energético, ahorro económico y el tiempo de retorno de la inversión, dentro de sus resultados se destaca una empresa con un gasto bimestral de \$20,593.00 y \$123,558.00 de manera anual, para la que se calculó una inversión total de, \$87,311.27, con la que se tendrá un ahorro anual energético del 85% y un costo anual de la tarifa energética de, \$17,463.00, por lo que el tiempo de retorno de la inversión lo obtendrá en 0.7 años. En cuanto al resto de las PYMES evaluadas, detectaron que el mayor tiempo de retorno de inversión es de 4.2 años y será para una empresa cuyo gasto anual es de \$28,536.00. Por lo que concluyeron que la inversión para sistemas solares fotovoltaicos era una opción viable y rentable (Molina y Muñoz, 2019).

Por lo anterior, la implementación de eco tecnologías para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles como fuente de energía eléctrica es un tema que debemos abordar desde la perspectiva científica y tecnológica, con el fin de proponer las mejores tecnologías y estrategias de aplicación. Por esta razón, en el presente trabajo se realiza un estudio de prefactibilidad técnica para desarrollar una propuesta de implementación de eco tecnologías que permitirán reducir el consumo energético de un establecimiento comercial del sur de Morelos.

Materiales y Métodos

Jojutla es un municipio ubicado al sur del Estado de Morelos, cuenta con una superficie total de 153.942 km², la cual representa el 3.2% del territorio total de Morelos, se encuentra a 882 msnm, tiene una población total de 55,115 habitantes y entre sus principales actividades económicas se enlistan las siguientes: la agricultura, misma que se basa en la siembra de la caña de azúcar y arroz, además de otro tipo de cultivos, la ganadería, a través de la producción de carne, lácteos y sus derivados y por último se encuentra el comercio, el cual es sustento de gran parte de la población en general (INEGI, 2015).

Clima: Jojutla presenta un clima cálido sub húmedo con lluvias en verano que oscilan entre los 800-1000 mm al año y presenta una temperatura promedio de e 28° Celsius (Weather Spark, 2021).

Descripción general: El establecimiento comercial se encuentra edificado en un polígono irregular de 7,696m², cuenta con dos entradas de vidrio orientadas este-oeste, como se muestra en las figuras 1 y 2, tiene un aforo promedio de 2,500 personas por día y opera en un horario de 10:00 am a 11:00 pm.



Figura 1 . Entrada principal orientación Este



Figura 2 Salida orientación Oeste

Factores a tomar en cuenta para la realización del proyecto

Factores geográficos

Dentro de los factores que se deben tomar en cuenta se encuentran los siguientes: ubicación del sitio y las condiciones climatológicas, tales como: cantidad de lluvia anual, recurso solar, días nublados, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento y oscilación de la temperatura durante el día (Guerra, 2013).

a) Factores propios del edificio

Orientación y ventilación natural, este par de factores se ven entrelazados, porque el diseño bioclimático requiere una adecuada ventilación natural, por esta razón se debe orientar la edificación para aprovechar los vientos predominantes, ya sea para que exista una renovación del aire en climas cálidos y, por lo tanto, disminuir la temperatura interna o en caso contrario, para evitar que haya infiltraciones de aire en climas fríos y pueda escapar el calor del interior al exterior del edificio (Homer, 2013), la cantidad promedio de ocupantes que se tienen durante el día, ya que estos son emisores de energía térmica por lo que incrementan la temperatura interna del edificio (Arballo et al. 2019).

b) Factores energéticos

La cantidad de aparatos eléctricos y sus tiempos de operación determinarán el consumo de la edificación y el gasto económico que genera su uso. Además, que este tipo de aparatos también son emisores de calor, por lo que también es un factor importante para realizar el balance térmico.

Identificación de las fuentes de consumo y diagnóstico de las funciones operacionales

Se identificaron tres de las cuatro áreas que mayor energía consumen en los edificios de esta naturaleza. Las cuales son: Iluminación, climatización, y refrigeración de alimentos, lo que se logró a través de visitas guiadas y entrevistas realizadas al gerente encargado del establecimiento comercial, se documentó la potencia unitaria instalada y la energía total consumida, misma que está documentada en el apartado de resultados en la Tabla 1. De lo que se puede destacar la presencia de tragaluces en el techo de la edificación lo que proporciona iluminación natural durante la mayor parte del día, así como el gran número de sistemas de aire acondicionados.

Consumo anual estimado

Para determinar el consumo estimado de la edificación se identificaron aquellos aparatos consumidores finales de la energía eléctrica, así como su potencia unitaria, potencia instalada y los tiempos de operación. Se identificó la tarifa aplicada a este establecimiento comercial.

Balance térmico

Para realizar el balance térmico deben estimarse las cargas térmicas que presenta el edificio, ya que esto determinará la cantidad de energía térmica que deberá ser suministrada para brindar confort térmico al interior del edificio (Carro et al. 2018) Para esto se deben considerar los siguientes factores:

- Factores propios de la edificación como lo son las ganancias de calor.
- Tamaño, Aforo: Envoltente, Ventilación natural, Aparatos eléctricos.
- Factores climáticos y geográficos
- Humedad, Temperatura, Vientos, Orientación geográfica.

Propuesta preliminar para la implementación de uno o más pozos canadienses

Existe dos tipos de implementar esta tecnología, esto dependerá de la aplicación que se le dará:

Directos o aislados: su mayor aplicación es en viviendas familiares y/o construcciones, se necesita de un área grande para su instalación puesto que el sistema utiliza un único tubo como sistema de intercambio de calor. La profundidad de colocación varía entre 1.5 y 3 m pequeñas. Su instalación está formada por uno o dos tubos, que están direccionados hacia la cámara central, en donde se encuentra el ventilador que impulsa todo el sistema, y esta a su vez se conecta directamente a la torre de salida del aire. El material de los tubos puede ser de PVC con chapa de acero (Cabezas 2013).

Rejilla: es utilizado cuando la distribución tipo aislada no se puede realizar debido a que la longitud total de los tubos es muy grande porque existe un mayor volumen de flujo requerido, renovaciones y confort térmico. Como su nombre lo indica, los tubos se colocan en forma de una rejilla y están unidos a dos cámaras de aire (ingreso y salida de aire). Las tuberías de ingreso de aire (superficiales) son de grandes diámetros, mientras que los tubos enterrados, por lo general a 3.0 m de profundidad, tienen un diámetro menor para logran disminuir la velocidad de paso del fluido y maximizar el intercambio de energía. y el material utilizado para los tubos verticales (ingreso y salida del aire) y los que conforman la rejilla varía dependiendo de los requerimientos del proyecto, pero por lo general pueden ser de PVC y/o de hormigón. Este tipo de sistemas son colocados en edificaciones de gran escala (Cabezas, 2013).

Propuesta preliminar para la implementación de un sistema solar fotovoltaico

Para determinar si el uso de sistemas solares fotovoltaicos es viable en el municipio de Jojutla, se investigaron y tomaron en cuenta los siguientes factores y para realizar la instalación fotovoltaica se utilizará la ecuación 1.

- Cantidad de días de sol
- Cantidad de días nublados
- Precipitación anual promedio
- Recurso solar

Para determinar el número de paneles solares fotovoltaicos se utilizará la ecuación 1 (Méndez y Cuervo, 2007). En esta ecuación se considera un sobredimensionamiento para que el número de paneles resultante pueda abastecer la demanda energética en aquellos días en los que la incidencia solar no sea suficiente.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{E * 1.3}{HSP * WP} \quad (1)$$

Donde:

E= Consumo diario en Watts

HSP = Hora solar pico de Jojutla

WP= Potencia del panel en Watts

1.3 = Factor de seguridad 7

Se propone un arreglo fotovoltaico conectado en serie y en paralelo con paneles de una potencia de 330 Watts.

Resultados y Discusión

Identificación de las fuentes de consumo y diagnóstico de las funciones operacionales

Se identificaron 3 de las áreas que mayor energía consumen y se documentaron en la Tabla 1.

Tabla 1 Identificación de las fuentes de consumo y diagnóstico de las funciones

Aparato de consumo	Cantidad	Horas de operación	Potencia unitaria (W)	Potencia instalada (W)	Energía por día kWh	Observaciones
Luminarias	261	6 horas	40	10,440	62.640	El establecimiento cuenta con 144 tragaluzes ubicados en el techo de la edificación, por lo que se posee una gran iluminación natural.
Sistema de aire acondicionado	30	10 horas	1,500	45,000	450	Se mantiene el uso del sistema de aire acondicionado incluso en invierno. Por lo que una eco tecnología como los pozos canadienses cumplirían con el objetivo de reducir su consumo energético.
Refrigeración de alimentos	10 murales refrigerantes	13 horas	330	3,330	43.29	Ante esto la energía solar fotovoltaica, cumplirá un papel fundamental al replazar o complementar el suministro proveniente de la red eléctrica.
	36 refrigeradores	24 horas	70	2,520	60.48	
	3 conservador de hielo	24 horas	220.375	661.125	15.867	
	3 cámaras frías 6 vitrinas refrigerantes	24 horas	640	1,920	46.08	
	4 congeladores de helados	13 horas	164	984	12.792	
TOTAL						700.758 kWh/día

Si bien el edificio cuenta con una excelente iluminación natural, es factible reconsiderar el horario de operación de las luminarias 6:30 am – 7:30 am y 7:00 pm – 12:00 am en el horario de verano, debido a que en esta temporada se cuentan con días de hasta 12 horas de sol, por lo que se recomienda iniciar con las luminarias a las 7:30 pm, por lo que en ese caso se tendría un consumo de iluminación de 57.420 kWh/día y un ahorro de 4.820 kWh/día, lo que se traduce en un ahorro anual de 1,759.3 kW.

Gasto y consumo estimado anual de la edificación

La tarifa que aplica en este establecimiento comercial es la tarifa DAC, la cual establece un costo de \$4.88/kWh (CFE Tarifas, 2021). Con los datos presentados en la Tabla 1 y el tipo de tarifa por kWh se determinó el consumo energético mensual y anual por cada una de las 3 áreas, como se muestra en la tabla 2, los cuales representan una estimación obteniendo un promedio del consumo mensual de la edificación.

Tabla 2. Gasto y consumo estimado anual de la edificación

Mes	Días	Consumo total kW	Costo mensual
Enero	31	21,723.49	106,008.24
Febrero	28	19,621.22	95,756.55
Marzo	31	21,723.49	106,008.24
Abril	30	21,022.74	102,590.97
Mayo	31	21,723.49	106,008.24
Junio	30	21,022.74	102,590.97
Julio	31	21,723.49	106,008.24
Agosto	31	21,723.49	106,008.24
Septiembre	30	21,022.74	102,590.97
Octubre	31	21,723.49	106,008.24
Noviembre	30	21,022.74	102,590.97
Diciembre	31	21,723.49	106,008.24
Total		255,776.61	\$1,248,175.19

En la Tabla 3 se muestra el gasto estimado mensual y anual del consumo total de la edificación (tabla 3)

Tabla 3. Costo mensual estimado de cada uno de los sectores identificados

Mes	Climatización	Iluminación	Refrigeración de alimentos
Enero	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
Febrero	\$61,488.00	\$8,559.13	\$25,679.84
Marzo	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
Abril	\$65,880.00	\$9,170.50	\$27,514.12
Mayo	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,458.49
Junio	\$65,880.00	\$9,170.50	\$27,514.12
Julio	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
Agosto	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
Septiembre	\$65,880.00	\$9,170.50	\$27,514.12
Octubre	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
Noviembre	\$65,880.00	\$9,170.50	\$27,514.12
Diciembre	\$68,076.00	\$9,476.18	\$28,431.26
TOTAL	\$801,540.00	\$111,572.39	\$334,755.14

En la Figura 3 se puede observar que el consumo energético únicamente para climatización es superior a la suma del consumo para la iluminación y refrigeración de alimentos, siendo estos, 13,950 kWh/mes 7,773.49. kWh/mes respectivamente, este es el consumo estimado en un periodo mensual de 31 días. Mientras que en la Figura 4 se observa el porcentaje del consumo energético y gasto económico para cada una de las tres áreas identificadas.

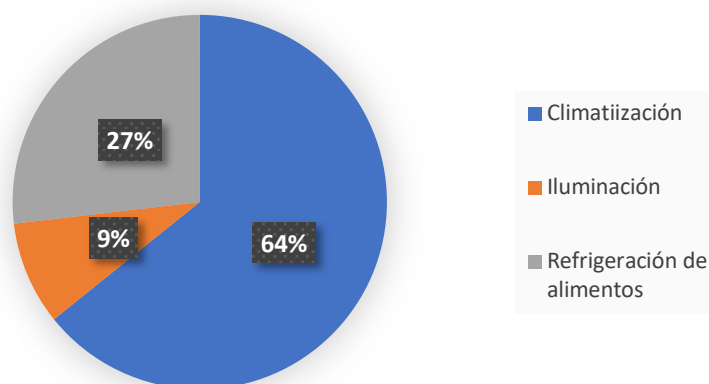


Figura 3 Porcentajes del gasto energético y económico estimado a lo largo de un año de las tres áreas documentadas

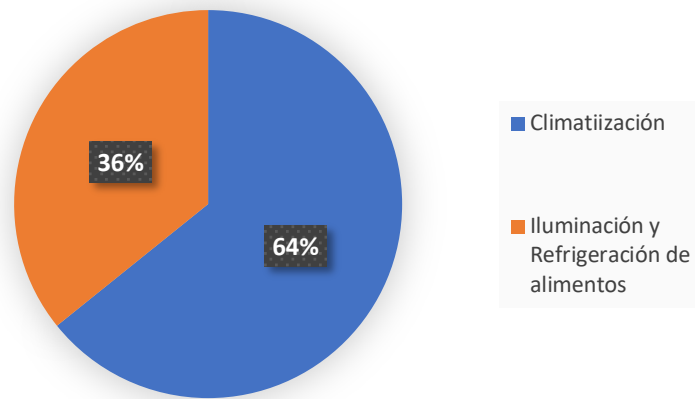


Figura 4 Porcentaje de kWh/mes consumidos únicamente para la climatización comparada con la iluminación y refrigeración de alimentos.

Balance térmico

a) Factores propios de la edificación

Tamaño: El edificio cuenta con una construcción total de 7693 m²

Aforo: Tiene una ocupación promedio al día de 2,500 usuarios.

Envolvente: Los muros están constituidos por block comercial y tienen una altura de 5.8 m, presenta vidrio por encima de uno de los muros el cual está orientado por dirección sur.

Ventilación natural: El edificio no cuenta con este mecanismo.

Aparatos eléctricos: Potencia total utilizada al día 700.758 kWh/día

b) Factores propios de la edificación pérdidas y/o retenes de calor:

Sistema de aire acondicionado: Funciona durante 10 horas a lo largo del día.

Doble techo de acero: Está equipado con un colchón de aire el cual funciona como amortiguador de la radiación solar directa.

Cornisa en la entrada principal: Proporciona sombra durante las primeras horas del día.

c) Factores climáticos y geográficos

Humedad: Jojutla presenta una humedad promedio del 11% anual

Temperatura: La temperatura promedio anual es de 28°C

Vientos: Se presentan vientos de hasta 6 km/h los cuales vienen predominantemente del oeste (Weather Spark, 2021).

Orientación geográfica: El edificio está orientado con una dirección de este-oeste.

Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de uno o más pozos canadienses

Respecto al tipo de suelo, las propiedades termo-físico-químicas que se deben considerar son: La conductividad térmica, la capacidad calorífica, contenido de humedad, porosidad, las cuales permiten determinar si el tipo de suelo es viable para la implementación de los pozos canadienses (Cabezas, 2013). En este sentido, el estado de Morelos cuenta con una gran variedad de suelos. Sin embargo, en Jojutla predomina el suelo llamado vertisol, el cual está compuesto por un 40% de arcillas expansivas (Programa Estatal de Desarrollo Urbano, 2012). Y debido a estas características poseen buena conductividad térmica y capacidad calorífica, como se muestra en la Tabla 4. Por lo tanto, se concluye que este suelo es factible para la implementación de los pozos canadienses.

Espacio suficiente: El establecimiento comercial cuenta con dos espacios con alto potencial para servir como recintos de las eco tecnologías propuestas. El primero es el estacionamiento (Figura 5) y el segundo se encuentra en la parte

posterior derecha del edificio (Figura 6), el cual se usa únicamente como área de descarga, sin embargo, aun así, cuenta con el espacio suficiente para la implementación de alguna de las eco tecnologías.

Tabla 4. Conductividad térmica y capacidad calorífica por tipo de suelo (Cabezas, 2013).

Material	Conductividad térmica (J°/C/s)	Capacidad calorífica (J°/cm ³ /s)
<i>Suelo arenoso húmedo</i>	0.017	1.68
<i>Arena</i>	0.003	1.26
<i>Arcilla</i>	0.0025	1.26
<i>Orgánico</i>	0.0126	2.39
<i>Nieve compactada</i>	0.0029	0.92

Resultados del balance térmico: Los resultados del balance térmico, con los que se establecerá el número de tubos, así como el diámetro de los mismos, ya que esto determinará el caudal del fluido para proporcionar confort térmico. De manera preliminar se proponen los pozos canadienses conocidos como, en rejilla, como su nombre lo indica, los tubos se colocan en forma de una rejilla y están unidos a dos cámaras de aire el material utilizado para los tubos verticales y los que conforman la rejilla varía dependiendo de los requerimientos del proyecto, pero por lo general pueden ser de PVC y/o de hormigón. Este tipo de sistemas son colocados en edificaciones de gran escala (Cabezas, 2013). Para este estudio se propone el diseño en rejilla debido a las dimensiones del espacio al que se le busca brindar confort térmico.



Figura 5. Estacionamiento del establecimiento comercial



Figura 6. Parte posterior del establecimiento comercial

Propuesta preliminar para la implementación de un sistema solar fotovoltaico

Cálculo del sistema solar fotovoltaico

Cantidad de días de sol: El municipio cuenta con una temporada despejada que comienza el 1 de noviembre y termina el 21 de mayo, teniendo un total de 6 meses y 20 días de sol, y 12 horas y 12 minutos de sol en promedio al día.

Cantidad de días nublados: La parte más nublada del año comienza el 21 de mayo y termina el 1 de noviembre, teniendo un total de 5 meses y 10 días.

Precipitación: La temporada de lluvias comienza el 24 de abril y termina el 11 de noviembre, sin embargo, la mayor parte de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 1 de julio, teniendo una acumulación total de 162 milímetros (Weather Spark, 2021).

Recurso solar: Morelos tiene una radiación solar promedio de 5kWh/m². Sin embargo, en Jojutla se presenta un promedio anual superior como se muestra en la tabla 5.

En la tabla 5 se puede observar que se tiene un promedio de radiación solar de 6.69 kWh/m² y se tiene el pico más alto en el mes de marzo con un promedio de 8.15 kWh/m² mientras que el más bajo se tiene en julio con 5.01 kWh/m² además de tener otros 3 meses en un rango similar (Stackhouse, 2021). Por lo que se considerara esta temporada como, temporada crítica en cuanto a radiación solar, sin embargo, 5.5 kWh/m² se considera suficiente para abastecer la demanda energética de una casa promedio de 5 habitantes, por lo que se determina que el recurso solar disponible en Jojutla Morelos es factible para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos.

Tabla 5. Radiación solar promedio en Jojutla, Morelos (Elaboración propia con datos reportados por la NASA)

Mes	Radiación solar promedio (kWh/m ²)
Enero	7.46
Febrero	8.15
Marzo	8.5
Abril	7.64
Mayo	6.5
Junio	5.37
Julio	5.48
Agosto	5.01
Septiembre	5.98
Noviembre	7.23
Diciembre	7.21
Promedio	6.69

Conclusiones

Las principales conclusiones del estudio de prefactibilidad técnica para la posible implementación de eco tecnologías en un establecimiento comercial, son las siguientes:

- Se ha demostrado que el mayor consumo energético del establecimiento comercial recae en el área de climatización, seguido por la refrigeración de productos y alimentos.
- La iluminación representa el gasto más bajo, comparada con las otras dos áreas evaluadas, tanto a nivel energético y económico.
- Los horarios de operación deben someterse a una revisión para determinar su eficacia.
- Debido a la arquitectura de la actual construcción, la implementación de las eco tecnologías puede representar una mayor inversión inicial.
- Las propiedades del suelo predominante en Jojutla, son aptas para la implementación de eco tecnologías que aprovechan la energía geotérmica de baja entalpía.
- El establecimiento comercial cuenta con el área disponible para la implementación de ambas eco tecnologías.
- Las condiciones climatológicas de Jojutla, incluyendo el recurso solar son óptimas para la implementación de energía solar fotovoltaica.

- La implementación de eco tecnologías cumpliría con las necesidades de reducir el consumo energético del establecimiento comercial, así como la de reducir su huella de carbono, y por último reducir su gasto económico a largo plazo.

Bibliografía

- Arballo, B. D., Kuchen, E., y Chuk, D. (2019). Optimización de la eficiencia energética aplicando confort térmico adaptativo en un edificio de oficinas público en San Juan-Argentina. *Revista hábitat sustentable*, 9(1), 58-67.
- Cabezas, A. M. (2013). eficiencia energética a través de utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real “casa pomaret” (Maestría). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Carro, M. E., Peiretti, A. y Franciscas, F.M. (2018). Energía geotérmica de baja entalpía en suelos loésicos: cálculo y diseño para caso de estudio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22, 04.23-04.34.
- CFE Tarifas. (2021). <https://tarifasdeluz.mx/cfe-tarifas/dac>
- Guerra, M. R. (2013). Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. *energética*, 1, 2.
- Hornero R. (2013). Estudio de la ventilación natural en un edificio y su efecto en el grado de confort de los ocupantes (Maestría). Universidad Politécnica de Cataluña.
- IEA. (2018). International Energy Agency. <https://www.iea.org/data-and-statistics/?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2015).
- Méndez, J.M. y Cuervo, R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. Madrid: Graficas Marcar S.A
- Molina, R, G., y Muñoz, A. C. (2020). Propuesta de Inversión de paneles solares para Pymes en el Sureste de México. *Revista Universitaria Ruta*, 22(1), 2-31.
- Morillón, D., Escobedo, A., & García, I. (2015). Retos y Oportunidades Para la Sustentabilidad Energética en Edificios de México: Consumo y Uso Final de Energía en Edificios Residenciales, Comerciales y de Servicio. Serie Investigación y Desarrollo, Instituto de Ingeniería-UNAM: México City, México.
- Programa Estatal de Desarrollo Urbano. (2012). http://www.transparenciamorelos.mx/sites/default/files/PED%20VERSI%3%93N%20PUBLICACI%3%93N_1.pdf
- Roldan, J. (2008). Fuentes de energía. Instalaciones eólicas, instalaciones solar térmicas. Madrid: Learning Paraninfo, S.A.
- Stackhouse, P. (2021). NASA POWER | Data Access Viewer. NASA. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Vargas, L. y Otoyá, M. (2001). ACCESO A LA ENERGIA RURAL EN CENTRO AMERICA. Centro Internacional en Política Económica (CINPE), (5), pp.5-40.
- Weather Spark. (2021). <https://es.weatherspark.com/y/5454/Clima-promedio-en-Jojutla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>