

## Potencia máxima de inyección de un sfcrr como generación distribuida en la ciudad de Juliaca con el software Etap

### Maximum injection power of one sfcrr as distributed generation in the city of Juliaca with the Etap software

---

Juan Churata Huaraya<sup>1</sup>

*j.churata@unaj.edu.pe* - Universidad Nacional de Juliaca, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-6908-5741>

Huber Rony Hurtado Arhuata

*h.hurtado@unaj.edu.pe* - Universidad Nacional de Juliaca, Perú  
<https://orcid.org/0000-0003-0417-1045>

Jhon Eduardo Abarca Suca

*je.abarca@unaj.edu.pe* - Universidad Nacional de Juliaca, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-0496-5972>

---

Recibido (Received): 01/08/23 | Aceptado (Accepted): 18/09/23

### Resumen

La generación distribuida en el Perú, específicamente con Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red (SFCR) aún falta reglamentarla, para ello se tiene que tener varios estudios en diversas condiciones; el propósito de este trabajo es también la contribución en la masificación de la generación distribuida. Como se sabe existen estudios sobre los SFCR en sistemas balanceados, sin embargo; un SFCR en baja tensión son sistemas desbalanceados del cual no existen estudios en nuestro ámbito, por lo que es motivo de estudio en el presente trabajo. El objetivo es determinar la potencia máxima de inyección de un SFCR en una subestación de la ciudad de Juliaca, con el fin de que la variación de tensión no supere el límite permisible y que además la potencia no salga a la red de media tensión. Para ello se recolectó información de los consumos de las viviendas y las diversas características de una red de baja tensión, considerando un muestreo no probabilístico, para luego realizar los tratamientos mediante simulaciones con el software Etap, de acuerdo al diseño factorial fraccionado, analizando el ANOVA y la optimización de factores con un nivel de confianza del 95%. La potencia máxima de inyección es de 35kW y la ubicación donde se concentre mayor inyección de potencia es en el lugar más alejado de la subestación de 50kW; además la potencia de inyección SFCR tiene mayor efecto significativo en cuanto la variación de los niveles de tensión. Se concluye que la potencia máxima que se pueda inyectar en una subestación con generación distribuida es del 70% de la potencia de la subestación y estas se deben instalar en lugares periféricas de la red de baja tensión; Si se excediera en la potencia de inyección, el sistema corre el riesgo de sobretensiones superiores al 105% de la tensión nominal.

**Palabras claves:** *Generación distribuida, redes de baja tensión, simulaciones con software, sistemas desbalanceados, sistemas fotovoltaicos.*

---

**Como citar:** Churata-Huaraya, J., Hurtado-Arhuata, H. R & Abarca-Suca, J. E. (2023). Potencia máxima de inyección de un sfcrr como generación distribuida en la ciudad de Juliaca con el software etap. NAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 4(3), 59-66.

<sup>1</sup> Corresponding author: [j.churata@unaj.edu.pe](mailto:j.churata@unaj.edu.pe)

## Abstract

Distributed generation in Peru, specifically with photovoltaic systems connected to the grid (SFCR) still needs to be regulated, for this it is necessary to have several studies in various conditions; The purpose of this work is also the contribution to the massification of distributed generation. As is known, there are studies on SFCR in balanced systems, however; a low voltage SFCR are unbalanced systems of which there are no studies in our field, which is why it is the subject of study in the present work. The objective is to determine the maximum injection power of an SFCR in a substation in the city of Juliaca, so that the voltage variation does not exceed the permissible limit and also that the power does not go out to the medium voltage network. For this, information was collected on the consumption of homes and the various characteristics of a low voltage network, considering a non-probabilistic sampling, to then carry out the treatments through simulations with the Etap software, according to the fractional factorial design, analyzing the ANOVA. and the optimization of factors with a confidence level of 95%. The maximum injection power is 35kW and the location where the greatest power injection is concentrated is in the furthest place from the substation; In addition, the SFCR injection power has a greater significant effect in terms of the variation of the voltage levels. It is concluded that the maximum power that can be injected into a substation with distributed generation is 70% of the substation's power and these must be installed in peripheral places of the low voltage network; If the injection power is exceeded, the system runs the risk of overvoltages greater than 105% of the nominal voltage.

**Keywords:** *Distributed generation, low voltage networks, software simulations, unbalanced systems, photovoltaic systems.*

## Introducción

La aplicación masiva de las energías renovables en el Perú ya está en camino, pero avanza con cierta lentitud, podría mejorar la matriz energética y disminuir de las emisiones de agentes contaminantes al medio ambiente, principalmente con SFCR como generación distribuida específicamente en las redes de baja tensión Cisterna et al., (2020). Para lograr su desarrollo e implementación de las energías renovables, se tiene que tener políticas por parte del estado, así como subsidios económicos y normativas atractivas para la inversión, lo cual ayudaría bastante con la implementación de la infraestructura solar según Muñoz-Vizhñay et al., (2018) por otro lado debe tener estudios previos acerca de esta tecnología para implementarlas, como son los costos, beneficios y los aspectos técnicos, esta última es motivo de investigación del presente trabajo (Montoya et al., 2021).

Cuando se habla de inyección de potencia máxima a la red nos referimos a que si podemos inyectar potencia sin que esta implique modificar los parámetros de red actuales según Schweickardt, (2018), esto está referido a que no se tenga que modificar equipos o en el peor de los casos implementar nuevos equipos salvo los medidores bidireccionales. Un estudio determinó que a partir del 50% de la potencia nominal del transformador empieza a ser desfavorable en una condición de estado estable de acuerdo a Caballero-Peña et al., (2020). Sin embargo, no se pudo sacar conclusiones por los estudios que se han realizado en sistemas balanceados y posiblemente la realidad sea distinta, que también se aborda este tema en el presente trabajo. Dentro de esta misma línea se tiene que ver también cuál sería la ubicación adecuada u optima ubicación del SFCR (Grisales et al., 2017).

Otro aspecto importante es la potencia reactiva que se debe estudiar la posibilidad de compensar potencia

eléctrica reactiva (kVAr) en SFCR para reducir los recargos por bajo factor de potencia, y que representaría un costo adicional en la factura. La red entiende que solo se está consumiendo energía reactiva, porque la potencia activa lo toma del sistema fotovoltaico, (Bautista Almánzar et al., 2020; Morfín et al., 2021). Pero ya existen dispositivos automatizados para inyectar al sistema energía reactiva requerida.

Todo ello tiene que ver con la calidad de energía, diversos estudios muestran que la calidad y confiabilidad de los servicios de electricidad son útiles, además de ser suficiente, porque la cobertura vino creciendo en la orden de 0.6 % anual en Latinoamérica según Levy & Carrasco, (2020). Para cubrir dicho crecimiento, será necesario las fuentes de energías renovables, sin embargo, carece de normativas locales en la mayoría de países según Gutiérrez & García, (2021). Existen diferentes soluciones para la mejora de calidad de servicio en las redes eléctricas de distribución caso los Smart Grid según Rodríguez & Caruso, (2021). Su viabilidad y factibilidad están resultando favorables en su implementación (Valdés et al., 2020).

En términos generales la estructura del mercado energético irá cambiando debido a las nuevas tecnologías y la influencia de los niveles de penetración de la generación distribuida de acuerdo a Gómez et al., (2018). La generación distribuida es el camino hacia la producción descentralizada de electricidad y en el Perú será importante que se concluya su reglamentación para la implementación de la nueva alternativa de generación de acuerdo a Ramos, (2020). La gran mayoría de los países están en la búsqueda constante de alternativas energéticas que permitan, tanto disminuir el consumo de combustibles fósiles, como reducir su dependencia en los procesos industriales, con la meta de buscar los caminos que conlleven a una sustentabilidad energética mediante la implementación de nuevas tecnologías basadas en las fuentes de energía renovables (Sánchez, 2017).

## Materiales y métodos

En este apartado se describe los materiales usados para el desarrollo de la investigación.

Se realizó una exhaustiva revisión literaria, que se tuvo como principal material de apoyo, una literatura para un correcto dimensionamiento de los SFCR, que es con el que se realizó las simulaciones; también la base de datos del consumo de cada vivienda y la irradiancia horaria anual (como perfil de irradiancia) que es muy importante en el costo de instalación según Morais et al., (2021). También se trabajó con los parámetros, características y componentes de la red radial desbalanceada (conductores, vanos, cargas por usuario, etc...). En cuanto al software para las

simulaciones se usó el Etap, cabe mencionar que en los anteriores trabajos han hecho simulaciones solo con SFCR a media tensión con cargas balanceadas. Sin embargo, en el presente trabajo se realizará en red radial y cargas desbalanceadas.

En la recaudación de información, se recolectó datos mensuales y estimadas en consumo diario, de potencia de cada vivienda de una subestación de distribución (baja tensión) de la ciudad de Juliaca como datos cuantitativos, considerando además cada vivienda tiene conexión en diferentes fases (RST) como dato cualitativo. Se tomó el muestreo no probabilístico, en el cual de acuerdo con Ciro Martínez fueron seleccionadas por conveniencia (Martínez, 2012).

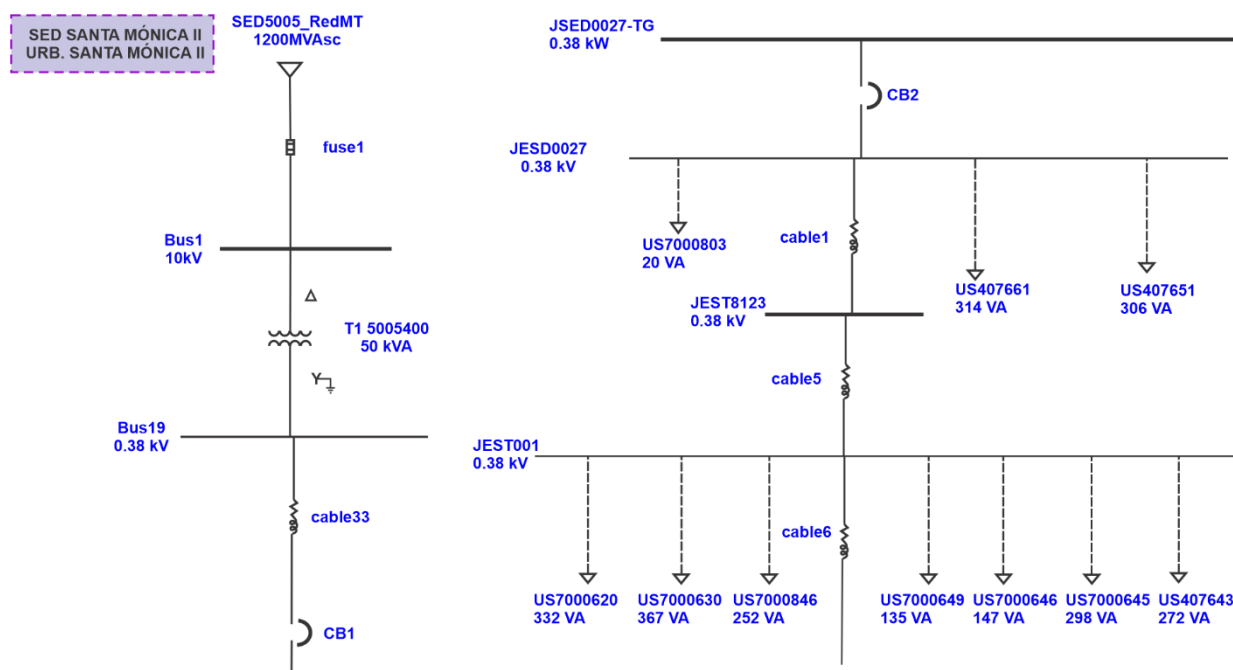


Figura 1. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de baja tensión en el software Etap.

También considerar que la zona de estudio es latitud -15.496, longitud -70.159 y altitud 3831msnm.

En cuando el método aplicado se usó el diseño factorial fraccionado ( $2^{5-1}$ ) con 2 niveles y 5 factores (potencia SFCR, mes, tipo de red, cargabilidad) y la variable respuesta el nivel de tensión (Gutiérrez & de la Vara, 2012).

Tabla 1  
 Factores y niveles del diseño factorial  $2^{5-1}$

FACTORES	NIVELES	
Potencia SFCR	50%	80%
Ubicación	Cerca	Alejado
Mes	Max. Irrad.	Min. Irrad.
Tipo de red	Radial	Anillo
Cargabilidad	50%	100%

En el factor de potencia de 50% y 80% se refiere con respecto a la potencia nominal aproximada de la

subestación. En cuando a la ubicación se refiere a la ubicación del SFCR con respecto a la subestación. En el factor mes de máximo y mínimo se refiere irradiancia máxima o mínima registrada durante el mes de forma horaria. Finalmente, en la cargabilidad es el consumo de potencia.

En el estadístico de prueba el valor de p. con un nivel de confianza de 95%. Los cálculos realizados fueron con el apoyo del programa Minitab versión de prueba para fines de estudio y las pruebas de hipótesis (Triola, 2018).

### Especificaciones de los equipos considerados en el estudio.

En cuanto a los dispositivos más influyentes y determinantes de la investigación son los inversores y la configuración de paneles fotovoltaicos, con sus diversas características.

Tabla 2  
 Inversor Huawei Sun2000 8.0 KW.

Característica	Valor (unidad)
Potencia nominal de salida.	8000 Wp
Máxima Intensidad salida.	13.5 A
Potencia máxima campo fotovoltaica FV.	14880 Wp
Mínima tensión entrada.	200 V
Tensión de entrada nominal.	600 V
Máxima tensión de entrada.	1100 V
Rango tensión MPP min.	380 V
Rango tensión MPP máx.	850 V
Rend_eur.	0.98 %
Rend_máx.	0.986 %
Factor de potencia.	0.8
Idc máx (MPP1)	11 A
Isc 1 (MPP1)	15 A
Idc máx. 2 (MPP1)	11 A
Isc 2 (MPP1)	15 A

Tabla 3  
 Especificaciones técnicas JKM260PP.

Característica	Valor (STC)
Potencia nominal.	260 Wp
Pmáx-VMPP	28.1 V
Pmáx-IMPP	6.75 A
Tensión VOC	381 V
Corriente ISC	8.98 A
Eficiencia	15.89 %
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C
Tensión máx. sistema	1000VDC
Coefficiente de temperatura de PMAX	-0.40 %/°C
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30 %/°C
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06 %/°C
Temperatura operacional	45 ± 2°C

## Resultados y discusiones

Para la experimentación y la toma de datos en los diversos escenarios, previo a ello se realizó un dimensionamiento de los SFCR en sus dos niveles 5kW y 8kW; también la introducción de datos técnicos y el circuito de la red de análisis en el software. El inversor usado es según especificaciones Técnicas es el Inversor Huawei SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0. El panel usado según Especificaciones técnicas es el panel solar Jinko JKM260PP – Jinko Solar.

Para el diseño de SFCR es la protección eléctrica, ya en una posible masificación de su uso presentaría problemas más por el aspecto de la normatividad (Gatis & De Melo Filho, 2020).

Para la facilidad de los cálculos y sin el uso de programas que pueden requerir una instrucción

adicional existen plantillas en Excel, el cual facilita dichos cálculos, considerando muchos otros aspectos (Carvalho & Lage, 2019).

En las tablas se muestran las configuraciones y arreglos de los sistemas fotovoltaicos.

En el arreglo fotovoltaico de la Tabla 4, se realiza en condiciones STC. Teniendo 1 rama en paralelo por cada MPP, sumando un total de 18 módulos y una potencia de 4680Wp.

En el arreglo fotovoltaico de la tabla 5, se realiza en condiciones STC. Teniendo 1 rama en paralelo por cada MPP, sumando un total de 30 módulos y una potencia de 7800Wp.

Para el modelado de todos los circuitos radiales en el programa, se ha ido tomando cada estructura como una barra en donde se va conectando cada usuario los más cercanos, muy a pesar que en la parte real no se tiene esa configuración, ya que estos se realizaron bajo otras normativas y consideraciones de instalación en redes de baja tensión. Todo ello se puede observar en la Figura 1.

Realizada la experimentación según el diseño factorial, que se tenía que hacer 16 tratamientos de los cuales se tiene los siguientes resultados mostrados en la Tabla 6.

En este apartado se define estadísticamente se los factores seleccionados tienen efecto considerable en el nivel de tensión, que se tiene como variable respuesta, por lo que se plantea las siguientes hipótesis de los efectos principales:

Modelo estadístico:

$$Y_{ijlmnk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_l + \delta_n + \sigma_m + \alpha * \beta + \alpha * \gamma + \varepsilon \dots\dots\dots (1)$$

Este modelo matemático ya es el ajustado el general tendría todos los efectos de las interacciones tomadas según del modelo del diseño factorial  $2^{5-1}$ .

A: Potencia del SFCR.

$H_0$ :  $\alpha = 0$  no hay efecto del factor de potencia del SFCR a los niveles de tensión

B: Ubicación del SFCR.

$H_0$ :  $\beta = 0$  no hay efecto del factor de Ubicación del SFCR a los niveles de tensión

C: Mes.

$H_0$ :  $\gamma = 0$  no hay efecto del factor de Mes a los niveles de tensión

D = Tipo de red.

$H_0$ :  $\delta = 0$  no hay efecto del factor de Tipo de Red a los niveles de tensión

E: Cargabilidad.

$H_0$ :  $\sigma = 0$  no hay efecto del factor de cargabilidad a los niveles de tensión

A\*B = Potencia del SFCR\* Ubicación del SFCR.

$H_0: \alpha * \beta = 0$  no hay efecto de la interacción de potencia del SFCR\*Ubicación del SFCR a los niveles de tensión.

A\*C = Potencia del SFCR\* Mes.

$H_0: \alpha * \gamma = 0$  no hay efecto de la interacción de potencia del SFCR\*Mes a los niveles de tensión.

No se consideró el planteo de las demás hipótesis, puesto que en el análisis y justificación del diseño factorial fraccionado, se han ido eliminando debido a que estadísticamente según modelo estudiado, no tiene efecto considerable.

Resultados del modelo ajustado del diseño factorial fraccionario se muestran en la Tabla 7. En la tabla ANOVA obtenida se puede observar que todas las hipótesis son rechazadas, puesto del valor de indicador valor-p resulta ser menor que el nivel de significancia 0.05; en la parte de la interacción de la potencia y ubicación en este caso podríamos afirmar

que estaría a puntos de que se acepte la hipótesis Nula, pasa esto justamente se había incluido que la red sea también en anillo, en el caso que no se hubiera tomado en cuenta el tipo de red, esta afirmación se rechazaba completamente.  
Ecuación de regresión (modelo).

$$\text{Tensión \%} = 97.515 + 0.08008 * A - 0.307 * B - 0.419 * C - 0.1525 * D + 0.01492 * A * B + 0.03108 * A * C \dots\dots\dots (2)$$

Con esto se puede encontrar los valores óptimos principalmente para la potencia del SFCR.

Como se observa los resultados en la tabla 6 cuando la potencia de generación está en su nivel alto siempre está muy cerca hasta por encima del 100% de la tensión nominal. Por otro lado, cuando observamos la ubicación del SFCR cuando está cerca a la subestación llega a alcanzar 101.4% pero no llega a ser tan determinante.

Tabla 4  
Arreglo Fotovoltaico de Paneles Para el SFCR 5 kW

Numero de MPP	Módulos Serie	Ramas paralelo	Suma parcial	Vmaxdc	Vmpp	Impp	Isc (A)	Ppk
MPP1	9	1	9	342.9	279.9	8.37	9.89	2340
MPP2	9	1	9	342.9	279.9	8.37	9.89	2340

Tabla 5  
Arreglo Fotovoltaico de Paneles Para el SFCR 8 kW

Numero de MPP	Módulos Serie	Ramas paralelo	Suma parcial	Vmaxdc	Vmpp	Impp	Isc (A)	Ppk
MPP1	15	1	15	571.5	466.5	8.37	9.89	3900
MPP2	15	1	15	571.5	466.5	8.37	9.89	3900

Tabla 6  
Diseño Factorial Fraccionado  $2^{5-1}$

Número de Tratamientos	A	B	C	D	E	Y	Tensión %
1	-	-	-	-	+	E	99.125
2	+	-	-	-	-	A	99.725
3	-	+	-	-	-	B	99.26
4	+	+	-	-	+	ABE	100.27
5	-	-	+	-	-	C	99.83
6	+	-	+	-	+	ACE	101.38
7	-	+	+	-	+	BCE	100.38
8	+	+	+	-	-	ABC	102.19
9	-	-	-	+	-	D	99.10
10	+	-	-	+	+	ADE	99.63
11	-	+	-	+	+	BDE	99.15
12	+	+	-	+	-	ABD	99.95
13	-	-	+	+	+	CDE	99.75
14	+	-	+	+	-	ACD	100.98
15	-	+	+	+	-	BCD	99.54
16	+	+	+	+	+	ABCDE	101.62



Figura 2. Diagrama de la sub estación en estudio domiciliaria, puntos alejados.

Tabla 7  
Análisis de Varianza - ANOVA

Fuente	GL	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor p
Potencia del SFCR	1	5.7720	5.77201	155.44	0.000
Ubicación del SFCR	1	0.5041	0.50410	13.58	0.005
Mes	1	5.5932	5.59323	150.62	0.000
Tipo de Red	1	0.3721	0.37210	10.02	0.011
Interacciones de 2 términos	2	1.0698	0.53491	14.40	0.002
Potencia del SFCR*Ubicación del SFCR	1	0.2003	0.20026	5.39	0.045
Potencia del SFCR*Mes	1	0.8696	0.86956	23.42	0.001
Error	9	0.3342	0.03713		
Total	15	13.6454			

Realizando una comparación con un estudio similar en donde se determina que efectivamente cuando se inyecta SFCR a gran escala, puede traer desafíos técnicos para el control de voltaje en las redes de distribución (Melo et al., 2018).

Ahora para encontrar la potencia óptima y la ubicación del SFCR, se consideró lo siguiente. La variabilidad de la potencia del SFCR entre 25kW – 40kW. Y la ubicación también variable, pero como dato cualitativo (cerca – lejos). En donde como resultado se obtuvo que la potencia óptima es de 34.8kW, y además tenga que estar alejado de la subestación; con estos valores los niveles de tensión estarán muy próximos al 100% en los niveles de tensión.

En la Figura 2 se puede observar mejor, donde se muestra en líneas punteadas, las zonas más alejadas de la subestación, y es en donde óptimamente la generación distribuida se podría conectar los usuarios. Por otro lado también es un buen punto, para poder modificar la red de distribución en malla, sin embargo no se ha considerado como una solución viable en el caso que se implementara, puesto que como ya se había mencionado, un sistema de red enmallado va necesitar realizar más estudios en la capacidad de los conductores, modos de fallas, o que posiblemente requiera algunos equipos de medición y protección bidireccionales, lo que incrementaría el costo en la implementación de la generación distribuida de manera masificada; pero que si sería viable para futuras instalaciones nuevas ya pensando en la generación distribuida.

### Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la potencia máxima de inyección de un SFCR como generación distribuida es del 70% de la potencia nominal de la subestación de distribución; con este valor la red no sufrirá cambios en sus parámetros principalmente en los niveles de tensión, y que además no será de hacer cambios en los equipamientos.

Como se ha podido observar en la simulación el factor limitante de la potencia máxima de inyección de un SFCR es el nivel de tensión principalmente, y es un

factor importante, porque de llegarse a sobretensiones se tendrían que instalar reguladores de tensión, y en la subestación un exceso de potencia y/o sobre tensión, se requerirán Taps automáticos, en el cual implicaría realizar cambios de los equipamientos. Como tal la tensión dependerá de la potencia del SFCR, como se ve en la tabla ANOVA.

Como se ha analizado los tratamientos ya se tenía indicios que si se inyectaba más cerca a la subestación los niveles de tensión llegaban a aumentar, pero que no era determinante, pero en la obtención de los valores óptimos se confirmó que se deben instalar en lugares periféricos de la red de baja tensión.

### Referencias bibliográficas

- Bautista Almánzar, I., Aybar Mejía, M. E., Blanco, M., & Vicini H., R. A. (2020). Compensación de reactivos en instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos penalizadas por bajo factor de potencia. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 3(2), 39–63. <https://doi.org/10.22206/cyap.2020.v3i2.pp39-63>
- Caballero-Peña, J., Cadena-Zarate, C., & Osma-Pinto, G. A. (2020). Análisis de la operación en estado estable de una red eléctrica de baja tensión con inyección de potencia de sistemas fotovoltaicos. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 89–101. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020008>
- Carvalho, F. S. de, & Lage, E. G. S. (2019). Método de análise e dimensionamento do sistema fotovoltaico ongrid. *Technology Sciences*, 1(2), 24–36. <https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6425.2019.002.0004>
- Cisterna, L., Améstica, L., Piderit, M., Luis, C. A., Luis, A.-R., & María Beatriz, P. (2020). Proyectos Fotovoltaicos en Generación Distribuida ¿Rentabilidad Privada o Sustentabilidad Ambiental? *Revista Politécnica*, 45(2), 31–40. <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n2.03>
- Gatis, I. V. B., & De Melo Filho, J. B. (2020). Proteção de Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede

- Elétrica. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 5(3), 65–72.  
<https://doi.org/10.25286/rep.v5i3.1279>
- Gómez, V. A., Hernández, C., & Rivas, E. (2018). La Influencia de los Niveles de Penetración de la Generación Distribuida en los Mercados Energéticos. *Información Tecnológica*, 29(1), 117–128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000100117>
- Grisales Noreña, L. F., Restrepo Cuestas, B. J., & Jaramillo Ramirez, F. E. (2017). Ubicación y dimensionamiento de generación distribuida: Una revisión. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 157–176. <https://doi.org/10.18359/rcin.2344>
- Gutiérrez, A., & Garcia, J. (2021). Fuentes De Energía Renovable, Recursos Energéticos Distribuidos Y Almacenamiento En Colombia: Una Revisión De La Normatividad (Renewable Energy Sources, Distributed Energy Resources And Energy Storage In Colombia: A Review Of Regulations). *SSRN Electronic Journal*, 0–35. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3768871>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Levy, A., & Carrasco, J. J. (2020). Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina. In *Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0002366>
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y Muestreo* (13th ed.). Ecoe Ediciones.
- Melo Júnior, C. F., Waenga, A. F. C., & Pinto, D. A. F. (2018). Effects of the Photovoltaic Distributed Generation on Electricity Distribution System Voltage - Updated Review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61(spe), 10–14. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-smart-2018000190>
- Montoya, C. A. G., López-Lezama, J. M., Román, T. G. S., Montoya, C. A. G., López-Lezama, J. M., & Román, T. G. S. (2021). Estimación del costo de distribución de la energía eléctrica en Colombia considerando generación distribuida fotovoltaica. *Información Tecnológica*, 32(1), 79–88. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100079>
- Morais, F. H. M. de, Silva, O. A. V. de O. L. da, Moraes, A. M. de, & Barbosa, F. R. (2021). Influência da Irradiação Solar na Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(4), 723–734. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360049>
- Morfín, O., Zavala, L., Ornelas, F., & Ramírez, R. (2021). Compensación de potencia reactiva mediante el control robusto de un STATCOM en un sistema de potencia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(3), 1–13. <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2021.22.3.020>
- Muñoz-Vizhñay, J. P., Rojas-Moncayo, M. V., & Barreto-Calle, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*, 19, 60–68. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06>
- 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), 7–35. <https://doi.org/10.21678/forseti.v8i11.1255>
- Rodríguez, J., & Caruso, N. (2021). Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla. Revisión de la literatura. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.08>
- Sánchez Juárez, A. (2017). Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial. In *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (1st ed.). Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/ier.9785230417323e.2.017>
- Schweickardt, G. A. (2018). Optimización de la Inyección de potencia desde micro generación distribuida en sistemas Eléctricos de distribución de baja tensión. Desarrollos teóricos de un modelo Hiperheurístico. *Lámpsakos*, 20, 55–67. <https://doi.org/10.21501/21454086.3015>
- Triola, M. F. (2018). *Estadísticas* (12th ed.). Pearson Educación de México.
- Valdés, G., Rodríguez, E., Miranda, C., & Lillo, J. (2020). Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile. *Información Tecnológica*, 31(3), 249–256. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300249>