ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

MARÍA JOSÉ CUCANCHON MONTAÑEZ
JULIÁN ANDRÉS BENAVIDES VARGAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN E INGENIERÍA ELÉCTRICA POR CICLOS
BOGOTÁ D.C.
2025

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

MARÍA JOSÉ CUCANCHON MONTAÑEZ
JULIÁN ANDRÉS BENAVIDES VARGAS

Proyecto de grado en modalidad pasantía para optar al título de:
Ingenier(a) Eléctric(a)

Director de pasantía
Ing. Luis Antonio Noguera Vega

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN E INGENIERÍA ELÉCTRICA POR CICLOS
BOGOTÁ D.C.
2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

La Pasantía titulada:

"ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS" Ha sido aprobada por cumplir con los requerimientos exigidos por la Universidad Distrital.

Ing. Luis Antonio Noguera Vega
DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los profesores Luis Noguera y Diego Giral, quienes no solo plantearon la propuesta inicial de este proyecto, sino que también estuvieron presentes en cada etapa, brindando su apoyo y revisando los avances con dedicación y profesionalismo.

Asimismo, extiendo un especial reconocimiento a la profesora Yaqueline Garzón Rodríguez, cuyo invaluable aporte durante la pasantía nos proporcionó la idea y el conocimiento esencial del software que fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

María José Cucanchon y Julian Benavides

CONTENIDO

RESUMEN 1

1. INTRODUCCIÓN 2

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

3. JUSTIFICACIÓN 6

4. OBJETIVOS 8

4.1. OBJETIVO GENERAL. 8

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 8

5. INFORME DE PASANTÍA 9

5.1. PLAN DE TRABAJO Y RESULTADOS 10

5.2. DESARROLLO DE ACTIVIDADES 15

5.3. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS 18

5.3.1. BASE DE DATOS EN SCOPUS 18

5.3.2. BIBLIOMETRIX 20

5.3.3. MATLAB 23

5.4. ANÁLISIS Y RESULTADOS 28

5.4.1. CONTRIBUCIONES Y LOGROS 28

5.4.2. CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS 30

5.4.3. HABILIDADES DESARROLLADAS 32

5.4.4. DESAFIOS ENFRENTADOS Y SOLUCIONES 32

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35

6.1. CONCLUSIONES 35

6.2. RECOMENDACIONES 36

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de las actividades..... 15
Figura 2. Inicio de búsqueda en Scopus. 19
Figura 3. Base de datos Scopus para análisis bibliométrico antes de exportar. ... 20
Figura 4. Interfaz de Bibliometrix. 21
Figura 5. Información base de datos. 22
Figura 6. Nubes de palabras usando código en Matlab. 24
Figura 7. Código para graficar autores con el mayor número de publicaciones.... 26

RESUMEN

El presente informe describe el proceso de pasantía desarrollado en el Semillero de Investigación en Sistemas Eléctricos Inteligentes SISEI-GISPUD, enfocado en el uso de herramientas para realizar un análisis en los datos bibliográficos relacionados con protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas. A lo largo de la pasantía, se emplearon diversas metodologías que permitieron organizar y visualizar grandes volúmenes de información científica, facilitando la interpretación y presentación de resultados. Además, se llevó a cabo un análisis de tendencias y patrones de colaboración en el campo, apoyado en representaciones gráficas que mejoraron la claridad y accesibilidad de los hallazgos. La pasantía desarrollada durante un periodo de 5 meses culmina con la elaboración de un documento principal que refleja tanto los procesos utilizados como las conclusiones extraídas, ofreciendo una contribución significativa a la comprensión y el desarrollo futuro de esta área técnica.

PALABRAS CLAVE:

Análisis bibliométrico, análisis de redes, automatización, producción científica, protocolos de comunicación, subestaciones eléctricas.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica de los últimos años ha provocado importantes cambios en los protocolos de comunicación industriales. Estos han evolucionado hacia entornos más interoperables y estandarizados, lo cual ha expandido su ámbito de aplicación (Baltuille, Alonso, & Fuertes, 2024). En la actualidad, la tecnología empleada en las subestaciones eléctricas está estrechamente ligada a la garantía de un sistema altamente confiable. Esta tecnología ofrece una serie de ventajas, como, por ejemplo, la capacidad para obtener información precisa y oportuna, lo que facilita la toma de decisiones operativas (Zamora & Ortiz, 2024). Asimismo, permite la detección instantánea de fallos en el sistema y su pronta resolución en lapsos muy reducidos. Estos avances se logran gracias a los protocolos de comunicación los cuales son esenciales para la integración y operación óptima de dispositivos inteligentes dentro de la subestación (Tovar Lozada, 2024).

Las subestaciones digitales representan un avance significativo en la infraestructura eléctrica. Estas subestaciones difieren de las convencionales, que dependen en gran medida de equipos analógicos y de las operaciones manuales, al adoptar la automatización, el intercambio de datos y el monitoreo en tiempo real (Lak, Key, Yoon, & Nam, 2023). Una característica clave de las subestaciones digitales modernas es que son gestionadas por dispositivos electrónicos inteligentes que se comunican a través de redes basadas en Ethernet. Estos dispositivos deben configurarse automáticamente a través de redes altamente confiables y de baja latencia, dada la importancia crítica de las subestaciones en aspectos como la seguridad y la protección (Lozano, Koneru, Ortiz, & Cardenas, 2023).

Las subestaciones digitales han representado un cambio significativo para los sistemas eléctricos y son un eje fundamental en el proceso de inclusión de nuevas tecnologías, herramientas de software o tendencias tecnológicas emergentes en redes inteligentes (Peréz, Botero, Tobar, & Zapata, 2023). Su implementación trae

consigo beneficios, como, por ejemplo, la posibilidad de desarrollo de líneas de transmisión y distribución más eficientes, económicas y confiables (FutureBridge, 2024). Adicionalmente, las subestaciones que incorporan estas tecnologías avanzadas demuestran un incremento en eficiencia, confiabilidad y seguridad. Innovaciones como la inteligencia artificial (IA) facilitan la integración de plataformas digitales y recursos de energía distribuida, así como de sistemas de gestión energética más eficientes, lo que representa una transformación potencial en la categoría tradicional de los activos de transmisión
eléctrica (Tovar Lozada, 2024).

A pesar de la relevancia que están tomando los protocolos de comunicación de subestaciones, existe una notable escasez de estudios que analicen la literatura científica relacionada con ellos. Debido a esto, este trabajo de grado se centra en realizar un análisis bibliométrico que sintetice la producción académica enfocada en protocolos de comunicación con el fin de ampliar la capacidad de los investigadores y profesionales para identificar tendencias, áreas de innovación y vacíos en la investigación. En este documento se presenta los pasos metodológicos seguidos, los desafíos enfrentados, las soluciones aplicadas y los logros alcanzados durante la pasantía. Asimismo, se presentan las herramientas empleadas y su impacto en la calidad de los resultados obtenidos, proporcionando así una visión integral de la evolución de la investigación en este sector y su relevancia para la futura innovación en sistemas eléctricos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de automatización de subestaciones eléctricas de alta potencia han evolucionado durante estos últimos años, de tal forma que actualmente se tienen normas y estándares que cubren todos los aspectos relevantes, tanto técnico, operacional y medioambiental. Estas mejoras brindan a todas las empresas del sector eléctrico alternativas para modernizar sus sistemas de control, logrando de esta manera reducir costos en la adquisición de repuestos, instalación, gestión y mantenimiento del equipamiento (Quispe, 2023). Adicionalmente, el progreso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) en el contexto de transformación digital ha generado una oportunidad para el desarrollo de soluciones más eficientes y robustas en el ámbito de los sistemas eléctricos, especialmente enmarcados en las redes inteligentes (Rosero, Rueda, & Flórez, 2024). Por otro lado, en las subestaciones eléctricas actuales es fundamental realizar control y supervisión de manera remota en todos los equipos de patio que se encuentran en servicio, para monitorear adecuadamente su comportamiento, así como para emprender acciones de control en ellos (Muñoz, 2024).

De lo anterior, se deriva la importancia de destacar un horizonte claro para identificar la meta actual en los sistemas de subestaciones eléctricas. De acuerdo con la información proporcionada por profesionales en tales tecnologías, se busca llegar a la implementación de subestaciones digitales, que se diferencian de las subestaciones tradicionales porque están diseñadas para atender los procesos de manera digital; ellas utilizan sistemas de discretización de los procesos relacionados con la supervisión y control de los sistemas de distribución, se aumentan la eficiencia y la seguridad de la red eléctrica y se eliminan los instrumentos y sistemas de control convencionales que implican tener una infraestructura física más amplia (Axon, 2023).

Un análisis bibliométrico enfocado en los protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas se presenta como una herramienta para mapear el estado actual de la investigación y el desarrollo en este campo (Díaz, Hoyos, & Arismendy, 2022). Esta metodología permite identificar las principales áreas de interés, autores e instituciones que lideran el avance científico en este tema. Además, facilita la visualización de las redes de colaboración entre investigadores y centros de investigación, ayudando a comprender cómo ha evolucionado el conocimiento técnico sobre estos protocolos (Sosa Alonso & Bethencourt Aguilar, 2019).

En el contexto de las subestaciones eléctricas, un enfoque bibliométrico puede arrojar resultados sobre cómo se está organizando la investigación, cómo se forman los grupos de expertos, y qué tendencias están emergiendo en relación con la implementación y mejora de los protocolos de comunicación. Este análisis puede revelar áreas de oportunidad para futuras investigaciones, fomentar la colaboración internacional y fortalecer la adopción de protocolos de comunicación para subestaciones.

Por tal razón, con esta pasantía se realiza un análisis bibliométrico; herramienta que permite conocer la relevancia e impacto de las publicaciones científicas enfocadas en los protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas en la actualidad. Como parte del proyecto de investigación "CARACTERIZACIÓN DE LOS FUNDAMENTOS SOBRE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y SU INTEGRACIÓN CON LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS", llevado a cabo por el Grupo de Investigación en Sistemas de Potencia GISPUD, se ha propuesto el desarrollo de proyectos complementarios para enriquecer la investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

Bajo la actual tendencia de globalización y auge de las redes inteligentes, el uso masivo de tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) representan una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos sistemas, sumando una integración y operación sincronizada de estos, en pro de generar mejoras para la estabilidad y seguridad de sistemas eléctricos e infraestructuras crítica (Rosero, Rueda, & Flórez, 2024). Las subestaciones eléctricas de potencia necesitan actualizarse realizando cambios tecnológicos, implementado buses de proceso y estación en sus sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, con el objetivo de conseguir los mejores resultados posibles para que el proceso se adapte a las mejores condiciones de operación, interoperabilidad y seguridad en el sistema (Rodriguez, 2024). En este sentido se viene impulsando la implementación de subestaciones digitales.

Las subestaciones digitales utilizan los beneficios de las tecnologías de protección, control y comunicación, eliminando las conexiones eléctricas entre los equipos de potencia y los equipos de protección y control, creando entornos de trabajo más seguros, flexibles, eficientes y confiables, reduciendo los costos de construcción, terrenos, ingeniería, puesta en servicio, operación y mantenimiento (CIGRE-Colombia, 2020).

Las subestaciones digitales permiten que las empresas de energía eléctrica aumenten la productividad, funcionalidad, reduzcan el espacio, mejoren la confiabilidad de los activos, y así mismo, la seguridad del personal de servicio, gracias a los niveles de control que estas poseen. En los últimos años se han venido consolidando desarrollos tecnológicos en electrónica digital, tecnologías de la información, sistemas de comunicación (TIC's), conectividad de nuevas tecnologías, que permitan optimizar las maniobras de operación, la adquisición de datos y la gestión de información que dinamizan el funcionamiento del sistema eléctrico (CIGRE-Colombia, 2020).

En este sentido el objetivo de esta pasantía es realizar un análisis bibliométrico identificando las tendencias y los temas de investigación más relevantes en el campo de la automatización de subestaciones, así como las publicaciones y autores más influyentes.

El análisis bibliométrico constituye la base para medir el esfuerzo y repercusión de la actividad científica, pues, gracias a ellas, puede cuantificase, por ejemplo, el número de documentos científicos publicados en un país, tanto por parte de una institución como de un investigador o equipo de investigadores (Flores & Aguilera, 2020). Por otro lado, aunque no sea su objetivo prioritario, el análisis bibliométrico puede dar a conocer grupos líderes en la investigación científica, empresas especializadas en áreas tecnológicas concretas, progresos científicos por países o algunas en las investigaciones que puedan ser completadas (Liberatore, 2015).

El desarrollo de conocimiento alrededor de las tendencias actuales en el sector eléctrico es un objetivo común para la sociedad, ya que permitirá establecer mejores prácticas en este caso enfocado en la automatización de subestaciones eléctricas. En el desarrollo de la pasantía, se aplicaron los conocimientos adquiridos en el proceso de formación de ingenieros eléctricos. Además, se incluyen conceptos relacionados con la automatización de subestaciones, permitiendo la elaboración de un documento de referencia para la comunidad científica y académica. Asimismo, este trabajo aportará resultados relevantes para el grupo de investigación GISPUD y su semillero SISEI.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL.

- Identificar y analizar las tendencias de investigación, los autores más influyentes, las revistas más relevantes y las áreas de investigación más activas en la automatización de subestaciones eléctricas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar fuentes bibliográficas que permitan clasificar y establecer palabras claves y datos relevantes para el análisis biométrico.
- Establecer y aplicar una metodología de búsqueda y clasificación de información sobre fuentes bibliográficas.
- Analizar las diferentes fuentes bibliográficas y su correlación con palabras claves, tendencias y patrones asociados a protocolos de comunicación de subestaciones eléctricas.

5. INFORME DE PASANTÍA

El presente informe de pasantía tiene como objetivo documentar el desarrollo y los resultados obtenidos durante el análisis bibliométrico realizado sobre los protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas, un campo de creciente importancia en la ingeniería eléctrica. La investigación fue llevada a cabo utilizando herramientas como Scopus, para la recopilación de datos bibliográficos, y el software Bibliometrix, que permitió organizar y analizar grandes volúmenes de información. Adicionalmente, se empleó MATLAB para la visualización de algunos de los resultados de manera clara y comprensible.

Este análisis bibliométrico no solo permitió identificar las principales tendencias y patrones de colaboración internacional en la investigación de subestaciones eléctricas, sino que también resaltó los autores, artículos y palabras clave más relevantes en este campo. La colaboración internacional entre países como China, Estados Unidos y varios países europeos fue uno de los principales hallazgos, destacando la relevancia de la cooperación global en el avance tecnológico de las subestaciones.

A lo largo del informe, se expondrán tanto las habilidades desarrolladas como los conocimientos adquiridos durante este proceso, destacando la importancia del uso de nuevas herramientas, como Bibliometrix, para la mejora en la calidad de los análisis y la comprensión de los patrones de investigación.

5.1. PLAN DE TRABAJO Y RESULTADOS

Este apartado presenta un resumen de plan de trabajo desarrollado durante la pasantía, en la Tabla 1 se observa un cronograma que detalla las actividades asignadas a cada integrante y las horas dedicadas a cada tarea. El plan se diseñó para garantizar una organización efectiva y optimizar el tiempo de trabajo, abarcando actividades clave como la recolección de datos, el análisis bibliométrico, la elaboración de gráficos y la redacción del informe final.

Tabla 1. Plan de trabajo y resultados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TIERMPO EN HORAS	
			María José Cucanchon	Julian Benavides
	1.Determinar las bases de datos o fuentes de información a consultar.	Se identificaron bases de datos destacadas, como, por ejemplo, Scopus, con la finalidad de obtener información científica confiable.	60	0
	2. Clasificar las diferentes fuentes de información halladas.	Se categorizaron las fuentes según su relación con los protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas.	0	60

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TIERMPO EN HORAS	
			María José Cucanchon	Julian Benavides
Determinar fuentes bibliográficas que permitan clasificar y establecer palabras claves y datos relevantes para el análisis biométrico	3.Definir palabras clave y temas de búsqueda.	Se establecieron términos clave como "PROTOCOLS" y "SUBSTATION" para optimizar la búsqueda de información.	60	0
	4.Realizar consulta en bases de datos con palabras clave y temas de búsqueda.	Se obtuvo un total de 1139 documentos científicos relacionados al tema de estudio.	0	60
	5.Analizar las diferentes referencias bibliográficas.	Se revisaron los artículos encontrados con la ayuda de la herramienta Bibliometrix.	60	0
	6. Elaborar un cuadro comparativo	Se generó una tabla comparativa de las principales fuentes bibliográficas y su impacto en la investigación.	0	60
	1. Identificar diferentes fuentes de información para una búsqueda más acertada.	Se validaron diversas fuentes, seleccionando las de mayor impacto y fiabilidad para la investigación.	60	0

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TIERMPO EN HORAS	
			María José Cucanchon	Julian Benavides
Establecer y aplicar una metodología de búsqueda y clasificación de información sobre fuentes bibliográficas.	2. Utilizar bases de datos académicos para filtrar y hacer una búsqueda de los diferentes protocolos de comunicación.	Se aplicaron filtros en Scopus para obtener estudios relevantes dentro del período 2014-2024.	0	60
	3. Realizar la búsqueda de protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas.	Se recopilaron artículos específicos sobre protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas.	60	0
	4. Con base a la actividad 3, buscar en la base de datos los protocolos encontrados.	Se seleccionaron estudios de alta calidad y se descartaron fuentes poco sobresalientes no indexadas.	0	80
	5. Organizar la información recopilada por categorías, como lo son los tipos de protocolos de comunicación o aplicaciones específicas en subestaciones de potencia.	Se clasificaron los artículos en función de los tipos de protocolos estudiados y su aplicación en el sector eléctrico.	60	0

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TIERMPO EN HORAS	
			María José Cucanchon	Julian Benavides
Analizar las diferentes fuentes bibliográficas y su correlación con palabras claves, tendencias y patrones asociados a protocolos de comunicación de subestaciones eléctricas.	1. Extraer los datos de las fuentes recopiladas, incluyendo el número de citas, el año de publicación, el número de autores y entre otros datos.	Se obtuvieron datos cuantitativos sobre las publicaciones, permitiendo un análisis detallado del impacto de cada referencia.	0	80
	2. Identificar palabras claves relevantes relacionadas con los protocolos de comunicación de subestaciones eléctricas presentes en los títulos, resúmenes y demás secciones de las fuentes bibliográficas.	Se identificaron tendencias de investigación a partir de las palabras más frecuentes en los estudios analizados.	140	0
	3. Construir análisis bibliométricos relacionados a los datos extraídos de la base de datos.	Se generaron gráficos y redes de colaboración entre autores, instituciones y países.	0	120
	4. Elaborar un informe que presente un análisis exhaustivo de cada gráfico generado durante la actividad 4.	Se documentaron los hallazgos en un informe detallado, incluyendo visualizaciones generadas en MATLAB para una mejor interpretación.	180	160

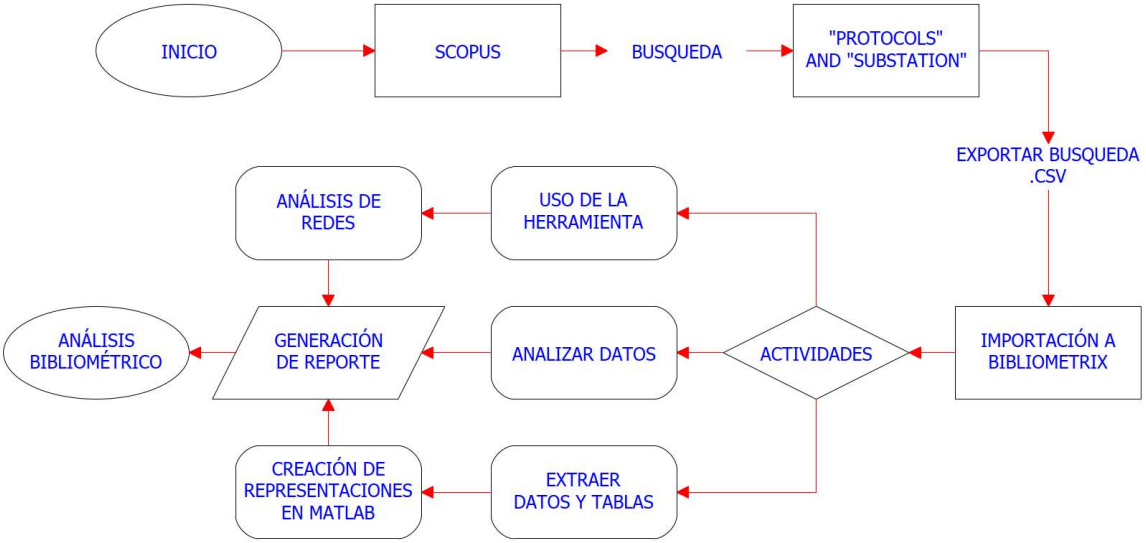
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TIERMPO EN HORAS	
			María José Cucanchon	Julian Benavides
TOTAL DE HORAS			680	680

Fuente. Elaboración propia.

5.2. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico sobre protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas, utilizando una metodología organizada y sistemática. En la Figura 1, se presenta el diagrama de flujo que detalla los pasos seguidos durante el proceso de investigación.

Figura 1. Diagrama de flujo de las actividades



Fuente. Elaboración propia.

Para llevar a cabo el análisis bibliométrico sobre protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas, se inició utilizando la base de datos Scopus, una fuente fundamental para acceder a publicaciones científicas de alto impacto. En dicha base de datos, se realizó una búsqueda con las palabras clave "PROTOCOLS" y "SUBSTATION" en los últimos 10 años, es decir desde el año 2014 hasta el 2024, con el objetivo de recopilar información relevante sobre el tema de estudio. La búsqueda arrojo un resultado de 1139 documentos referentes a este tema, los cuales se exportaron en formato CSV para realizar un respectivo análisis.

Posteriormente, el archivo CSV fue importado en Bibliometrix, una herramienta de análisis bibliométrico que facilita el procesamiento de grandes volúmenes de datos bibliográficos. A través de esta plataforma, se realizó el análisis de los datos obtenidos, que incluyó la exploración de tendencias en la producción científica y la identificación de patrones de colaboración entre autores e instituciones. Durante esta fase, se navegó en las distintas funciones de Bibliometrix, explorando su capacidad para representar redes de co-citación, colaboración y temas emergentes en la investigación.

En cuanto a los resultados del análisis, se interpretaron varios aspectos clave. Primero, se realizó un análisis de palabras clave, que permitió identificar las principales temáticas investigadas en relación con los protocolos en subestaciones. Además, se identificaron las fuentes más relevantes, es decir, las revistas científicas con mayor cantidad de publicaciones en este campo. También se estudió la evolución temporal de las publicaciones, observando cómo ha cambiado la cantidad de investigaciones a lo largo del tiempo. Asimismo, se identificaron los autores con mayor número de publicaciones y los artículos con mayor número de citas, lo que ayudó a visualizar los trabajos más influyentes. Finalmente, se analizó la participación de los países más citados, con el fin de comprender la distribución geográfica de la producción científica en este campo.

Tras la interpretación de los resultados, se verificó la coherencia de los análisis generados por Bibliometrix, asegurándose de que los datos fueran consistentes y que representaran verídicamente las tendencias identificadas. Una vez confirmada la fiabilidad de los resultados, estos fueron exportados para su uso en la siguiente fase del análisis.

Se aplicó un criterio de selección basado en los primeros 20 términos de cada lista generada por Bibliometrix, asegurando que los elementos más relevantes, como

palabras clave, autores, fuentes y artículos, se incluyeran en los análisis posteriores. Este enfoque permitió centrarse en los elementos más representativos del estudio.

Para facilitar la visualización de los datos, se empleó MATLAB para generar representaciones gráficas de los análisis obtenidos. Entre las gráficas creadas se incluyeron las que muestran la evolución temporal de las publicaciones, la frecuencia de las palabras clave, las fuentes más citadas y la cantidad de publicaciones por autor. Estas representaciones facilitaron la interpretación de los resultados, haciéndolos más accesibles para el lector.

El análisis bibliométrico documentado no solo sirve como un recurso para comprender el estado actual de la investigación en este campo, sino también como una herramienta para futuros investigadores, proporcionando una base sólida sobre la cual pueden construir estudios adicionales. Este documento está diseñado para ser una guía completa para aquellos interesados en profundizar en el impacto y la evolución de los protocolos de comunicación en las subestaciones eléctricas, proporcionando una visión tanto cuantitativa como cualitativa del panorama científico en esta área clave de la ingeniería eléctrica.

5.3. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS

Se emplearon herramientas académicas como Scopus, Bibliometrix y MATLAB con la finalidad de cumplir con los objetivos propuestos. Estas herramientas permitieron realizar un análisis profundo y organizado de la información recolectada, facilitando el procesamiento de grandes volúmenes de datos y la creación de visualizaciones claras y comprensibles. El uso adecuado de estas tecnologías no solo permitió el análisis bibliométrico detallado, sino que también mejoró la interpretación y presentación de los resultados, contribuyendo a la calidad del proyecto final.

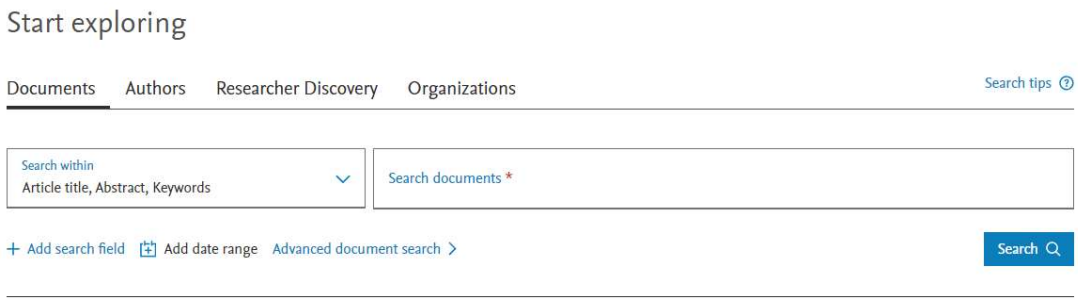
5.3.1. BASE DE DATOS EN SCOPUS

Scopus es una base de datos de resúmenes e indexación producida por Elsevier Co., que se ha consolidado como una de las más grandes del mundo, indexando más de 14,000 títulos de ciencia, tecnología, medicina y ciencias sociales de 4,000 editoriales. Con una cobertura del 100% de MEDLINE, EMBASE y Compendex. Scopus ofrece acceso a 27 millones de resúmenes y citas desde 1966, lo que la convierte en una herramienta esencial para la evaluación del rendimiento de las publicaciones académicas (Burnham, 2006). Además de proporcionar información bibliográfica, Scopus ofrece herramientas bibliométricas que miden el rendimiento de publicaciones y autores, basadas en el recuento de citas recibidas por cada artículo. Estas herramientas se basan en las métricas desarrolladas por distintos expertos, como el grupo de investigación español Scimago, o el CWTS (Centre for Science and Technology Studies), de la Universidad de Leiden (Países Bajos) (Llurba, 2018). Para acceder a esta herramienta es necesario realizar el pago de una membresía, en este caso la Universidad Distrital Francisco José de Caldas cuenta con la suscripción de cada uno de sus estudiantes.

Al ingresar a Scopus se observa una ventana como se presenta en la Figura 2, en la barra de “search documents” se ingresa la búsqueda que se desea realizar, es decir las palabras claves, en este caso “PROTOCOLS” y “SUBSTATION”. Después

de ejecutar la búsqueda, se aplican filtros para ajustar los resultados de acuerdo con los criterios definidos. En este caso se define un periodo de búsqueda de 10 años; de 2014 a 2024.

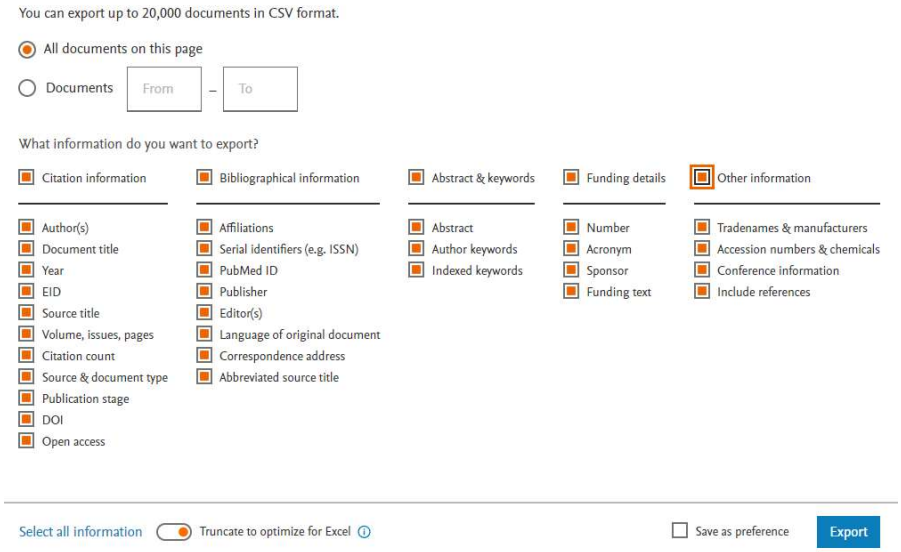
Figura 2. Inicio de búsqueda en Scopus.



Fuente. Scopus.

Con los resultados filtrados, se selecciona todos los artículos que se desea exportar marcando la casilla en la parte superior de la lista. Luego, se realiza la exportación; donde para que el archivo sea compatible con Bibliometrix en R, se selecciona el formato “CSV” y se exporta todos los resultados, como se observa en la Figura 3 se presenta la ventana con todas las casillas diligenciadas antes de iniciar la exportación, es importante asegurar marcar las casillas de “citation”, “information” y “Bibliographical information” para incluir los datos necesarios.

Figura 3. Base de datos Scopus para análisis bibliométrico antes de exportar.



Fuente. Scopus.

5.3.2. BIBLIOMETRIX

Bibliometrix es una herramienta de código abierto desarrollada en el lenguaje R, diseñada para realizar análisis bibliométricos y cienciométricos, su interfaz inicial se observa en la Figura 4. Este software permite importar datos bibliográficos desde diversas bases de datos como Scopus, Web of Science, PubMed y Cochrane, facilitando estudios cuantitativos sobre la productividad científica. Entre sus funcionalidades, destaca la capacidad para construir matrices de datos que permiten analizar la co-citación, el acoplamiento bibliográfico, la colaboración científica y el uso de co-palabras, proporcionando un enfoque integral para la visualización y el análisis de datos bibliométricos (López, Vilalta, Porraspita, & León, 2021).

Figura 4. Interfaz de Bibliometrix.

Fuente. Bibliometrix.

Para realizar este análisis bibliométrico se utilizó biblioshiny, primero se instaló y cargo el paquete bibliometrix y la librería “library(bibliometrix)” en R. A continuación, se usó biblioshiny ejecutando el comando biblioshiny(); esto abre una interfaz gráfica que facilita el análisis bibliométrico. En la interfaz de biblioshiny, se selecciona la opción “Load Data” para cargar el archivo .CSV que se explicó en la sección 5.3.1. Luego se hace clic en “*start”* para cargar y procesar los datos. Una vez cargados, se puede explorar las diferentes métricas realizadas por Bibliometrix. Donde se puede generar, por ejemplo, redes de co-citación y co-ocurrencia de palabras clave, lo cual ayuda a visualizar relaciones entre documentos, autores y temas. Se pueden ajustar parámetros como el número de nodos y el método de visualización para personalizar los gráficos según la necesidad de cada análisis.

Debido al volumen de información derivado en cada análisis proporcionado por la herramienta Bibliometrix, se estableció como criterio limitar el análisis a los primeros 20 términos de cada lista generada, como por ejemplo la cantidad de palabras claves o de autores que hay en los 1139 documentos que se observan en la Figura 5. Estos términos representan los temas más frecuentes y relevantes en la investigación, asegurando que el análisis se enfoque en las áreas de mayor impacto y desarrollo en la última década.

Figura 5. Información base de datos.

Fuente. Bibilbiometrix.

Con este criterio, Bibliometrix permite exportar los datos organizados por este software a un formato en Excel, donde se pueden analizar de manera más detallada y realizar ajustes adicionales si es necesario. Este formato también facilita la manipulación de los datos para generar nuevas visualizaciones o aplicar filtros específicos, lo que contribuye a una mayor flexibilidad en el análisis y permite integrar los resultados en otros programas o herramientas de análisis, como MATLAB, para mejorar la calidad de las representaciones gráficas y su interpretación. Además, este formato permitió la incorporación de tablas en el documento principal, lo que ayudó a mejorar la visualización de los datos obtenidos a través de Bibliometrix, proporcionando un recurso claro y accesible para la presentación de la información.

El paquete Bibliometrix de R es una herramienta fundamental para el análisis de estudios bibliométricos, ya que facilita tanto el análisis cuantitativo como cualitativo de datos bibliográficos obtenidos de bases de datos científicas como Scopus y muchas otras. Su importancia radica en sus diversas capacidades, que permiten explorar, organizar y visualizar grandes volúmenes de datos académicos de forma sistemática. Esto incluye la posibilidad de identificar tendencias de investigación, redes de colaboración entre autores e instituciones, co-citaciones y análisis de palabras clave, lo que convierte a Bibliometrix en una solución integral para el estudio del impacto y evolución de la producción científica.

5.3.3. MATLAB

Cuyo nombre proviene de Matrix Laboratory, es una herramienta de alto nivel diseñada para realizar cálculos numéricos y simbólicos. Fue desarrollado en la década de 1970 por Cleve Moler, creador de las rutinas LINPACK y EISPACK, que sentaron las bases para su creación. El objetivo inicial de MATLAB era facilitar a los estudiantes la ejecución de análisis numéricos y simbólicos sin tener que programar complejos algoritmos en FORTRAN. Desde 1984, MATLAB es distribuido por la empresa MathWorks y continúa siendo una herramienta fundamental en múltiples áreas científicas y técnicas (Garcia, 2020).

La plataforma de MATLAB está diseñada y optimizada para resolver problemas complejos en los campos de la ciencia y la ingeniería. Su lenguaje, basado en el uso de matrices, ofrece una forma intuitiva y eficiente de expresar las matemáticas computacionales. Además, sus potentes herramientas de visualización gráfica facilitan la interpretación de los datos y la extracción de información clave. MATLAB también cuenta con una amplia biblioteca de toolboxes que proporcionan algoritmos especializados para diversas áreas de aplicación. Su entorno de escritorio permite a los usuarios experimentar, explorar y descubrir de manera interactiva, promoviendo el análisis y la innovación (Mathworks, 2024). Se utilizó MATLAB para generar nubes de palabras como una herramienta visual en el análisis de palabras clave de los protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas como se observa en la Figura **6**. Se aprovechó la capacidad de representación gráfica de este software, facilitando la interpretación de datos complejos al mostrar las palabras clave más frecuentes en un formato visualmente accesible. La herramienta ayudó a dimensionar la importancia relativa de términos clave, donde el tamaño de cada palabra en la nube reflejaba la frecuencia de su uso en los documentos analizados.

Se utilizó MATLAB para generar nubes de palabras como una herramienta visual en el análisis de palabras clave de los protocolos de comunicación para

subestaciones eléctricas como se observa en la Figura **6**. Se aprovechó la capacidad de representación gráfica de este software, facilitando la interpretación de datos complejos al mostrar las palabras clave más frecuentes en un formato visualmente accesible. La herramienta ayudó a dimensionar la importancia relativa de términos clave, donde el tamaño de cada palabra en la nube reflejaba la frecuencia de su uso en los documentos analizados.

Figura 6. Nubes de palabras usando código en Matlab.

```
% Palabras y sus frecuencias
words = {'network security', 'cyber security', 'scada systems', 'cryptography', ...
    'power', 'cybersecurity', 'authentication', 'embedded systems', 'security', ...
    'scada', 'power grids', 'risk assessment', 'testbeds', 'security of data', ...
    'cyber physical system', 'iec 62351', 'dnp3', 'mobile security', ...
    'critical infrastructures', 'denial-of-service attack'};

frequencies = [148, 73, 54, 46, 42, 38, 36, 30, 28, 25, 22, 17, 20, 18, 17, 15, ...
    12, 12, 11, 11];

% Crea la nube de palabras con todas las palabras en color rojo
figure;
W = wordcloud(words, frequencies, 'Color', [1, 0, 0]); % [1, 0, 0] es el código de color rojo
W.HighlightColor=[1,0,0];
title('Nube de Palabras Grupo 1');
```

Fuente. Elaboración propia.

Cada palabra representada en la nube está directamente vinculada a su número de ocurrencias, lo cual permite identificar de un vistazo los temas y conceptos más dominantes en el campo de estudio. MATLAB, al contar con una extensa biblioteca de funciones gráficas y de manipulación de datos, proporcionó una plataforma óptima para el desarrollo de estas visualizaciones, contribuyendo a una comprensión más profunda de los patrones temáticos y las tendencias de investigación que se destacan en el documento.

Por otro lado, MATLAB también se utilizó para realizar graficas que ayudan al lector a observar de una forma más clara la información que otorgaba la herramienta Bibliometrix en el análisis bibliométrico en el área de protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas, pues el formato de Excel que se exportó desde software, como se indicó en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** permitió realizar un contenido visual. Se puede tomar como ejemplo los autores con el mayor número de publicaciones que se presenta en la Figura 7. La herramienta permitió crear una gráfica donde el eje vertical muestra los nombres de los autores y el eje horizontal representa el número de publicaciones. Para mejorar la visualización, se utilizó una escala de color donde tonos más intensos de azul indican un mayor número de publicaciones. Este enfoque facilita la identificación visual de los autores más influyentes, destacando su contribución y posición relativa en la producción académica.

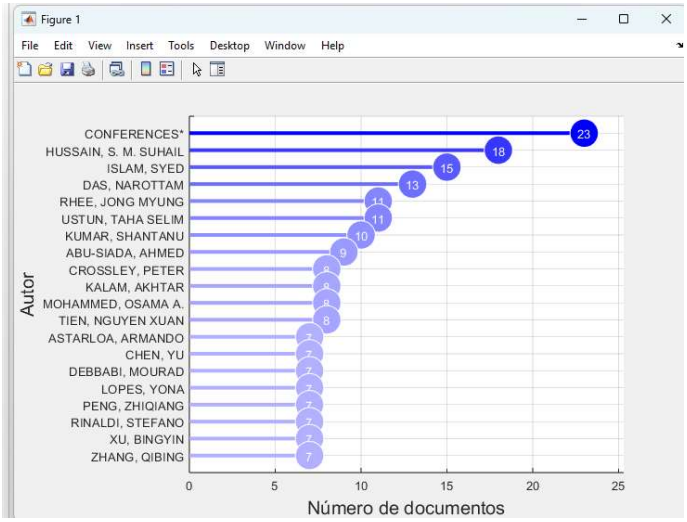
La representación gráfica en MATLAB se basó en la organización de los datos bibliométricos de modo que se reflejara la distribución de productividad por autor. Al aplicar este método, se observan tendencias de colaboración y el impacto de investigadores específicos en el área de estudio.

Figura 7. Código para graficar autores con el mayor número de publicaciones.

```
clc
clear
close all

T = readtable("Most_Relevant_Authors_bibliometrix_2024-10-06.xlsx");
x1 = T.Authors(1:20);
x2 = T.Articles(1:20);
mc = max(x2);
for i = 1:20
    x = x2(i);
    y = 20-i;
    color = x/mc;
    color = [(1-color), (1-color), 1];

    hold on
    plot([0 x],[y y], 'color', color, 'LineWidth', 3)
    plot(x,y,'o','MarkerSize',23,'MarkerFaceColor', color)
    text(x, y, num2str(x), 'FontSize', 10, 'Color', 'w', ...
        'HorizontalAlignment', 'center', 'VerticalAlignment', 'middle');
end
axis([0 x2(1)*1.1 -1 20])
grid on
yticks(0:20);
yticklabels(flip(x1))
```



Fuente. Matlab.

En general el uso de MATLAB en el análisis bibliométrico aporta ventajas especialmente en la visualización y manipulación de datos complejos. En primer lugar, Matlab ofrece opciones avanzadas para representar datos de manera visual mediante figuras, redes de colaboración y nubes de palabras, lo que permite identificar rápidamente patrones y tendencias en los datos bibliométricos, como palabras clave frecuentes, autores influyentes y temas emergentes. Además, con sus funciones de manejo de matrices y herramientas de procesamiento de datos, Matlab facilita la organización y limpieza de grandes conjuntos de datos bibliográficos, haciéndolo ideal para preparar datos para análisis más profundos, como estudios de co-citación y co-ocurrencia. Adicionalmente permite construir y visualizar redes de colaboración entre autores, instituciones o países, lo cual es fundamental para entender la difusión del conocimiento y la estructura de redes de investigación en torno a temas específicos.

5.4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente informe se abordan cuatro temas fundamentales que emergen del análisis bibliométrico realizado en el ámbito de los protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas. Este análisis no solo proporciona un panorama detallado sobre el estado actual de la investigación, sino que también permite identificar tendencias emergentes y áreas de oportunidad para futuros estudios. Cada sección ofrece una visión integral sobre la evolución de la investigación en este campo, destacando las contribuciones y logros alcanzados, los conocimientos adquiridos, las habilidades desarrolladas y los desafíos enfrentados durante el proceso.

5.4.1. CONTRIBUCIONES Y LOGROS

El análisis bibliométrico enfocado en los protocolos de comunicación para subestaciones eléctricas permitió la identificación de temas clave que están marcando el avance de este campo. Entre estos temas se destacan la automatización, la seguridad, la comunicación en redes inteligentes y el uso de estándares como el IEC 61850, que ha jugado un papel fundamental en la estandarización y mejora de los sistemas de comunicación en las subestaciones.

Este análisis facilitó no solo la comprensión de las áreas más relevantes de investigación, sino también la identificación de los artículos y autores más influyentes en este campo. Al evaluar el número de citas de cada publicación, se evidenció cómo ciertos trabajos han impactado este campo de estudio, lo que refuerza su relevancia en la evolución de las investigaciones sobre subestaciones.

Otro de los logros importantes fue la identificación de patrones de colaboración internacional en la producción científica relacionada con subestaciones eléctricas. Países como China, Estados Unidos y varios países europeos se destacan por su liderazgo en términos de publicaciones y contribuciones científicas en este ámbito.

Este hallazgo resalta la importancia de la cooperación global en la investigación sobre subestaciones eléctricas, ya que las colaboraciones internacionales impulsan el desarrollo y la innovación tecnológica en este sector clave. Los países más activos en la investigación no solo establecen estándares técnicos y científicos que impactan localmente, sino que también tienen un efecto global, influyendo en la adopción de mejores prácticas y promoviendo la interoperabilidad y eficiencia en los sistemas eléctricos a nivel mundial.

Otro logro destacado fue el uso de Bibliometrix, que permitió explorar tendencias de investigación, identificar patrones de colaboración entre autores e instituciones, y analizar redes de co-citación. Gracias a este software, se logró una organización clara y detallada de la información, lo que facilitó la identificación de áreas clave de investigación y temas emergentes dentro del campo.

Además, se realizaron visualizaciones de los datos obtenidos mediante MATLAB, lo que permitió representar los resultados de manera clara y comprensible. Estas representaciones gráficas no solo mejoraron la calidad visual del análisis, sino que también hicieron más accesible la interpretación de los resultados para diversas audiencias. Las gráficas generadas, como las que muestran la evolución temporal de las publicaciones y las palabras clave más frecuentes, facilitaron la comunicación efectiva de los hallazgos obtenidos.

Estos aportes, tanto en la identificación de temas y autores clave como en la visualización de la colaboración global en la investigación, refuerzan la contribución de este análisis bibliométrico. Los logros obtenidos no solo proporcionan un panorama más completo y preciso sobre la evolución científica en el ámbito de las subestaciones eléctricas, sino que también resalta la importancia de mantener la cooperación internacional y la actualización constante en el uso de nuevos estándares tecnológicos.

5.4.2. CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS

A partir del análisis bibliométrico, se han adquirido varios conocimientos clave que enriquecen la comprensión de la investigación en este campo. En primer lugar, se observó la importancia de utilizar bases de datos científicas, como Scopus, que proporcionan acceso a un amplio rango de publicaciones de alto impacto. Este enfoque permite obtener información relevante y actualizada, lo cual es esencial para desarrollar una investigación sólida y fundamentada.

Otro aspecto fundamental aprendido fue la metodología de búsqueda. Inicialmente, se llevaron a cabo análisis con diversas combinaciones de palabras clave, acompañados de gráficas de análisis bibliométrico. Estos resultados permitieron concluir que la combinación de "PROTOCOLS" y "SUBSTATION" era la óptima para generar un análisis bibliométrico efectivo. La búsqueda que utilizó estas palabras clave específicas demostró ser un enfoque eficiente para recopilar datos pertinentes. Este proceso resaltó la importancia de definir criterios claros de búsqueda, optimizando así la calidad de la información recolectada y facilitando el análisis posterior.

La utilización de herramientas de análisis bibliométrico, como Bibliometrix, ha proporcionado un entendimiento profundo de cómo estas herramientas pueden facilitar el procesamiento y la visualización de grandes volúmenes de datos. A través de su uso, se ha desarrollado la habilidad de interpretar diferentes métricas y análisis que reflejan la producción científica en el área de estudio. Esto incluye la identificación de palabras clave predominantes, las revistas más relevantes y la evolución temporal de la investigación.

Asimismo, el análisis ha permitido reconocer patrones de colaboración entre autores e instituciones, así como redes de co-citación. Esta experiencia ha subrayado la importancia de la colaboración en la producción de conocimiento y ha sugerido

oportunidades para futuras investigaciones conjuntas. La identificación de estos patrones no solo es relevante para el presente estudio, sino que también abre la puerta a la creación de redes más fuertes en la investigación sobre protocolos para subestaciones eléctricas.

Además, se ha aprendido sobre la relevancia de la visualización de datos. El uso de MATLAB para crear representaciones gráficas ha demostrado ser una herramienta valiosa para facilitar la interpretación de los datos. A partir de investigaciones previas y de la experiencia adquirida, se aprendieron nuevos comandos de código que ampliaron las capacidades de análisis y visualización. Las gráficas resultantes proporcionan una manera clara y concisa de presentar resultados, haciéndolos más accesibles para el lector y mejorando la comunicación de los hallazgos. Esta combinación de experiencia y nuevos conocimientos en programación ha permitido enriquecer el análisis y la presentación visual de los datos.

Por último, la experiencia en la elaboración de un documento principal que compile los hallazgos del análisis bibliométrico ha mejorado las habilidades de redacción y presentación de resultados. Este documento no solo sirve como un recurso para el presente análisis, sino que también establece un modelo para futuros estudios en el área. La reflexión crítica sobre los resultados obtenidos ha fomentado una actitud analítica hacia la investigación, evaluando la coherencia y consistencia de los datos generados, lo que es esencial para asegurar que las conclusiones derivadas del análisis sean válidas y útiles.

En conjunto, estos conocimientos adquiridos son fundamentales para avanzar en la investigación sobre protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas y pueden aplicarse en estudios futuros, enriqueciendo el entendimiento y la innovación en este campo clave de la ingeniería eléctrica.

5.4.3. HABILIDADES DESARROLLADAS

A través del análisis bibliométrico realizado, se ha desarrollado una comprensión del concepto de análisis bibliométrico. Este enfoque permitió evaluar la producción científica en un campo específico, identificando tendencias, patrones de colaboración y la relevancia de diferentes publicaciones. La experiencia adquirida ha permitido conocer la importancia de este tipo de análisis para fundamentar investigaciones futuras y tomar decisiones informadas sobre el estado del conocimiento en un área determinada.

Además, el uso de Bibliometrix ha sido significativo en el proceso. Antes de este análisis, no se tenía conocimiento del programa, y su aprendizaje ha ampliado considerablemente las herramientas disponibles para el análisis de datos bibliográficos. La capacidad de utilizar esta herramienta ha enriquecido la experiencia de los investigadores, mejorando su competencia en el manejo de software especializado para el análisis bibliométrico. Este conocimiento adquirido no solo es relevante para el análisis actual, sino que también proporciona una base sólida para aplicar Bibliometrix en futuros estudios y enriquecer la investigación en otros campos.

5.4.4. DESAFIOS ENFRENTADOS Y SOLUCIONES

Se enfrentaron varios desafíos que requirieron soluciones creativas y un enfoque metodológico. Uno de los principales desafíos fue el análisis de las palabras clave, ya que este aspecto demandaba una gran cantidad de información. La identificación y organización de las palabras clave más relevantes resultó ser compleja, debido a la amplitud de los datos generados por Bibliometrix. Redactar de manera clara y coherente sobre las tendencias observadas a partir de estas palabras clave supuso un reto, ya que era necesario sintetizar grandes volúmenes de información sin perder precisión ni relevancia. Otro desafío significativo fue la falta de conocimiento previo sobre el uso de Bibliometrix. Al iniciar el análisis, no se contaba con la

familiarización con esta herramienta, lo que implicó una fase de investigación y aprendizaje propio para entender su funcionamiento. Fue necesario explorar su capacidad para realizar análisis de redes de co-citación, colaboración y otros aspectos bibliométricos clave, lo que tomó tiempo y exigió adaptarse a un nuevo entorno de software.

Como solución a estos desafíos, se implementaron varias estrategias. En primer lugar, para abordar el análisis de palabras clave, se decidió mejorar la organización y filtrado de la información proporcionada por Bibliometrix. Esto permitió identificar con mayor claridad las palabras clave más significativas y generar una interpretación más precisa. Posteriormente, se corroboró la coherencia de los resultados, verificando que las conclusiones fueran consistentes con los datos.

En cuanto al reto relacionado con Bibliometrix, la solución fue investigar en profundidad las funciones del programa y cómo optimizar su uso para el análisis bibliométrico. Gracias a esta investigación y al tiempo invertido en la exploración de la herramienta, se lograron crear gráficas mejoradas que facilitaron la interpretación de los resultados. Las visualizaciones gráficas no solo ayudaron a hacer más comprensible la información, sino que también proporcionaron una representación más clara y precisa de los hallazgos clave. Al no tener conocimientos previos sobre el lenguaje de programación en R, se optó por utilizar un entorno más familiar, como MATLAB, para realizar las representaciones visuales; lo cual permitió mejorar la calidad de las gráficas.

Asimismo, el proyecto permitió el desarrollo de nuevas habilidades, como la capacidad para gestionar y analizar grandes volúmenes de datos científicos, la creación de representaciones visuales avanzadas y la mejora en la interpretación de patrones de investigación. Estos aprendizajes resultarán de gran valor no solo en el ámbito de la investigación bibliométrica, sino también para futuros estudios en

áreas relacionadas con la ingeniería eléctrica y la innovación tecnológica en subestaciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis bibliométrico realizado, alineadas con los objetivos planteados en el estudio. Las conclusiones sintetizan los hallazgos más relevantes en relación con las tendencias de investigación, autores influyentes y áreas activas, mientras que las recomendaciones buscan orientar a las instituciones académicas y de investigación hacia prácticas que optimicen sus esfuerzos y resultados en la automatización de subestaciones eléctricas.

6.1. CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado, se pueden extraer varias conclusiones que responden directamente a los objetivos establecidos. En primer lugar, se han identificado las principales tendencias de investigación en la automatización de subestaciones eléctricas, destacando áreas que requieren mayor exploración y desarrollo. Esto proporciona un marco claro para que los investigadores enfoquen sus esfuerzos en temas relevantes y actuales.

Además, el análisis ha permitido identificar a los autores más influyentes y las revistas más relevantes en este campo. Esta información es crucial para facilitar la creación de redes de colaboración y el establecimiento de contactos con expertos reconocidos, lo que puede enriquecer el trabajo investigativo y fomentar el intercambio de ideas.

Asimismo, se han determinado fuentes bibliográficas clave que contribuyen a establecer palabras clave y datos relevantes para el análisis bibliométrico. Esto no solo mejora la calidad de la investigación, sino que también permite a los investigadores contar con un conjunto sólido de referencias para fundamentar sus estudios. Por último, la metodología de búsqueda y clasificación aplicada ha

demostrado ser efectiva para analizar las diferentes fuentes bibliográficas y su correlación con las tendencias y patrones asociados a los protocolos de comunicación en subestaciones eléctricas.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que las instituciones académicas y de investigación integren el análisis bibliométrico como parte de su metodología de investigación estándar. Esto permitirá una mejor identificación de tendencias y autores influyentes, optimizando así los proyectos de investigación y asegurando que se alineen con las necesidades del sector.

Es fundamental también capacitar a los investigadores en el uso de herramientas bibliométricas y en la metodología de búsqueda y clasificación de información. Esto contribuirá a un análisis más riguroso y fundamentado, aumentando la efectividad de las investigaciones realizadas.

Además, se debe incentivar la creación de redes de colaboración entre investigadores, facilitando el contacto con autores influyentes y promoviendo el intercambio de conocimientos. Esta colaboración es esencial para avanzar en la innovación en el sector eléctrico y para el desarrollo de soluciones efectivas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Axon, G. (2023). Introducción a las subestaciones digitales - Axon Empowering. Bogota.

Baltuille, M., Alonso, P., & Fuertes, D. (2024). Demostrador para el análisis de tráfico de red en subestaciones de tracción basadas en EC 61850. *Jornadas de Automática*.

Díaz, C., Hoyos, O., & Arismendy, D. (2022). Financial Education in the Young Population: A Revision and Bibliometric Analysis. *Universidad Nacional de Colombia*, 148-180.

FutureBridge. (2024). *FutureBridge*. Obtenido de Upcoming Digital Technologies – Impact on the Transmission & Distribution sector: https://www.futurebridge.com/blog/upcoming-digital-technologies-impact-on-the-transmission-distribution-sector/

Garcia. (2020). Tutorial de Matlab: Capítulo 2. *Colecciones digitales UDLAP*, 4.

Gómez, F., & Vargas, H. (2010). *Planeamiento del diseño de subestaciones eléctricas.* Universidad Industrial de Santander - Revista épsilon.

Group, A. (2023). Introducción a las subestaciones digitales - Axon Empowering. Bogotá.

Lak, P. Y., Key, S., Yoon, S.-M., & Nam, S.-R. (2023). Digital Twin Application for the Evaluation of Protection Performance in IEC-61850-Based Digital Substations. *2023 IEEE International Conference on Advanced Power System Automation and Protection (APAP)*.

Llurba, S. S. (24 de 01 de 2018). *¿Qué es Scopus? ¿Y para qué sirve?* Obtenido de Sant Joan de Déu: https://bibliosjd.org/2018/01/24/scopus-que-es-para-que-sirve/

López, R., Vilalta, J., Porraspita, D., & León, M. (2021). Escenarios prospectivos: una revisión de la literatura usando el paquete de r bibliometrix. *Biblioteca nacional de Cuba José Marti*, 30.

Lozano, J. C., Koneru, K., Ortiz, N., & Cardenas, A. A. (2023). Digital Substations and IEC 61850: A Primer. *IEEE Communications Magazine* , 28 - 34.

Mathworks. (2024). *mathworks*. Obtenido de https://la.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html

Muñoz, J. (2024). *Diseño e implementación de una IHM usando el software Axon Builder 3 ubicada en la subestación Cabrestero para supervisar y operar reconectadores localizados en diferentes puntos geográficos a través del estándar IEC 61850.* Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia.

ORCA, G. D. (2020). Caracterización de Subestaciones Elpectricas. *Universidad Distrital Fancisco Jose de Caldas*, 105.

Peréz, E., Botero, J., Tobar, O., & Zapata, G. (2023). Subestaciones digitales y ciberseguridad como factores claves en la transformación digital del sector eléctrico colombiano. *EIEI ACOFI 2023*.

Quispe, S. (2023). *Diseño del sistema SCADA de la subestación eléctrica Dolorespata 138kV para la empresa de generación eléctrica Machupicchu S.A .* Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio ABAD del Cusco.

Rivera, J., & Araya, L. (2020). Análisis bibliométrico de la investigación en calidad de servicio. *Asociación Interciencia*, 404-415.

Rodriguez, D. (2024). *Propuesta de implementación del estándar IEC 61850 para mejorar la operación de la subestación S.E. Moquegua en la ciudad de Moquegua 2023.* Arequipa: Universidad Continental .

Rojas, D., & Riaño, J. (2023). Integración del protocolo de comunicación IEC 61850 a través de dos herramientas de simulación. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 47.

Rosero, O., Rueda, G., & Flórez, H. (2024). Importancia de la gestión del tráfico como una primera medida de ciberseguridad en redes inteligentes. *EIEI ACOFI 2024*.

SGRwin. (30 de Abril de 2021). *IEC 61850: explicado de manera fácil*. Obtenido de SGRwin: https://www.sgrwin.com/es/iec-61850-explicado-de-manera-facil/

Sosa Alonso, J. J., & Bethencourt Aguilar, A. (2019). Importancia de la coordinación, la formación y la organización interna de los centros educativos desde un análisis bibliométrico. *Hamut'ay*, 24 - 41.

Tovar Lozada, J. (2024). Clasificación y localización de fallas en subestaciones digitales mediante la transformada de Clarke con el uso de redes LSTM. *Universidad de los Andes*.

Tovar, J. (2024). *Clasificación y localización de fallas en subestaciones digitales mediante la transformada de Clarke con el uso de redes LSTM.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

Tovar, J. (2024). *Evaluación de indicadores de desempeño en una red de comunicaciones para un caso de estudio de subestación digital en el sector eléctrico colombiano .* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes .

Zamora, A., & Ortiz, Z. (2024). *Implementación de un sistema SCADA enfocado en el proceso de generación y dustribución de energía eléctrica para la subestación 4 de la EERSA.* Riobamba, Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimbozo.