

Optimal sizing and allocation of photovoltaic generation in a georeferenced micro grid using column generation

Óptimo dimensionamiento y ubicación de generación fotovoltaica en una microred georeferenciada utilizando generación de columnas

S. Vargas¹W. Pavón¹

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
E-mail: svargasg1@est.ups.edu.ec; wpavon@ups.edu.ec

Abstract

The costumers trigger the demand for the Energy Electricity Distribution Systems (EDS), it has been the main topic of discussion in some researches, because the costumers' energy needs should be satisfied.

From this point of view, it is important to consider accomplish the consumer energy demand from a centralized generation system. This generation type implies a considerable cost of initial investment and associated expenses. The implementation of a centralized generation involves electricity losses, operating costs, levels of voltage, among others.

Distributed Generation (DG) implemented by non-standard renewable energy (NSRE) opens a space as a possible solution to those entitled problems. Since DG is located close as possible to the loads and it can meet the required demand. Therefore, DG can deliver power to the EDS, if it is necessary. Additionally, technical, economic, and operational problems could be minimized.

This paper presents the optimal location and dimensioning of the DG units with photovoltaic technology. The DG is integrated into the EDS employing the proposed algorithm, which allows us to minimize operating costs. The algorithm is based on the generating columns method. Besides, this approach generates a micro grid without considering routing problems. The scenario is as real as possible with a georeferenced fashion, solving this problem through the implemented graph theory.

Index terms— Distributed Generation, Micro Grid, Georeferenced, column generation, optimization, operational costs, photovoltaic panels.

Resumen

Dentro de los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica (SDE), los consumidores son la demanda energética, tema principal de discusión, puesto que es necesario satisfacer la misma. A partir de este punto, es importante considerar que el hecho de entregar energía desde los puntos de generación centralizada hasta las cargas supone una gran inversión y gasto, si se pone sobre la mesa las siguientes consideraciones: pérdidas de energía eléctrica, costos de operación, niveles de voltaje, etc.

La Generación Distribuida (GD), usando energías renovables no convencionales (ERNCC), abre un espacio como posible solución a los problemas mencionados, dado que la GD se ubica en puntos estratégicos y cercanos a las cargas y cuentan con la capacidad de satisfacer la demanda requerida en dicho nodo, como también entregar energía al SDE, de ser necesario; por lo que se logra minimizar los problemas técnicos, económicos y operativos que puedan existir.

En este documento se expone la óptima ubicación y dimensionamiento de las unidades de GD con tecnología fotovoltaica que serán introducidas al SDE por medio de un algoritmo, que permita minimizar los costos de operación, basado en el método de generación de columnas que será implementado; además de generar una micro red sin enrutamiento, que represente un escenario, lo más real posible, a partir de la georreferenciación con ayuda de la teoría de grafos que se implementará en MATLAB.

Palabras clave— Generación distribuida, micro red, georreferenciación, generación de columnas, optimización, costos de operación y paneles fotovoltaicos.

Recibido: 10-05-2020, Aprobado tras revisión: 16-07-2020

Forma sugerida de citación: Vargas, S.; Pavón, W. (2020). "Óptimo dimensionamiento y ubicación de generación fotovoltaica en una microred georeferenciada utilizando generación de columnas". Revista Técnica "energía". No. 17, Issue I, Pp. 71-79.

ISSN On-line: 2602-8492 - ISSN Impreso: 1390-5074

© 2020 Operador Nacional de Electricidad, CENACE

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos han evolucionado con el tiempo, debido al incremento de la demanda energética que los consumidores requieren, esto implica un nivel alto de confiabilidad y seguridad dentro del sistema eléctrico en todas sus etapas. Debido a este incremento y a la necesidad de proveer un sistema que sea eficiente y eficaz la generación distribuida se presenta como una posible solución.

El uso de GD parte desde la necesidad de obtener: sistemas eléctricos flexibles, reducción de pérdidas eléctricas, un bajo impacto ambiental y un ahorro económico en la inversión[1]. Junto con la inmersión de unidades de GD las consideraciones técnicas y económicas son un factor determinante al momento de elegir su ubicación y dimensionamiento, por lo que ambos factores resultan ser posibles variables para un modelo de optimización [2][3].

Si bien el uso de GD aparece como una posible solución a los problemas dentro de la generación centralizada, el impacto con el uso de unidades de generación distribuida, puede ser positivo o negativo debido a que el uso de las mismas implica una modificación parcial o total a la operación de la red eléctrica. Por tal motivo una óptima implementación de GD en el sistema eléctrico resultará en la satisfacción de las necesidades requeridas por el usuario, por otro lado, una inmersión no óptima de GD producirá una serie de consecuencias negativas en la red [4],[5].

La contaminación ambiental es un eje fundamental dentro del uso de GD, las fuentes de energía renovable no convencionales (ERNC) acaparan mayor atención dentro de la implementación de GD gracias a la reducción de emisiones de CO₂ que se obtiene con su uso [6]. Consideraremos dos aspectos fundamentales para el desarrollo de la presente investigación: el primero, la generación a incorporarse a la red mediante GD podrá ser a micro (menores o iguales a 5kW), pequeña (entre 5kW y 5MW), mediana (entre 5MW y 50MW) o gran escala (entre 50MW hasta 300MW) [7] y el segundo, el despacho de energía será variable, considerando que son fuentes de energía directamente relacionadas con las condiciones climáticas [6], [8] con lo que, el uso de la energía solar como fuente primaria dentro de la presente investigación hace que los factores solares entren como una variable para poder establecer el modelo de optimización.

Hay consideraciones a tener en cuenta para el uso de unidades fotovoltaicas, como parte de la GD. La irradiación que se tiene en el área donde se implementará el generador [9]; así también, la viabilidad de ubicar los paneles fotovoltaicos a lo largo de la red para proveer la energía requerida a cada consumidor por cada nodo que tenga el sistema.

El problema general radica en encontrar y dimensionar, de forma óptima, la ubicación y el tamaño

(potencia) de los paneles fotovoltaicos a lo largo de una micro red, por lo que en [10] se plantea la metodología conocida como generación de columnas, que es un método iterativo que busca encontrar la solución a un problema “de forma dividida” reduciendo así el tiempo de solución y el número de iteraciones.

La metodología de generación de columnas será adaptada a un escenario previamente generado con la ayuda del software online Open Street Maps (OSM) y posteriormente la georeferenciación del sitio escogido, que facilita la ubicación en coordenadas reales del escenario donde se representará la micro red; así como el uso del software MATLAB para implementar la teoría de grafos que permita encontrar los nodos del sistema y contabilizar los usuarios conectados a ese punto.

Es importante señalar que en el escenario generado en MATLAB no se utilizó enrutamiento de vías, debido a que no es parte de la presente investigación, con lo que sería posible obtener una distancia real entre los nodos del sistema de forma que se represente un escenario real. Todos los valores son obtenidos en función de la distancia, poseen un valor aproximado calculado por los algoritmos de clusterización.

Al problema de optimización, en [3], se plantea un modelo matemático de programación no lineal entera mixta que se basa en los costos de operación del SDE y en el flujo óptimo de potencia (FOP) para minimizar la relación del costo en cada nodo, para asegurar que la inclusión de los generadores distribuidos sea de forma óptima y el dimensionamiento sea correcto.

Para la comprensión del propósito de esta investigación, en la Fig. 1, se muestra una micro red, en la cual se integran unidades de generación distribuida como son los paneles fotovoltaicos.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la siguiente sección se desarrolla dos aspectos fundamentales para poder iniciar el estudio correspondiente, en primera instancia es necesario poder generar un escenario real, bajo el cual se pueda trabajar con la simulación de una red de distribución; mientras que el segundo aspecto es la obtención de los datos, a manera real, del sitio de estudio; para lo cual nos ayudaremos de un historial de demanda y de datos relacionados con el objetivo de estudio.

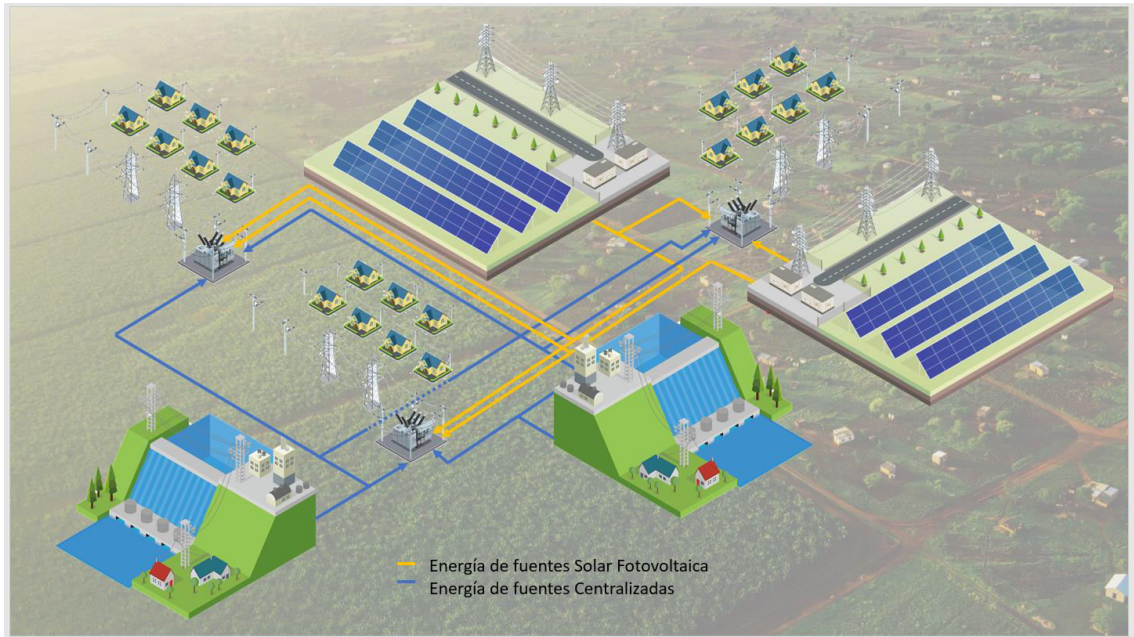


Figura 1: Microred de distribución con implementación de GD

2.1 Generación del escenario

Uno de los retos en la masificación de sistemas cuya fuente principal usa ERNC se somete a dos situaciones: la primera es la obtención de datos reales en cuanto a la ubicación de los usuarios; la segunda, es proponer datos de consumo en una hora, los mismos que serán generados de forma aleatoria, en función de los parámetros establecidos de máximos y mínimos en base al consumo promedio de los usuarios residenciales. La forma de la obtención para datos de consumo y generación de escenario se muestran en las figuras 2 y 3.

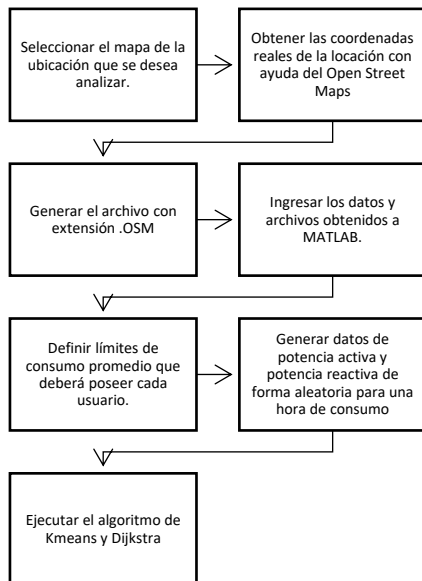


Figura 2: Obtención de datos de consumo para una hora

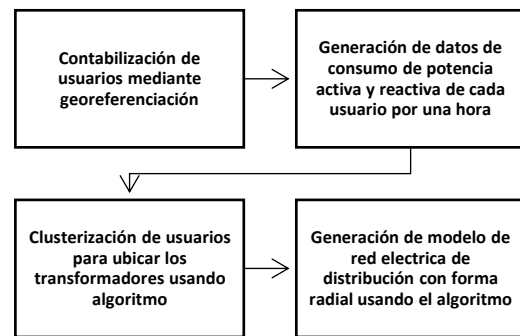


Figura 3: Generación aleatoria de un SDE

Al ser un sistema fotovoltaico, la gran limitante es el valor de la irradiación que se tiene en promedio al día, ya que solo se cuenta con una probabilidad de generación del 50% debido a que de las 24 horas posibles donde la unidad puede operar para generar energía eléctrica solo podrá operar por 12 horas, las mismas en las que se puede aprovechar la energía solar.

2.2 Modelamiento y formulación matemática

Para encontrar el lugar idóneo y el dimensionamiento de las unidades de generación fotovoltaica, es necesario optimizar un criterio del sistema eléctrico bajo condiciones técnicas, operativas y/o económicas tomando en cuenta la implementación de generación fotovoltaica con las restricciones operativas que esto significa, es decir, limitantes de generación por condiciones climáticas. Para el modelamiento se consideró lo siguiente: demanda total del sistema en una hora, despacho de unidades fotovoltaicas para un periodo de 24 horas, factor de uso

del sol en un periodo de 24 horas, lo cual depende directamente de la irradiación promedio y la simulación de un flujo óptimo de potencia.

A continuación, en la figura 4, se presenta el algoritmo de solución para la optimización del modelo presente en la tabla 1 En donde se divide la solución del problema en tres etapas. La primera es la georreferencia de la locación y la generación del escenario que simule el SDE; la segunda, introduce en forma manual todos los datos generados de consumo al optimizador para obtener los resultados de la ubicación de los generadores fotovoltaicos y por último la minimización del costo de operación.

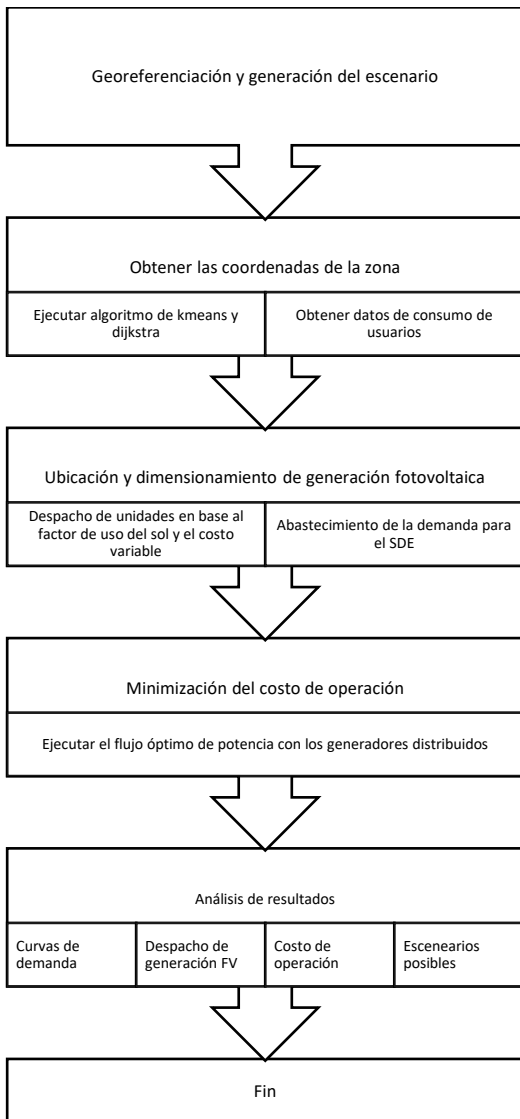


Figura 4: Pseudocódigo del algoritmo de solución

Una vez establecido el modelo bajo el cual se va a minimizar los costos de operación del sistema de distribución, se presentan las ecuaciones que harán parte de este. El modelo es un problema de programación lineal, pero se realizó una serie de cambios para que la optimización se realice bajo el criterio de generación de

columnas en donde se tiene que establecer un problema maestro y un conjunto de subproblemas para resolver el modelo. A continuación, se puede observar el modelo matemático en la tabla 1:

Tabla 1: Modelo de optimización, dimensionamiento y ubicación

Función objetivo
$CT = \sum_{t=1}^{24} C1_{fv,t} * C2_{red,t}$
Restricción de despacho en base al factor de uso del sol
$Pm_{fv,t} = P_{fv,t} * FU_{fv,t}$
Restricción de abastecimiento de la demanda
$\sum_{t=1}^{24} Pm_{fv,t} + \sum_{t=1}^{24} P_{red,t}$
Costos de operación de generación fotovoltaica y de red
$C1_{fv,t} = Pm_{fv,t} * Cv$
$C2_{red,t} = P_{red,t} * Cv$
Función objetivo
$Co = \sum_{i=1}^n Pg_i * CV_i$
Restricciones de balance de potencia activa y reactiva
$\sum Pin_i - \sum Pout_i$
$= \sum_{k=1}^n V_i * V_k * (g_{ik} * \cos\theta_{ik} + b_{ik} * \sin\theta_{ik})$
$\sum Qin_i - \sum Qout_i$
$= \sum_{k=1}^n V_i * V_k * (g_{ik} * \cos\theta_{ik} + b_{ik} * \sin\theta_{ik})$
Restricción de niveles máximos y mínimos de voltaje en nodos
$Vmin_i \leq V_i \leq Vmax_i$

A continuación, se detalla cada uno de los elementos que intervienen en las ecuaciones presentadas en la tabla 1.

2.3 Función objetivo

La ecuación permite minimizar los costos de operación para el sistema generado, en base a la potencia de generación fotovoltaica, donde:

Tabla 2: Variables de la función objetivo

CT: Costo total de despacho de unidades de generación fotovoltaica inmersas en la red
C1_{FV,t}: Costo de generación de la unidad fotovoltaica por hora
C2_{red}: Costo de generación de red por hora
Co: Costo de operación del sistema generado
Pg_i: Potencia del generador para el nodo
CV_i: Costo variable del generador para el nodo i
n: Número total de generadores empleados

2.4 Restricción de despacho en base al factor de uso del sol

En la ecuación se indica que la potencia de despacho que deberá tener la unidad fotovoltaica dependerá directamente del factor de uso del sol en base a la irradiancia en la zona de estudio.

Tabla 3: Variables de la restricción de la potencia modificada de la generación FV

Pm_{FV,t}: Potencia de despacho modificada por generador FV en el tiempo t
P_{FV,t}: Potencia de despacho por cada generador FV en el tiempo t
FU_{FV,t}: Factor de uso del sol por cada generador FV en el tiempo t

2.5 Restricción de abastecimiento de la demanda

En la ecuación se indica que la suma de la potencia modificada de los generadores FV y la potencia de la red en el tiempo t debe satisfacer la demanda que tenga el sistema de distribución el mismo periodo de tiempo.

Tabla 4: Variables de la restricción de abastecimiento de la

demanda en el tiempo t

Pm_{FV,t}: Potencia de despacho modificada por generador FV en el tiempo t

P_{red,t}: Potencia de red en el tiempo t

2.6 Restricciones de balance de potencia

En las ecuaciones se indica que la potencia activa y reactiva que se inyecta sobre el nodo i es igual a la que se consume en dicho nodo. Donde:

Tabla 5: Variables de la restricción de balance de potencia en cada nodo i

Pin_i: Potencia activa inyectada en el nodo i

Pout_i: Potencia activa consumida en el nodo i

Qin_i: Potencia reactiva inyectada en el nodo i

Qout_i: Potencia reactiva consumida en el nodo i

|V_i|: Voltaje en el nodo i

|V_k|: Voltaje en el nodo k

g_{ik}: elemento en la posición ik de la matriz de conductancia mutua

Pin_i: Potencia activa inyectada en el nodo i

Pout_i: Potencia activa consumida en el nodo i

2.7 Restricción de niveles máximos y mínimos de voltaje

En la ecuación se indica que valor de voltaje en cada nodo no puede superar los valores máximos y mínimos establecidos por las regulaciones para redes de distribución. Donde:

Tabla 6: Variables de las restricciones de voltajes en cada nodo i

Vmax_i: Voltaje máximo permitido en el nodo i

Vmin_i: Voltaje mínimo permitido en el nodo i

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El escenario es en la ciudad de Iguazú en Brasil, se ha dispuesto este escenario de tal manera se observe que puede funcionar para cualquier caso. El escenario generado toma en cuenta lo siguiente: número de usuarios (consumidores) totales, distancia entre cada usuario (entre transformadores) y número de usuarios conectados al transformador. Estos aspectos sirven para que el algoritmo de clusterización y el de árbol de mínima expansión cumplan con su objetivo, que es el de reunir a todos los usuarios y crear una red de interconexión entre cada uno de los nodos para simular el sistema de distribución de energía eléctrica con una configuración radial. A continuación, en las figuras 5, 6 y 7 se muestran los escenarios que serán el caso de estudio.

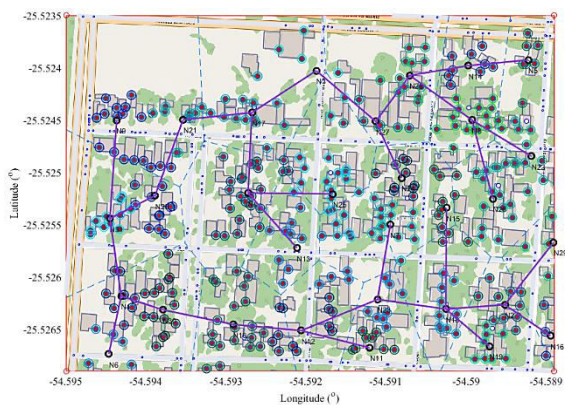


Figura 5: Escenario generado 1

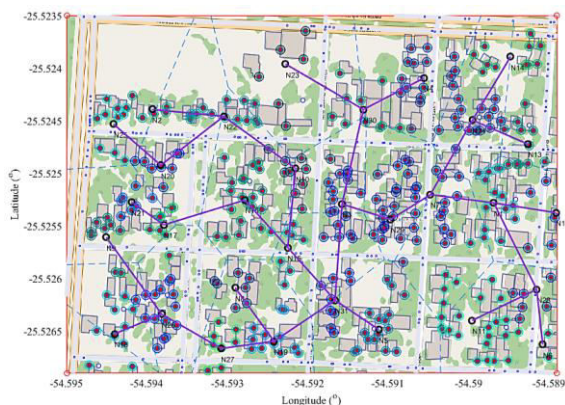


Figura 6: Escenario generado 2

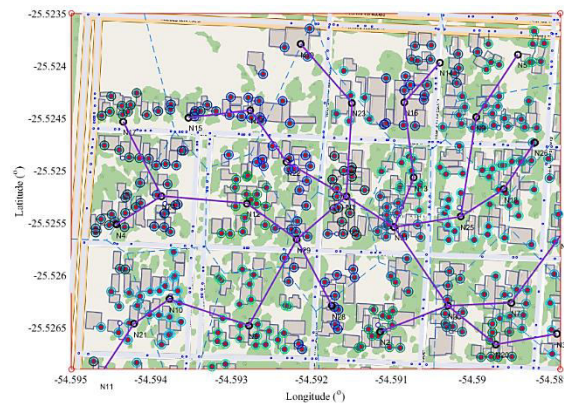


Figura 7: Escenario generado 3

Para los tres casos generados se observa que el número de nodos generados es de 31, ya que en el algoritmo de árbol de mínima expansión se ha establecido valores específicos para distancia un valor de 110 m y el número de usuarios conectados a cada nodo un valor de 19, esto aplica para cada nodo o transformador de la posible red de distribución

Como resultado de la extrapolación de datos a partir de la demanda máxima y el histórico de consumo en el periodo de 24 horas, La hora 20 dentro de los datos de consumo con el uso generación centralizada y fotovoltaica es la que tiene mayor demanda. A partir de esto es posible generar la curva de demanda del modelo generado para el periodo de tiempo establecido, tal y como se muestra en la Fig. 8:

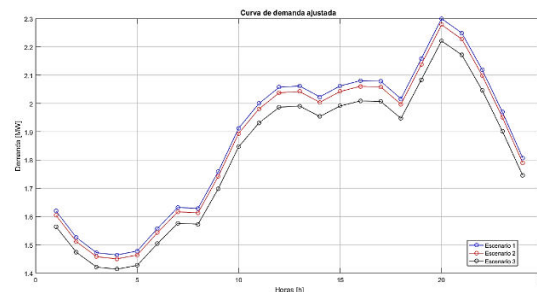


Figura 8: Demanda ajustada para los escenarios generados

El optimizador arroja los resultados, que demuestran que se cumple los balances de potencia, al momento de realizar el flujo óptimo de potencia FOP También se observa que se han entrado en funcionamiento algunas unidades de generación fotovoltaica, que el optimizador ha considerado necesario para poder minimizar el costo de operación del sistema, es así que se han activado en cada caso 5 unidades de generación, como se muestra en las figuras 7, 8 y 9 obteniendo como resultado la ubicación de la generación distribuida. De igual forma hace el despacho de cada una de estas unidades de generación para el periodo de 24 horas, con lo cual se cumple con el dimensionamiento de las unidades de forma óptima.

Tabla 7: Despacho de GD-PF en escenario 1

Generador	Pgen[MW]
G1	39.72
G3	1.40
G6	0.69
G9	1.34
G21	0.54
G27	1.34

Tabla 8: Despacho de GD-PF en escenario 2

Generador	Pgen[MW]
G1	40.08
G3	0.52
G9	1.35
G12	1.25
G21	0.54
G30	0.87

Tabla 9: Despacho de GD-PF en escenario 3

Generador	Pgen[kW]
G1	38.39
G2	0.88
G12	0.66
G21	1.27
G24	0.90
G27	1.38

Una vez obtenidos los resultados que arroja el optimizador es posible conocer mediante análisis si es posible satisfacer toda la demanda con la utilización de la generación fotovoltaica, ya que esta depende directamente de la irradiancia que se tenga sobre una determinada área. Para ello en la Fig. 9 se muestra la

función de distribución normal perteneciente al factor de uso del sol:

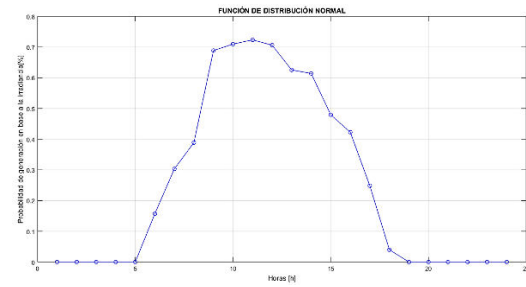


Figura 9: Probabilidad de uso de energía solar en un periodo de 24 hot

Una vez conocido el factor del uso del sol, se constató que el despacho establecido por el optimizador en el problema maestro, satisface la demanda de la red de distribución para el periodo de tiempo con la implementación de sistemas de generación fotovoltaicos. En la siguiente figura se muestra el despacho de las unidades fotovoltaicas para cada uno de los escenarios generados.

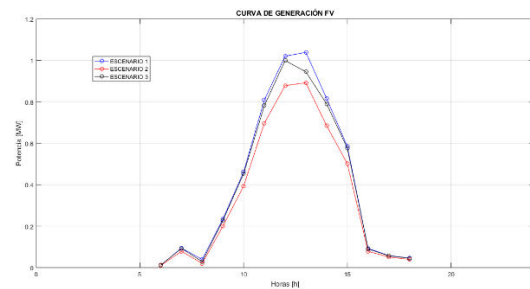


Figura 10: Despacho de unidades fotovoltaicas

Con el despacho realizado, es posible resolver el subproblema para optimización y minimizar del costo de operación del SDE. Para lograr encontrar este óptimo, es necesario correr un FOP al sistema de distribución generado. En la parte final y como constatación de resultados correctos, en las figuras 11, 12 y 13 se muestra el abastecimiento de la demanda con la implementación de las unidades de generación fotovoltaica.

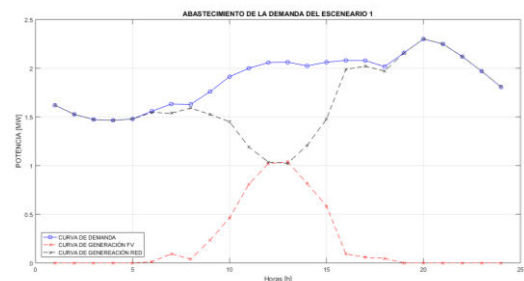


Figura 11: Abastecimiento de la demanda con la inclusión de generación FV en el escenario 1

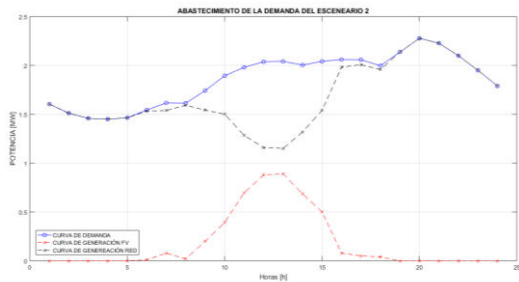


Figura 12: Abastecimiento de la demanda con la inclusión de generación FV en el escenario 2

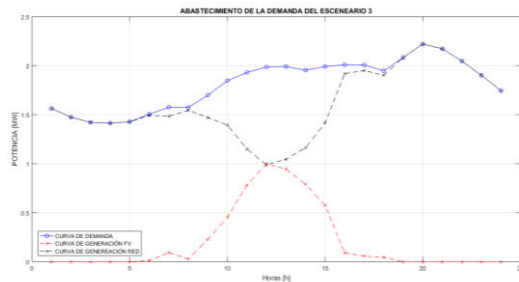


Figura 13: Abastecimiento de la demanda con la inclusión de generación FV en el escenario 3

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La micro generación distribuida es una de las posibles soluciones para satisfacer las necesidades, tanto del sistema de distribución eléctrica, como del sistema de transmisión, ya que permite la minimización de pérdidas y de costos de generación. Todos estos sistemas se encuentran ligados directamente a la generación centralizada.

El método de generación de columnas reduce el tiempo computacional que se necesita para encontrar un óptimo resultado a un modelo matemático específico, ya que el tiempo de solución se ve reducido, gracias a la creación de subproblemas para hallar la solución al problema maestro. Este método sirvió mucho para esta investigación.

El optimizador entrega resultados lo más cercanos a los simuladores, con un error menor mínimo lo que resulta muy útil para optimizar tiempos de trabajo, además que es posible realizar el análisis de un SDE y la optimización del mismo, bajo el mismo código de programación y dentro del mismo software.

En algunos casos, la potencia despachada resulta ser mayor a la cantidad de potencia necesaria para satisfacer la demanda del sistema, por lo que es una prueba, que el optimizador encontró la solución óptima y ha cumplido con cada una de las restricciones que se encontraban dentro del modelo matemático establecido.

El factor de uso corresponde a un valor establecido basado en la irradiancia promedio de la zona de estudio, por lo que al multiplicar este, por la potencia de generación, se obtiene el valor sobre el cual la

generación fotovoltaica debe producir energía para satisfacer cierta demanda.

Los sistemas de generación distribuida que se implementan con tecnología fotovoltaica, deben tener un estudio tanto técnico como climático, ya que es el sol es la fuente principal de producción y es parte fundamental para el análisis y cálculos dentro de este documento.

El periodo de tiempo para el análisis tomado para investigación es de 24 horas, por lo que los datos en cuanto al factor del uso del sol, son tomados y calculados a forma de probabilidad, ya que para un estudio con datos reales se debe tener un espectro de tiempo de análisis de por lo menos 6 meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

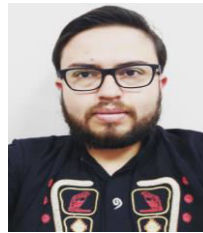
- [1] G. Celli and F. Pilo, “Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks,” IEEE Power Ind. Comput. Appl. Conf., pp. 81–86, 2001, doi: 10.1109/pica.2001.932323.
- [2] J. M. López, A. Padilha-Feltrin, and L. A. Gallego, “Ubicación Y Dimensionamiento Óptimo De Generación Distribuida En Sistemas De Energía Eléctrica,” Sci. Tech., vol. 15, no. 41, pp. 75–80, 2009, doi: 10.22517/23447214.2857.
- [3] W. Pavón, E. Inga, and S. Simani, “Optimal routing an ungrounded electrical distribution system based on heuristic method with micro grids integration,” Sustain., vol. 11, no. 6, 2019, doi: 10.3390/su11061607.
- [4] L. F. Grisales, B. J. Restrepo, and F. Jaramillo, “Ubicación y dimensionamiento de generación distribuida: una revisión - Ciencia e Ingeniería Neogranadina,” Cienc. e Ing. neogranadina, 2017.
- [5] P. P. Barker and R. W. De Mello, “Determining the impact of distributed generation on power systems: Part 1 - Radial distribution systems,” Proc. IEEE Power Eng. Soc. Transm. Distrib. Conf., vol. 3, no. c, pp. 1645–1656, 2000, doi: 10.1109/pess.2000.868775.
- [6] N. Jenkins, J. Strbac, and G. Ekanayake, Introduction: Technical impacts of generation on the distribution system. 2010.
- [7] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, “Distributed generation: A definition,” Electr. Power Syst. Res., vol. 57, no. 3, pp. 195–204, 2001, doi: 10.1016/S0378-7796(01)00101-8.
- [8] F. Morán, M. Facchini, D. Pontoriero, and V. Doña, “Inserción de generación distribuida a través de instalaciones fotovoltaicas domiciliarias ajustadas a las curvas típicas de demanda residencial,” Av. en Energías Renov. y ..., vol. 13, pp. 93–99, 2009, [Online]. Available:

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Inserción+de+generación+distribuida+a+a+través+de+instalaciones+fotovoltaicas+domiciliarias+ajustadas+a+las+curvas+típicas+de+demandaresidencial#0>.

- [9] V. Hengsratawat, T. Tayjasant, and N. Nimpitiwan, "Electrical Power and Energy Systems Optimal sizing of photovoltaic distributed generators in a distribution system with consideration of solar radiation and harmonic distortion," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 39, no. 1, pp. 36–47, 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2012.01.002.
- [10] A. Flores-quiroz, R. Palma-behnke, G. Zakeri, and R. Moreno, "A column generation approach for solving generation expansion planning problems with high renewable energy penetration," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 136, pp. 232–241, 2016, doi: 10.1016/j.epr.2016.02.011.
- [11] C. Vasquez, "Óptima ubicación de fuentes de Generación Distribuida basado en el perfil de tensión en sistemas de distribución eléctrica," 2016.



Santiago Alejandro Vargas Gálvez (Y'1994).- He completed his secondary studies at the Don Bosco Salesian Technical College in the city of Quito Ecuador obtaining the title of technical bachelor in electricity and electronics. Graduated from the Electrical Engineering career at the Universidad Politécnica Salesiana. Their work is based on the optimal distributed generation location based on the column generation method.



Wilson Pavón Vallejos. - (Y'1989-M'10). Received the B.S. of Electrical Engineering from the ESPE (Army Polytechnic School) in Ecuador in 2014, and the MSc degree in Automation and Control in 2016 from Newcastle University in United Kingdom. His areas of interest are renewable energy, energy efficiency, techniques of control of Power converters and inverters, artificial intelligence as technique of control. He joined as occasional professor of Universidad Politécnica Salesiana in Ecuador.