

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY



ESCUELA DE GOBIERNO Y TRANSFORMACIÓN PÚBLICA

**EL USO DE ENERGÍA SOLAR PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN EL NORTE
DE MÉXICO**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO
DE:**

MAESTRO EN PROSPECTIVA ESTRATÉGICA

POR:

ROBERTO ALVARADO CANTÚ

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DE 2020

AGRADECIMIENTOS

Primero, quisiera agradecer a mi esposa por apoyarme durante esta travesía que fue estudiar la segunda maestría. Por aguantar las noches que no estuve con ella debido a las clases que asistí, así como los fines de semana que tuvimos que quedarnos en casa para poder estudiar o realizar alguna tarea.

También, a mis padres por haberme dado el hábito del estudio y hacerme consciente de que uno nunca lo sabe todo y que la búsqueda del conocimiento debe durar toda la vida. Sin ustedes no estaría en el lugar privilegiado dónde me encuentro en estos momentos de mi existencia.

Por último, agradezco a la Secretaría de Energías (SENER) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por darme la oportunidad de estudiar la maestría en Prospectiva Estratégica a través de la beca “CONACYT - SENER en Sustentabilidad Energética”. Gracias a su apoyo inicié mi posgrado, me incorporé en el mundo de la prospectiva y la sustentabilidad energética. Con su ayuda tengo un mejor entendimiento de cómo afrontar los retos que nos depara el futuro.

Índice

Introducción.....	4
Objetivo.....	4
Justificación y relevancia del tema.....	5
Marco Teórico.....	7
Energía renovable en México.....	8
Generalidades Edificios Escolares.....	14
Ahorros energéticos en escuelas alrededor del Mundo.....	17
Uso de energía eléctrica en las escuelas en México.....	26
Metodología.....	33
Objetivo.....	33
Información recabada.....	34
Descripción del Modelo de Factibilidad.....	37
Aclaraciones del Modelo.....	39
Requerimiento Energético.....	45
Visualización de la serie de tiempo.....	45
Transformación Serie de Tiempo.....	51
Escenario Base.....	55
Resultados y Análisis.....	57
Factibilidad Escenario Base.....	57
Análisis de sensibilidad en variables.....	59
Matriz de extremos.....	61
Conclusiones.....	63
Anexo Código en R.....	67
Bibliografía.....	69

Introducción

Objetivo

El propósito de la investigación es establecer un modelo prospectivo de factibilidad que considere diversos escenarios, donde se observe si es posible que las instituciones educativas del Norte del país puedan ser autosustentables con energía solar. La razón por la cual se eligió el Norte del país es que la Estrategia Nacional de Energía 2014-2028 menciona que el Noreste es una es una región con alto potencial solar.

El modelo de este trabajo se realizó considerando específicamente la información pertinente de los planteles del Colegio Profesional de Educación Técnica (CONALEP) que se encuentran en el estado de Nuevo León.

Para el modelo se realizó una serie de tiempo para hacer las proyecciones del consumo de un CONALEP promedio de Nuevo León. Posteriormente se hizo un análisis de sensibilidad y una matriz de extremos para ver en qué escenarios es viable realizar la inversión en paneles solares. Las variables consideradas para tomar la decisión son la Tasa Interna de Retorno, El *payback* del proyecto, los kilowatts anuales producidos y el espacio requerido para la instalación de los paneles solares.

Se eligió al Estado de Nuevo León ya que, además de su alto potencial solar, es uno de los Estados con mayor calidad educativa del país. Ejemplo de esto es que de acuerdo a las cifras de la Secretaria de Educación Pública (SEP) del ciclo escolar 2019-2020, Nuevo León cuenta con una tasa de analfabetismo del 1% la cual está por debajo de la media nacional del 3.8%. Al mismo tiempo, tiene una tasa de abandono escolar del 0.1% muy por debajo del 7.4% del promedio nacional (SEP, 2020).

Además, Nuevo León es la sede del Tecnológico de Monterrey que, de acuerdo a la edición 2021 del QS *Latin America University Rankings*, es considerada como la tercera mejor universidad en América Latina, además de ser la número 1 en México.

Se eligieron los CONALEP del Estado de Nuevo León debido a que, de acuerdo a los datos de la SEP, para el ciclo escolar 2019-2020 el 85.5% de las instituciones educativas son públicas. Por lo tanto, las condiciones de infraestructura y consumo de los CONALEP, al ser instituciones públicas, reflejan las condiciones de la mayoría de las instituciones educativas del país.

Justificación y relevancia del tema

El cambio climático es uno de los problemas más grandes y de mayor relevancia que tiene la humanidad en la actualidad. Para poder hacer algo para contrarrestar los efectos del cambio climático es urgente e indispensable el uso de fuentes renovables de energía.

México cuenta con una zona geográfica privilegiada para la generación de energía solar debido a su latitud planetaria. (Pérez-Denicia et al., 2017). Esto significa que tiene potencial para optimizar el uso de paneles solares para generar energía. Sin embargo, en el reporte de EY “*Renewable Energy Country Attractiveness Index*” (RECAI) de mayo 2020 se posiciona a México como el país 25 de los 40 con mayor inversión en energía renovable.

De acuerdo con la Secretaria de Energía (SENER) en el 2018 el 75.88% de la energía de México provino de derivados de petróleo. El resto fue a base de energía limpia, de los cuales sólo el 0.72% provino de energía fotovoltaica¹ (Gallardo, Ríos, & Ramírez, 2020). Al mismo tiempo la SENER en su Boletín de Prensa 131 (2016) confirmó su objetivo de obtener el 35% de fuentes limpias para el 2024, subiendo a 37.7% para el 2030 y un 50% de generación en el 2050.

Con esto se observa que México tiene grandes metas para el uso de energía renovable, sin embargo, no se están aprovechando en su totalidad los beneficios geográficos del país para la generación de energía solar. Por esta razón, es necesario buscar formas de promover el uso de energía renovable solar y estudiar la factibilidad de su implementación.

¹ La energía Fotovoltaica se refiere a la generada en ciertos paneles que utilizan celdas solares para convertir en energía eléctrica la luz del sol. Esto gracias al flujo de los electrones en el llamado efecto fotoeléctrico.

Según la Secretaría de Educación Pública, para el ciclo escolar 2019-2020 hubo un total de 262,805 escuelas registradas, de las cuales 216,130 pertenecen al sector público y 46,675 al privado (SEP, 2020). Por lo tanto, los resultados de la investigación podrían apoyar a dicho sector en el área de la transición energética, lo cual es un punto de primer orden para lograr la sustentabilidad inscrita en el artículo 25 constitucional.

Esta misma transición, también apoyaría el punto de la Reforma Energética que busca la reducción de emisiones de CO₂, ya que se utilizaría menos carbón para la elaboración de la energía eléctrica dentro de las instituciones educativas. Al mismo tiempo, esto apoyaría a la estimación establecida en la Prospectiva del Sector Eléctrica para el 2013-2027 dónde se espera que la generación de energías no fósiles alcance el 35% del total para el 2024.

Por lo tanto, si se encuentran resultados favorables en la investigación estos se podrían aplicar a las diversas instituciones educativas de la zona para que el beneficio de la investigación llegue a la mayor cantidad de alumnos posibles. Por último, estos resultados se podrían replicar en otras áreas que tienen estructura similar a las instituciones educativas como son centros deportivos, clubes, academias artísticas, entre otras.

Marco Teórico

En la literatura revisada no se encontraron artículos académicos que hablaran específicamente de estudios prospectivos para el uso de energía renovables enfocados en escuelas dentro de México. Por lo tanto, se procedió a buscar información que pudiera ligar los estudios prospectivos, el uso de energías renovables y las instituciones educativas.

El propósito de esta revisión de literatura es contar con la suficiente información para aplicar el estudio prospectivo enfocado en las escuelas. Esto con el objetivo de poder elaborar los posibles escenarios futuros dónde se revise la factibilidad el uso de energías renovables para instituciones educativas.

La literatura revisada se divide en cuatro grandes secciones. Primero se revisó el estatus del uso de energía renovable en México, esto para conocer cómo se encuentra el país con respecto a su avance en el uso de energía renovable. Segundo, se mencionan las generalidades de los edificios escolares y cómo tienen características que los hacen diferentes a otros tipos de edificios. Posteriormente, se hizo una revisión de los métodos de ahorro en electricidad en escuelas alrededor del mundo, con el propósito de observar cómo las escuelas están tratando de resolver sus temas energéticos. Por último, se analiza cómo se encuentra el uso de energía eléctrica dentro de las escuelas en México.

Se encontró que en el ámbito de las escuelas ya se han hecho propuestas e iniciativas para el ahorro de energía eléctrica. Sin embargo, en ningún caso de los que se presentarán a continuación se ha llegado a tener escuelas que ya sean autosustentables. Con esta información, se reafirma la importancia del estudio propuesto, ya que no existen análisis prospectivos a nivel institución educativa. Por lo tanto, la relevancia del trabajo es que puede llegar a ser de gran utilidad para las instituciones educativas que buscan ser autosustentables en el largo plazo con el uso de energía solar.

Energía renovable en México

El problema en México es que es un país que está muy subdesarrollado en el uso y optimización de la energía renovable. En el país más del 95% de la energía utilizada viene de fuentes tradicionales como fuentes fósiles y nucleares (Cancino, Paredes, Gutiérrez, & Xiberta, 2016) . Esto obviamente trae consigo una gran cantidad de repercusiones negativas con respecto al medio ambiente. De hecho, hay efectos que se pueden considerar catastróficos.

Sin importar estos efectos negativos, el uso de fuentes tradicionales de energía no parece ir en disminución e inclusive va en aumento. Esto debido a que estas fuentes de energía (fósiles, por ejemplo) se consideran fundamentales para el mantenimiento de la economía global. Por ejemplo, el uso de gas (que cabe aclarar que son recursos no renovables) para cocinar y calentar edificios es básicamente la única forma de realizar estas actividades.

Es importante mencionar que las políticas de México para el desarrollo de energías renovables son utilizadas generalmente para promover de forma indirecta la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, México fue uno de los primeros países en vías de desarrollo en establecer sus promesas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Pischke et al., 2019)

Debido a los grandes problemas ecológicos que surgen por utilizar energías no limpias nace la necesidad importante de migrar a energías limpias. Esto es de vital importancia, ya que, en el Foro Nuclear del 2013 se dio a conocer que para la generación de energía eléctrica todavía se depende alrededor de un 80% de fuentes fósiles y nucleares. (Cancino et al., 2016)

La generación de electricidad en México, aún con el subsidio federal, es en promedio un 25% más cara que en Estados Unidos. Esto debido a que para generar la electricidad en México se utiliza una cantidad considerable de petróleo, por lo que el costo de éste afecta la electricidad (Pérez-Dencia et al., 2017).

Una de las ventajas que tiene México para la generación de energía renovable es que el país tiene altos niveles de luz solar en más de dos terceras partes de su territorio nacional. Por ejemplo, Veracruz es uno de los estados del país que tienen la

mayor cantidad luz solar. Estos niveles de luz están muy por encima de los países europeos líderes en el desarrollo de energía solar (Cancino et al., 2016).

La posición geográfica de México se encuentra en la latitud planetaria más adecuada para la generación de energía solar. El país tiene el potencial probado para generar 16,351 GW al año, dónde Sonora y Chihuahua son capaces de generar el 45% de dicho total. (Pérez-Denicia et al., 2017).

Otro beneficio geográfico de México es que los estados del Norte del país tienen áreas desérticas muy extensas. Por lo tanto, estas zonas se pueden utilizar para la instalación de paneles solares para proporcionar energía limpia a las localidades cercanas (Pérez-Denicia et al., 2017).

La constitución de México establece que los temas relacionados con el sector energético como su distribución y generación son un servicio público y están bajo la competencia de la autoridad federal. Debido a esta razón ya existen una cantidad considerable de regulaciones en temas energéticos:

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía
- El Reglamento Interior de la Secretaría de Energía
- El Reglamento Interior de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
- Diversas normativas en temas de electricidad, petróleo, gas LP, gas natural y petróleo.

Con esto se puede ver que parte de la complicación de utilizar energías renovables en México es que existen una gran cantidad de regulaciones que afectan la creación y comercialización de la energía (tanto renovable como no renovable).

Cabe recalcar que gran parte de los debates políticos en el país sobre el uso de energía renovable caen sobre si son económicamente viables. A diferencia de otros países en vías de desarrollo, como Tailandia y Sudáfrica, donde el debate recae sobre problemas de implementación técnica (Rennkamp, Haunss, Wongsa, Ortega, & Casamadrid, 2017). Por lo tanto, se observa cómo en el país no tiene problemas tecnológicos para la implementación del uso de energía renovable, sino que se

encuentra en un punto donde necesita saber si es viable económicamente.

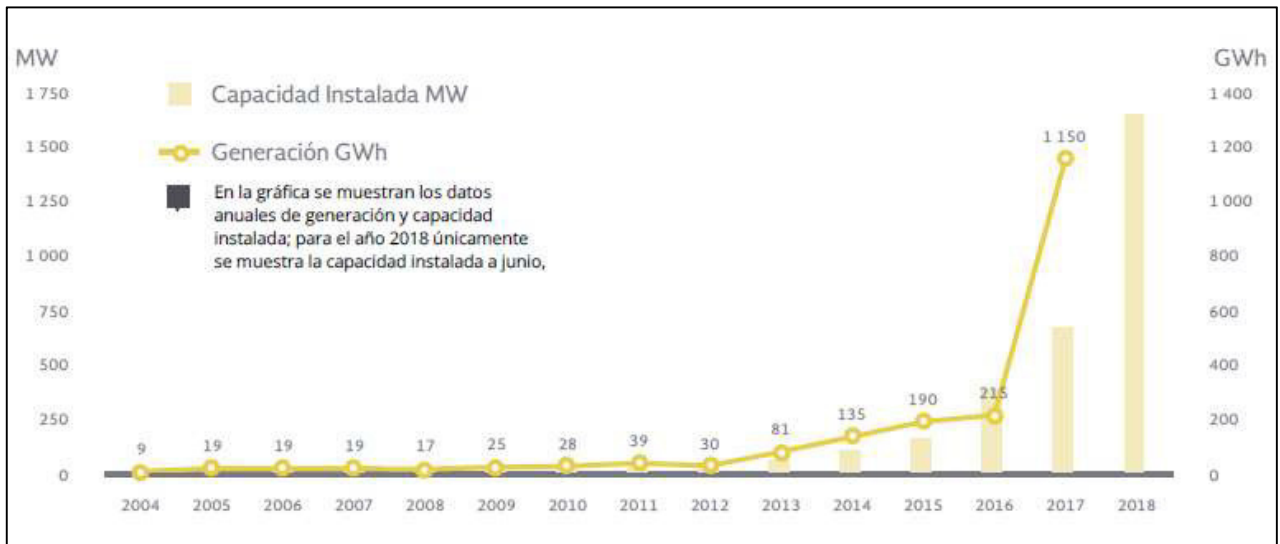
Hay otro estudio que establece que en Oaxaca se han reservado más de 12,000 hectáreas para el uso de energía eólica. De hecho, en el 2014 en los municipios de El Espinal y San Dionisio del Mar ya se han instalado 2,500 MW por medio de fuentes eólicas. Como referencia es el equivalente a lo instalado en California Estados Unidos en el año del 2009 (Pasqualetti, 2011).

Esto refleja que geográficamente el país de México tiene mucho potencial para la instalación de energías renovables tanto solares como eólicas. Por lo tanto, se pudieran tener ahorros importantes en energía siempre y cuando se supieran aprovechar estos beneficios geográficos.

Como dato adicional a finales del 2013 México ya contaba con 180 plantas de energía renovable. La mayor parte de la energía renovable del país es producida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a través del poder hidroeléctrico, seguido por energía geotérmica y eólica (Rennkamp et al., 2017). Esto demuestra que hay todavía mucho potencial de crecimiento para la utilización de energía solar como una fuente renovable.

De acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER) en el 2018 el 75.88% de la energía de México provino de derivados de petróleo. El resto fue a base de energía limpia, de los cuales sólo el 0.72% provino de energía fotovoltaica (Gallardo, Ríos, & Ramírez, 2020). Con esta información se observa que todavía queda mucha energía de fuentes no renovables que se podría ir paulatinamente cambiando por energías limpias. Además, la energía solar ocupa un porcentaje muy pequeño en comparación a las demás fuentes de energía.

De igual manera la SENER cuenta con la información histórica de como la generación de energía fotovoltaica ha estado en un constante crecimiento desde el 2004 hasta el 2015, A partir del 2016 ha tenido un gran incremento, tanto en la capacidad instalada como en la generación de energía. Cabe recalcar que la información más reciente con la que se cuenta es al primer semestre del 2018.

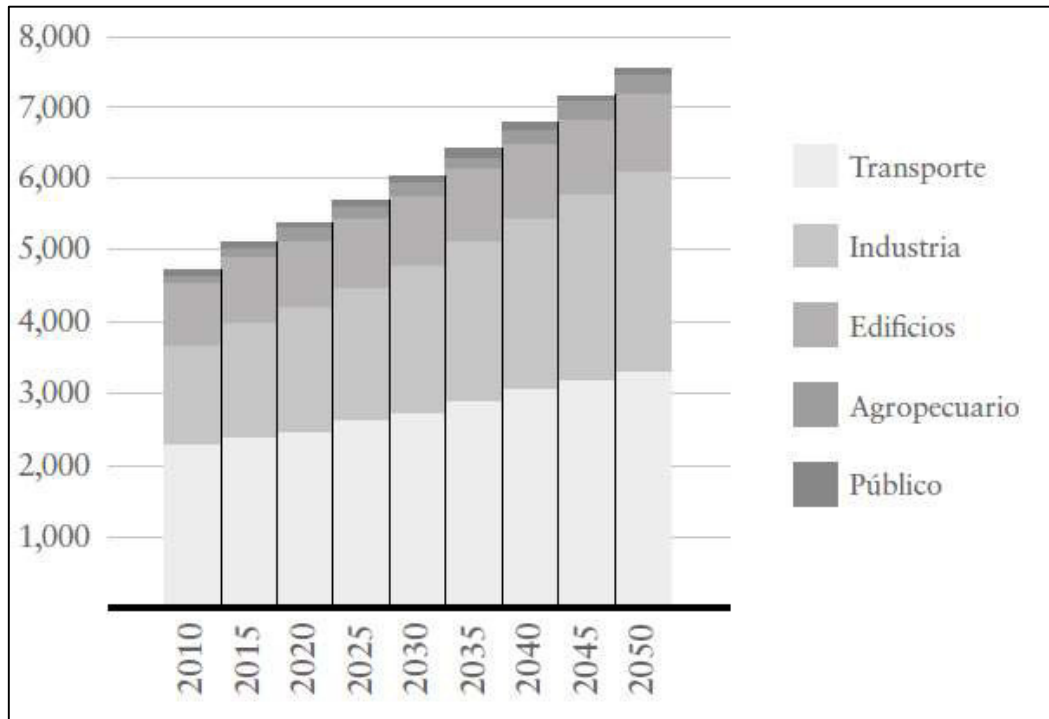


Gráfica1: Evolución Histórica de la Energía Fotovoltaica

Fuente: Reporte de Avance de Energías Limpias Primer Semestre 2018 (SENER, 2018)

Aunque, comparado con la totalidad de energía utilizada en el país, el uso de energía solar es muy bajo (0.72%) se puede observar que existe un potencial de crecimiento importante. De acuerdo con la gráfica es posible que la generación de energía solar siga con una tendencia al alza. Una de las razones por las cuales se ha visto el aumento en la generación de energía solar es que la reforma energética del 2013-2014 cambió el sector de energía, dando oportunidad a la participación del sector privado para la producción de diferentes tipos de energía.

Además, la demanda eléctrica se espera que tenga un crecimiento anual promedio de 3.7%. También, se prevé que en las zonas de Baja California Sur, noroeste, noreste y peninsular inclusive la demanda sea superior a la media. Esta demanda de energía se seguirá satisfaciendo en mayor parte con energía fósil. Sin embargo, este tipo de energía no tiene esperado un aumento en producción (Santiago et al., 2017) lo que significa que el país va a tener que buscar fuentes alternas para cumplir con la demanda.



Gráfica2: Consumo final energético total por sector 2016-2050 (Petajoules)
Fuente: La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México (Santiago et al., 2017)

La gráfica muestra de qué forma se verá el incremento en la demanda de energía por sectores. Se observa que la industria y los edificios (dónde entran las escuelas) tendrán aumentos constantes hasta la estimación del 2050.

Por lo tanto, el aumento de la demanda eléctrica es una oportunidad importante para impulsar el uso de energía solar renovable. Con la inclusión del sector privado se espera que el costo de esta energía vaya en descenso debido a la competencia entre los participantes. Además, como los excedentes de demanda energética no podrán ser satisfechos con energía fósil la energía requerida tendrá que provenir de otras fuentes (como la solar).

La migración hacia la utilización de energía renovable solar es un aspecto importante en cuanto al a sustentabilidad ecológica en el país. México firmó el protocolo de Kioto donde se comprometió a reducir la emisión de gases invernadero en un 50% para el 2050. Para lograr este objetivo se tendría que reducir las emisiones de gas invernadero en un 85% en la generación de electricidad (Santoyo-Castelazo & Azapagic, 2014). De acuerdo con la modelación de Santoyo-Castekazi & Azapagic (2014) una combinación donde el 86% de la energía provenga de fuentes renovables

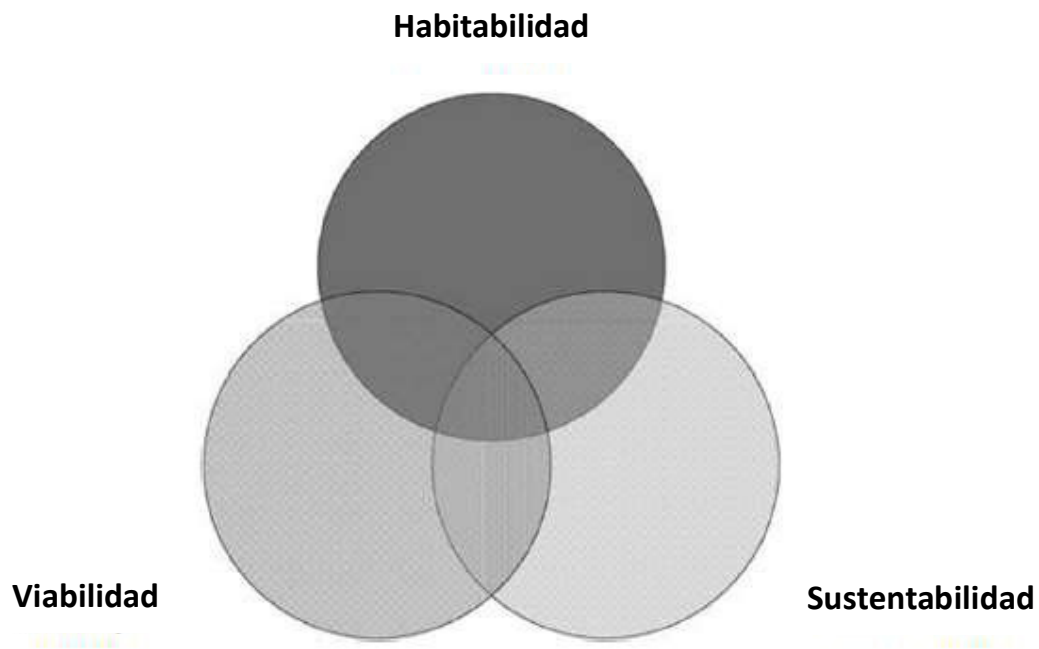
para el 2050, traería una mayor cantidad de beneficios de acuerdo a la sustentabilidad. Sin embargo, este escenario también es el más costoso económicamente y por lo tanto tiene sus limitantes.

De lograrse el objetivo en el 2050, se restringiría el aumento en el calentamiento global a un tope de 2 grados Celsius(Santoyo-Castelazo & Azapagic, 2014). Por lo tanto, se subraya la importancia de que el uso de energía solar no sólo es necesario para cumplir con las necesidades energéticas del país. También, es parte fundamental para dejar de requerir energías de fuentes fósiles, lo que beneficiaría la sustentabilidad y el bienestar de la población en general. A gran escala, este beneficio no sería sólo para México, si no que todo el mundo se vería beneficiado por la reducción de gases de efecto invernadero.

Generalidades Edificios Escolares

Aspectos para considerar en los edificios escolares

Las escuelas como los edificios de *retail* comparten la característica de que tienen una afluencia de clientes externos (alumnos). Además, en los edificios de *retail* se tienen que considerar siempre tres puntos claves en sus diseños y modificaciones: habitabilidad, viabilidad y sustentabilidad (Thompson, 2007). Estos conceptos deben de mostrar siempre un balance tal y como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica3: Factores a considerar

Fuente: Green retail: Retailer strategies for surviving the sustainability storm (Thomson, 2007)

Esto significa que todas las opciones seleccionadas deben de cumplir con que sean habitables para los externos pero que a su vez sean viables (económica y estructuralmente) y obviamente deben de tener un grado de sustentabilidad. La relevancia de los elementos es que se debe de encontrar el punto medio que permita obtener los 3 elementos como muestra la gráfica. Es decir, de nada serviría tener un edificio 100% sustentable sin que sea financieramente viable. De la misma forma, no sería funcional un edificio que sea sustentable pero que no pueda ser habitado (o utilizado para lo que fue creado).

La importancia de tener esto en cuenta es que las escuelas están sometidas a

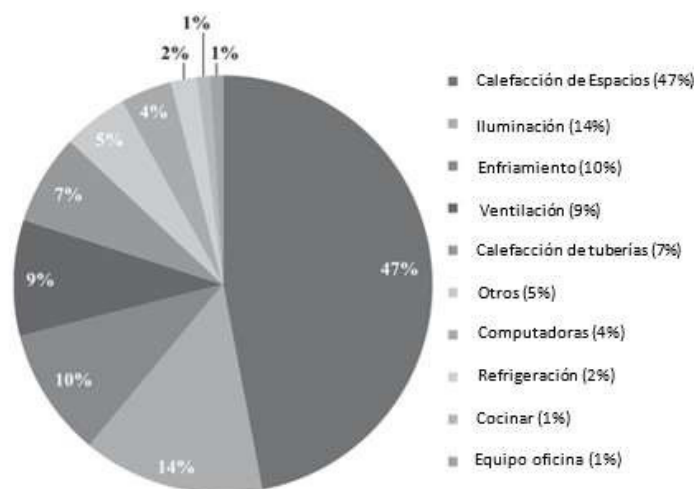
siempre mantener ciertos estándares de calidad y comodidad. Esto debido a que hay requisitos indispensables para que los alumnos puedan aprender correctamente. Por ejemplo, se estima que se tiene una mejor adquisición del aprovechamiento escolar (debido a un aumento en la comodidad de los estudiantes) cuando en el salón de clases hay luz natural (es decir ventanas) en lugar de artificial (Wu & Ng, 2003).

Con esto se puede resumir que es importante considerar únicamente opciones que no sean disruptivas para el aprendizaje de los alumnos. Ya que de ser así se estaría reduciendo la efectividad de enseñanza de los edificios educativos, lo cual no puede ocurrir ya que fueron hechos para impartir educación.

Consumo de energía en las escuelas a nivel global

En Estados Unidos, después del sueldo de los maestros y administrativos generalmente el costo de la energía eléctrica es el segundo más grande en las escuelas (Dias Pereira, Raimondo, Corngati, & Gameiro Da Silva, 2014). Por lo tanto, cualquier ahorro en este rubro puede apoyar a las instituciones a utilizar el presupuesto en otros ámbitos educativos que mejoren la experiencia del alumno.

La razón por la cual la electricidad es un gasto muy importante dentro de las instituciones educativas es que básicamente se utiliza para que opere la institución, tal y como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 4: Uso promedio de la energía en escuelas de USA

Fuente: Energy consumption in schools- A review paper (Dias Pereira et al., 2014)

Más de la mitad de la energía eléctrica (57%) se utiliza para mantener la

temperatura de los edificios. (Dias Pereira et al., 2014). Por lo tanto, es posible observar que es poco factible tratar de ahorrar energía con métodos convencionales (por ejemplo, apagar focos, concientizar el uso responsable de computadoras, etc.) ya que la mayor parte de la energía es utilizada para poder habitar las aulas de clase.

Es importante recalcar que no necesariamente las escuelas más antiguas son las que tienen un mayor grado de consumo de energía. Por ejemplo, hay un estudio dónde se compararon 5 escuelas nuevas en Reino Unido y se llegó a la conclusión que, en lugar de ahorrar energía, éstas consumen más energía que las escuelas viejas (Pegg, Cripps, & Kolokotroni, 2007). Esto es debido, entre otros factores, a que las escuelas relativamente nuevas tienen más requerimientos energéticos como el uso de las tecnologías de información (IT) dentro de la enseñanza, así como estándares estructurales (como son los estándares acústicos).

Aquí se recalca la importancia de buscar fuentes de energía renovables, ya que mientras más nueva es la institución educativa, sus requerimientos energéticos son mayores. Además, es posible que el requerimiento de uso de energía en las escuelas en general se mantenga en aumento. Por ejemplo, debido al cambio climático, se estima que para el año 2100 el uso de aparatos de aire acondicionado aumentará un 72%(Isaac & van Vuuren, 2009). Por lo tanto, es una muestra que el uso de energía eléctrica va a ir en constante aumento en las instituciones educativas y de la necesidad de buscar fuentes renovables.

Ahorros energéticos en escuelas alrededor del Mundo

Cost Premium de energía renovable en escuelas

Con respecto a las energías renovables hay un tema de discusión que se conoce como el *cost premium* de la energía. El *cost premium* es lo que en teoría cuesta más (financiera y operacionalmente) utilizar energías renovables versus energías convencionales. Hay expertos que dicen que los beneficios de las energías renovables exceden los costos de éstas. Por otro lado, hay personas que dicen que el costo de tener energías renovables es mayor que el de las energías no renovables (Dwaikat & Ali, 2016).

En el estudio empírico realizado se encontró que el costo de escuelas con energía verdes es 46% más alto que aquellas que escuelas tradicionales. Esto debido a que el costo promedio de construcción por metro cuadrado de las escuelas verdes era mucho mayor al de las escuelas tradicionales. Con la revisión de literatura del estudio de Dwaikat & Ali (2016) se concluyó que los edificios verdes (incluyendo escuelas) definitivamente son mejores que los tradicionales en todas las áreas de desempeño. Por ejemplo, se estima que usan un 26% menos en energía solar, obtienen ahorros en mantenimiento del 13% y tienen reducción de emisiones de CO2 baja un 33%. Además, hay aspectos cualitativos que benefician este tipo de edificios, por ejemplo, la satisfacción de los ocupantes suele ser un 27% más alto.

Sin embargo, este mismo estudio concluye que en más del 90% de los resultados muestran evidencias que el *cost premium* de los edificios verdes varía entre -0.4% y 21%. con respecto a los edificios tradicionales. Esto quiere decir que aún queda en duda si efectivamente el uso de energías renovables termina siendo beneficioso en términos de costos para las instituciones educativas.

Ahorros de energía de escuelas en el mundo.

En los estudios que se mencionarán a continuación se puede observar que, aunque sean zonas geográficas diferentes, en la mayoría de las escuelas se busca ahorrar energía de dos formas. Una es mediante la optimización de la energía actual,

es decir realizando diferentes actividades como la concientización del ahorro energético en los alumnos, la compra de maquinaria de bajo consumo eléctrico, utilizar materiales aislantes en las construcciones, entre otras. Por otro lado, se busca obtener energía renovable para el consumo escolar donde se observa que en la mayoría de los casos el uso de la energía solar (como paneles solares) es una opción viable.

Al mismo tiempo, las circunstancias geográficas de cada país toman un rol importante para la decisión que toma cada escuela en particular. Ya que, por ejemplo, en los países donde se tiene mayor luz solar se es más propenso a utilizar la luz del sol para generar energía renovable. En otros países, donde la intensidad solar no es tan alta, se busca obtener una combinación de opciones de ahorro energético (y no únicamente la solar) para cumplir con las necesidades de energía de cada institución educativa.

Italia cuenta con más 8,000 edificios educativos y el requerimiento energético de estos edificios es el equivalente a un total de 500,00 toneladas de petróleo al año. Es decir, en promedio se gastan lo equivalente a 60 litros de gasolina al año por cada alumno en estos edificios. El dilema de las escuelas es que tienen grandes requerimientos de energía, pero al mismo tiempo deben de dar a sus alumnos altos niveles de comodidad en sus instalaciones (Desideri & Proietti, 2002).

En el caso específico de las escuelas se encuentran varias particularidades para sus edificios. La mayoría de los edificios para la educación tienen un uso diario y semanal determinado (No necesariamente todos salones están ocupados las 8 horas laborales como en una oficina). Además, tienen diferentes requerimientos de electricidad dependiente del volumen de cada lugar, por ejemplo, salones, baños, oficinas, gimnasio etc.

En el estudio realizado se propone una metodología de análisis de consumo de energía dentro de las escuelas. Esto para que cada escuela de forma individual pueda revisar cómo ahorrar energía y aplicarla responsablemente. Esta metodología se puede replicar en todas las escuelas europeas debido a la similitud dentro de los edificios a lo largo del continente.

Cabe recalcar que la energía térmica es la más utilizada en las escuelas,

representando alrededor del 80% de toda la energía requerida. La mayoría de las escuelas tiene sistemas tradicionales de calefacción que tienden a no ser eficientes en el uso de energía.

Para el análisis de consumo de energía mencionado en el estudio se hacen intervenciones para revisar el uso racional de la energía. Generalmente se recomienda analizar las plantas eléctricas, sistemas de calefacción, revisar proveedores de energía y analizar la estructura física del edificio para ver su resistencia térmica.

En conclusión, en las escuelas dónde se hizo el análisis propuesto (preparatorias en la provincia de Perugia Italia) se pudo observar que después de las intervenciones necesarias en los procesos de energía se detectó que se podía reducir el consumo térmico en un 38% (Desideri & Proietti, 2002). Otro punto importante del estudio es que funcionó como un instrumento formativo al ser mostrado a los estudiantes de las preparatorias. Lo cual causó que se quisieran hacer más intervenciones para utilizar correctamente el uso de energía en las instituciones.

Este estudio también funcionó para abrir conciencia en la población estudiantil de la importancia de difundir y utilizar la necesidad de las fuentes renovables de energía dentro de las instituciones educativas. Por lo tanto, se puede observar que la información y transmisión de conocimiento dentro de las personas de las instituciones educativas es de vital importancia para que se desarrolle y se empiece a aceptar el uso de energías renovables.

Por otro lado, en Hong Kong existen en la actualidad 572 escuelas primarias y 506 escuelas secundarias. En el país existen horas escolares cortas y periodos vacacionales largos, por lo tanto, existe la posibilidad de que los edificios educativos lleguen a ser autosustentables con diseños de ahorro de energía correctos (Lou, Tsang, Li, Lee, & Lam, 2017).

En el estudio consultado se hicieron modelaciones a través un software llamado *Equest* para calcular el uso óptimo de energía de una escuela en Hong Kong. Se utilizó un modelo que considera una escuela de seis pisos con 7,000 metros cuadrados. Esto incluye 30 salones en total, 2 salas de cómputo 3 oficinas administrativas, una biblioteca y varios talleres de trabajo.

En la modelación se incluyó la instalación de paneles solares en la fachada y el techo del edificio educativo. La ventaja de haber ingresado los paneles solares como una variable en el modelo es que no fue necesario invertir en la instalación real de los paneles, lo cual dio flexibilidad al estudio para hacer diferentes modelaciones.

La conclusión del estudio es que las instituciones educativas pueden aplicar técnicas de ahorro de energía que ya están actualmente en el mercado. La simulación mostró un edificio de primaria de Hong Kong gasta al año menos de 300 MWh, lo equivalente a 31 kWh/m². Si se aplican los paneles solares estos pueden llegar a cubrir el 97.5% de las necesidades eléctricas de los edificios.

Por lo tanto, considerando un país con alto grado de humedad como lo es Hong Kong, el estudio estableció que es posible que los edificios educativos con las características de la modelación lleguen a ser autosustentables en energía eléctrica. Esto siempre y cuando cumplan con los requisitos de aires acondicionados, luces eficientes y en combinación con paneles solares.

Sin embargo, la limitante del estudio es que dejó para trabajos futuros hacer el análisis financiero de los ciclos de vida de los paneles solares. También, la relación costo beneficio de los paneles solares con respecto a los ahorros de emisión de gases de carbón a la atmosfera.

En un estudio realizado en Seúl se observó que varias escuelas investigadas utilizan cierto grado de energía renovable (especialmente solar). Sin embargo, estas medidas de utilización de energía renovable no han sido suficientes. Se observó que existen 115 plantas solares, 74 sistemas de calentamiento solar pero no existen fuentes de energía renovable como eólica, geotérmica y bioenergía (Ju, 2014). Según la investigación, la vida útil de los paneles solares tiene una duración de 20 años, pero lo que ha estado detenido su uso estandarizado es que tiene un costo inicial muy alto. Además, el aprovechamiento de esa energía depende de la temperatura y la zona geográfica.

El estudio concluyó que el uso exclusivo de energías solares en la actualidad no es suficiente para cubrir las necesidades de las escuelas en Seúl. Se recomienda en el futuro hacer una combinación de energías renovables, como por ejemplo utilizar energía geotérmica en los patios de recreo, así como utilizar pequeños molinos de

viento en los estacionamientos para generar energía eólica.

La investigación se limitó a revisar los posibles métodos para complementar el uso de energía solar. La limitante que tuvo esta investigación es que no muestra las proporciones a utilizar de los diferentes tipos de energía renovables. Además, dejó para estudios futuros revisar la viabilidad económica para realizar estas inversiones.

Otro estudio en Corea del Sur estableció una metodología para establecer cuándo es factible utilizar paneles solares en instituciones educativas. Para el estudio se tomaron en cuenta 5418 escuelas primaria en 16 distritos en Corea del Sur (Coyle et al., 2013). En este estudio se obtuvo que lo más importante es realizar un análisis de demanda de energía para ver si efectivamente es viable el cambio de energía. Esto se compara con un estudio de sustitución de energía y se llega a la conclusión de que en ciertos casos es conveniente el uso de energía renovable y en otros no era factible.

Cabe recalcar que en Corea del Sur las condiciones meteorológicas son similares en todo el país. Además, todas las provincias siguen las regulaciones regionales sobre la generación de gases invernadero. Por ejemplo, es obligatorio tener niveles de aislamientos en los edificios de las regiones frías (Kim & Kim, 2016).

Por esta razón, en el estudio de Kim & Kim (2016) se propone utilizar un sistema simplificado para ver las necesidades de las escuelas del país con respecto a las necesidades de energía renovable. Este sistema simplificado funciona para escuelas en áreas urbanas dentro de Corea del Sur, ya que son relativamente similares y tienen las mismas restricciones urbanas.

El método utiliza un análisis de regresión que considera el número de salones así como el requerimiento de energía (cafeterías, gimnasios, etc). Al introducir las variables se obtiene como resultado el presupuesto óptimo que necesita cada escuela (basándose en el número de salones) para poder implementar energía renovables.

La limitante de este método de optimización es que sólo se puede utilizar para escuelas en Corea del Sur. Esto es debido a las cuestiones geográficas del país, así

como de que las variables están enfocadas en edificios educativos. Además, este análisis se debe de realizar en las etapas más tempranas de adopción de energía renovable.

Un estudio sobre los beneficios de los paneles solares en escuelas de Grecia tomó en consideración 82 escuelas de 26 distritos que ya contaban con esta tecnología renovable. Durante la investigación se observó que la generación de calor en el país es cíclica, subiendo a partir de febrero llegando a su máximo en julio y llegando al mínimo en diciembre/enero (Economou, 2011).

Se llegó a la conclusión que en áreas de Grecia donde hay poco viento, pero gran cantidad de sol, el uso de paneles solares genera beneficios económicos en las escuelas. Esto debido a que en zonas donde hay mucho potencial de viento era posible instalar turbinas eólicas que llegaban a ser mejores generadores de energía. Pero a la vez, estos métodos no eran factibles en áreas urbanas o con restricciones gubernamentales.

Sin embargo, en áreas donde existe una gran cantidad de viento, como son por ejemplo sus playas, el estudio concluyó que es posible que aplicar energía eólica pueda atraer mayores beneficios que paneles solares. La razón de esto es que los molinos de vientos tienen una vida entre 20 y 25 años, la cual es mayor a la de los paneles solares.

Por otro lado, parte de la investigación también concluyó que en las escuelas de mayor tamaño los paneles solares de producción de 20 Kw no eran suficientes para cubrir el total de la energía requerida. Por último, también se encontró que en las escuelas pequeñas que tenían paneles solares con producción de 5.1 MW si alcanzaba para cubrir sus necesidades.

La razón por la cual Grecia está considerando estas implementaciones de energías renovables en sus instituciones educativas es debido a las decisiones del Gobierno. Grecia tiene el objetivo nacional de general el 20.1% de su energía con fuentes renovables, y poder llegar a un 29% para el 2020. Además, tiene como limitante autoimpuesta no aumentar las emisiones de gas invernadero a no más de

un 25% (Economou, 2011). Según un artículo de Eurostat (2020) Grecia ya logró su meta nacional de utilización en energías renovables para el año 2020.

Con esto se puede observar que gran parte de la implementación de energías renovables depende de que tanto lo impulsa el gobierno mediante regulaciones u objetivos. En las escuelas del estudio mencionado obtuvieron parte de sus recursos para energía renovable como parte de un estímulo por parte del país.

En los Emiratos Árabes Unidos existe una calificación "verde", que es un criterio establecido por el gobierno de los Emiratos Árabes Unidos llamado "*Estidama*". Dentro del estudio investigado se buscó una forma de mejorar esta calificación en las escuelas utilizando una combinación de 3 tipos de energía: absorción solar, geotérmica y fotovoltaico (Dakheel, Aoul, & Hassan, 2018).

Para comparar los tipos de energía mencionados se utilizó un software de simulación llamado TRNSYS que analizaba el desempeño de cada tipo de energía. La combinación del uso de las energías logró una reducción total del 19.35% de los requerimientos totales de energía de las escuelas.

Los datos que se ingresaron en el software de simulación incluyeron variables como el tamaño de los edificios, consumo de electricidad, horarios de clases y utilización de sistemas. Por lo tanto, se puede observar que la simulación fue enfocada a escuelas porque incluye temas específicos escolares como son los horarios de clases (hora para comer, hora de deportes, etc.).

Los resultados obtenidos es que un sistema geotérmico reduce en 5.8% el uso de energía para enfriar las aulas y un 2.2% en el uso total de energía. El uso de energía solar resulta en una reducción de un 7.2% en el uso total de energía. Por último, la energía fotovoltaica logró una reducción del 10% del uso total de energía.

Es importante recordar que los Emiratos Árabes Unidos es una de las zonas más calientes del planeta, por esa razón el uso de absorción de energía solar es el que trae consigo el mayor beneficio. Sin embargo, por esa misma razón (las altas temperaturas) el uso de aparatos eléctricos para mantener habitables los salones de

clases son una de las fuentes que requieren la mayor cantidad de energía.

Las simulaciones con respecto al uso de energía solar tienen el potencial de ser modificados para ser utilizados en otros edificios similares (por ejemplo, hospitales) siempre y cuando tengan las mismas características y estén en áreas geográficas similares al de las escuelas estudiadas.

Volviendo a México, en el estado de Chihuahua, se han utilizado paneles solares para satisfacer la necesidad de energía de las escuelas rurales. Cabe recalcar que estas escuelas tienen requerimientos de electricidad muy reducidos debido a su tamaño e infraestructura (Foster & Estrada, 2003). Sin embargo, es una guía de cómo un Estado del Noreste del país está utilizando las energías renovables para la educación.

Por otro lado, en el estado de Baja California se hizo una simulación para ver la viabilidad de utilizar energía solar para adecuar una escuela en un área rural de pocos recursos (que no cuenta con aire acondicionado en los salones). Es importante recalcar que en Baja California se puede llegar a tener veranos con temperaturas de hasta 50 grados Celsius. Esto ocasionaba en muchas ocasiones que los alumnos dejaran de ir a las escuelas por las altas temperaturas. El estudio concluyó que sí es viable hacer una escuela autosustentable, sin embargo la limitante económica del proyecto (80,000 USD incluyendo todo el sistema de aire acondicionado y la planta de energía) detuvo momentáneamente su implementación (Aguilar-Jiménez et al., 2020).

En los estudios consultados se observa que los edificios de las escuelas tienen características que son únicas de la educación. Por ejemplo, que hay periodos largos de descanso y que la utilización de sus aulas e instalaciones no son estándar. Es decir, no siempre se utilizan los mismos lugares con la misma frecuencia de tiempo. Por lo tanto, hay que considerar estas características únicas al momento de cómo hacer que las escuelas logren generar el 100% de su energía de fuentes renovables.

La importancia de las instalaciones educativas es que son muy diferentes a cualquier otro edificio (hospitales, centros comerciales, casas, etc.) tanto en su horario de uso como en su distribución del espacio. Esto significa que cualquier estudio para analizar la viabilidad de utilizar energía renovable debe estar enfocado en las diferencias que tienen las instituciones educativas en particular. Ya que estas variables pueden ser las que sean la diferencia entre un proyecto que sea económicamente viable y uno que no cumpla con dichos requisitos.

Al mismo tiempo, se observa que hay dos grandes formas en que las escuelas estudiadas tratan de ahorrar energía. La primera es realizar un análisis de consumo de energía y establecer conciencia en la población estudiantil. Esto con el propósito de dejar de desperdiciar energía y utilizar sólo la necesaria. La segunda es que se utilizan modelaciones de optimización de energía para ver qué tipo de energías renovables son las mejores para cada situación. Por último, en los estudios realizados se observa que hay escuelas dónde las estimaciones es que si pueden llegar a ser totalmente sustentables con energías renovables mientras que hay otras que con las condiciones actuales no es posible llegar a este nivel de sustentabilidad.

Además, es importante mencionar que los resultados de las simulaciones en las escuelas de países en particular no se pueden utilizar para calcular la viabilidad en otros países. Esto debido a que las zonas geográficas son diferentes y los edificios escolares varían entre regiones por las necesidades específicas de cada una. Sin embargo, sirven como fundamento para observar que se puede realizar una simulación para México, especialmente en el norte del país, para ver si se puede llegar a ser autosustentable por medio de la energía renovable. Tomando como base la situación geográfica y el tipo de edificios escolares en la zona.

Uso de energía eléctrica en las escuelas en México.

Según la Secretaría de Educación Pública, para el ciclo escolar 2019-2020 hubo un total de 262,805 escuelas registradas, de las cuales 216,130 pertenecen al sector público y 46,675 al privado (SEP, 2020). Al mismo tiempo el sistema educativo nacional tiene un total de 36,518,953 alumnos, educados por un total de 2,074,171 docentes.

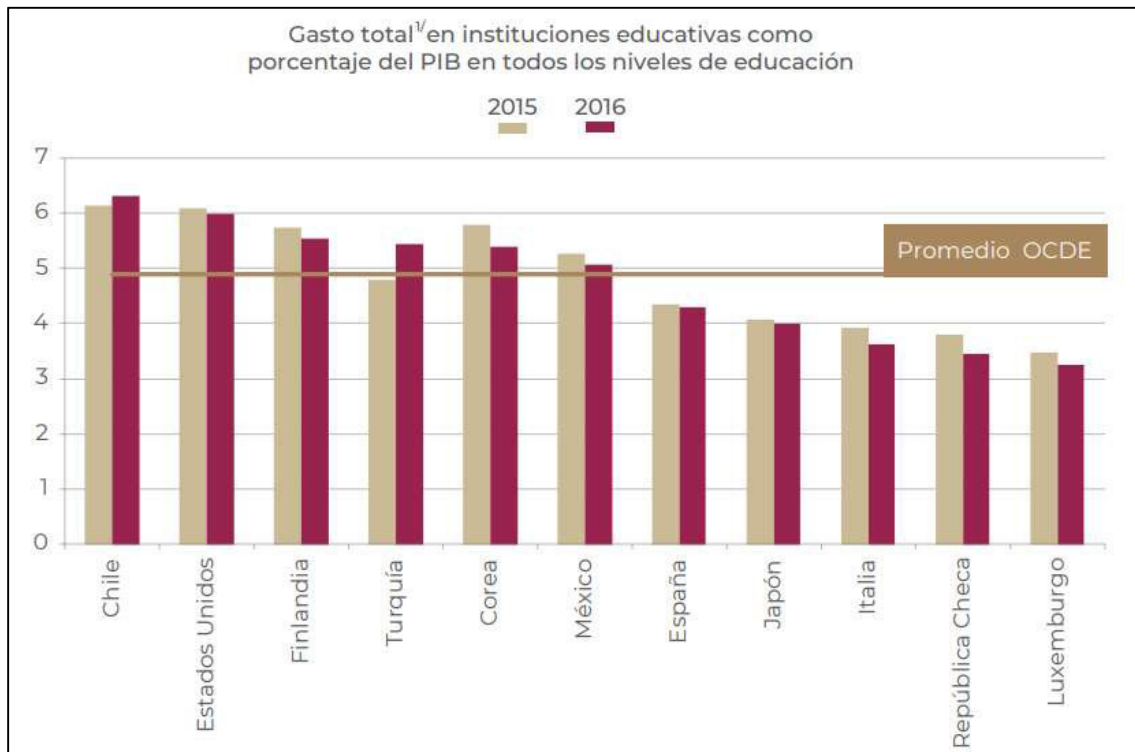
Modalidad escolarizada					
Tipo, nivel y sostenimiento	Alumnos			Docentes	Escuelas
	Total	Mujeres	Hombres		
Total sistema educativo	36,518,712	18,368,231	18,150,481	2,074,171	262,805
Público	31,236,953	15,639,494	15,597,459	1,598,520	216,130
Privado	5,281,759	2,728,737	2,553,022	475,651	46,675
Educación básica	25,253,306	12,451,584	12,801,722	1,225,341	230,424
Público	22,378,681	11,035,675	11,343,006	1,039,290	198,192
Privado	2,874,625	1,415,909	1,458,716	186,051	32,232
Educación media superior	5,144,673	2,622,466	2,522,207	412,353	21,047
Público	4,211,125	2,133,973	2,077,152	302,075	14,251
Privado	933,548	488,493	445,055	110,278	6,796
Educación superior ^{1/}	4,061,644	2,062,566	1,999,078	394,189	5,716
Público	2,841,510	1,387,772	1,453,738	234,454	2,311
Privado	1,220,134	674,794	545,340	159,735	3,405
Capacitación para el trabajo ^{2/}	2,059,089	1,231,615	827,474	42,288	5,618
Público	1,805,637	1,082,074	723,563	22,701	1,376
Privado	253,452	149,541	103,911	19,587	4,242

Tabla 1: Modalidad Escolarizada

Fuente: Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020 (SEP, 2020)

Con la información de la tabla se observa que el 85.5% de la matrícula se encuentra en escuelas públicas mientras que en resto (14.5%) corresponde a escuelas privadas. Aquí se nota como la mayor parte de la educación del país depende del apoyo de fondos gubernamentales.

En la gráfica de a continuación se muestra que el gasto en la educación en México se encuentra por encima del 5% del PIB. Esto excede el promedio del gasto que tienen los países pertenecientes en la OCDE en el mismo rubro.



Grafica 5: Gasto total en instituciones educativas como % del PIB
Fuente: Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020 (SEP, 2020)

México supera en casi un punto porcentual en su gasto educativo a países de primer mundo como España y Japón. Sin embargo, todavía queda por debajo de otros países de la OCDE como Estados Unidos y Chile. Esto demuestra que el país está invirtiendo de forma importante en la educación y que cada ahorro en insumos (como la electricidad) se puede utilizar para mejorar la calidad educativa del país.

Al mismo tiempo, aunque el gasto en educación en México es superior al promedio de los países del OCDE, todavía existen instituciones educativas que no cuentan con los recursos suficientes en infraestructura para poder otorgar educación de calidad necesaria a sus estudiantes. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla:

Porcentaje de escuelas que cuentan con servicios básicos, infraestructura o equipamiento		
Concepto	Básica % ^v	Media superior
Electricidad	85.9	86.6
Computadora	54.0	73.2
Conexión a internet	35.9	54.3
Infraestructura adaptada para discapacidad	23.7	41.0
Materiales adaptados para discapacidad	12.1	1.9
Agua potable	73.0	77.2
Lavabo de manos	68.4	78.8
Sanitarios independientes	82.7	84.2
Sanitarios mixtos	7.4	21.4
Número de escuelas	136,482	21,047

Tabla 2: Porcentaje de escuelas que cuentan con servicios básicos, infraestructura o equipamiento.

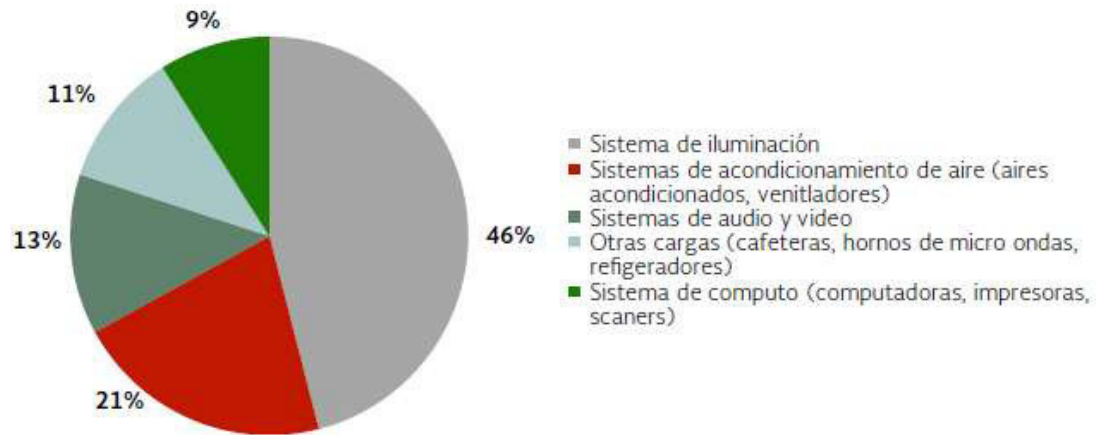
Fuente: Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020 (SEP, 2020)

Se puede ver que la mayoría de las escuelas (más del 85%) cuentan con electricidad y que más de la mitad de los planteles escolares cuentan con equipo de cómputo. Por lo tanto, esto reafirma la necesidad de investigar cómo se puede utilizar la energía eléctrica de mejor manera con fuentes alternas de energía. Ya sea para proporcionar la infraestructura eléctrica necesaria para las escuelas que no la tienen o para hacer más eficiente el consumo eléctrico de aquellas instituciones que ya cuentan con la infraestructura necesaria.

En el 2015 la SENER realizó un estudio de eficiencia energética en escuelas públicas. Para dicho estudio se realizaron entrevistas a los funcionarios públicos y se obtuvo la información de facturación de energía eléctrica de las escuelas. Se consiguió la información un total de 844 escuelas (primarias y secundarias).

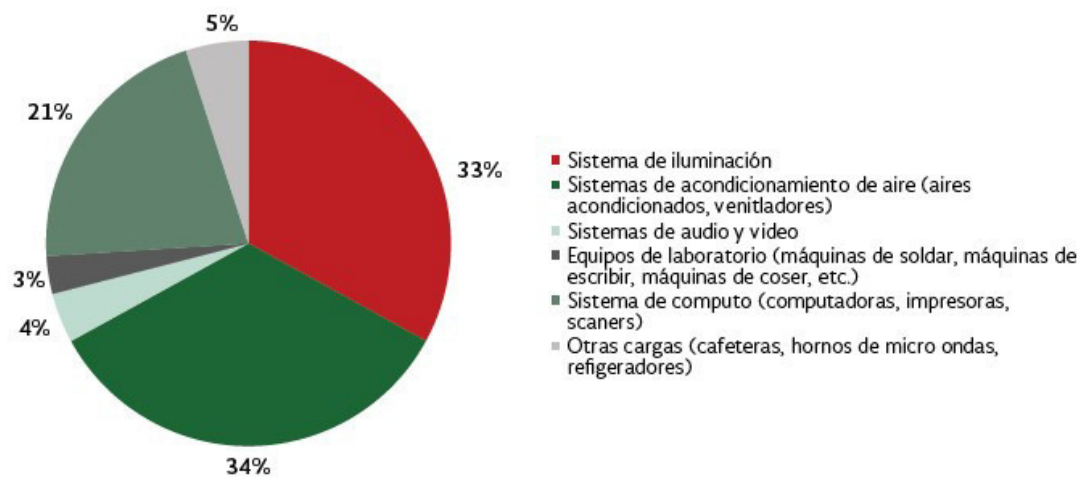
Del total de las 844 escuelas el 83% presenta la tarifa T2 (servicio general hasta 25 Kw de demanda) mientras que el 13% la tarifa OM (tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW). De las escuelas primarias el 97% utiliza tarifa T2 Y 2% OM. Para las secundarias el 83% son tarifa T2 y 13% OM.

Para las escuelas primarias los tres consumidores de energía más relevantes son la iluminación (46%) seguida por el aire acondicionado (21%) y los sistemas audiovisuales (13%). Tal como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 6: Distribución porcentual de consumo eléctrico en escuelas primarias.
Fuente: Estudio de eficiencia energética (SENER, 2015)

Por otro lado, para las escuelas secundarias los consumidores principales son el aire acondicionado (34%), sistemas de iluminación (33%) y sistemas audiovisuales (21%) como se ve en la gráfica.



Gráfica 7: Distribución porcentual de consumo eléctrico en escuelas secundarias.
Fuente: Estudio de eficiencia energética (SENER, 2015)

Revisando las gráficas se puede observar que, aunque en diferentes distribuciones, los mayores consumidores de energía son los mismos en las escuelas primarias y secundarias. Lo cual tiene sentido, ya que la iluminación, los sistemas de aires acondicionados y el equipo audiovisual son los elementos más utilizados dentro de las instituciones educativas.

En el mismo estudio con base a los porcentajes de consumo eléctrico se realizó una proyección del consumo nacional de las escuelas. Para las escuelas primarias se consideró un universo de 488 escuelas con un consumo de 3,198,331 kWh/año. Para las escuelas secundarias se utilizaron 356 encuestas y se calculó un consumo eléctrico de 15,224,052 kWh/año. Con esta información se realizó una proyección nacional que se desglosa en la siguiente tabla:

Escuela	Tipo	Número de escuelas a nivel nacional	Promedio de la muestra kWh/año	Consumo eléctrico nacional escuelas kWh/año
Primaria	Generales	69,129	12,500.00	864,112,500
Primaria	Indígenas	10,100	7,000.00	70,700,000
Secundaria	Telesecundaria	18,403	9,000.00	165,627,000
Secundaria	Generales	7,239	42,000.00	304,038,000
Secundaria	Técnicas	4,376	55,000.00	240,680,000
Secundaria	Comunitarias	2,874	6,800.00	19,543,200
Secundaria	Para trabajadores	262	3,000.00	786,000
Secundaria	Migrantes	32	3,000.00	96,000

Tabla 3: Consumo energético proyectado para escuelas secundarias a nivel nacional.

Fuente: Estudio de eficiencia energética (SENER, 2015)

En la tabla se observa que en las primarias generales el promedio de consumo anual es de 12,500 kWh al año. Por otro lado, en las secundarias generales el promedio es de 42,000 kWh al año. Por último, el total de consumo anual en las primarias y secundarias generales a 1,168,150,500 kWh al año.

El mismo estudio de la SENER menciona que la causa principal del consumo eléctrico de la iluminación es que la mayoría de las escuelas estudiadas contaban con iluminación estándar. Esta tecnología tiene una menor vida útil y un mayor consumo de electricidad que las nuevas tecnologías. Por lo tanto, existe una posibilidad de eficientizar la iluminación al adquirir tecnología más nueva.

Otro punto por tratar es la infraestructura de los aires acondicionados, de los cuales la mayoría son del tipo ventana y mini Split. Las ventajas de dichos aparatos es que son económicos y no requieren ductos y las desventajas es que no tienen una distribución uniforme en el área a enfriar y que no son eficientes en el consumo de energía eléctrica. Además, en las escuelas revisadas los aparatos estaban en malas condiciones lo que reduce todavía más su eficiencia eléctrica. Por lo tanto, el cambio a unidades de aire acondicionado de tecnología "inverter" es una opción para reducir el gasto energético.

Con respecto al equipo de cómputo, las computadoras de escritorio ocupan el 73% del total, las mini laptops y las computadoras laptops un 11% y 7% respectivamente. Del equipo de audiovisual la mayoría corresponde a televisores (44%) seguido de proyectores (19%). Esto significa que mientras más antiguos sean los aparatos que cuenten las escuelas el consumo será mayor, esto debido a la ineficiencia en el consumo de electricidad de los aparatos antiguos.

La estimación del estudio de la SENER es que el potencial de ahorro de energía en las escuelas primarias es de 245,854,946 kWh por año, que representa 26% con respecto al consumo nacional de las escuelas primarias públicas. El periodo simple de la recuperación de la inversión global en promedio es de 6.1 años, con un monto de inversión total de \$ 3,408,438,546.

Con esta información se observa que es necesario buscar nuevas formas de hacer más eficiente el consumo de luz de las instituciones educativas. Ya que con hacer cambios de tecnología se podría ahorrar hasta el 25% del consumo eléctrico. Si esto se hace en conjunto una generación de energía renovable el beneficio podría ser todavía mayor.

Cabe recalcar que se menciona en el estudio se mencionan que puede haber métodos para el ahorro de energía que no requieren cambios de infraestructura. Por ejemplo, se recomienda llevar una campaña de concientización para el personal y los alumnos para el ahorro de la electricidad. También, se pueden llevar otras medidas como programar los equipos de cómputo para que entre en modo ahorrador e instalar un sistema de control para el encendido y apagado de las luminarias exteriores.

Metodología

Objetivo

El objetivo de la investigación es analizar la factibilidad de diferentes escenarios para el uso de energía renovable para las instituciones educativas al norte del país. Para esto se va a utilizar un caso de estudio basado en información proporcionada por el Colegio Profesional de Educación Técnica (CONALEP) sobre sus planteles en Nuevo León.

Al mismo tiempo, se pretende realizar una serie de tiempo con la información proporcionada del consumo de luz de dichos planteles para observar cómo se comporta y tener una mejor estimación para el futuro considerando un horizonte de tiempo hasta el año 2025.

A los escenarios se les va a hacer un análisis de sensibilidad y una matriz de extremos para ver en cuales de estos escenarios se cumplen en su totalidad las siguientes características:

- 1) El proyecto tiene un *payback* de 5 años o menor.
- 2) El proyecto tiene una Tasa interna de Retorno (IRR) mayor a 10% considerando los 20 años de vida útil de los paneles.
- 3) La institución tenga suficientes metros cuadrados disponibles para la instalación de los paneles solares.

Información recabada

La información fue solicitada a través del portal de la Plataforma Nacional de Transparencia (www.plataformadetransparencia.org.mx) al Colegio de Educación Profesional Técnica del Estado de Nuevo León. Se generó el folio de la solicitud #00932420 con fecha del 23 de julio del 2020 donde se solicitaron, por el periodo de los últimos 10 años, los siguientes datos de todos los planteles CONALEP de Nuevo León:

- Nombre Escuela
- M2 de Terreno
- Cantidad alumnos
- Consumo en Kilowatts

El 10 de septiembre del 2020 con el documento DAJYTCNL.-13/07/20 se recibió la información solicitada de los planteles en Nuevo León. Aclarando que la información fue requerida por la unidad de Transparencia a los contadores, área recursos humanos y área académica de cada plantel la información requerida.

A continuación, se muestra la información proporcionada:

CLV	PLANTEL	DIRECCION	MT2
037	CONALEP ING. JOSÉ ANTONIO PADILLA SEGURA	ISIDORO GARZA #500, COL. INDUSTRIAS DEL VIDRIO, MONTERREY, N.L. C.P. 66470	10,143
038	CONALEP LIC. RAUL RANGEL FRIAS	AV. SERAFIN PEÑA Y EMILIANO ZAPATA S/N, COL. GUADALUPE VICTORIA, GUADALUPE, N.L. C.P. 67180	27,120
090	CONALEP DON PROTASIO RODRIGUEZ CUELLAR	LERDO DE TEJADA Y RICARDO CASTRO S/N COL. SAN ANTONIO, LINARES, N.L. C.P. 67790	15,330
091	CONALEP SAN NICOLAS I	AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS, KM. 2.5, COL. UNIDAD DEPORTIVA ORIENTE SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. C.P. 66490	11,873
123	CONALEP DR. EDUARDO MACIAS SANTOS	MARIANO ARISTA 3301, CON VIDRIOS Y CRISTALES, COL. VIDRIERA MONTERREY, N.L. C.P. 64520	3,880
135	CONALEP DR. ARROYO	JOSE MARIA MORELOS Y GENERAL BRAVO, DR. ARROYO, N.L. C.P. 67900	31,500
213	CONALEP DON JOSÉ MARÍA HERNANDEZ MARTINEZ	AV. ARROYO Y ARTICULO 123 S/N, COL. UNIDAD LABORAL, SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. C.P. 66460	9,600
242	CONALEP DON HUMBERTO LOBO VILLARREAL	CALLE 1A. AVENIDA 900, COL. SANTA MARTHA, SANTA CATARINA, N.L. C.P. 66350	14,230
254	CONALEP ING. ADRIAN SADA TREVIÑO	PROL. RUIZ CORTINES S/N CRUZ AV. 1º DE MAYO, COL. VALLE DEL INFONAVIT 1ER. SECTOR, MONTERREY, N.L. C.P. 64350	8,400
289	CONALEP DR. CARLOS CANSECO GONZALEZ	GASPAR CASTAÑO S/N Y RHODESIA DEL NORTE, FRACC. VILLA DE SAN CARLOS FRENTE A LOMAS DEL PEDREGAL, APODACA, N.L. C.P. 66644	21,580
290	CONALEP DON CARLOS MALDONADO ELIZONDO	CALLE SANTA TERESA Y CALZADA SANTA MARIA FRACC. SANTA CLARA, EN SAN PEDRO, SANTIAGO, N.L. C.P. 67307	10,833
295	CONALEP DON VICTOR GOMEZ GARZA	MIGUEL RAMOS ARIZPE S/N INDUSTRIAL LA SILLA, GPE N.L. C.P. 67199	94,370
296	CONALEP DON BENJAMIN SALINAS WESTRUP	IRIS 220 COL. VILLAS DE SAN JOSÉ, CD. BENITO JUAREZ, N.L. C.P. 67254	14,400
300	CONALEP JOEL ROCHA BAROCIO	CAMINO A TIERRA BLANCA KM 1.5 CONGREGACIÓN ANASTACIA DE TREVIÑO CIENEGA DE FLORES C.P. 65558	25,300
312	CONALEP LIC. JOSÉ MARÍA PARAS Y BALLESTEROS	31 Carretera Cadereyta- Allende Km 31, 67553 Los Sabinos, N.L.	8,518
332	CONALEP CADEREYTA JIMENEZ	JUAREZ 502 PTE. ZONA CENTRO CADEREYTA JIMENEZ, N.L.	816
333	CONALEP SAN BERNABE	PROL AZTLAN COL SAN BERNABE 8 SECTOR MONTERREY	32,826

Tabla 5: Planteles CONALEP de Nuevo Leon y M2 de terreno.

Fuente: CONALEP (Oficio DAJYTCNL.-13/07/20)

Cve	Plantel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
37	Ing. José Antonio Padilla Segura I	719	824	1035	1173	1433	1541	1705	1736	1658	1437
38	Lic. Raúl Rangel Frías	2414	2501	2571	2686	2916	3112	2948	3072	3002	3228
90	Don Protasio Rodríguez Cuéllar	395	492	572	568	546	543	564	634	659	723
91	San Nicolás de los Garza I	1639	1474	1583	1616	1566	1496	1611	1864	1915	1964
123	Dr. Eduardo Macías Santos	1108	1246	1206	1211	1176	1155	1184	1190	1115	1123
135	Dr. Arroyo	441	466	471	540	560	569	628	683	664	606
213	Don José María Hernández Martínez	1346	1554	1590	1457	1412	1412	1546	1577	1576	1541
242	Don Humberto Lobo Villarreal	972	1094	1167	1179	1163	1227	1345	1292	1166	1159
254	Ing. Adrián Sada Treviño	1266	1403	1543	1474	1383	1377	1324	1235	1212	1303
289	Dr. Carlos Canseco González	1251	1426	1657	1782	1670	1772	1899	1906	1836	2099
290	Don Carlos Maldonado Elizondo	335	448	396	367	372	364	304	365	356	376
295	Don Víctor Gómez Garza	756	860	867	882	772	933	1284	1619	1489	1498
296	Don Benjamín Salinas Westrup	827	892	942	969	1067	1241	1416	1443	1621	1825
300	Joel Rocha Barocio	403	444	498	550	555	569	612	829	957	1201
314	José María Paras y Ballesteros	123	213	298	309	309	301	313	345	356	363
332	Cadereyta Jiménez	0	0	0	194	238	311	447	556	665	700
333	San Bernabé	0	0	0	238	647	744	937	1005	1079	1130
	Total	13995	15337	16396	17195	17785	18667	20067	21351	21326	22276

Tabla 6: Total de alumnos por año por plantel

Fuente: CONALEP (Oficio DAJYTCNL.-13/07/20)

Al mismo tiempo se otorgó la información del consumo en Kilowatts y su costo por el periodo de los últimos 10 años. Sin embargo, cabe recalcar que no todos los planteles contaban con la información solicitada ya que algunos tenían menos años de información de consumo o contaban con años que incluían información incompleta.

Los planteles que contenían la información completa de enero 2010 a la fecha son los siguientes:

Cve	Plantel
37	Ing. José Antonio Padilla Segura I
38	Lic. Raúl Rangel Frías
91	San Nicolás de los Garza I
123	Dr. Eduardo Macías Santos
213	Don José María Hernández Martínez
254	Ing. Adrián Sada Treviño
289	Dr. Carlos Canseco González

Por lo tanto, se eligieron estos 7 planteles para el caso de estudio a realizar, debido a que son los que tienen la mayor cantidad de datos continuos para analizar. Por último, cabe recalcar que la información utilizada es de enero 2010 a febrero 2020. Esto debido a que la contingencia sanitaria del COVID-19 empezó alrededor de marzo y, por lo tanto, esos meses no son representativos de un consumo normal en los planteles seleccionados para estudiar.

Descripción del Modelo de Factibilidad

Con la información de los CONALEP previamente mencionados se espera generar un modelo genérico para ver bajo que supuestos la adquisición de paneles solares es factible para un CONALEP promedio en Nuevo León.

Supuestos Variables

Panel Solar

Los supuestos de la generación, consumo y costo de mantenimiento toman como base al panel solar *SunPower E-Series 435 Monocristalino Maxeon*. Esto debido a las ventajas que obtiene versus otros tipos de paneles similares:

- El mejor panel del mercado en eficiencia y durabilidad
- Celdas independientes con placa de cobre completa para funcionar aun cuando están fracturadas
- Genera 8-12% más por watt
- Garantía de 25 años en manufactura de módulo, 25 años en eficiencia y vida comprobada de 40 años
- La menor degradación de 0.25% por año
- La mejor resistencia al calor (-0.35%/°C) sobre temperatura de operación normal (45°C)
- Empresa Americana con la mayor experiencia y trayectoria en el mercado (30+ años)

Esta información fue obtenida de un consultor privado que hizo una recomendación para una escuela privada ubicada en Santa Catarina Nuevo León.

Variables

A continuación, se muestra la definición de las variables que se van a utilizar en los diferentes escenarios posibles:

- **Tipo de cambio:** Tipo de cambio Peso Mexicano por Dólar Americano.

- **Inflación CFE:** El incremento estimado del costo de las tarifas de electricidad proporcionadas por la Comisión Federal de Electricidad.
- **Inflación Mantenimiento Paneles:** La inflación esperada para los mantenimientos anuales de los paneles solares
- **Requerimiento Energético:** El promedio del requerimiento energético en kilowatts de los planteles CONALEP estudiados.
- **M2 Promedio:** El promedio de metros cuadrado de los planteles CONALEP estudiados.
- **Costo Kilowatt:** El costo por Kilowatt utilizado.
- **Subsidio sobre los paneles:** Apoyo teórico para la adquisición de paneles (descuenta el costo inicial de la inversión en paneles)
- **Incremento porcentual en alumnos:** La estimación del incremento porcentual de los alumnos de cada año.
- **Tope incremento porcentual sobre alumnos.** El porcentaje máximo que puede crecer la población estudiantil sobre el año base.

Resultados a Obtener

El modelo generará los siguientes resultados para el análisis.

- **Espacio Requerido (M2):** El área que requiere la institución para instalar los paneles solares.
- **Kw Anuales Producidos:** La generación anual de Kw con los paneles requeridos.
- **Payback:** El periodo en años en que se recuperaría la inversión inicial.
- **IRR:** La tasa interna de retorno del proyecto de inversión.

Por lo tanto, con esta información se puede obtener cuántos paneles solares serán los requeridos para que un CONALEP promedio cumpla con sus requisitos energéticos. Se puede realizar un análisis de escenarios (*What if Analysis*) para calcular la cantidad necesaria de paneles que cumplan los requerimientos específicos de cada institución educativa.

Aclaraciones del Modelo

Supuestos del Modelo

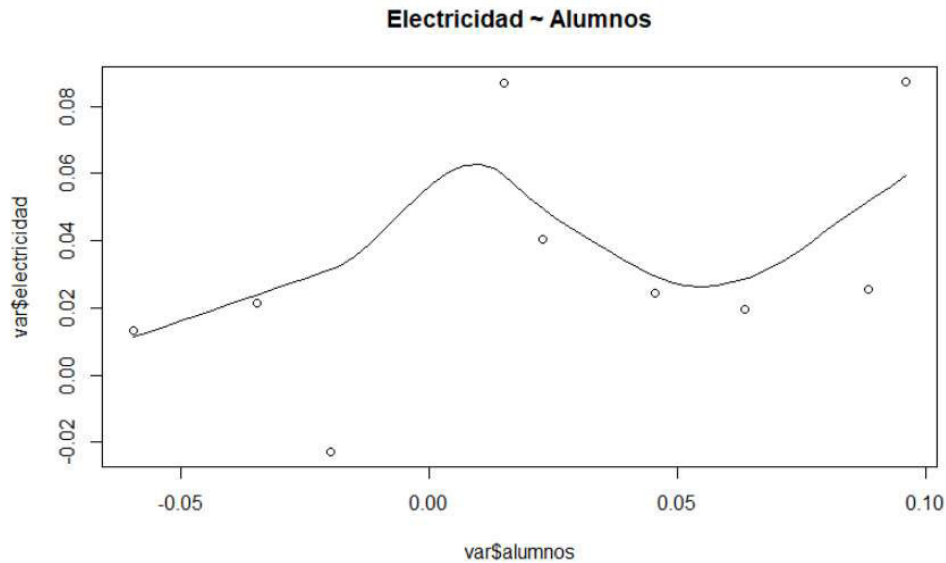
El modelo asume que la instalación de los paneles solares requeridos se hará durante el 2020 (año 0) sin obtener beneficios durante ese periodo. La cantidad de paneles instaladas en el año 0 es la requerida para satisfacer el requerimiento energético estimado para el año 2025.

Al mismo tiempo, en los años en que la capacidad instalada de paneles genere más electricidad que la requerida en un año en particular, se asumirá que la energía ahorrada no se vende a terceros y no se obtiene un beneficio por el diferencial generado.

Relación Consumo Electricidad e Incremento en la Matrícula

Se espera que el consumo de electricidad de una institución educativa varíe dependiendo de la cantidad de alumnos que se tengan. Ya que entre más alumnos estén inscritos se utilizarán en mayor medida las instalaciones (más salones, más equipo de cómputo, etc.).

Para ver el grado de relación entre ambas variables se realizó una regresión lineal con el programa computacional R Studio entre el porcentaje promedio de incremento anual en la matrícula de los CONALEP versus el incremento promedio de consumo de electricidad.



```
Call:
lm(formula = electricidad ~ alumnos, data = var)
Coefficients:
(Intercept)      alumnos
  0.02576         0.29398
```

Gráfica 8: Regresión lineal entre el cambio % de alumnos versus % consumo electricidad.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver que el coeficiente de la Beta es 0.29, lo cual significa el cambio en 1% en el incremento de alumnos causa un aumento del 0.29% en el incremento del consumo eléctrico. Por lo tanto, se observa que si hay una correlación positiva entre el incremento de alumnos y el incremento en el consumo de electricidad.

Es importante mencionar que la matrícula no puede incrementar de manera indefinida, ya que los CONALEP tienen limitantes de espacio y de profesores. Por lo tanto, para la modelación de factibilidad se establece un tope para dicho incremento. Una vez que el modelo llega a dicho tope se deja de calcular el incremento en alumnos y estos se mantienen constantes.

El resultado de la regresión lineal será la base la relación entre el requerimiento energético y el cambio porcentual en de la matrícula de la institución.

Subsidio sobre los paneles solares.

De acuerdo la información financiera del tercer trimestre del 2019 (La última publicada en por la Secretaria de Administración Financiera) los subsidios del CONALEP Nacional representan el 97% y 98% de los ingresos a septiembre 2019 y

2018 respectivamente.

Sin embargo, a septiembre 2019 se encuentra con un desahorro de 30 millones mientras que en 2018 tuvo un ahorro de 53 millones. A continuación, se resume la información:

	Sept 2019	Sept 2018
Subsidios	\$905,380,730	\$960,706,532
Otros Ingresos	\$31,491,612	\$36,385,194
Total	\$936,874,361	\$997,093,744
% Subsidios	97%	96%
Ahorro/(Desahorro)	(\$30,674,547)	\$53,096,896

Tabla 7: Comparativo CONALEP Nacional Tercer Trimestre

Fuente: Elaboración propia con información de:

<https://www.gob.mx/conalep/acciones-y-programas/informacion-financiera-224955>

Por lo tanto, se observa que los CONALEP dependen de gran medida del subsidio que le da el Gobierno Federal. Esta variable en el modelo se utiliza para establecer el porcentaje de apoyo que daría el Gobierno exclusivamente para la adquisición de paneles solares. Mientras más apoyo se de la institución educativa recuperaría el dinero en un periodo menor de tiempo.

Métodos de Valuación

En la evaluación de proyectos el método más utilizado para analizar la viabilidad de un proyecto es el Valor Presente Neto (NPV, *Net Present Value*). El objetivo de dicho método es traer a valor presente los flujos futuros de la inversión descontados al costo de capital de cada empresa. Un proyecto se debe de aceptar siempre y cuando el NPV sea un número mayor a cero.

Los beneficios de cada proyecto se deben de valorar en el mismo periodo de tiempo, esto debido al concepto conocido como el valor del dinero en el tiempo. La teoría nos dice que el valor nominal del dinero va perdiendo valor mientras transcurre el tiempo, esto debido a conceptos como la inflación y los intereses que generan las inversiones. Por lo tanto, no es lo mismo un ahorro de \$10,000 en el año actual que la misma cantidad dentro de cinco años.

La complejidad que tiene el NPV es que se tiene que descontar al costo promedio de capital de cada empresa (WACC en inglés *Weighted Average Cost of capital*). El WACC es el costo de financiamiento individual de cada empresa dependiendo del peso de cada fuente de financiamiento (deuda o capital). En teoría es lo que le cuesta en promedio a cada empresa obtener un peso más de dinero de forma financiada.

La razón por la cual se decidió omitir el NPV es debido a que el WACC varía dependiendo de cada institución educativa y esto evita que se pueda hacer un modelo aplicable para todas las instituciones educativas. Al mismo tiempo, no es posible sacar un WACC de la industria debido a que no hay información pública para hacer el cálculo (por ejemplo, no hay instituciones educativas que coticen en la Bolsa Mexicana de Valores).

En el método de factibilidad propuesto se utiliza como indicador la Tasa Interna de Retorno (IRR en inglés *Internal Rate of Return*). La IRR es la tasa de descuento donde el Valor Presente Neto es igual a cero. Esto es lo mismo que decir que es el WACC más bajo al cual se podría aceptar el proyecto. Por lo tanto, si el IRR es mayor que el WACC de la institución educativa entonces si es viable la implementación del proyecto.

Otro indicador que se utiliza en el modelo es el *Payback*, que es el total de años en el cual la institución recuperaría su inversión. Este modelo utiliza el valor nominal del dinero (es decir, no considera el valor del dinero en el tiempo). Aunque este indicador no nos dice si es conveniente o no la inversión, si ayuda a tener una mejor visión global de cómo se iría recuperando la inversión a través del tiempo.

En conclusión, se utilizan tanto la IRR como el *Payback* debido a que son los métodos que se pueden aplicar de mejor manera de una forma holística. Ya que ambos indicadores se pueden utilizar en cualquier institución educativa sin necesidad de conocer su composición en los métodos de financiamiento.

Beneficio Fiscal

La Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR), establece los límites para la depreciación fiscal de los activos fijos, lo cual es un beneficio fiscal que fomenta su adquisición. La inversión en paneles solares si caen dentro de la definición de activo fijo de acuerdo a lo establecido en la ley. La LISR menciona lo siguiente en su artículo 34:

Artículo 34. Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:

(...)

XIII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente.

Para los efectos del párrafo anterior, son fuentes renovables aquéllas que por su naturaleza o mediante un aprovechamiento adecuado se consideran inagotables, tales como la energía solar en todas sus formas; la energía eólica; la energía hidráulica tanto cinética como potencial, de cualquier cuerpo de agua natural o artificial; la energía de los océanos en sus distintas formas; la energía geotérmica, y la energía proveniente de la biomasa o de los residuos. Asimismo, se considera generación la conversión sucesiva de la energía de las fuentes renovables en otras formas de energía.

Lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción, salvo en los casos a que se refiere el artículo 37 de esta Ley. Los contribuyentes que incumplan con el plazo mínimo establecido en este párrafo, deberán cubrir, en su caso, el impuesto correspondiente por la diferencia que resulte entre el monto deducido conforme a esta fracción y el monto que se debió deducir en cada ejercicio en los términos de este artículo o del artículo

35 de esta Ley, de no haberse aplicado la deducción del 100%. Para estos efectos, el contribuyente deberá presentar declaraciones complementarias por cada uno de los ejercicios correspondientes, a más tardar dentro del mes siguiente a aquél en el que se incumpla con el plazo establecido en esta fracción, debiendo cubrir los recargos y la actualización correspondiente, desde la fecha en la que se

Como se observa en el artículo citado, los paneles solares caen dentro de los supuestos mencionados para que su deducción fiscal sea al 100% durante el primer año. Este artículo es un estímulo para que las empresas inviertan en energías renovables ya que les permite un ahorro importante de impuestos en el primer año de utilización.

Sin embargo, el modelo de factibilidad no considera dicho beneficio fiscal en el análisis debido a que las instituciones educativas se pueden encontrar en diferentes regímenes fiscales. Lo cual ocasiona que el modelo no se pudiera utilizar forma general para todas las escuelas.

A grandes rasgos las escuelas pueden entrar en dos títulos diferentes de la LISR. Pueden caer en los supuestos del Título II y ser contribuyentes del Impuesto Sobre la Renta o ser parte del Título III y no ser contribuyentes del ISR (es decir, no pagar impuestos). Sumado a esto, la tasa impositiva varía dependiendo de los ingresos acumulables de las escuelas dentro del Título II. Por lo tanto, no es viable hacer un modelo universal que considere el beneficio fiscal ya que no todas las escuelas se encuentran en las mismas condiciones ante la LISR. De acuerdo a la información financiera del 2019, los CONALEP presentan un Estado de Actividades y pueden recibir donativos. Esto significa que entran dentro del Título III y, por lo tanto, el beneficio fiscal de la deducción no les aplica.

Cabe recalcar que el modelo sigue siendo relevante, aunque no considere el beneficio fiscal. Esto debido a que el modelo utiliza un supuesto conservador al evitar la ventaja fiscal de la depreciación. Por lo tanto, el resultado de la viabilidad que arroje el modelo es indiferente si la institución educativa paga o no impuestos.

Requerimiento Energético

Para poder estimar el requerimiento de energía promedio anual se realizó una serie de tiempo en base al promedio de información proporcionada de los 7 planteles del CONALEP con información desde enero 2010 a febrero 2020.

Para poder utilizar una serie de tiempo para pronosticar una variable primero se tiene que analizar dicha serie para revisar que no cuenta con autocorrelación y que tenga estacionariedad. La autocorrelación significa que las observaciones de la serie de tiempo están relacionadas entre sí, es decir que el valor futuro está relacionado con el valor anterior. Se dice que una serie de tiempo tiene estacionariedad cuando las propiedades de la serie no varían con respecto al tiempo. Es decir, que su variación no cambia en función con el tiempo.

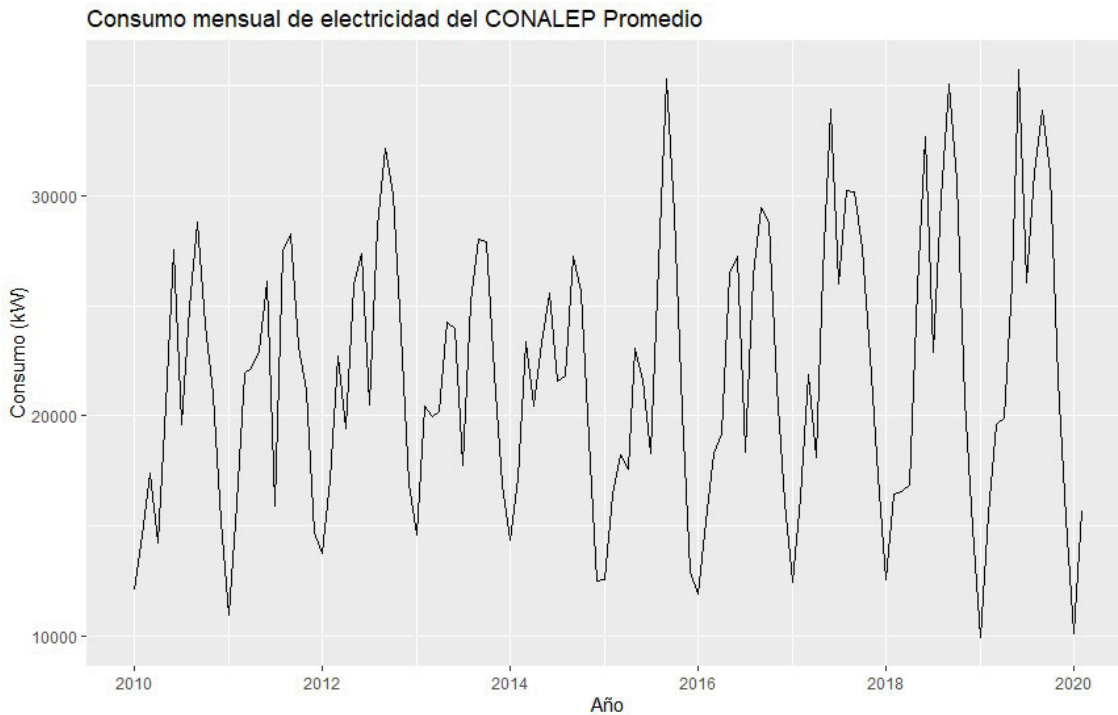
Para el análisis de la serie de tiempo se usó el programa computacional R Studio con las siguientes librerías (paquetes de funciones matemáticas):

- `library(tseries)`
- `library(forecast)`
- `library(ggplot2)`
- `library(seasonal)`

Visualización de la serie de tiempo

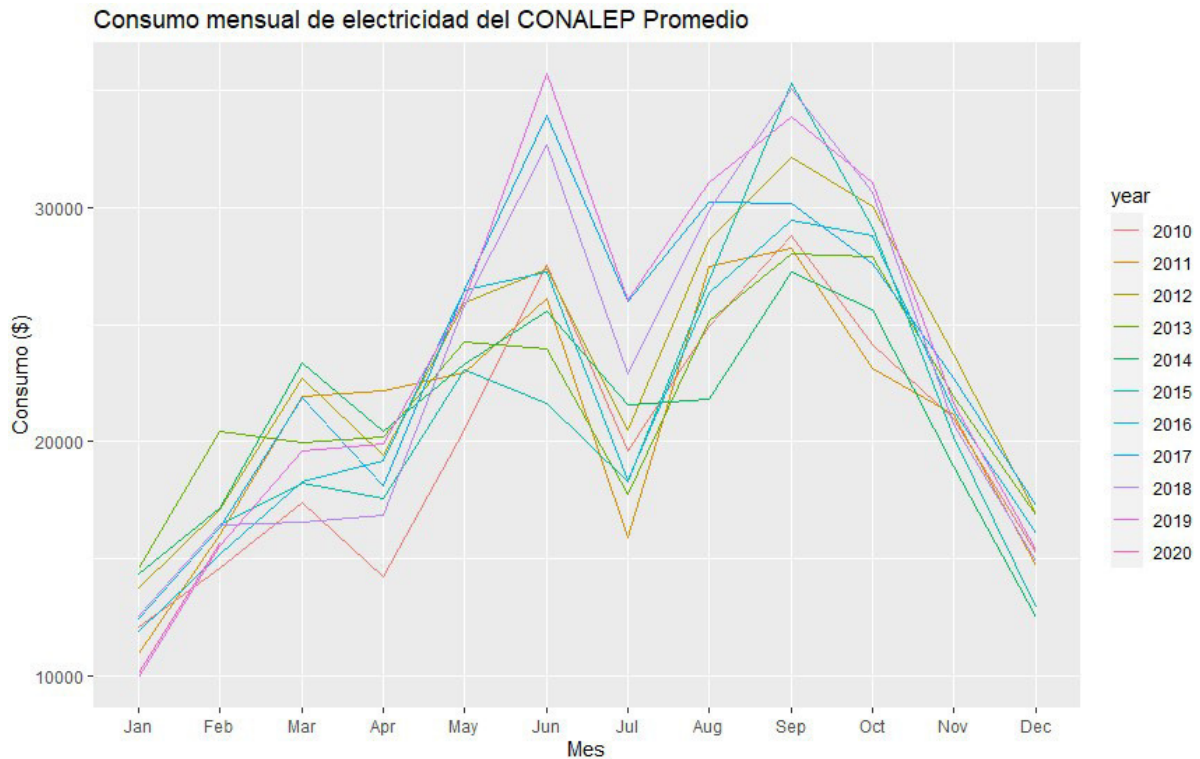
El consumo de electricidad en los CONALEP promedio se espera que sea estacional, esto debido a que el uso de la electricidad depende de la temperatura. Y la temperatura claramente es estacional a lo largo del año. Sin embargo, hay que aclarar que este consumo es dentro de Nuevo León, un estado que se caracteriza por tener temperaturas elevadas.

Resumiendo, se espera a que debido a la estacionalidad que va a tener la serie, los años pasados deben de poder explicar correctamente cómo se va a comportar el consumo de electricidad dentro de la institución promedio. Esto siempre y cuando no haya factores externos que afecten el pronóstico, como serían aumento de alumnos, cambio en las tecnologías utilizadas, cambio en los subsidios federales de electricidad, etc.



Gráfica 9: Histograma Consumo mensual de electricidad del CONALEP promedio.
Fuente: Elaboración propia.

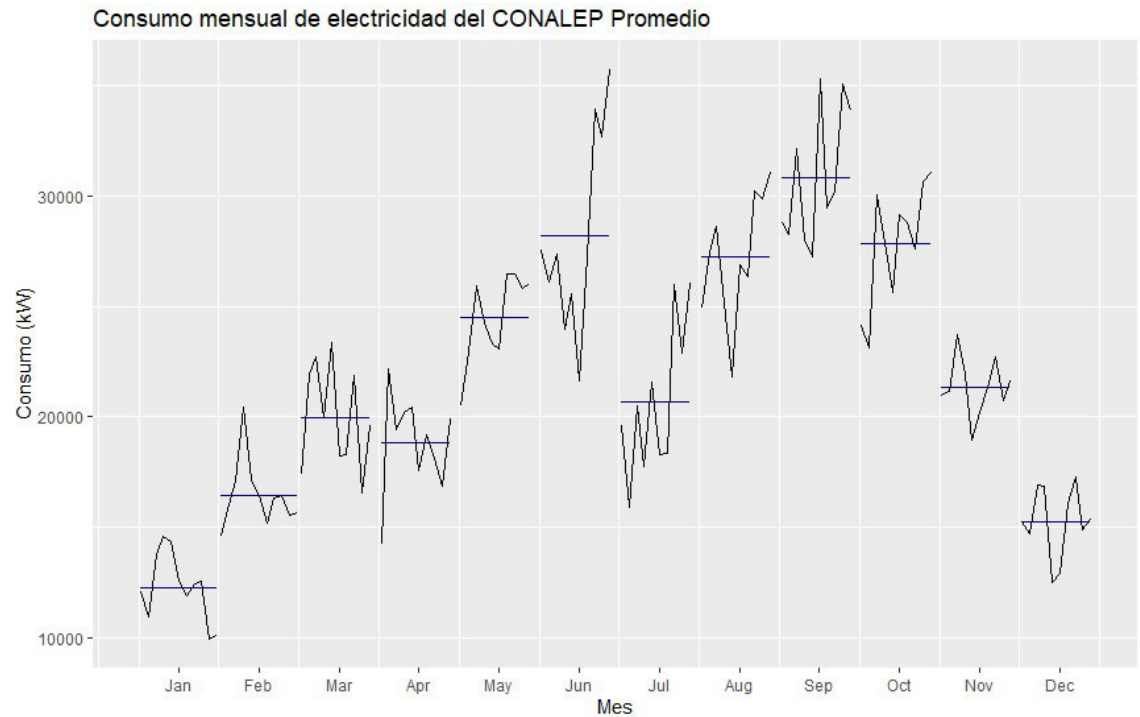
Al graficar la serie de tiempo se puede observar cómo el consumo tiene la impresión de ser cíclico. Esto es de esperarse ya que el consumo de electricidad varía de acuerdo con la temperatura, la cual varía dependiendo la temporada del año en curso. Además, el consumo de electricidad dentro de las instituciones educativas también depende del ciclo escolar. Esto debido a que, en agosto, al ser principios del ciclo escolar, hay más actividades (por ejemplo, eventos por inicios de cursos). Por otro lado, en julio baja el consumo de electricidad debido a que ya no hay clases en la mayoría de las instituciones.



Gráfica 10: Histograma Estacional consumo mensual de electricidad del CONALEP promedio.
Fuente: Elaboración propia.

Al obtener una gráfica estacional se confirma que efectivamente hay estacionalidad. Se puede observar que a partir del mes de abril hay un alza en el consumo de electricidad. Esto se debe a que empieza a haber un incremento en la temperatura del medio ambiente que afecta los salones de clase.

Por otro lado, aunque julio es un mes con temperaturas elevadas, se observa en la gráfica que todos los años hay una disminución en el consumo de luz. La razón de esto es que es el periodo vacacional y es cuándo hay menos gente en las instalaciones. En ese mismo periodo se mantienen apagados varios salones con sus respectivos aires acondicionados. Por último, en agosto vuelve a subir el consumo de luz debido a que se reinician clases. Después de septiembre el consumo de electricidad va paulatinamente en decadencia debido a que empieza a disminuir la temperatura en el medio ambiente y ya no es necesario utilizar aires acondicionados.



Gráfica 11: Promedio mensual del consumo de electricidad del CONALEP promedio.
Fuente: Elaboración propia.

Al graficar los datos segregando por mes se puede comprobar la estacionalidad de la serie de tiempo. Se observa que efectivamente los periodos con mayor consumo son junio y septiembre (característicos de tener altas temperaturas). Aunque julio también es un mes caluroso como ya se mencionó el consumo de electricidad baja considerablemente por el periodo vacacional.

Para revisar si la serie de tiempo está autocorrelacionada y si tiene estacionariedad se utilizaron 2 pruebas estadísticas para cada una. A continuación, se muestra la tabla con los resultados y la hipótesis nula (H_0) de cada una de las pruebas.

PRUEBA	Ljung-Box	Box Pierce	Dickey-Fuller Aumentada	KPSS
H0	La serie no esta auto correlacionada	La serie no esta auto correlacionada	No existe estacionariedad	Si existe estacionariedad
P Value	8.24E-07	2.55E-11	0.01	0.1
¿Rechaza H0?	SI	SI	SI	NO

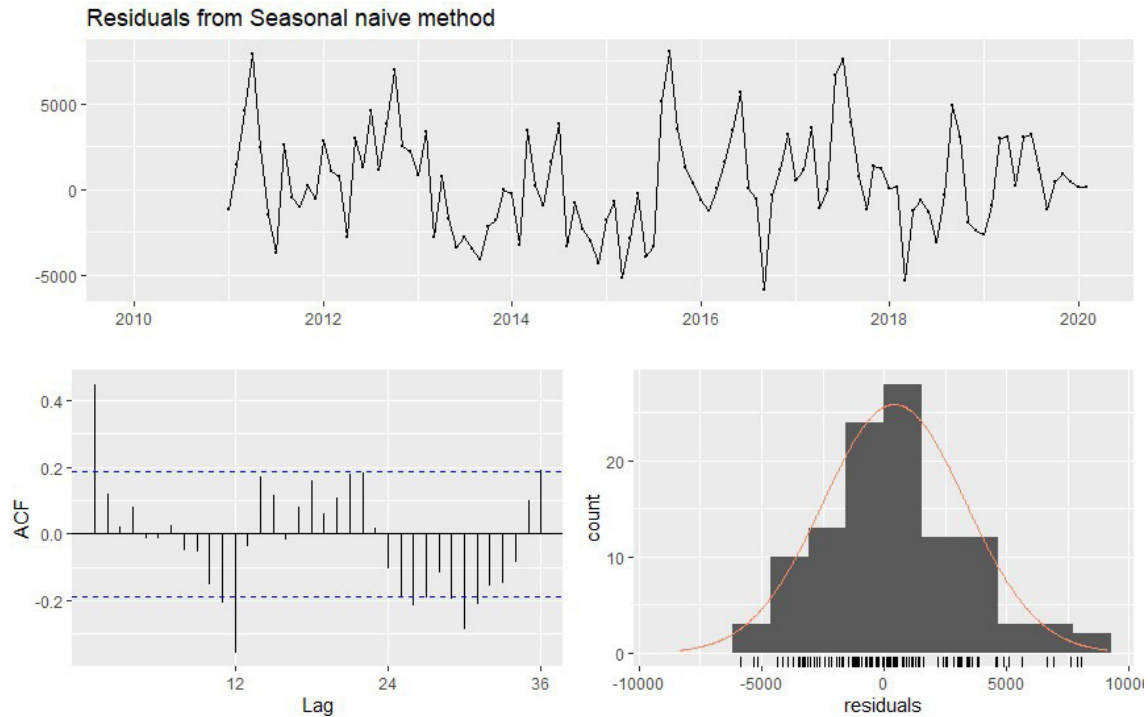
Tabla 8: Pruebas estadísticas de correlación y estacionariedad

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que tanto las pruebas Ljung-Box y la Box Pierce ambas establecen que la serie sí tiene auto correlación. Por otro lado, la pruebas Dickey-Fulley aumentada y KPSS establecen que si existe estacionariedad en la serie.

El resultado de la realización de las pruebas es que la serie de tiempo no se puede utilizar para proyectar a menos que se le realice algún tipo de transformación. Esto debido a que es una serie autocorrelacionada.

Para corroborar los resultados de las pruebas y confirmar si se requiere hacer una transformación a la serie se procedió a realizar la función *checkresiduals* con método *seasonal naive* para ver el comportamiento de los residuales, esto para ver si la serie está auto correlacionada o no. Se utiliza el método *seasonal naive* ya que como se observó con anterioridad el consumo eléctrico es claramente estacional.



Gráfica 12: Residuales de la serie de tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

Al ver la gráfica de los residuales se puede observar que el histograma hay varias observaciones que se alejan del cero. Al mismo tiempo, en la prueba ACF se observa que tiene una cantidad considerable de rezagos que están fuera de las bandas. Por otro lado, en la campana de la normalidad, aunque la mayoría de los datos se encuentran dentro de la campana, la media de las observaciones no exactamente en el cero. Todo esto indica, al igual que las pruebas estadísticas, que es necesario hacer una transformación a la serie de tiempo.

Transformación Serie de Tiempo.

Para realizar la transformación de la serie de tiempo se procederá a utilizar el modelo autor regresivo integrado de promedio móvil o **ARIMA** (acrónimo del inglés autoregressive integrated moving average). Para esto se utilizará la función `auto.arima` del programa R Studio. Dicha función lo que hace es buscar el AIC (acrónimo en inglés Akaike information criterion) más chico entre todas las posibles combinaciones de diferenciación. El criterio AIC lo que mide es la eficiencia de cada modelo ARIMA.

El resultado de la función `auto.arima` arroja un modelo con las siguientes características (donde las letras mayúsculas indican los componentes de la parte estacional de la serie de tiempo):

ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)

p-orden de la autoregresión

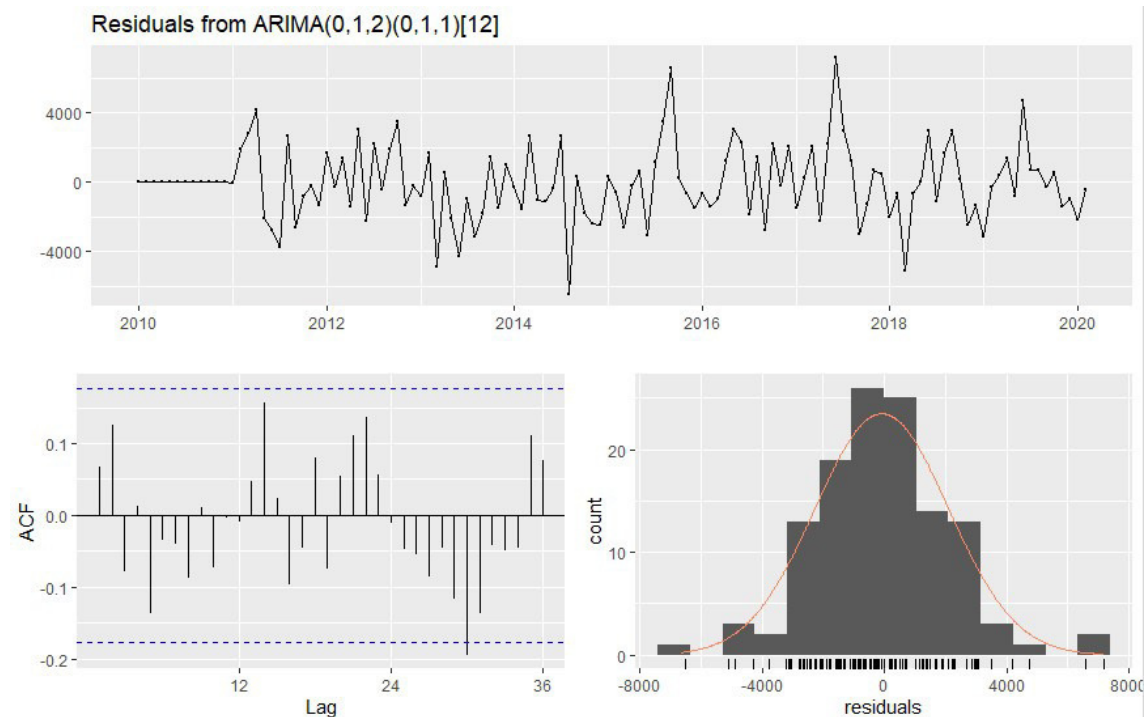
d-orden de la diferenciación

q-orden del promedio Móvil:

El la función `auto.arima` para los datos seleccionado arrojó el siguiente resultado: ARIMA(0,1,2)(0,1,1)[12]. Esto muestra que es un ARIMA estacional (12 periodos por cada estación, correspondiente a los 12 meses del año).

La función de `auto.arima` establece que se debe hacer una diferenciación en la parte estacional y otra en la no estacional del modelo. Complementando esto, en la parte no estacional también es necesario hacer un ajuste de dos promedios móviles. Por otro lado, en la parte estacional se requiere corregir un orden de promedio móvil.

Al hacer la función *checkresiduals* en la serie de tiempo transformada se obtienen los siguientes resultados:



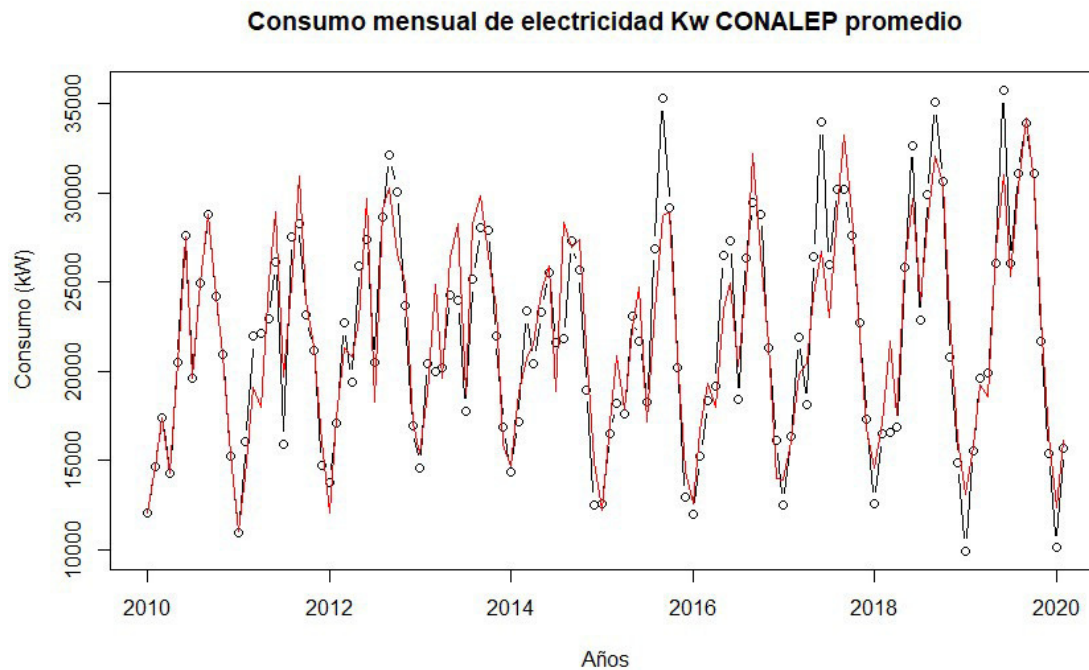
Gráfica 13: Residuales de la serie de tiempo transformada.
Fuente: Elaboración propia.

Al ver la gráfica de los residuales se puede observar que ahora hay más observaciones que oscilan alrededor del cero y, al mismo tiempo, en la prueba ACF se observa que sólo existe un rezago que se sale de las bandas. Por otro lado, la mayoría de las observaciones ya se encuentran dentro de la campana de normalidad y su media es cero.

Con esto se observa que la transformación fue exitosa y que los residuales tienen una composición aleatoria. Por último, al realizar la prueba Ljung-Box se obtiene un p-value de 0.4739 por lo tanto no se rechaza H_0 = la serie no está autocorrelacionada.

Pronostico

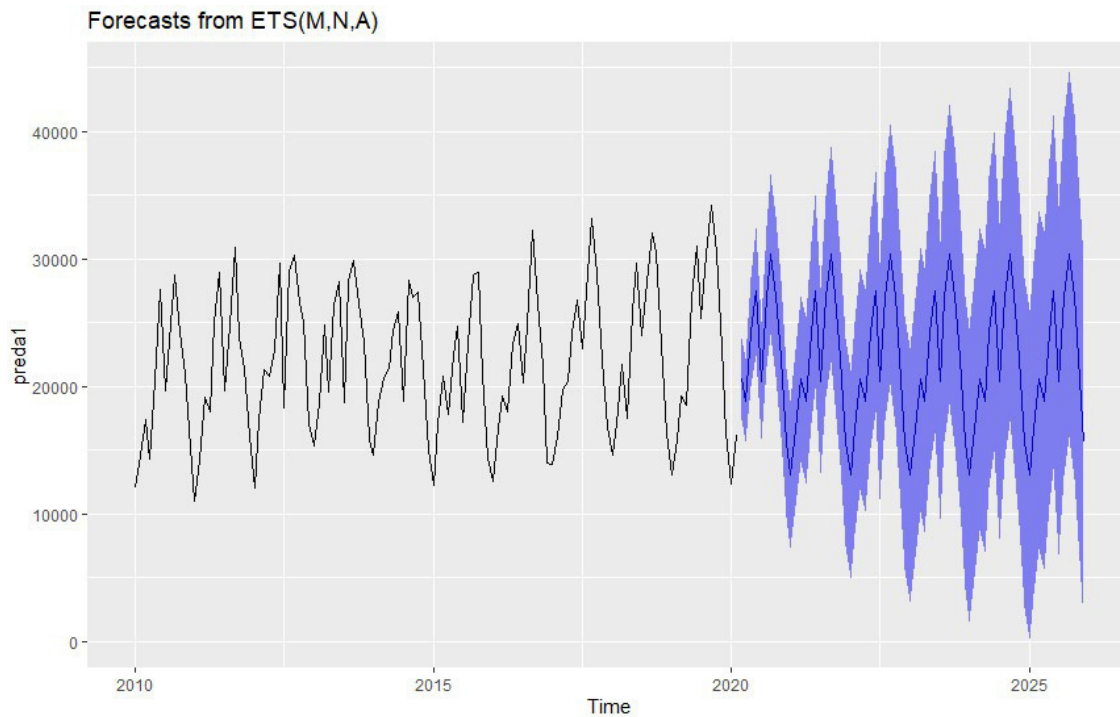
Ya con la serie sin problemas de autocorrelación ni de estacionariedad se puede proceder a hacer una proyección. Para empezar, se va a comprar la proyección del modelo ARIMA contra la serie original:



Gráfica 14: Comparación modelo ARIMA y serie de tiempo

Fuente: Elaboración propia.

La línea roja es la proyección utilizando el modelo ARIMA, se observa que las estimaciones están muy parecidas a la serie original (color negro). Por lo tanto, se espera que la proyección a futuro que arroje el modelo ARIMA sea constante con los datos observados y se encuentre cerca del consumo real.



Gráfica 15: Pronóstico consumo energético CONALEP promedio.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica, la línea azul es el pronóstico en el consumo energético hasta diciembre 2025. Las bandas celestes muestran los valores posibles que se pueden obtener con un grado de confianza del 95%. Se observa que mientras más se avanza en el tiempo los intervalos de confianza también van en incremento. Esto se debe a que mientras más en el futuro se esté la incertidumbre aumenta y por lo tanto los intervalos son mayores.

Escenario Base

A continuación, se muestra el escenario base para la modelación y se establece cómo se obtuvieron los datos de las variables.

Supuestos			Variables	
Costo Panel (instalado)	\$ 359.48	USD	Tipo Cambio	\$ 21.76
Mtto anual	0.05	USD/kw/año	Inflación CFE	3.48%
Espacio Requerido Aprox	13.94	M2	Inflación Mtto	3.00%
Producción por Panel	518.85	anual (kW)	Requerimiento Energetico	263,608
Beta Consumo-Alumnos	0.29		M2 Promedio	13,228
			Costo Kilowatt	\$ 3.017
			Subsidio sobre panel	0%
			Incremento Alumnos	2%
			Tope incremento	35%

Tabla 9: Supuestos y variables del escenario base

Fuente: Elaboración propia

Los supuestos, como ya se mencionó, se obtuvieron considerando el panel solar marca *SunPower E-Series 435 Monocristalino Maxeon*. La beta de relación consumo electricidad crecimiento de alumnos fue obtenida por la regresión lineal mencionada con anterioridad.

En el Diario Oficial de la Federación del 8 de julio del 2020 se publicó el programa Sectorial de Energía del 2020-2024. En dicha publicación se menciona que el costo de la energía eléctrica está un 0.48% por encima de la inflación nacional. Este es el dato que se va a utilizar para el aumento base en el costo de la energía eléctrica proporcionada por la CFE.

Para la inflación anual se considera un 3%, que es lo que tiene pronosticado la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en su Presupuesto de Egresos de la Federación 2021 publicado el 8 de septiembre del 2020 en la Gaceta Parlamentaria Año XXIII Número 5604-B.

El tipo de cambio utilizado es el promedio del tipo de cambio publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1 de enero del 2020 al 23 de octubre del 2020. El costo del Kilowatt es el costo de la tarifa PDBT pequeña demanda baja tensión hasta 25 kW al mes para Monterrey Nuevo León del mes de octubre 2020.

El incremento porcentual en los alumnos se obtuvo del promedio del incremento de los últimos 10 años de los CONALEP estudiados. El límite porcentual para el crecimiento se estableció a un 35% de la base de estudiantes del último ciclo escolar. Los metros cuadrados promedios se obtuvieron del promedio de metros cuadrado de los mismos CONALEP del estudio, Por último, el requerimiento energético es la estimación obtenida por la serie de tiempo para el año 2021.

Resultados y Análisis

Factibilidad Escenario Base

A continuación, se muestra la evaluación la factibilidad del escenario base con las variables y supuestos mencionados con anterioridad:

Año	Requerimiento Kw	Requerimiento \$	Ahorro generado por paneles	Diferencial	Gasto Mtto	Inversión Inicial	Flujo Anual	Payback
0						(\$4,091,601)	(\$4,091,601)	(\$4,091,601)
1	265,465.18	(\$828,780)	\$828,780	\$0	(\$304,136)		\$524,644	(\$3,566,958)
2	267,335.92	(\$863,665)	\$863,665	\$0	(\$313,261)		\$550,405	(\$3,016,553)
3	269,219.83	(\$900,019)	\$900,019	\$0	(\$322,658)		\$577,361	(\$2,439,193)
4	271,117.02	(\$937,903)	\$937,903	\$0	(\$332,338)		\$605,565	(\$1,833,628)
5	271,117.02	(\$970,542)	\$970,542	\$0	(\$342,308)		\$628,233	(\$1,205,395)
6	271,117.02	(\$1,004,317)	\$1,004,317	\$0	(\$352,577)		\$651,739	(\$553,655)
7	271,117.02	(\$1,039,267)	\$1,039,267	\$0	(\$363,155)		\$676,112	\$122,456
8	271,117.02	(\$1,075,433)	\$1,075,433	\$0	(\$374,049)		\$701,384	\$823,840
9	271,117.02	(\$1,112,858)	\$1,112,858	\$0	(\$385,271)		\$727,587	\$1,551,428
10	271,117.02	(\$1,151,586)	\$1,151,586	\$0	(\$396,829)		\$754,757	\$2,306,184
11	271,117.02	(\$1,191,661)	\$1,191,661	\$0	(\$408,734)		\$782,927	\$3,089,111
12	271,117.02	(\$1,233,131)	\$1,233,131	\$0	(\$420,996)		\$812,135	\$3,901,246
13	271,117.02	(\$1,276,044)	\$1,276,044	\$0	(\$433,626)		\$842,418	\$4,743,664
14	271,117.02	(\$1,320,450)	\$1,320,450	\$0	(\$446,635)		\$873,815	\$5,617,479
15	271,117.02	(\$1,366,402)	\$1,366,402	\$0	(\$460,034)		\$906,368	\$6,523,848
16	271,117.02	(\$1,413,952)	\$1,413,952	\$0	(\$473,835)		\$940,118	\$7,463,965
17	271,117.02	(\$1,463,158)	\$1,463,158	\$0	(\$488,050)		\$975,108	\$8,439,074
18	271,117.02	(\$1,514,076)	\$1,514,076	\$0	(\$502,691)		\$1,011,385	\$9,450,458
19	271,117.02	(\$1,566,766)	\$1,566,766	\$0	(\$517,772)		\$1,048,994	\$10,499,452
20	271,117.02	(\$1,621,289)	\$1,621,289	\$0	(\$533,305)		\$1,087,984	\$11,587,436

Resultados	
Paneles Totales	523
Espacio Requerido (M2)	7,290.62
Kw Anuales Producidos	271,357
Payback	7
IRR	15%

Tabla 10: Resultados y tabla de costos Escenario Base
Fuente: Elaboración propia

Con la información del escenario base se puede observar que la IRR si es mayor a 10%, sin embargo, el *payback* de la inversión es de 7 años. El total de paneles solares son 523 y el espacio requerido es 7,290, m² lo cual es menor que espacio promedio de los CONALEP (13,228 m²). Esto significa que el espacio no es una limitante para el proyecto.

Por lo tanto, se observa que, si es factible adquirir paneles solares en el escenario base, ya que la institución promedio si tiene espacio suficiente para instalar la infraestructura. Al mismo tiempo, aunque el *payback* es de 7 años, la IRR es mayor a 10% considerando la vida útil de los paneles.

Análisis de sensibilidad en variables

Al ser incierto el futuro, no se puede obtener una conclusión de factibilidad sólo con la información de un escenario. Esto debido a que hay que más variables que pueden tener diferentes valores dependiendo de factores externos. Por lo tanto, se va a proceder a hacer diferentes escenarios modificando las siguientes variables de forma individual.

- Inflación CFE
- Crecimiento de alumnos
- Obtención de subsidio.

Se eligieron dichas variables ya que son las que en teoría deben de afectar en mayor manera la factibilidad de la adquisición de paneles solares. El costo de la energía eléctrica está relacionado con el ahorro que generarían los paneles solares. El crecimiento en alumnos está ligado al consumo requerido cada año por la institución educativa. Por último, el subsidio otorgado por el gobierno para adquirir los paneles solares es un factor que afecta la viabilidad de la inversión para el CONALEP promedio.

Inflación CFE	3.48%	3%	6.96%
Paneles Totales	523	523	523
Espacio Requerido (M2)	7,290.62	7,290.62	7,290.62
Kw Anuales Producidos	271,356.68	271,356.68	271,356.68
Payback	7	8	6
IRR	15%	14%	21%

Tabla 11: Variación en Inflación CFE

Fuente: Elaboración propia

Claramente se puede observar que mientras mayor sea la inflación en los costos de la energía eléctrica mejor será beneficio para la institución educativa. Se eligió un 3% de inflación ya que de acuerdo al programa Sectorial de Energía del 2020-2024 (DOF 8 julio del 2020) el objetivo es que la inflación del consumo eléctrico no sobrepase la inflación general del país. El 6.96% es asumiendo una inflación del doble de la estimada en el escenario base.

Incremento Alumnos	2.43%	-4%	4.86%
Paneles Totales	523	502	523
Espacio Requerido (M2)	7,290.62	6,997.88	7,290.62
Kw Anuales Producidos	271,356.68	260,460.91	271,356.68
Payback	7	8	7
IRR	15%	14%	15%

Tabla 12: Variación incremento de alumnos.

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que la modificación en el crecimiento de la matrícula no cambia el *payback* del proyecto, lo que se modificar la IRR al tener diferentes ahorros en los escenarios. Se eligió un 4.86% de incremento en la matrícula asumiendo el doble del incremento estimado en el escenario base. El decremento del 4% es debido a que de acuerdo al Instituto Nacional de las Mujeres en su Sistema de indicadores de género del 2010 al 2020 la tasa global de fecundidad en Nuevo León ha bajado 20% (4% anual), y se asume la misma tendencia para la matrícula de los CONALEP.

La razón por la cual no hay un cambio considerable entre las opciones es debido al tope de la capacidad instalada de la instalación del 35%. No importa que tan rápido crezca la matrícula, el tope en la capacidad de las instalaciones limita el crecimiento.

Subsidio	0%	30%	50%
Paneles Totales	523	523	523
Espacio Requerido (M2)	7,290.62	7,290.62	7,290.62
Kw Anuales Producidos	271,356.68	271,356.68	271,356.68
Payback	7	5	4
IRR	15%	22%	30%

Tabla 13: Variación del subsidio sobre los paneles.

Fuente: Elaboración propia

El subsidio se considera como un descuento en la inversión inicial (ya que se asume que el Gobierno paga una parte de la inversión). Se observa que un subsidio del 30% baja el *payback* a 5 años y un subsidio del 50% lo disminuye a 4 años. Como la inversión inicial disminuye, la tasa interna de retorno es mayor en estos casos.

Matriz de extremos

Ya se mostró cómo la modificación de una variable afecta el desempeño del escenario en comparación con el escenario base. A continuación, se van a hacer los escenarios extremos donde se modifican todas las variables (de la sección anterior) al mismo tiempo para ver el efecto combinado que se tiene sobre el proyecto en su totalidad.

Se realizarán dos escenarios extremos, el primer escenario “IRR bajo” es aquel donde el valor de cada variable individual que ocasionó la tasa interna de retorno más baja en cada análisis. En el escenario “IRR alto” se realiza lo inverso y se selecciona las variables donde se obtuvo el IRR más elevado.

Las variables y los resultados de cada escenario se muestran a continuación:

Variable	Base	IRR bajo	IRR alto
Inflación CFE	3.48%	3%	6.96%
incremento Alumnos	2.46%	4.86%	-4%
Subsidios	0%	0%	50%
Resultado			
Paneles Totales	523	523	502
Espacio Requerido (M2)	7,290.62	7,290.62	6,997.88
Kw Anuales Producidos	271,356.68	271,356.68	260,460.91
Payback	7	8	4
IRR	15%	15%	35%

Tabla 14: Comparación escenarios extremos.

Fuente: Elaboración propia

Al comparar el escenario de IRR bajo con el escenario base se puede observar que en ambos es viable la utilización de paneles solares. Lo único que varía es un año de recuperación en el *payback*. Es importante recalcar que el IRR quedó igual que con el escenario base, esto significa que aun con los valores pesimistas el proyecto sigue siendo viable.

El resultado anterior es debido de nuevo al tope del crecimiento del 35% y que la diferencia entre la inflación base y la estimada es sólo de 0.48%. El costo de la energía eléctrica en el escenario “IRR bajo” no podía ser más mayor ya que tiene poco sentido económico que el costo de la electricidad esté por debajo de la inflación anual del país.

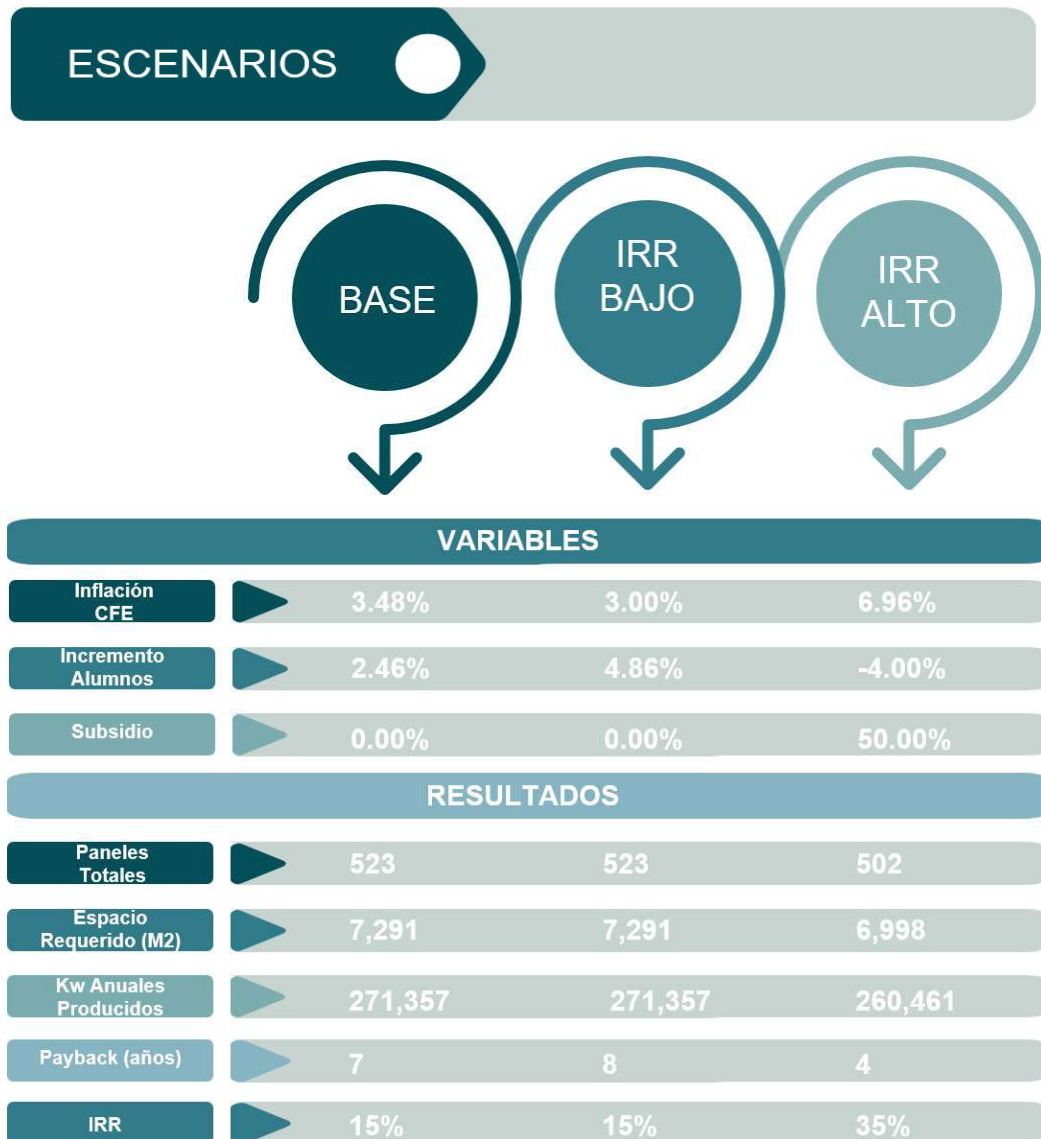
El escenario base comprado con el IRR alto se observa que los valores cambian considerablemente. El *payback* pasa de 7 a 4 años, y la IRR es casi 3 veces el valor del escenario base. Esto es de esperarse debido a que el gobierno subsidia la mitad de la inversión, por lo que al CONALEP promedio le resulta mucho más fácil cumplir con los requerimientos financieros para que el proyecto sea viable.

Al hacer la comparación de los 3 escenarios se observa que siempre es viable realizar la inversión en paneles solares. Mientras más subsidio tenga el CONALEP promedio más fácil será invertir en los paneles solares. Cabe recalcar espacio físico se ve que es irrelevante en todos los escenarios, ya que en todos es menor que el espacio promedio.

Por otro lado, el consumo eléctrico no tiene tanta variación debido al tope de incremento que se puso en el modelo (ya que el alumnado no puede crecer indefinidamente). Por último, se observa que mientras más costoso sea la electricidad generada por la CFE más conveniente es adquirir los paneles. Sin embargo, aun con un costo igual a la inflación estimada la adquisición de paneles sigue siendo viable.

Conclusiones

A continuación, se muestran los resultados del escenario base y los dos escenarios de la matriz de extremos.



Gráfica 16: Resultados de los escenarios.
Fuente: Elaboración propia

En conclusión, se observa que para un CONALEP promedio del Estado de Nuevo León, la implementación de paneles solares es una opción factible para empezar a utilizar energía renovable. Por lo tanto, se debe de impulsar la gestión para obtener los recursos necesarios que sean necesarios para empezar a utilizar energías renovables.

El análisis de sensibilidad realizado ayuda a observar que inclusive si se utilizaran otros valores para las variables, sigue siendo viable el uso de los paneles solares como sustituto de la energía eléctrica convencional. Al mismo tiempo, con la matriz de extremos se concluye que, aunque se junten todos los escenarios negativos (de cada variable individual) el proyecto en su conjunto sigue siendo viable.

En cuanto al tema del espacio físico se puede observar que no es una limitante para establecer la viabilidad del proyecto. Esto debido a que en todos los escenarios el espacio requerido para los paneles solares es menor al disponible para un CONALEP promedio. Esto significa que la viabilidad depende de los ahorros energéticos de adquirir paneles solares y del consumo estimado de electricidad.

Cabe recalcar que la disponibilidad de espacio puede variar en los edificios particulares de cada CONALEP. Ya que, depende que la infraestructura sea la correcta para la instalación, por ejemplo, que los techos tengan suficiente superficie libre (que no tengan instalados los compresores de los aires acondicionados) y que la obra civil sea adecuada para soportar los paneles solares.

Las modelaciones con diferentes niveles de consumo eléctrico y de costo mostraron que en todos los escenarios se ve viable la adquisición de paneles solares para un CONALEP promedio. Esto debido a que a lo largo de la vida útil de los paneles solares la institución recupera la inversión del uso de energía renovable.

Es posible que en el futuro los paneles solares sean más eficientes (generen más electricidad) y más económicos que las estimaciones del modelo utilizado. Esto es otra ventaja para el modelo, ya que cada vez que salgan nuevos paneles solares al mercado se puede volver a realizar las estimaciones para mostrar los

requerimientos energéticos de cada institución educativa.

Lo que se observó en los escenarios es que sólo en el más favorable (IRR alto) se obtiene un *payback* menor de 5 años. Sin embargo, esto es sólo una medida de tiempo no afecta la viabilidad del proyecto. Ya que mientras el proyecto sea viable a largo plazo no importa en cuanto tiempo recupera su inversión. Esto considerando que la vida promedio de los paneles solares es por lo menos 20 años.

La Tasa Interna de Retorno es 15% en los escenarios base y IRR bajo, mientras que en el escenario de IRR alto es de 35%. Esto significa que siempre que la tasa de descuento financiera de cada CONALEP sea menor a la Tasa Interna de Retorno es conveniente la realización del proyecto.

La limitante principal para los CONALEP en Nuevo León es la obtención de recursos. La inversión en paneles solares en el escenario base es poco más de cuatro millones de pesos. Para una institución que depende en su mayor parte del recurso del Gobierno es una inversión importante que requiere fundamentos de viabilidad para tratar de obtener los recursos necesarios.

Considerando que actualmente hay 17 CONALEP en Nuevo León, la inversión para la instalación de paneles solares en todos los planteles es alrededor de 68 millones de pesos. Aunque en monto global parece que es una inversión importante, el modelo demuestra que esa inversión se recuperaría con los ahorros energéticos de los planteles a través del tiempo.

Por lo tanto, la relevancia de este estudio para los CONALEP es que da una herramienta de apoyo al buscar los recursos necesarios para la adquisición de paneles solares. Ya que, como se observó, en cualquiera de los escenarios modelados si es viable el uso de energía renovable para la auto sustentabilidad de la institución promedio.

Un tema que se podría analizar más a fondo en otras investigaciones es el doble efecto que se tiene el establecer energía renovable en las escuelas. Ya que, por un lado, se obtienen benéficos económicos y ambientales para la institución

educativa que hace la inversión. Por otro lado, los estudiantes se sensibilizan en la importancia y la utilidad de tener energía renovable al ver cómo se implementa en su escuela. Los alumnos al estar sensibilizados comparten con sus familiares la importancia y los beneficios de cambiar a la energía renovable. Esta transmisión de conocimiento puede llegar a ser un factor que acelere la implementación y aceptación de las energías renovables.

Por último, para investigaciones futuras se podría realizar el análisis con otro tipo de escuelas, por ejemplo, escuelas privadas. Este análisis podría generar un modelo más robusto que considere otras variables, como el beneficio fiscal de la compra de paneles solares. Al mismo tiempo, si este modelo se enfoca en una institución en particular, se podrían usar otros métodos de valuación más certeros como el Valor Presente Neto. Estos métodos de valuación podrían confirmar lo observado en este trabajo y serían otra herramienta para impulsar el uso de energías renovables en instituciones educativas a lo largo del país.

Anexo Código en R

A continuación, se anexa el código en R utilizado para la generación de la serie de tiempo.

```
library(readxl)
library(tseries)
library(forecast)
library(ggplot2)
library(seasonal)

baseluz<-read_excel("conalepdatos.xlsx")
names(baseluz)
dim(baseluz)
head(baseluz)
summary(baseluz)

evluz<-ts(baseluz[,9 ], start=2010, frequency=12 )

#Histograma
autoplot(evluz)+
  xlab("Año") + ylab("Consumo (kW)")+
  ggtitle("Consumo mensual de electricidad del CONALEP Promedio")

#Seasonal
ggseasonplot(evluz)+
  xlab("Mes") + ylab("Consumo ($)")+
  ggtitle("Consumo mensual de electricidad del CONALEP Promedio")
```

```
#Promedio por mes
ggsubseriesplot(evluz)+
  xlab("Mes") + ylab("Consumo (kW)")+
  ggtitle("Consumo mensual de electricidad del CONALEP Promedio")

#CHECKRESIDUALS
checkresiduals(snaive(evluz))
Box.test(evluz)
BoxCox.lambda(evluz)

####
adf.test(evluz)
adf.test(diff(evluz))
adf.test(diff(diff(evluz)))

kpss.test(evluz)
kpss.test(diff(evluz))
kpss.test(diff(diff(evluz)))

#Autoarima
a1=arima(evluz, order=c(0,1,2), seasonal=c(0,1,1))
summary(a1)
checkresiduals(a1)

#Comparar Arima con Original
preda1= evluz- a1$residuals
plot (evluz, type="b",main="Consumo mensual de electricidad Kw CONALEP
promedio", xlab="Años", ylab="Consumo (kW)")
lines (preda1, col="red", label="arima")

#Pronostico
forecast <- forecast(preda1, h=70, level=95)
autoplot(forecast)
summary(forecast)
```

Bibliografía

- Aguilar-Jiménez, J. A., Velázquez-Limón, N., López-Zavala, R., González-Uribe, L. A., Islas, S., González, E., ... Beltrán, R. (2020). Optimum operational strategies for a solar absorption cooling system in an isolated school of Mexico. *International Journal of Refrigeration*, *112*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.12.010>
- Cancino, Y., Paredes, J. P., Gutiérrez, A. J., & Xiberta, J. (2016). The development of renewable energy resources in the State of Veracruz, Mexico. *Utilities Policy*, *39*, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.01.001>
- Child, M., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2018). The role of storage technologies for the transition to a 100% renewable energy system in Europe. *Energy Procedia*, *155*, 44–60. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.067>
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., & Leahy, M. (2011). The first step towards a 100% renewable energy-system for Ireland. *Applied Energy*, *88*(2), 502–507. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.03.006>
- Coyle, D. J., Blaydes, H. A., Northey, R. S., Pickett, J. E., Nagarkar, K. R., Zhao, R., & Gardner, J. O. (2013). Life prediction for CIGS solar modules part 2. *Progress in Photovoltaics*, (October 2011), 156–172. <https://doi.org/10.1002/ppi>
- Dakheel, J. Al, Aoul, K. T., & Hassan, A. (2018). Enhancing green building rating of a school under the hot climate of UAE; Renewable energy application and system integration. *Energies*, *11*(9). <https://doi.org/10.3390/en11092465>
- Desideri, U., & Proietti, S. (2002). Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy Desideri, U. and Proietti, S. *Energy and Buildings*, 2002, *34*, (10), 1003–1016. *Fuel and Energy Abstracts*, *44*(3), 175. [https://doi.org/10.1016/S0140-6701\(03\)81943-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6701(03)81943-4)
- Dias Pereira, L., Raimondo, D., Corngati, S. P., & Gameiro Da Silva, M. (2014). Energy consumption in schools - A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *40*, 911–922. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.010>
- Dwaikat, L. N., & Ali, K. N. (2016). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. *Energy and Buildings*, *110*, 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.021>
- Economou, A. (2011). Photovoltaic systems in school units of Greece and their consequences. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(1), 881–885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.028>
- Eurostat (2020). Share of renewable energy in the EU up to 18.0%. *Newsrelease* 23/01/2020
- Foster, R. E., & Estrada, L. (2003). *Utilizing Photovoltaics to Support Distance Education in the State of Chihuahua*, STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO. (January).
- Gallardo, R. P., Ríos, A. M., & Ramírez, J. S. (2020). Analysis of the solar and wind energetic complementarity in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, *268*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122323>
- Isaac, M., & van Vuuren, D. P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*, *37*(2), 507–521. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.051>
- Ju, J. W. (2014). Renewable Energy Promotion Policy for Elementary, Middle, and

- High Schools in Seoul. *Applied Mechanics and Materials*, 672–674, 2178–2182. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.672-674.2178>
- Kim, J., & Kim, E. J. (2016). Simplified method of optimal sizing of a renewable energy hybrid system for schools. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/su8111134>
- Lou, S., Tsang, E. K. W., Li, D. H. W., Lee, E. W. M., & Lam, J. C. (2017). Towards Zero Energy School Building Designs in Hong Kong. *Energy Procedia*, 105, 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.299>
- Pasqualetti, M. J. (2011). Social_barriers_to_renewable_e.PDF. *The Geographical Review*, 101(2), 201–223.
- Pegg, I. M., Cripps, A., & Kolokotroni, M. (2007). Post-occupancy performance of five low-energy schools in the UK. *ASHRAE Transactions*, 113 PART 2, 3–13.
- Pérez-Denicia, E., Fernández-Luqueño, F., Vilariño-Ayala, D., Manuel Montaña-Zetina, L., Alfonso Maldonado-López, L., Foster, R. E., & Estrada, L. (2017). Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78(July 2016), 597–613. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.009>
- Pischke, E. C., Solomon, B., Wellstead, A., Acevedo, A., Eastmond, A., De Oliveira, F., ... Lucon, O. (2019). From Kyoto to Paris: Measuring renewable energy policy regimes in Argentina, Brazil, Canada, Mexico and the United States. *Energy Research and Social Science*, 50(February 2018), 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.010>
- Rennkamp, B., Haunss, S., Wongs, K., Ortega, A., & Casamadrid, E. (2017). Competing coalitions: The politics of renewable energy and fossil fuels in Mexico, South Africa and Thailand. *Energy Research and Social Science*, 34(December 2016), 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.07.012>
- Santiago, R. S. (PROMÉXICO), Emmanuel, N. (PROMÉXICO), Joscha, R. (GIZ), Hermilio, O. N. (GIZ), Manuel, M. F. (IER), Karla, C. V. (IER), ... G., K. (2017). La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. *ProMéxico*, 172. Retrieved from <https://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/industria-solar.pdf>
- Santoyo-Castelazo, E., & Azapagic, A. (2014). Sustainability assessment of energy systems: Integrating environmental, economic and social aspects. *Journal of Cleaner Production*, 80(2014), 119–138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.061>
- Secretaria de Energia (2015). Estudio de Eficencia Energética en Escuelas
- Secretaria de Energia (2018). Reporte de Avance de Energías Limpias Primer Semestre 2018.
- Secretaria de Educacion Publica(2019). Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020
- Tavana, A., Emami Javid, A., Houshfar, E., Mahmoudzadeh Andwari, A., Ashjaee, M., Shoaee, S., ... Marashi, F. (2019). Toward renewable and sustainable energies perspective in Iran. *Renewable Energy*, 139, 1194–1216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.022>
- Wu, W., & Ng, E. (2003). A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Research and Technology*, 35(2), 111–124. <https://doi.org/10.1191/1477153503li072oa>