



# Title: Eficiencia energética con Generación Distribuida Fotovoltaica (GD-PV); caso de una Congeladora de Pescados y Mariscos en Campeche, México

## Authors: CHAN-GONZALEZ, Jorge J., SHIH, Meng Yen, LEZAMA-ZÁRRAGA, Francisco y NOH-PAT, Felipe

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2020-04  
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 13  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



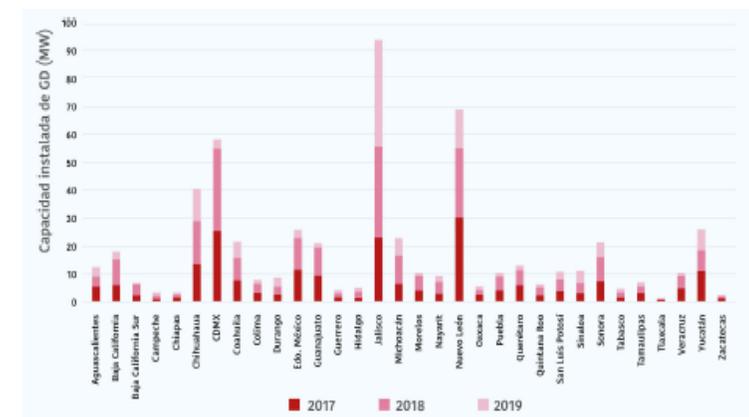
ECORFAN®

# Contenido

- Introducción.
- Descripción del Sistema.
- Metodología.
- Resultados.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Referencias.
- Agradecimientos

# Introducción

- Estudio de eficiencia energética en congeladora de pescados y mariscos. Tiene planta de Generación Distribuida Fotovoltaica (GD-PV) de 60.32 kWp.
- Se realizó una auditoría energética, se analizó la información de las principales variables eléctricas.
- La Generación Distribuida GD a partir de energías renovables se ha ido incrementado a nivel mundial.
- La Generación Distribuida Fotovoltaica (GD-PV) proporciona beneficios adicionales (mitigación de gases de efecto invernadero y una barrera térmica) hecho relevante en un clima cálido-húmedo.

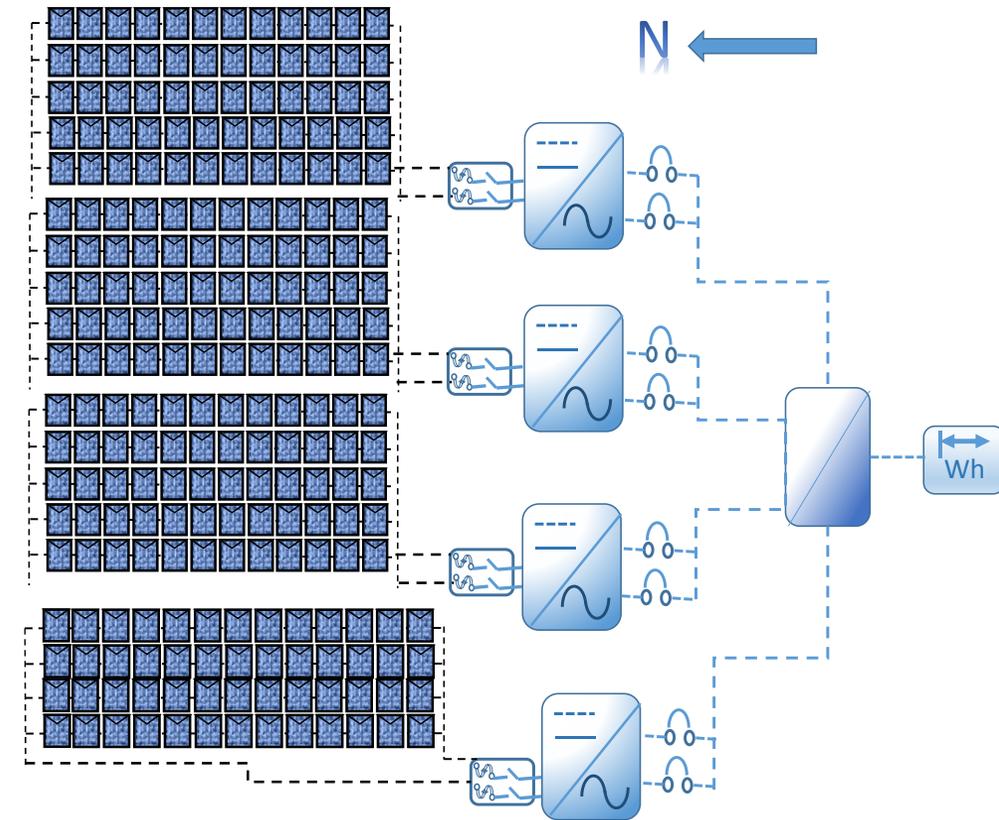


# Descripción del Sistema de generación Distribuida Fotovoltaica (GD-PV).

Constituido por 3 paneles fotovoltaicos, 3 inversores de 15.6 kWp y 1 de 13.5 kWp. Total de 232 módulos, capacidad total 60.32 kWp.

Inclinación de  $22^\circ$ , cada módulo sombrea un área de  $1.85 \text{ m}^2$ ; en total de área sombreada  $430 \text{ m}^2$ .

Correcta orientación azimuthal. Experimenta esfuerzos mecánicos por su propio peso y nula circulación de viento (zona de estancamiento).



# Metodología, Lezama et al (2018)

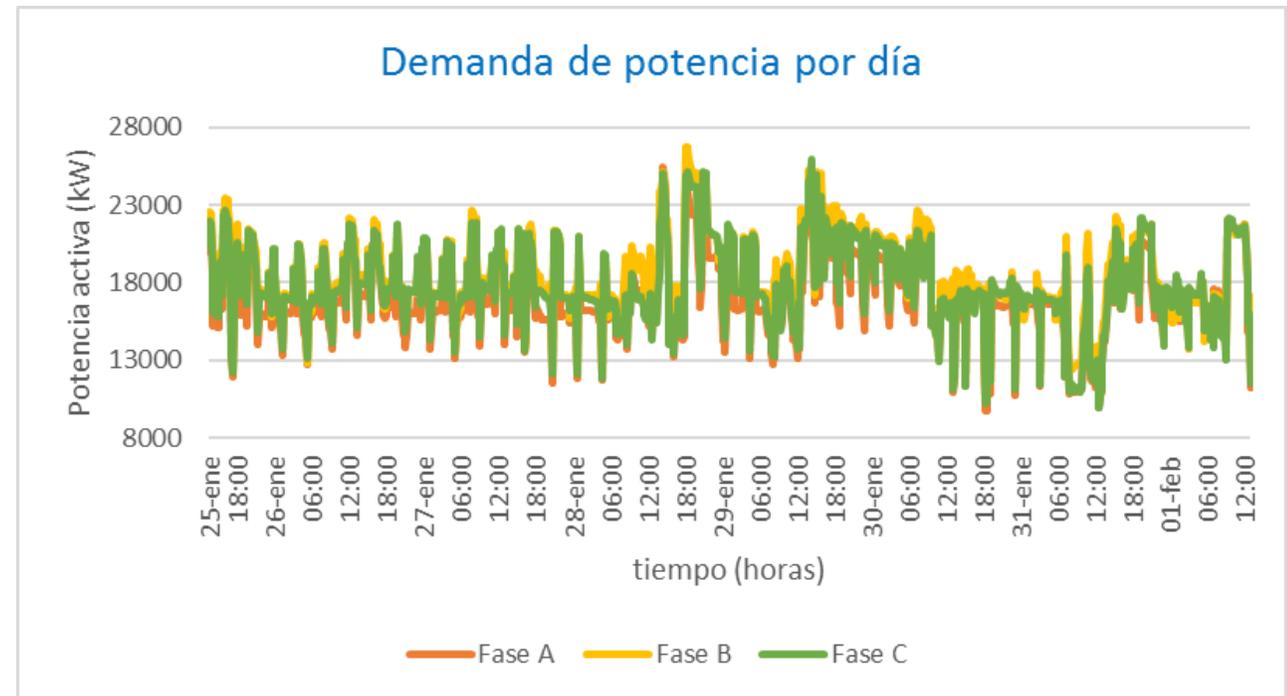
1. **PLANEACIÓN.** Programa de visitas.
2. **INVESTIGACIÓN IN SITU.** Inspección calendarizada.
3. **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.** Levantamiento físico de instalaciones, censo de carga (kW instalados).
4. **ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.** Analizar la información recopilada.
5. **DEFINIR LAS PROPUESTAS DE MEJORA.** Optimización de procesos internos a través del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.
6. **INFORME FINAL.** Realizar la Memoria Técnica Descriptiva del diagnóstico energético con las propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.

# Resultados

Se instaló un equipo analizador de la calidad de la energía y potencia eléctrica, trifásica marca FLUKE, modelo 430 Serie II.



Con el análisis de la eficiencia energética, se conocieron los parámetros eléctricos de la Planta.



**Tabla 5.** Demanda máxima durante los días de medición en el sistema eléctrico de la Congeladora. *Elaboración propia.*

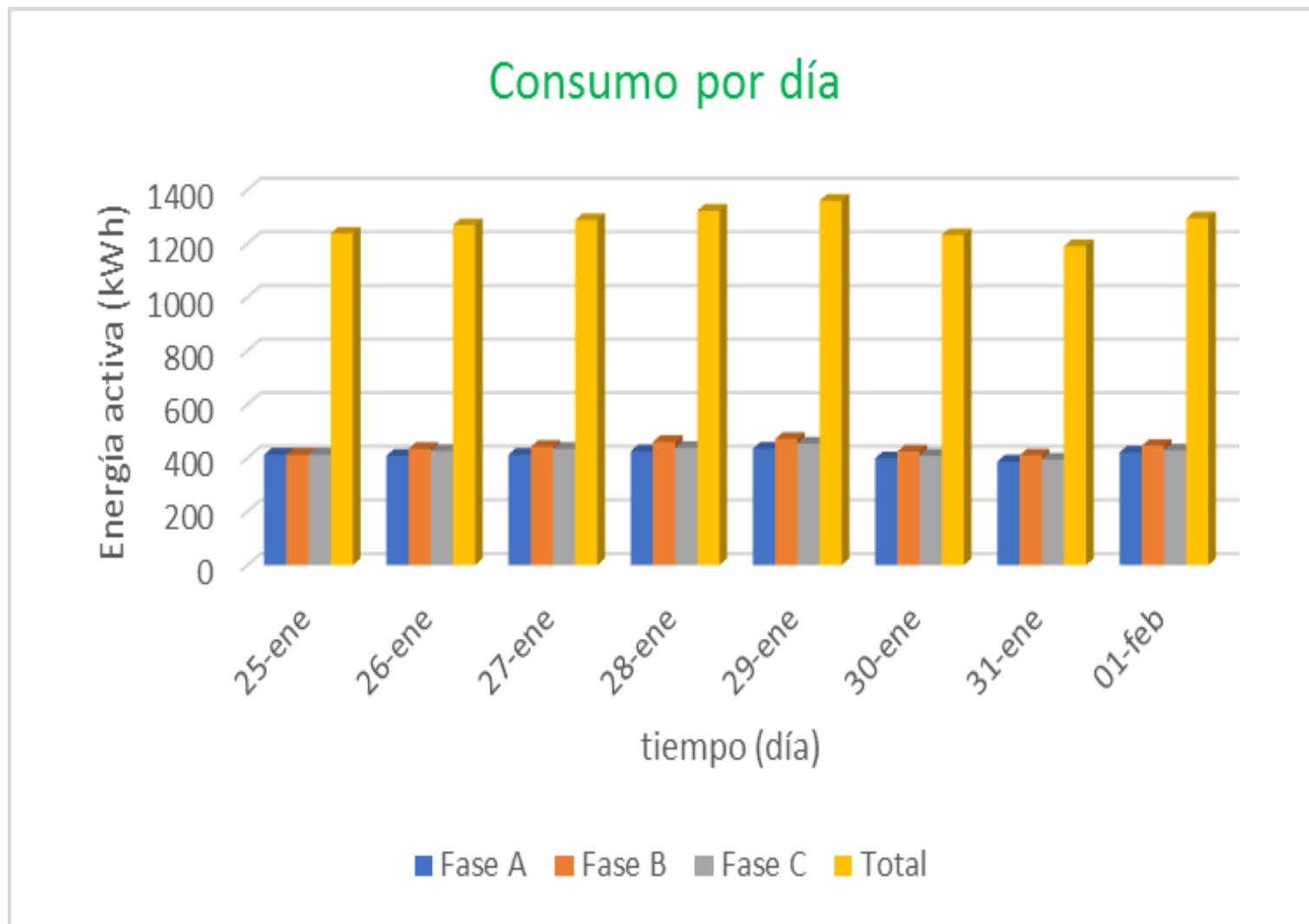
Fecha	kWmáx/ día Fase A	kWmáx/ día Fase B	kWmáx/ día Fase C	kWmáx/ día Total
25-ene	22.32	23.49	22.69	68.5
26-ene	21.37	22.18	21.8	65.24
27-ene	21	22.67	21.91	65.54
28-ene	25.41	26.7	25.14	76.02
<b>29-ene</b>	25.51	25.29	25.89	<b>76.69</b>
30-ene	21.04	22.62	21.36	64.68
31-ene	21.65	22.3	22.18	65.37
01-feb	22.02	21.81	22.11	65.84

La demanda máxima de cada día. Registro del medidor bidireccional. La mas alta fue 76.69 kW.

**Tabla 6.** Consumo total durante los días de medición en el sistema eléctrico de la Congeladora. *Elaboración propia.*

Fecha	kWh/día Fase A	kWh/día Fase B	kWh/día Fase C	kWh/día Total
25-ene	412.586	412.586	412.586	1237.758
26-ene	408.268	434.27	426.821	1269.359
27-ene	412.552	441.682	434.008	1288.242
28-ene	425.193	460.211	437.593	1322.997
<b>29-ene</b>	<b>435.247</b>	<b>471.07</b>	<b>453.865</b>	<b>1360.182</b>
30-ene	399.014	424.189	408.864	1232.068
31-ene	386.912	409.476	394.205	1190.592
01-feb	420.762	445.31	428.693	1294.765

La energía consumida por el sistema eléctrico durante el período de medición



Consumo total, presentado en barras, durante los días de medición en el sistema eléctrico de la Congeladora. *Elaboración propia.*

# Ganancia solar evitada

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\text{habi-techo,conv+rad}} = \dot{Q}_{\text{cond,techo}} \\ = \dot{Q}_{\text{techo-amb,cond+rad}}$$

$$\dot{Q}_{\text{habi-techo,conv+rad}} = \\ h_i A (T_{\text{habi}} - T_{s,int}) + \varepsilon A \sigma (T_{\text{habit}}^4 - T_{s,int}^4)$$

$$\dot{Q}_{\text{cond,techo}} = kA \frac{T_{s,int} - T_{s,ext}}{L}$$

$$\dot{Q}_{\text{techo-alrededor,cond+rad}} = \\ h_o A (T_{s,ext} - T_{amb}) + \varepsilon A \sigma (T_{s,ext}^4 - T_{amb}^4) - \alpha \dot{q}_{\text{solar}}$$

Se tienen 430 m<sup>2</sup> de área sombreada por la planta fotovoltaica, se evita una ganancia térmica por techo diaria de 236.62 kW.

$\dot{Q}$  flujo de calor total,

$k$  conductividad térmica,

$\alpha$  absorptividad,

$h$  coeficiente de transferencia de calor convectivo,

$\sigma$  la constante de Steffan-Boltzman,

$A$  área de transferencia de calor,

$\dot{q}_{\text{solar}}$  radiación solar

$T$  temperatura.

## Estimación de CO<sub>2</sub> que se evita enviar al medio ambiente debido a la GD-PV

Se están dejando de emitir al medio ambiente **4.445 Toneladas de CO<sub>2</sub> mensuales**, el cual es un aporte revelador para la disminución de la huella de carbono.

$$\begin{aligned}\epsilon_{net} &= \epsilon_{cons} - \epsilon_{prod} \\ &= 5792.53 \text{ kg } CO_2 - 1343.63 \text{ kg } CO_2 \\ &= 4,448.9 \text{ kg } CO_2\end{aligned}$$

## Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Para mejorar la eficiencia de la GD-PV en épocas pico, se recomienda un reajuste en la inclinación del sistema de 10 a 15 grados. Se puede ganar hasta 5% de eficiencia y se evita esfuerzos mecánicos
- ✓ Se debe separar el sistema del techo una distancia mínima de 50 cm, favorecerá la circulación de aire para enfriar los módulos. Se prevé un aumento de eficiencia de un 5%.
- ✓ Para evitar pérdidas de eficiencia de la GD-PV por sombreado, se debe disminuir la barda perimetral que rodea al sistema fotovoltaico a una altura máxima de 40 cm. Con esta acción, la eficiencia de la GD-PV aumentará un 2%.

- ✓ El sombreado producido por la planta GD-PV, evita que haya una ganancia térmica diaria por techo de aproximadamente 236.62 kW por día.
- ✓ Se debe modificar las conexiones de las cargas monofásicas en los tableros de distribución con el fin de reducir el % desbalance entre fases y evitar circulación de corriente por el neutro que provoca daños a la instalación, a los equipos y a las personas.
- ✓ Se recomienda sustituir los motores eléctricos de 12 y 9 kW, viejos y de baja eficiencia, por motores de alta eficiencia para disminuir el consumo en un 5%.

- ✓ Instalar variadores de velocidad en los 6 congeladores de 12 kW, para reducir los picos de potencia en los paros y arranques del compresor. Los congeladores representan la mayor carga de la GD-PV. Se pueden tener ahorros de consumo y demanda de un 15%.
- ✓ Con la planta GD-PV se evita la emisión a la atmosfera de 4,448.9 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, mensualmente.

# Referencias

Global Energy Trade, reporte marzo-abril, (2020). *Monitor de información comercial e índice de Precios de Generación Solar Distribuida en México*. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/generacion-distribuida-potencial-de-crecimiento>

DOF: 07/03/2017 *RESOLUCIÓN de la Comisión Reguladora de Energía por la que expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.*

Mayra Robles López et al. *La eficiencia energética en microempresas mexicanas*. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2017/03/19CA201602.pdf>

INEGI (2015)

<http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=04>.

U.S. Department of Energy. National Renewable Energy Laboratory, (2010). [https://maps.nrel.gov/rede-mexico/?aL=wn05da%25Bv%25D%3Dt%26u-o1v1%25Bv%25D%3Dt%26u-o1v1%25Bd%25D%3D1%26mwBW5c%25Bv%25D%3Dt%26mwBW5c%25Bd%25D%3D2%26mwBW5c%25Br%25D%3Dt%26tpot\\_result\\_mexico\\_145835%25Bv%25D%3Dt%26tpot\\_result\\_mexico\\_145835%25Bd%25D%3D3%26tpot\\_result\\_mexico\\_145835%25Br%25D%3Dt&bl=clight&cE=0&IR=0&mC=21.861498734372567%2C-87.4951171875&zL=5](https://maps.nrel.gov/rede-mexico/?aL=wn05da%25Bv%25D%3Dt%26u-o1v1%25Bv%25D%3Dt%26u-o1v1%25Bd%25D%3D1%26mwBW5c%25Bv%25D%3Dt%26mwBW5c%25Bd%25D%3D2%26mwBW5c%25Br%25D%3Dt%26tpot_result_mexico_145835%25Bv%25D%3Dt%26tpot_result_mexico_145835%25Bd%25D%3D3%26tpot_result_mexico_145835%25Br%25D%3Dt&bl=clight&cE=0&IR=0&mC=21.861498734372567%2C-87.4951171875&zL=5)

Victorio Santiago Díaz, Raúl Oscar. (2005) *Acondicionamiento termico de edificios/ Thermal Preparation of Buildings*. Editorial NOBUKO, ISBN 987-1135-94-7.

Agustín Castejón, Germán Santamaría. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editex. ISBN eBook 978-84-9771-749-6.

Rayenari D. C., J. Chan-González, Roger C., Jesús Contreras, M. Margarita Castillo-Téllez, Francisco Lezama, Víctor Lanz, J. Ortega (2015) *Sistema fotovoltaico interconectado a red instalado en el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche*. Memorias del Congreso Nacional de Energía Solar.

Víctor Lanz Gutierrez de Velazco, Manuel Cervera, (2018) *Auditorías Energéticas a las Instalaciones de la Universidad Autónoma de Campeche*, Comunicado Personal.

Lezama Zárraga, F. R, Andrade Durán, J. E., Ovando Sierra, J. C. & Castillo Téllez, M. Aplicación de Eficiencia Energética para optimizar el Sistema de Iluminación en una Institución de Nivel Superior. Revista de aplicaciones de la Ingeniería. ISSN 2523-6873. Edit. Ecorfan Bolivia, Vol. 2, No. 8, páginas 27-34. 2018.

Merle Potter, David Wiggert, Bassem Ramadam, (2012). *Mecánica de Fluidos 4ª edición*. Editorial CENGAGE Learning, ISBN 13:978-607-519-450-9.

Yunus Çengel, Afshin J. Ghajar, (2011) *Transferencia de Calor y Masa 4ª edición*. Editorial McGraw Hill, ISBN 978-607-15-0540-8.

Cámara de Diputados. “Reglamento de la Ley de Transición Energética”. Art. 12. Año 2017. Consultado en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/y/Reg\\_LTE\\_040517.pdfregle](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/y/Reg_LTE_040517.pdfregle)

GEMIS. “Modelo de Emisiones Globales para Sistemas integrados”. Consultado en <https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/GEMIS>

N.H. Reich, E.A. Alsema, W.G.J.H.M. van Sark, E. Nieuwlaar. “CO<sub>2</sub> Emissions of PV in the perspective of a renewable energy economy”. 22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 3538-3542. Milan, Italy. September 2007.

Delgado A. J. S. Villalón, O. R. & Sánchez, M. M. L. (2020). Análisis tecno-económico de la operación en esquema de red inteligente y reserve energética en usuarios conectados a paneles fotovoltaicos. *Red internacional de Investigadores en Competitividad*, 13, 736-756.

Terol Calvo, S. (2020) *El acceso de la energía distribuida en conjuntos residenciales. Evaluación de sistemas fotovoltaicos comunitarios en la villa olímpica* (Doctoral dissertation).

Ramos, E. (2020). La generación distribuida: el camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación. *Forseti. Revista de derecho*, 8(11), 07-35.

Luis C. A., A. R., & María Beatriz, P. (2020). Proyectos fotovoltaicos en generación distribuida. ¿Rentabilidad Privada o Sustentabilidad Ambiental? *Revista politécnica*, 45(2), 31-40.

León Llanos J. A. (2020). Generación distribuida mediante el diseño de un Sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución en el Instituto ISA-Chiclayo.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)