

FORMATO DEL PLAN DE TRABAJO DE GRADO DE LA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		FECHA		
		A 29	M 11	D 13
<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO</b>				
Análisis cualitativo de metodologías para la ubicación óptima de microgeneradores en sistemas de distribución.				
<b>AUTOR(ES)</b>		<b>CÓDIGO</b>		
Eliseo Ortiz Bueno		2138537		
<b>DIRECTOR:</b> Iván Darío Serna Suarez – Estudiante de Doctorado				
<b>CODIRECTOR:</b> María Alejandra Mantilla Villalobos. - Profesor planta Auxiliar				
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>				
<p>El patrón de generación y consumo eléctrico está cambiando, se hacen grandes esfuerzos por hacer de la generación alternativa un agente activo en el mercado eléctrico de las naciones. Sin embargo, igual que la generación convencional, problemas como la confiabilidad, variabilidad, disponibilidad o ubicación óptima son factores que hacen de estas nuevas tecnologías un reto. La generación distribuida (generación con capacidad instalada menor a 10 MW) [1] ofrece beneficios técnicos, económicos y medioambientales. Dentro de los técnicos podemos encontrar reducciones en las pérdidas de línea y mejoramiento en los niveles de voltaje. Dentro de los económicos la reducción por conceptos de operación y mantenimiento, la disminución en el consumo de combustibles y los costos reducidos de operación en horas pico; por último dentro de los medioambientales la reducción significativa de emisiones y el fortalecimiento en el uso de energías renovables en la generación son algunas de las ventajas [1].</p> <p>El analizar la ubicación óptima de generadores alternativos es fundamental dentro del ciclo de vida de un proyecto pues se sitúa en la fase uno o de pre factibilidad. En la fase uno se estudia las posibles líneas de solución al problema que se va afrontar, la determinación de costos base y el potencial impacto ambiental de cada una de las soluciones dependiendo el caso a tratar. En la fase dos se realiza un estudio de factibilidad basado en los hallazgos de la fase uno. Se toman las mejores soluciones y se les detalla más a fondo con el objetivo de optimizar la solución. Por último en la fase tres se realizan el diseño final de la propuesta planos, obra civil, mecánica o eléctrica si este lo necesita.</p> <p>Por otra parte, para resolver el problema de ubicación óptima de microgeneradores la función objetivo resulta muy útil. Las metodologías convencionales buscan encontrar una solución a partir de alguna de las</p>				

variables del problema, en general se escoge la mejor solución de varias “aceptables”. El criterio o variable que optimiza la solución es conocida como función objetivo. Sin embargo en algunos casos la optimización lograda a partir de determinada variable trae resultados que no son satisfactorios con respecto a otra variable. Por ejemplo, en el diseño mecánico de cajas de velocidad para transmitir mayor potencia no siempre son las más livianas. En algunos casos existe más de una variable que se debe tener en cuenta en el análisis. Por esto, la correcta selección de la función objetivo debe ser la decisión más importante al momento de pensar en optimización [2].

Es así que cuando se habla de ubicación óptima de generadores alternativos en las redes eléctricas existen varias metodologías (Analíticas, **reducción de pérdidas**, heurísticas, etc) [1]. Los métodos analíticos obtienen una solución cerrada al problema y tienen como ventaja el corto tiempo de análisis computacional. Sin embargo, cuando el problema se vuelve complejo se hace necesario el uso de otros métodos. Cabe anotar que el método analítico es viable para sistemas de distribución radiales con generadores uniformes, y tendencias de decrecimiento de carga lineales [3].

*este es un posible función objetivo, no metodología*

Por su parte los métodos de reducción de pérdidas busca modelar la generación en términos de tamaño y punto de operación, en este caso el método considera modelos de impedancia y corriente constante separadamente [4]. Los métodos heurísticos son algoritmos que evalúan e indican la solución óptima al problema. En comparación con los sistemas analíticos son fáciles de usar, sin embargo, no siempre la solución dada en necesariamente la mejor solución [5]. Por otra parte los métodos meta-heurísticos se basan en un funcionamiento iterativo que actúa como un subordinado heurístico para encontrar eficientemente la solución más adecuada al problema [6].

Dentro de los métodos heurísticos, los algoritmos genéticos son los más usados actualmente, pues al utilizar el orden genético se evalúan puntos al azar, pero este descarta los más débiles perfeccionando así el hallazgo del mejor resultado [7]. Algunos otros métodos como la aproximación híbrida del algoritmo genético y aproximaciones misceláneas no son más que la integración de diferentes métodos con el objetivo de optimizar el resultado final dependiendo el caso. Al no existir una única respuesta que solucione estos problemas ya que cada caso es único, algunos autores [1] afirman que el uso de varias metodologías es la clave para hallar la mejor solución.

En conclusión, no es claro cuál metodología es la más apropiada para un caso específico, pues cada función objetivo a establecer en un circuito de distribución es único. Por lo tanto se deben revisar los pros y contras de cada metodología propuesta con el fin de realizar la mejor toma de decisiones. Es así entonces que lo que se busca es realizar un análisis del estado del arte de estas metodologías y brindar una visión global del funcionamiento de cada una de estas.

## JUSTIFICACIÓN

Los problemas medioambientales causados por el calentamiento global han provocado una creciente preocupación en la comunidad mundial. El futuro de la humanidad depende directamente del medioambiente y el CO<sub>2</sub> es el factor que más agrava el problema del calentamiento global [8]. Por esto la generación de electricidad a través del aprovechamiento de las energías renovables es cada vez más importante dentro del sector. Cabe mencionar que el concepto de generación distribuida no es una idea innovadora que haya sido formulada en los últimos tiempos, pues en realidad se trata de un concepto básico que está siendo impulsado por el calentamiento global y por el agotamiento de los recursos fósiles, sus altos costos y efectos contaminantes [8].

A esto se le suma <sup>a</sup> el acelerado crecimiento poblacional que hace que la demanda eléctrica crezca; esto crea la necesidad de explorar nuevas formas de generación para cumplir con la nueva demanda. Sin embargo, instalar más generación convencional no es la mejor solución [9]. Como la electricidad es generada a altos voltajes y transmitida a grandes distancias hasta el usuario final, estos quedarían sin suministro si por causas naturales o de orden público las líneas fueran destruidas, por ejemplo en terremotos, atentados terroristas, fenómenos del niño o en caso de fallas en el suministro de los combustibles que <sup>de energía</sup> hacen operar las plantas de gas o carbón [10]. Por esto, la importancia de la generación distribuida en media y baja tensión en un futuro cercano se espera que tenga un papel más importante en los sistemas de suministro eléctrico. Implementar energías alternativas distribuidas en puntos neurálgicos de la red podría ser parte de la solución para satisfacer la demanda. Además viene alentado por diferentes factores tecnológicos, así como por condiciones del mercado y políticas energéticas y medioambientales [11] [12]. <sup>alimentan</sup>

En Colombia gran parte de la energía generada proviene de fuentes hídricas y algunos combustibles líquidos, pero el potencial solar, eólico, geotérmico y de otras fuentes renovables sigue siendo una alternativa latente para la mayoría de las comunidades del país, donde el acceso a la energía es nulo o se presta con intermitencia o racionamiento [13]. La necesidad de proveer un buen servicio ha creado un ambiente muy favorable para la generación distribuida, y en particular, gracias a los avances logrados en la tecnología de generación fotovoltaica, ésta se ha venido usando cada vez con mayor frecuencia como fuente de generación eléctrica en algunos sistemas de distribución a nivel mundial con gran éxito [1].

Son muchos los beneficios técnicos y económicos que se pueden obtener de la implementación de generación distribuida [14] [15]. Sin embargo, la inadecuada ubicación de estas dentro del sistema de distribución nacional puede provocar una reducción significativa de la eficiencia del sistema, provocar picos o valles en los niveles de voltaje, o sobrecargar el sistema. Por esto, la ubicación óptima de generadores alternativos dentro de las redes de distribución existentes debe ser planeada cuidadosamente [15].

### OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las metodologías más destacadas para la ubicación óptima de microgeneradores en sistemas de distribución.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las metodologías de optimización implementadas hasta la fecha para la ubicación de sistemas de microgeneración en los sistemas de distribución.
- Realizar una comparación cualitativa de las metodologías relevantes del estado del arte.
- Identificar mediante una métrica cualitativa las metodologías más destacadas en el estado del arte.

### ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL

El desarrollo mundial de las energías renovables ha obedecido a un proceso de cambio global de carácter económico y social, el uso de la llamada energía “verde” es hoy tomado por las comunidades y gobiernos como algo muy serio a lo cual se deben ir apuntando sus políticas y reglamentaciones. Algunos países han tomado la iniciativa desde hace algún tiempo acá, sin embargo para los que aún no han iniciado el cambio o están en este proceso, saber que ningún mecanismo es igual al otro los sitúa en un punto “neutro” o de observadores para saber cómo actuar basados en las experiencias de los demás y así tomar acciones más certeras [16].

Varios autores [17] [13] concuerdan en decir que nos encontramos en una era donde los precios de la energía aumentan paralelamente con las preocupaciones ambientales. Algunos de ellos afirman que la eficiencia energética está compuesta por tres partes fundamentales: reducción de la demanda, uso y manejo eficiente [17]. Los mismos autores consideran a la energía eólica, solar fotovoltaica, biomasa, con grandes oportunidades de participar en el mercado como las energías convencionales lo hacen hoy, ya que estas tecnologías se ajustan perfectamente a las necesidades de la nueva industria, la cual paso de estar enfocada solo en los mercados, para ser hoy gestora y parte de la solución a los problemas energéticos-ambientales aportando ideas sostenibles y geopolíticas diseñadas para cada caso involucrando a toda la cadena productiva desde la generación hasta los usuarios finales.

Como es sabido la electricidad en el mundo es producida mediante el uso mixto de diversos combustibles y tecnologías, y a los largo de los años el portafolio ha crecido considerablemente desde plantas a carbón a plantas nucleares y campos fotovoltaicos. El término usado por ABB de reducir la demanda significa que se debe apuntar a la última parte de la cadena productiva es decir el consumidor final, pues estos han empezado a convertirse globalmente en consumidores más eficientes y consientes de las necesidades y responsabilidades que tienen con el planeta. Al mismo tiempo las empresas han empezado a desarrollar productos y servicios día a día más eficientes, como por ejemplo iluminación led de alta eficiencia, materiales medioambientalmente sostenibles para la construcción por nombrar solo algunos. El mercado de la eficiencia energética crece de manera rápida brindando mejores productos sin sacrificar las comodidades que el uso de la electricidad brinda.

Además de lo anterior la conexión a la red de las energías renovables necesita leyes y reglamentación, pues sin estas sería una tarea inútil el hacerlas parte activa del mercado energético. La Agencia

Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) correctamente sugieren que <<”Solo una política NO es suficiente para solucionar todos los problemas”>>. En cambio los gobiernos deben diseñar políticas puntuales que ataquen el problema en específico para sus casos particulares y dentro de las restricciones de dicho sector [13]. Colombia no posee una reglamentación sólida que regule la ubicación óptima de generadores fotovoltaicos en sus sistemas de distribución. Sin embargo si se ha hablado de la utilización de energías renovables en la Ley 689 de 2001.

Adicionalmente, industriales en otros países han anticipado la necesidad de transformar las redes existentes por *Smart Grids*. Redes que son requeridas en orden de cumplir con los retos que la energía futura requiere [18]. Las *Smart Grids* es una iniciativa crucial en el suministro de la energía eléctrica y para la ubicación óptima de generadores fotovoltaicos en la red. Es decir, que la red del mañana de ser capaz de medir de forma autónoma e inteligente interconexiones variables con salidas de potencias diferentes, las cuales hoy en día no se han desarrollado por completo en el país.

## CONTENIDO

### - Título

### - Abstract

### - Introducción

### - Capítulo 1: La Generación distribuida.

Aspectos técnicos

Aspectos económicos

Aspectos regulatorios

Experiencias internacionales

Conclusiones

### - Capítulo 2: Clasificación de las técnicas de localización óptima.

Planteamiento del problema de optimización.

Parámetros de clasificación.

Resultados de la clasificación.

Conclusiones.

### - Capítulo 3: Análisis cualitativo de las técnicas existentes.

Características de la técnica más óptima.

Aplicación al problema de localización óptima.

Observaciones.

## Conclusiones

## Referencias Bibliográficas

## Anexos

## CRONOGRAMA

Ver anexo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Paliwal, N. P. Patidar, and R.K. Nema, "A comprehensive survey of optimization techniques used for Distributed Generator siting and sizing," in *Southeastcon, 2012 Proceedings of IEEE*, 2012, pp. 1-7.
- [2] S. S. Rao Singeresu S. Rao, "Engineering Optimization: Theory and Practice," in *Engineering Optimization: Theory and Practice*, Jhon Wiley, Ed. Hoboken, New Jersey, USA, 2009, ch. 1, p. 38.
- [3] Ronald N. Allan Roy Billinton, "Reliability evaluation of power Systems," *Springer International Edition*, 2010.
- [4] Le A.D.T., Negnevitsky M., and Ledwich G Kashem M.A., "Distributed generation for minimization of power losses in distribution systems," *IEEE PES General meeting*, June 18-22 2006.
- [5] Zbigniew Michalewicz and David B. Fogel, "How to solve it: modern heuristics.," *Springer*, 2004.
- [6] I.H and J.P Kelly Osman, "Meta-Heuristics: Theory and Applications.," *Kluwer Academic Publisher, USA*, 1996.
- [7] C. Bulac, and M. Eremia Pisica, "Optimal Distributed Generation Location and Sizing using Genetic Algorithms," *IEEE 15th International conference of Intelligent systems applications to power Systems*, pp. 1-6, 2009.
- [8] A. Cano, J. Carpio F. Jurado, "Biomass based micro-turbine plant and distribution network stability," *Energy conversion and Management*, vol. 45, pp. 2713-2727, 2004.
- [9] E. Ortjohann et al., "A hierarchy control strategy of distributed generation systems," in *Clean Electrical Power, 2009 International Conference on*, 2009, pp. 310-315.
- [10] E. Ortjohann, D. Morton S. Mekhilef O. Omari, "Active integration of decentralized PV Systems in Conventional Electrical Grids," *PV in Europe from PV Technology to Energy Solutions Conference and Exhibition*, May 2005.
- [11] Jianing Liu, Weiqi Zhang, Rui Zhou, and Jin Zhong, "Impacts of distributed renewable energy generations on smart grid operation and dispatch," in *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE*, <http://climatescope.fomin.org>, 2012, pp. 1-5.
- [12] D.A. Balaguera, A.F. Cortes, and M.A. Uruena, "Distributed generation scheme analysis, as an option for Bogota electrical system," in *Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE), 2012 IEEE International Symposium on*, 2012, pp. 1-6.
- [13] Bloomberg New Energy Finance (BNEF), "CLIMATE SCOPE Assessing the Climate for Climate Investing in

Latin America and the Caribbean," pp. 1-44, 2012.

- [14] A. Rajabi-Ghahnavie, M. Fotuhi-Firuzabad, and M. Parniani, "Impact of distributed generation resources on customer interruption cost," in *Power System Technology, 2004. PowerCon 2004. 2004 International Conference on*, vol. 1, 2004, pp. 856-861 Vol.1.
- [15] M. F. Shaaban and E. F. El-Saadany, "Optimal allocation of renewable DG for reliability improvement and losses reduction," in *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE*, 2012, pp. 1-8.
- [16] THE BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE ENERGY, "Increasing Energy Access," U.S Agency for International Development, Washington, 2004.
- [17] ABB, "Energy efficiency: Renewable Energy," *Bloomberg Businessweek*, 2011.
- [18] International Energy Agency, "Technology Road maps: Smart Grids," 2010.

DRAFT