



## ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS MEDIANTE UN MODELO MULTICRITERIO

Mauricio Hernández Ossa

Ingeniero en electrónica / Especialista en Informática y Automática Industrial / Magíster en Ingeniería Administrativa

mauhernandezos@unal.edu.co



### Problema

El problema que se aborda en este artículo se centra en la ineficiencia de las subestaciones eléctricas tradicionales en Colombia y cómo su automatización puede ayudar a solucionar esta situación. Desde principios del siglo XX, las subestaciones eléctricas han sido una parte fundamental del sistema eléctrico de Colombia, encargadas de transmitir, convertir, regular y distribuir la energía eléctrica. Sin embargo, su manejo ha sido tradicionalmente llevado a cabo por operadores o asistentes que realizan diversas actividades en el perímetro de la subestación para asegurar su correcto funcionamiento.

A finales de la década de 1990 se comenzaron a implementar avances tecnológicos para optimizar la operación de las subestaciones eléctricas. Desde entonces, se han realizado diversas implementaciones parciales de elementos automáticos, hasta que se han convertido en un sistema de automatización completo. Estos sistemas buscan garantizar un buen servicio y seguridad en la operación, así como mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

A pesar de los esfuerzos por modernizar el sistema eléctrico de Colombia, las subestaciones eléctricas tradicionales han

demostrado ser ineficientes y no cumplir con los estándares comerciales. Por esta razón, se han integrado nuevas tecnologías en los procesos, dando lugar a los sistemas de automatización de subestaciones.

El Plan Energético Nacional 2020-2050 de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) de Colombia propone que la transformación energética sea habilitante para el desarrollo sostenible del país. Para lograr esta meta se requiere la integración de tecnologías de información y manufactura avanzada, que forman parte de la llamada industria 4.0, y que incluyen tendencias como la simulación, los sistemas de integración horizontal y vertical, la inteligencia artificial, la ciberseguridad, el *big data*, el internet de las cosas, el *blockchain*, la impresión 3D y la robótica.

La integración de sistemas de automatización puede presentar diferentes configuraciones, que implican un apoyo mínimo, medio o total de un asistente en el perímetro de la subestación para que el sistema funcione correctamente. Sin embargo, para implementar un sistema de automatización de subestaciones es necesario realizar una formulación y evaluación cuidadosa que ayude a determinar su configuración óptima y considerar los costos,

*La mayoría de las instituciones tradicionales están llamadas a reevaluar su pertinencia y objetivos para lograr aportar de manera relevante a la consecución de una sociedad sostenible.*

riesgos y beneficios.

### El abordaje

En esta investigación se empleó un enfoque de investigación cuantitativo, por medio de una revisión integral de la literatura, así como una exploración de los elementos que intervienen en la investigación. Asimismo, se aplicó un método multicriterio para cuantificar los enfoques bajo análisis y llegar a un indicador numérico que oriente la toma de decisiones.

El proceso metodológico se dividió en cinco fases, a saber: elección del método, selección de expertos, entrevistas para definición de criterios y subcriterios, sesión con expertos para definición de pesos y asignación de calificación a las diferentes alternativas. En primer lugar, se utilizaron las preguntas formuladas por Roy y Slowinsky (2013) para elegir el mejor método de decisión multicriterio. De acuerdo con la evaluación realizada, se seleccionó el método analítico de jerarquización (AHP), que utiliza ponderaciones entre criterios y subcriterios.

En la segunda fase se llevó a cabo la selección de expertos, los cuales fueron escogidos por su amplio conocimiento y experiencia en el área de desarrollo de sistemas de automatización de subestaciones. En la tercera fase se realizaron entrevistas con los expertos para definir los criterios y subcriterios que debían utilizarse en el método multicriterio. Estos criterios se seleccionaron con base en la literatura revisada y la experiencia de los expertos. En la cuarta fase se realizaron dos sesiones con los expertos para definir los pesos de cada criterio y subcriterio, con el fin de asignar una importancia relativa a cada uno de ellos.

Finalmente, en la quinta fase se asignaron calificaciones a las diferentes alternativas para la toma de decisiones. Esto permitió obtener un valor numérico para cada alternativa y, por

tanto, facilitar la elección de la mejor opción.

### La solución

La subestación eléctrica Sochagota es una de las más importantes del centro del país, pero presentaba un sistema de supervisión antiguo y obsoleto, sin soporte técnico y con *hardware* compuesto por equipos que no tenían reemplazo. Por lo tanto, era necesario evaluar qué sistema de automatización instalar para modernizarla y volverla más segura, eficiente y confiable.

Para lograrlo se consideraron tres alternativas, que son: control convencional, control automatizado y subestación digital, las cuales se evaluaron en una tabla y mantuvieron los índices numéricos que definen la consistencia del modelo.

La selección del sistema de automatización se realizó mediante el análisis multicriterio AHP, en el que participaron expertos en el tema. Tras la evaluación, se encontró que la mejor alternativa para la subestación Sochagota es la implementación del sistema de automatización SAS con Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED). Este sistema permitirá monitorear el estado de los equipos de manera remota, visualizar eventos y alarmas, controlar y maniobrar diferentes equipos y observar tendencias de medidas analógicas para identificar posibles sobrecargas. Además, se espera que la modernización de la subestación tenga un impacto positivo en la calidad del servicio eléctrico en la región.

Para la selección del sistema de automatización se definieron siete criterios: confiabilidad, conocimiento, experiencia, desempeño, costo, vida útil y disponibilidad. Con la participación de expertos se asignaron pesos a cada uno de los criterios, obteniendo una tendencia de mayor importancia en temas de conocimiento, experiencia, costo y disponibilidad. Luego se evaluaron las

*Se encontró que la mejor alternativa para la subestación Sochagota es la implementación del sistema de automatización SAS con Dispositivos Electrónicos Inteligentes.*

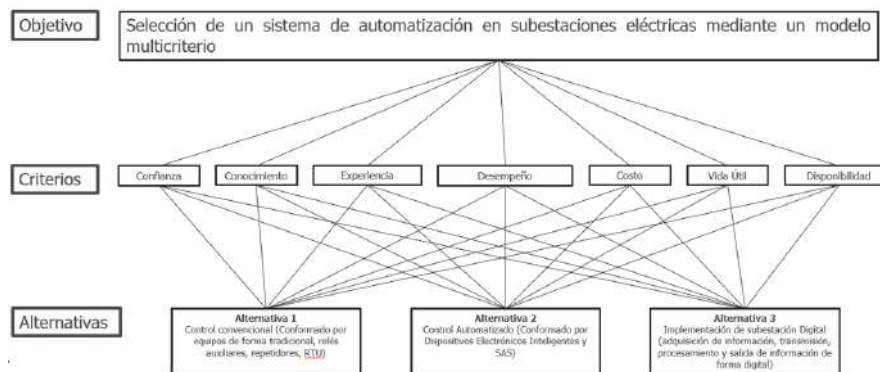


Figura 1. Modelo AHP para la toma de decisión  
Fuente: elaboración propia.

alternativas disponibles y se seleccionó el sistema de automatización propuesto, que cumplía con los criterios definidos y presentaba un costo razonable.

Los resultados de la evaluación arrojaron que la alternativa 2, el control automatizado con Dispositivos Electrónicos Inteligentes y SAS fue la mejor opción con un índice de consistencia de 0,35. Además, se calculó el ratio de consistencia, que arrojó un valor del 0,10, indicando que los datos y la alternativa son consistentes con el modelo.

### Conclusión

La implementación de un sistema de automatización en las subestaciones eléctricas es una herramienta valiosa para mejorar el rendimiento y la eficiencia de los procesos, ya que permite automatizar tareas repetitivas y aumentar la intervención de la tecnología en las actividades que antes realizaban los humanos. Además, la integración de nuevas tecnologías y la automatización en los procesos puede ser útil para mejorar el ciclo completo del proceso y aumentar la utilidad.

La aplicación del modelo multicriterio resultó ser una herramienta efectiva para la toma de decisiones, ya que permitió establecer criterios y asignar pesos a cada uno de ellos. Los resultados obtenidos en la entrevista con el modelo AHP y el personal experto fueron coherentes con la alternativa que se implementó en la subestación Sochagota, lo que

evidencia la utilidad del modelo multicriterio y la importancia de tener en cuenta la opinión de expertos en el tema.

Es importante destacar que la elección del modelo multicriterio adecuado es esencial para obtener resultados precisos y orientar la búsqueda del sistema que más se acomode a las necesidades. Además, se recomienda realizar entrevistas a grupos pequeños de expertos en el tema para evitar la recepción de información errónea que no elija la alternativa más apropiada. Se debe seleccionar a los expertos dependiendo de su especialidad o experiencia para poder hacer entrevistas efectivas. Por último, es importante tener en cuenta que las tecnologías más recientes no siempre son las mejores opciones, y que se deben considerar factores como la falta de experiencia y conocimiento en la implementación de nuevas tecnologías antes de tomar una decisión.

### Referencias

Roy, B. y Slowinski, R. (2013). Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. *EURO Journal on Decision Processes*, 69-97.

Unidad de Planeación Minero Energética (2018). <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-observatorio-de-energia.aspx>.

Unidad de Planeación Minero Energética (2020). [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energetico\\_Nacional\\_2020\\_2050.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf).