

Rutas de carrera laborales en la Policía Nacional de Colombia: un enfoque basado en teoría de grafos

Career paths in the national police of Colombia: a graph theory-based approach

Deivy Andrés Vanegas Pedraza*

José Numar Alcalá Sánchez**

Fernando Sotaquira Samaca***

Fecha de recepción: 2025-07-04

Fecha concepto de evaluación: 2025-07-22

Fecha de aprobación: 2025-08-05

<https://doi.org/10.22335/ruct.v17i2.2153>

Para citar este artículo/To reference this article/Para citar este artigo: Vanegas, D., Alcalá, J. & Sotaquira, F. (2025). Rutas de Carrera Laborales en la Policía Nacional de Colombia: Un Enfoque Basado en Teoría de Grafos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 17(3), 24-47. <https://doi.org/10.22335/ruct.v17i2.2153>.

Nota. El presente artículo se deriva de un estudio de caso en el marco de la Resolución 2422 de 2023, "Por la cual se diseña el Plan de Carrera para el personal uniformado de la Policía Nacional", a su vez la entrada en vigor de la Ley 2179 de 2021. "Por la cual se crea la categoría de patrulleros de policía, se establecen normas relacionadas con el régimen especial de carrera del personal uniformado de la policía nacional, se fortalece la profesionalización para el servicio público de policía y se dictan otras disposiciones".

RESUMEN

Este estudio de caso analiza la creación de rutas de carrera en la Policía Nacional de Colombia, utilizando la teoría de grafos y la metodología CRISP-DM. El objetivo es alinear las aspiraciones profesionales de los funcionarios con las necesidades de la institución. Se identificaron rutas específicas en tres direcciones Jefatura Nacional del Servicio de Policía (JESEP), Dirección de Inteligencia Policial (DIPOL) y Dirección de Talento Humano (DITAH), modelando los cargos como nodos y las transiciones como aristas. La aplicación de algoritmos como el de *Dijkstra* permite identificar las rutas más eficientes. Los resultados resaltan la optimización del desarrollo profesional, el fortalecimiento de la profesionalización y la eficiencia en la gestión del talento humano. Se recomienda mantener la estabilidad en los cargos y automatizar la definición de rutas para maximizar los beneficios de esta metodología.



- * Policía Nacional de Colombia, Bogotá D.C.; Colombia
deivy.vanegas@correo.policia.gov.co
<https://orcid.org/0009-0005-4265-366>
- ** Policía Nacional de Colombia, Bogotá D.C.; Colombia
jose.alcala@correo.policia.gov.co
<https://orcid.org/0009-0004-6105-3162>
- *** Policía Nacional de Colombia, Bogotá D.C.; Colombia
fernando.sotaquira3344@correo.policia.gov.co
<https://orcid.org/0009-0009-8486-7712>

Palabras clave: Rutas de carrera, Teoría de Grafos, Gestión del Talento Humano, desarrollo profesional, Administración Pública.

ABSTRACT:

This case study analyzes the creation of career paths in the National Police of Colombia, using graph theory and the CRISP-DM methodology. The goal is to align the professional aspirations of officers with the needs of the institution. Specific paths were identified in three directorates (JESEP, DIPOL, DITAH), modeling positions as nodes and transitions as edges. The application of algorithms such as Dijkstra's allows identifying the most efficient routes. The results highlight the optimization of professional development, the strengthening of professionalization, and efficiency in human talent management. Maintaining stability in positions and automating the definition of paths is recommended to maximize the benefits of this methodology.

Keywords: Career paths, Graph Theory, Human Talent Management, Professional Development, Public Administration.

■ Introducción

En el marco de la modernización y profesionalización de las instituciones gubernamentales, la Policía Nacional de Colombia ha identificado la necesidad de implementar un modelo de gestión del talento humano que permita alinear las aspiraciones profesionales de sus miembros con los objetivos y requerimientos institucionales. En respuesta a esta demanda, se expidió la Resolución Nro. 2422 del 28 de julio de 2023, "Por la cual se diseña el Plan de Carrera para el personal uniformado de la Policía Nacional". Esta acción estratégica se centra en la identificación e implementación de rutas de carrera, herramientas fundamentales que no solo fortalecerán las dinámicas misionales de la institución, sino que también garantizarán un desarrollo profesional continuo y en sintonía con las prioridades organizacionales.

Para ello, la gestión de perfiles de cargos resulta esencial, pues contribuye de manera significativa a la formación y evolución de los funcionarios en la Administración Pública

Nacional (APN). Como indican Sandoval & Pernalete. (2015), estos modelos de gestión deben considerar competencias tales como el perfil del cargo, el desempeño laboral, la motivación, la evaluación y el plan de carrera, concluyendo que estas características confieren propiedades únicas e inherentes que posibilitan una implementación adecuada en la estructura organizacional.

Asimismo, un cargo se define como un puesto de trabajo específico que exige determinadas competencias para un desempeño eficaz. En este sentido, la Gestión del Talento Humano (GTH) juega un papel crucial, abarcando desde la identificación de las competencias requeridas hasta la evaluación del desempeño del personal. De este modo, la GTH alinea las contribuciones individuales con las necesidades estratégicas de la organización, administra los activos intelectuales a través de los perfiles y determina las necesidades de formación para cerrar la brecha entre los aspirantes y los requisitos del cargo. En relación con esto, Carvajal-Pérez. (2021) afirma que "Un ejemplo de ello es pensar

que la capacitación es un gasto o creer que solo es por medio de la capacitación que se corrijen los problemas del desempeño”, lo que evidencia que para ocupar un cargo es indispensable contar con conocimientos previos que permitan el cumplimiento objetivo de sus funciones.

En este contexto, resulta imperativo definir de manera clara los perfiles de cargo, ya que ello previene situaciones adversas como la baja rotación, la carencia de planes de capacitación y adiestramiento, la limitada cultura de trabajo en equipo y la lenta incorporación de nuevas tecnologías. Dichos escenarios restringen la generación de conocimiento, el aprendizaje y el desarrollo de competencias laborales, por lo que es fundamental que la organización conozca tanto las competencias exigidas por cada puesto como las capacidades que posee su personal.

El objetivo principal del presente estudio de caso es analizar la pertinencia y los beneficios de la creación de “Rutas de Carrera” en el marco del Plan de Carrera de la Policía Nacional de Colombia. (2023), permitiendo que el personal uniformado en servicio activo se proyecte profesionalmente. La diversidad de cargos y grados en la institución, según el Ministerio de Defensa Nacional MINDEFENSA. (2019), complica la definición de estas trayectorias predefinidas, las cuales deben considerar variables como grado, educación, habilidades comportamentales, experiencia, especialidad y nivel de responsabilidad. En consecuencia, estas rutas representan un avance significativo en la gestión del talento humano, ya que fortalecen la profesionalización y el desarrollo continuo, asegurando al mismo tiempo la disponibilidad de recursos humanos calificados para enfrentar los desafíos operativos y estratégicos de la institución.

En el ámbito del sector salud, la gestión del talento humano ha sido estudiada en es-

tudios de caso en Colombia (por ejemplo, en cinco ciudades del país durante 2014) y se han identificado desafíos institucionales y de desempeño que son comparables a los del sector policial. Estudios como este evidencian la necesidad de aplicar modelos estructurados y basados en datos para mejorar la movilidad y eficiencia de los recursos humanos, por otro lado, Alles. (2012), en Desarrollo del talento humano: basado en competencias, enfatiza la importancia de estructurar planes de carrera que impulsen el crecimiento profesional mediante competencias y habilidades específicas.

Asimismo, la selección por competencias refuerza la necesidad de alinear la proyección del personal con las demandas organizacionales y sus capacidades individuales. González. (2023) destaca que el estudio del talento humano es clave para el éxito en la gestión de personas, al tiempo que resalta la importancia de prototipar la implementación de rutas de carrera para fomentar la motivación, el compromiso y la retención del talento, contribuyendo así al logro de los objetivos estratégicos.

En este contexto, el presente estudio se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo puede aplicarse la Teoría de Grafos en el diseño de rutas de carrera dentro del Plan de Carrera de la Policía Nacional de Colombia, y qué beneficios ofrece esta aplicación para la gestión del talento humano institucional?

La Teoría de Grafos, fundamentada en conceptos matemáticos desarrollados por Euler en el siglo XVIII, estudia estructuras que relacionan objetos mediante vértices (nodos) y aristas (conexiones). Su aplicación trasciende disciplinas: en logística optimiza rutas de distribución Puchades

et al. (2008), en sociología analiza redes sociales Arcila-Calderón et al. (2016), y en gestión pública ha modelado movilidad laboral en salud Molina-Marím et al. (2016). Esta versatilidad la convierte en marco idóneo para representar trayectorias profesionales, donde los cargos son nodos y las transiciones posibles son aristas.

A partir del interrogante, se desarrolla un análisis orientado a identificar los beneficios, limitaciones y posibilidades de implementar un modelo de rutas de carrera basado en análisis de grafos en el marco del Plan de Carrera institucional

■ Metodología

Para el diseño del prototipo de rutas de carrera se adoptó la metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining), reconocida por su capacidad para estructurar proyectos basados en datos de forma flexible, escalable y replicable. Como destacan Johanna et al. (2023) y Molina y Bonilla. (2024), este enfoque permite organizar de manera avanzada el proceso de toma de decisiones en contextos institucionales, facilitando la extracción de conocimiento útil a partir de grandes volúmenes de información.

Su eficacia ha sido ampliamente demostrada en escenarios complejos. Un ejemplo notable es el estudio de Pedraza et al. (2016), aplicado al análisis de la calidad del agua del río Bogotá. Allí se desarrolló un modelo integral que abarcó desde la recolección y depuración de datos hasta la construcción de árboles de decisión, utilizando herramientas como RapidMiner y WEKA. Esta experiencia refuerza la pertinencia de implementar metodologías estructuradas en la transformación de datos institucionales en modelos predictivos, orientados a la toma de decisiones estratégicas.

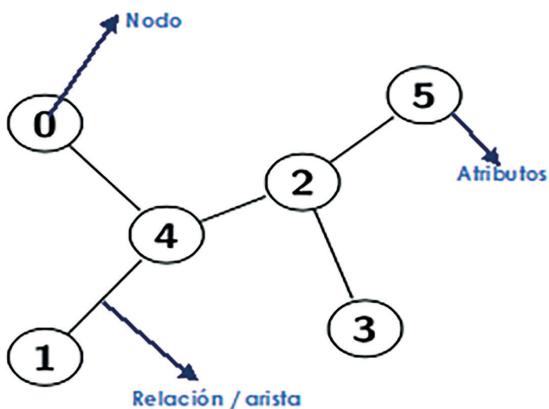
Asimismo, Ayele. (2020) señala que este tipo de enfoques es altamente adaptable a distintos dominios, incluidos procesos de innovación y análisis organizacional. Su implementación en sectores como la ingeniería eléctrica ha permitido desarrollar modelos de clasificación funcional eficaces a partir de datos estructurados, lo que confirma su utilidad para gestionar información compleja en entornos reales.

De manera complementaria, el presente estudio incorpora la noción de trayectoria y circuito de Euler como base conceptual para modelar rutas de carrera dentro de una estructura jerárquica. Según Herrera Díaz. (2024), una trayectoria de Euler es aquella que recorre todas las aristas de un grafo conexo sin repetir ninguna, y su viabilidad depende del grado de los vértices. Esta lógica permite representar las transiciones funcionales entre cargos como recorridos posibles dentro de una red organizacional, evaluando su factibilidad estructural en el marco del desarrollo profesional.

Finalmente, en línea con lo planteado por Martínez y Martínez. (2005), se integró el análisis exploratorio de datos (EDA) como una fase esencial del proceso metodológico. Esta etapa permitió identificar patrones, relaciones funcionales y estructuras ocultas sin depender inicialmente de hipótesis preconcebidas. El EDA fue clave para validar la construcción del grafo institucional, orientar su diseño estructural y facilitar la interpretación de las trayectorias generadas por el modelo.

Imagen 1.

Representación gráfica de un grafo



Fuente: elaboración propia a partir de los conceptos teóricos de un grafo.

Este proceso se desarrollará en varias etapas, siguiendo el esquema propuesto por Feles et al. (2024), e incluirá un análisis exploratorio de los datos junto con la aplicación de la Teoría de Grafos para modelar y visualizar las trayectorias profesionales. Según Llanos. (2023), los grafos son representaciones esquemáticas de redes de conexiones, donde cada cargo se representa como un nodo y las posibles salidas ocupacionales como aristas. Esta representación en forma de grafo permite emplear técnicas algorítmicas para identificar rutas de carrera óptimas, basadas en criterios como viabilidad, conectividad y requisitos institucionales Recuero. (1994).

En esta línea, Gomes. (2024) señala que "recientemente, la denominación Ciencia de Redes ha sido aplicada a las más diversas aplicaciones de la Teoría de Grafos en distintos campos de la Ciencia". Este enfoque facilita la identificación de relaciones clave y fortalece la toma de decisiones estratégicas para la planificación de trayectorias profesionales, de manera semejante a lo descrito por Molina y Bonilla. (2024) en la extracción de patrones y conocimiento a partir de conjuntos de datos.

La aplicación de la metodología CRISP-DM en el diseño de rutas de carrera en la Po-

licía Nacional implica una serie de pasos estructurados, lo que garantiza un proceso riguroso y orientado a resultados, alineado con los objetivos del Plan de Carrera institucional, como también lo destacan Molina y Bonilla. (2024). Este enfoque metodológico contempla distintas fases, desde la comprensión del negocio hasta la evaluación de los modelos generados, similar a lo planteado por Puchades Cortés et al. (2008), quienes demostraron en el sector de distribución automática cómo los algoritmos de grafos pueden optimizar la planificación de rutas y reducir significativamente costos y tiempos operativos.

Consideraciones éticas

Aunque este estudio no utiliza datos personales sensibles, se garantizó el manejo ético de la información institucional bajo principios de confidencialidad, integridad y uso responsable. Los datos de cargos y la creación de rutas se trataron de forma anónima y agregada, sin identificar individuos, y se utilizaron exclusivamente para fines investigativos. Adicionalmente, se siguieron estándares de transparencia en el análisis, evitando sesgos que pudieran afectar los resultados del estudio de caso.

■ Parte 1. Identificación de las rutas fijas de carrera

Para identificar una ruta de carrera dentro de la Policía Nacional de Colombia, es esencial considerar que estas trayectorias predefinidas permiten a los uniformados proyectarse profesionalmente a través de distintos cargos. Como indican Sandoval & Pernalete. (2015), es necesario evaluar factores como grado, nivel de educación,

habilidades, experiencia y nivel de responsabilidad para elaborar rutas coherentes. En este estudio se identificaron cuatro rutas de carrera específicas, determinadas mediante la metodología de jueces expertos, y asociadas a tres unidades como se evidencia en la tabla 1, lo que posibilita una visualización clara y estructurada de las trayectorias disponibles.

Tabla 1.

Rutas de carrera institucionales

UNIDAD	RUTA
JESEP	RUTA MODELO SERV. POLICIA
DIPOL	RUTA INTELIGENCIA
DITAH	RUTA ESPECIALIZADA NOMINA
	RUTA ESPECIALIZADA GENERAL

Fuente: elaboración propia a partir de la validación de jueces expertos.

■ Exploración y tratamiento de los datos

Para la construcción de este prototipo de las rutas de carrera se empleó un conjunto de datos que comprende 109 cargos, distribuidos en dos direcciones operativas y una administrativa. Tal como lo implementó Molina & Bonilla. (2024) mediante la metodología, se identificaron patrones en el *dataset*, confirmando lo expresado por Ramos Fernández J. (2019). “Los datos son la materia prima para conseguir información provechosa, que se puede utilizar para llevar a cabo una toma de decisiones y la realización de conclusiones” (p. 1). Además, el tratamiento de los datos en lenguajes de programación como *Python*,

utilizando bibliotecas como Pandas y NumPy, permitió aplicar técnicas de limpieza eficientes, lo que coincide con lo señalado por Espinoza *et al.* (2023) respecto a la calidad de los datos como factor crucial en cualquier análisis.

El *dataset*, al ser organizado y estructurado adecuadamente (archivo “unique_base1”), contiene las variables fundamentales: DES_CARGO, PREF_OF y UNIDAD_DUEÑA, esenciales para establecer relaciones entre cargos y visualizar las rutas de carrera. Cabe destacar que este enfoque facilitó además un estudio segmentado, como lo demuestran Navarrete *et al.* (2024). A continuación, se presentan los detalles estadísticos y la distribución de las variables.

Tabla 2.

Rutas de carrera con cantidad de cargos.

UNIDAD	RUTA	CANTIDAD CARGOS
JESEP	RUTA MODELO SERV. POLICIA	80
DIPOL	RUTA INTELIGENCIA	13
DITAH	RUTA ESPECIALIZADA NOMINA	5
	RUTA ESPECIALIZADA GENERAL	11

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2, describe la distribución de cargos tomados para el prototipado en diferentes unidades de la Policía Nacional, mostrando la cantidad de cargos asignados a rutas específicas dentro de cada dirección. JESEP, con 80 cargos, se enfoca en el "RUTA MODELO SERV. POLICIA", priorizando la seguridad ciudadana. DIPOL, con 13 cargos, se especializa en la "RUTA INTELIGENCIA". DITAH distribuye 5 cargos en "RUTA ESPECIALIZADA NOMINA" y 11 en "RUTA ESPECIALIZADA GENERAL", in-

dicando un equilibrio entre la gestión de nómina y otras funciones de apoyo al talento humano. Esta distribución refleja las prioridades y funciones de cada unidad, alineada con el plan de carrera y las necesidades de gestión del talento humano dentro de la Policía Nacional, además, el dataset se caracteriza por contener variables clave que facilitan la visualización y análisis de las trayectorias profesionales. Entre ellas se encuentran.

Tabla 3.

Variables base de datos.

VARIABLES	TIPO	DESCRIPCIÓN
UNIDAD DUEÑA	Categórica	Nombre determinado por la estructura orgánica de la Policía Nacional.
PREF-OF	Categórica	jerarquía establecida para el cargo de acuerdo con el grado.
ID_Cargo	Numérica	identificación única del cargo.
ID_PERFIL	Numérica	identificación única del perfil del cargo.
DES_CARGO	Categórica	Nombre establecido para el cargo.
NIVEL_GESTION	Categórica	calificación del cargo de acuerdo con los procesos institucionales.
NIVEL_RESPONSABILIDAD	Categórica	jerarquía de acuerdo con la responsabilidad.

Fuente: elaboración propia

La tabla 3, presenta las variables utilizadas para describir y clasificar los cargos dentro de la Policía Nacional, detallando su tipo y descripción:

• **UNIDAD DUEÑA:** Variable categórica que indica la dependencia u oficina responsable del cargo, según la estructura orgánica de la Policía Nacional. Esta variable permite identificar a qué dirección, departamento o sección pertenece el cargo, facilitando la gestión y administración del personal.

• **PREF-OF:** Variable categórica que representa la jerarquía del cargo, establecida según el grado del ocupante. Esta variable es crucial para determinar las líneas de mando, la cadena de responsabilidades y el orden jerárquico dentro de la institución.

• **ID_CARGO:** Variable numérica que asigna una identificación única a cada cargo dentro de la institución. Esta variable facilita la individualización y el seguimiento de cada puesto de trabajo en los sistemas de información.

• **ID_PERFIL:** Variable numérica que proporciona una identificación única al perfil de cada cargo. Permite asociar las competencias, habilidades y requisitos específicos necesarios para el desempeño adecuado del puesto.

• **DES_CARGO:** Variable categórica que contiene el nombre o denominación establecida para cada cargo. Esta variable ofrece una descripción textual del puesto, permitiendo identificar las funciones generales asociadas.

- **NIVEL_GESTION:** Variable categórica que califica el cargo según los procesos institucionales de la Policía Nacional. Esta variable clasifica los puestos de trabajo en diferentes niveles (ej. directivo, profesional, técnico), reflejando el grado de complejidad y responsabilidad inherente al cargo.

- **NIVEL_RESPONSABILIDAD:** Variable categórica que establece la jerarquía del cargo en función de la responsabilidad asignada. Esta variable permite diferenciar los puestos de trabajo según el alcance de su autoridad y el impacto de sus decisiones dentro de la organización.

En conjunto, estas variables permiten una gestión integral del talento humano dentro de la Policía Nacional, facilitando la identificación, clasificación y análisis de los car-

gos. El uso de variables categóricas y numéricas estandarizadas asegura la calidad de los datos en el Sistema de Información para la Administración del Talento Humano (SIATH), permitiendo una toma de decisiones más eficiente y efectiva en materia de personal.

Luego de identificar las variables clave, se procedió a limpiar y estructurar la información, generándose el archivo "unique_base1", el cual retiene únicamente las variables de valor agregado (DES_CARGO, PREF_OF y UNIDAD_DUEÑA). Tal como señala Conesa Parras N. (2023) "Esto es importante porque los datos sucios o incorrectos pueden conducir a un análisis deficiente y en consecuencia conclusiones erróneas" (p. 27). A partir de esta organización se realizó un análisis estadístico detallado que permitió comprender la distribución y características de los datos.

Imagen 2.

Datos estadísticos dataset "unique_base1".

	DES_CARGO	PREF_OF	UNIDAD DUEÑA
count	117	117	117
unique	117	8	3
top	INICIO RUTA ESPECIALIZADA GENERAL	TC	JESEP
freq	1	25	80

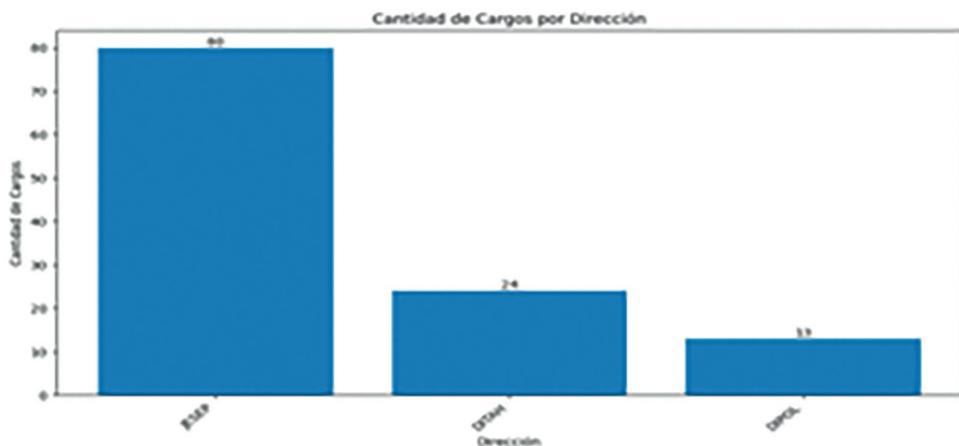
Fuente: base de datos unique_base1

El dataset se analizó utilizando el lenguaje de programación Python, empleando bibliotecas como Pandas, NumPy, teniendo como referencia a Espinoza Tinoco, et al. (2023). La variable DES_CARGO presenta 117 valores únicos, indicando que cada cargo tiene una descripción distinta y única. En contraste, la variable PREF_OF tie-

ne 8 valores únicos, siendo "TC" el más frecuente, con 25 apariciones. Por último, la variable UNIDAD_DUEÑA muestra 3 valores únicos, destacando "JESEP" como la unidad más común, presente en 80 registros.

Grafica 1.

Cantidad de cargos por unidad dueña.



Fuente: elaboración propia

Como evidencia la Gráfica 1 (Cantidad de cargos por unidad dueña), el 73.4% de los cargos muestrales se concentran en JESEP, reflejando su peso operativo en la estructura institucional. Este análisis inicial revela información crucial sobre la composición del dataset, lo cual es crucial para las siguientes etapas del análisis y la visualización de las rutas de carrera. Algunos aspectos importantes para considerar son:

- Integridad de los datos: La ausencia de valores faltantes en las variables garantiza la integridad de los datos y facilita el análisis sin necesidad de imputación o eliminación de registros.
- Unicidad de los cargos: La variedad de descripciones de cargos (DES_CARGO) indica la diversidad de roles dentro de la Policía Nacional.

El análisis estadístico descriptivo de las variables del dataset "unique_base1" es un paso crucial para comprender la distribución y las características de los datos. Este

análisis sienta las bases para identificar patrones, tendencias y relaciones entre las variables, lo que facilitará la visualización de las rutas de carrera. La visualización de la distribución y frecuencia de los valores en cada variable, como se menciona, es una herramienta valiosa para interpretar y comunicar los resultados del análisis.

■ Creación de nuevas variables

Con el fin de optimizar la visualización de las rutas de carrera, se construyeron nuevas variables que establecen las relaciones entre cargos y perfiles. Estas variables permiten identificar de manera precisa las conexiones entre nodos (cargos) y aristas (trayectorias), lo cual resulta esencial para la representación gráfica. En este contexto, la Teoría de Grafos se configura como una herramienta útil para modelar y analizar las rutas, facilitando la identificación de patrones y la optimización de las trayectorias profesionales. Las nuevas variables definidas son:

Tabla 4.

Variables creadas

VARIABLES	TIPO	DESCRIPCIÓN
RTA FINAL	Categórica	Ruta por la cual se moviliza
RELACION	Categórica	Salida ocupacional
GRADO RELACION	Categórica	Grado asociado a la relación

Fuente: elaboración propia

La tabla 4, muestra las variables RUTA FINAL, RELACION y GRADO RELACION, las cuales proporcionan una visión concisa de la trayectoria profesional dentro de la Policía Nacional. RUTA FINAL indica la ruta de carrera del oficial, RELACION describe las salidas ocupacionales del cargo, y GRADO RELACION establece el nivel jerárquico correspondiente. Estas variables son útiles para analizar la progresión profesional y optimizar la gestión del talento humano.

La integración de estas variables permitió establecer 2063 relaciones entre los diferentes cargos, distribuidas en las cuatro rutas de carrera identificadas. Como indica Llanos. (2023) "los grafos son representaciones esquemáticas de una red de

conexiones, cuyos puntos (nodos) están relacionados entre sí mediante caminos (aristas)" (p. 5). Este enfoque no solo facilita la visualización de las trayectorias, sino que también optimiza la planificación y el desarrollo profesional dentro de la institución.

El ciclo de Extracción, Transformación y Carga (ETL) fue fundamental para estructurar los datos recolectados, permitiendo un análisis riguroso previo a su representación gráfica. Espinoza *et al.* (2023) subrayan la importancia de identificar fases como la definición de metadatos, auditoría de datos y post procesamiento, lo que garantiza una base sólida para la creación del grafo que ilustra las rutas de carrera.

Imagen 3.

Conteo relaciones.

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 2063 entries, 0 to 2062
Data columns (total 11 columns):
 #   Column           Non-Null Count  Dtype  
 ---  -- 
 0   ID_RUTA          2063 non-null   int64  
 1   DES_CARGO        2063 non-null   object  
 2   PREF_OF          2063 non-null   object  
 3   GR_CARGO          2063 non-null   object  
 4   RUTA_FINAL        2063 non-null   object  
 5   RELACION          2063 non-null   object  
 6   GRADO_RELACION   2063 non-null   object  
 7   GR_CARGO_RELACION 2063 non-null   object  
 8   VALIDACION       2063 non-null   object  
 9   UNIDAD_DUEÑA     2063 non-null   object  
 10  Unnamed: 10        2063 non-null   object  
dtypes: int64(1), object(10)
memory usage: 177.4+ KB
```

Fuente: elaboración propia a partir del dataset objeto de análisis.

La imagen 3, muestra el conjunto de datos, el cual está compuesto por 2063 entradas y 11 columnas en un DataFrame de Pandas. El ciclo de Extracción, Transformación y Carga (ETL) es fundamental para estructurar y preparar los datos recolectados, permitiendo un análisis riguroso para una posterior visualización efectiva de las rutas de carrera. Ya que como relaciona en su estudio Espinoza Tinoco, *et al.* (2023). Es fundamental identificar las fases de: definición de metadatos, auditoría de datos y post procesamiento y control. La extracción de la información de la base de datos original permite identificar las variables clave, mientras que la transformación incluye la limpieza, creación de nuevas variables y la construcción de relaciones entre los cargos. La carga de los datos en un formato optimizado posibilita la creación de un grafo que representa las rutas de carrera de manera clara y accesible.

Una vez creadas las relaciones, se facilita la identificación de nodos (cargos), donde cada cargo existente en la estructura organizacional de la Policía Nacional se representa como un nodo en el grafo. También, ayudando la definición de relaciones (rutas de carrera), estableciendo conexiones entre los nodos que representan las posibles transiciones entre cargos. Estas aristas pueden ser dirigidas, indicando la dirección del ascenso o la transición, y pueden tener pesos que reflejen la dificultad, el tiempo requerido o la importancia de la transición. El análisis de la información contenida en el grafo permitió:

- Análisis de caminos mínimos: Utilizar algoritmos de grafos, como el algoritmo de Dijkstra¹, para identificar las

rutas más eficientes y óptimas. Esto se verá reflejado en el desarrollo profesional de los funcionarios.

- Visualización de la red: La representación gráfica de las rutas de carrera permite identificar visualmente los caminos más comunes, los cuellos de botella y las oportunidades de desarrollo dentro de la institución. Esta visualización se puede mejorar definiendo la posición de los vértices de forma conveniente para realzar la propiedad estudiada en la red.
- Centralidad: El análisis de la centralidad de los nodos (cargos) puede revelar cuáles son los más influyentes o los que sirven de puente entre diferentes áreas de la Policía Nacional. Los nodos con más conexiones pueden funcionar como puntos clave para difundir información de manera eficiente.
- Análisis de caminos: Se pueden analizar los caminos más cortos entre diferentes cargos para identificar las trayectorias profesionales más eficientes. También es posible identificar los caminos hamiltonianos, que recorren todos los vértices empezando por un vértice prefijado.
- Detección de comunidades: Se pueden identificar grupos de cargos que están más estrechamente relacionados entre sí, lo que puede reflejar áreas de especialización o departamentos dentro de la institución.

Además, la implementación de un modelo de gestión de perfiles de cargos basado en competencias, bajo un enfoque ontológico, tal como relaciona Sandoval & Pernalete.

¹ El algoritmo de Dijkstra es un método utilizado en la Teoría de Grafos para encontrar el camino más corto entre un nodo inicial y todos los demás nodos en un grafo ponderado, donde los pesos de las aristas representan distancias o costos. Este algoritmo, desarrollado por el científico Edsger Dijkstra en 1956, funciona mediante la selección iterativa del nodo con la distancia más corta desde el nodo inicial y la actualización de las distancias a los nodos adyacentes. A medida que avanza, el algoritmo garantiza que las distancias calculadas sean las más cortas posibles. El algoritmo de Dijkstra es ampliamente

utilizado en aplicaciones de enruteamiento y navegación, así como en la optimización de rutas en sistemas de transporte y redes de comunicación. Misa, T. J. (Ed.). (2010).

(2015) "es un proceso complejo ya que es necesario procesar grandes volúmenes de información dispersa, no consensuada y no estandarizada, que además se percibe de manera diferente en las instituciones", pero puede facilitar el acceso y el intercambio de conocimientos e información, proporcionando un vocabulario único que promueva la organización de los contenidos de los perfiles de cargos, las brechas y las vacantes, con el fin de reutilizarlos en la institución.

■ Importancia de la Teoría de Grafos para la Creación de Rutas de Carrera

Basarse en la Teoría de Grafos resulta esencial para modelar y visualizar de forma eficiente las trayectorias profesionales dentro del Plan de Carrera de la Policía Nacional. Esta metodología matemática permite representar cada cargo como un nodo y las transiciones entre ellos como conexiones, lo que facilita la identificación de relaciones entre cargos y niveles de responsabilidad. De esta forma, se optimiza la gestión del talento humano al proveer una visión integral de las trayectorias, lo que a su vez apoya la toma de decisiones en cuanto a asignación de recursos, formación y promoción. Además, esta herramienta favorece la planificación de las necesidades futuras de personal calificado, asegurando un flujo continuo hacia roles críticos y estratégicos.

Para la implementación se pueden emplear aplicaciones informáticas basadas en algoritmos de la Teoría de Grafos, lo que mejora la efectividad y eficiencia en la gestión de las rutas de carrera.

La Teoría de Grafos se presenta como una herramienta valiosa para optimizar la gestión del talento humano y la planificación de rutas de carrera dentro del Plan de Carrera de la Policía Nacional. Se puede organizar en la misma estructura que Llanos. (2023) propone, cada cargo como un nodo y las transiciones como conexiones, ayudando la identificación de trayectorias profesionales. Esta metodología permitirá una planificación eficiente de las necesidades de personal calificado, asegurando un flujo continuo de talento hacia roles críticos y estratégicos, mientras que la claridad en la visualización de las rutas motiva a los funcionarios a desarrollar sus habilidades. Además, su adaptabilidad facilita la adecuación a cambios en la estructura organizacional o prioridades misionales. Para la implementación, se pueden emplear aplicaciones informáticas basadas en algoritmos de la Teoría de Grafos y herramientas como Grafos y Rutas, optimizando así la efectividad y eficiencia en la gestión de rutas de carrera dentro de la institución policial.

■ Identificación de Nodos (cargos)

Con el objetivo de establecer un marco sólido para la creación de rutas fijas de carrera en la Policía Nacional, de las cuatro rutas identificadas en JESEP (Jefatura Nacional del Servicio de Policía), DIPOL (Dirección de Inteligencia Policial) y DITAH (Dirección de Talento Humano) y aprovechando la teoría de grafos se graficará de forma eficiente las posibles trayectorias profesionales.

Ilustración 3.

Cargos representados como nodos.



Fuente: elaboración propia.

Al representar los cargos como nodos darán un punto de partida crucial para la implementación de las rutas de Carrera, ya que permiten definir y estructurar las posibles transiciones entre cargos, facilitando la identificación clara y sistemática de las conexiones entre los mismos.

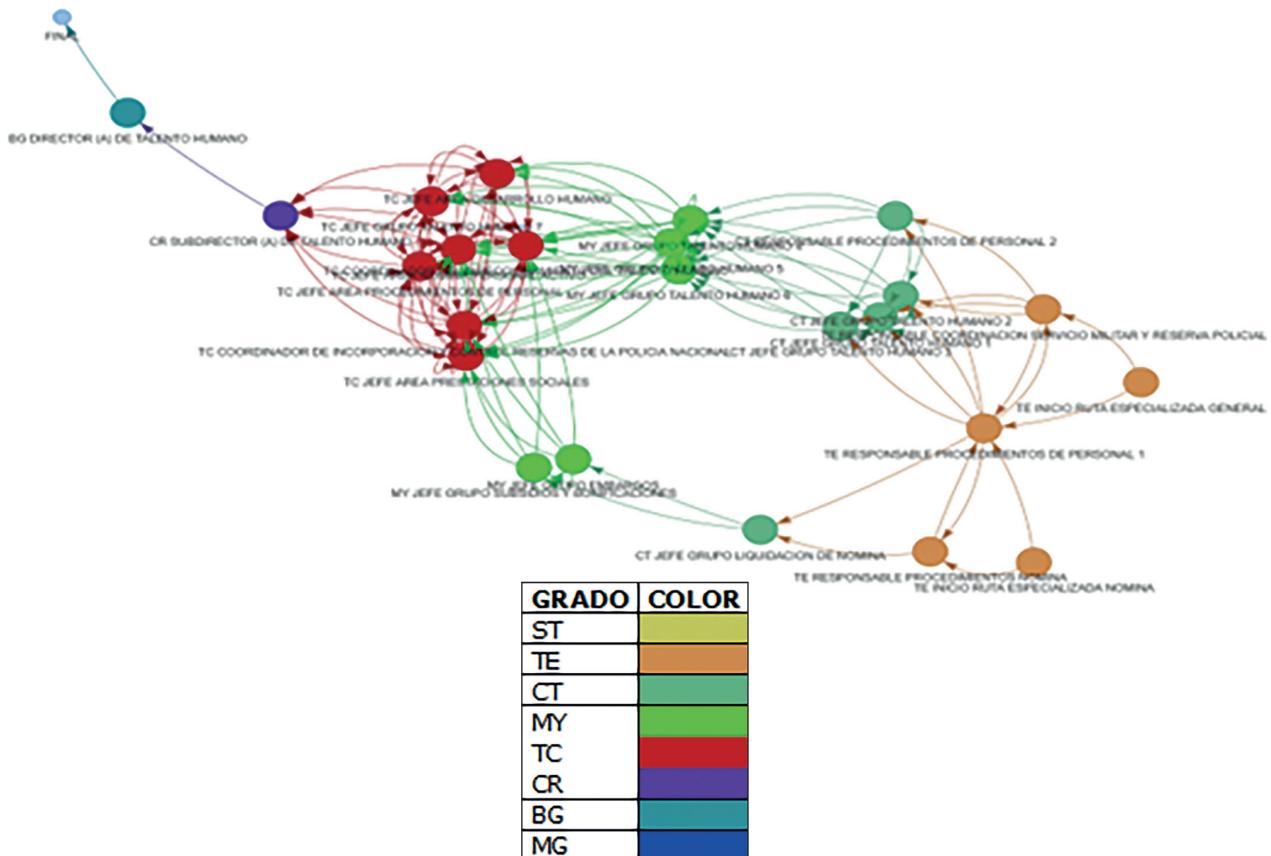
■ Definición de relaciones (Rutas de Carrera)

Con el fin de establecer las relaciones entre los cargos y facilitar la visualización de las rutas de carrera, se ha implementado una columna adicional en la base de datos que muestra las posibles salidas ocupacionales para cada cargo. Esta columna permite identificar de manera clara y sistemática las transiciones posibles entre diferentes cargos, representándolas como relaciones entre nodos. Además, se ha asociado como atributo² de cada nodo (cargo) el grado preferente que debe ocupar en el cargo, asignándole un color específico a cada grado. Esta asignación de colores tiene como objetivo mejorar la visualización en la gráfica, proporcionando una representación visual más objetiva y fácil de interpretar.

2 Un atributo es una característica o propiedad asociada a un nodo o una relación. En el contexto de las rutas de carrera, los atributos podrían incluir información como el tiempo requerido para la transición entre cargos, la formación necesaria, el nivel de responsabilidad, o cualquier otra información relevante que ayude a definir y caracterizar las rutas de carrera.

Grafica 2.

Ruta de carrera Dirección de Talento Humano



Fuente: elaboración propia.

Las rutas de carrera para el personal de oficiales de DITAH, están diseñadas para permitir que el personal uniformado se proyecte profesionalmente, para el caso de esta dirección, se proyectan las rutas de carreras fijas desde el grado de teniente hasta el de brigadier general, culminando en roles estratégicos como Director de Talento Humano. Este ejemplo ilustra cómo las rutas de carrera pueden estructurarse para asegurar un progreso profesional coherente y alineado con las necesidades institucionales. Además de esta ruta, se han establecido dos rutas adicionales (JESEP y DIPOL), que abordan diferentes especialidades, cada una con su propio conjunto de cargos y transiciones que permiten visua-

lizar las relaciones existentes dentro de la institución.

Parte 2. Análisis de caminos mínimos

Una vez establecidas las rutas fijas de carrera, el sistema debe ofrecer a los funcionarios una serie de cargos recomendados que se ajusten a su perfil y plan de carrera, considerando tanto sus aspiraciones personales como los beneficios para la institución. Este proceso implica un análisis detallado de las habilidades, experiencia y formación del funcionario, así como una

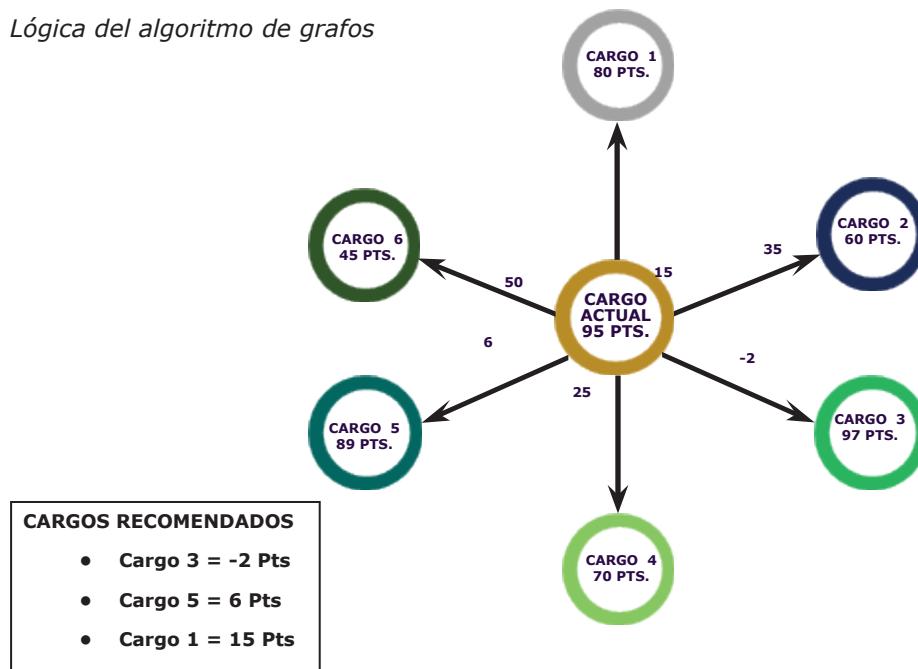
evaluación de las necesidades y prioridades institucionales. El mecanismo debe ser capaz de generar recomendaciones dinámicas y adaptables, permitiendo al funcionario explorar diversas opciones y seleccionar el cargo que más le interese y que, al mismo tiempo, maximice su contribución a la misión de la Policía Nacional.

El análisis de caminos mínimos es una técnica fundamental en la Teoría de Grafos que se utiliza para determinar la ruta más corta entre un nodo inicial y todos los demás nodos en un grafo ponderado. Esta técnica es particularmente relevante en el contexto de las rutas de carrera, donde se busca identificar las trayectorias más eficientes para el desarrollo profesional de los funcionarios. El algoritmo más comúnmente utilizado para este propósito es el algoritmo de *Dijkstra*, que funciona seleccionando iterativamente el nodo con la distancia más corta desde el nodo inicial y actualizando las distancias a los

nodos adyacentes. Este proceso garantiza que las distancias calculadas sean las más cortas posibles, proporcionando una visión clara de las rutas óptimas para el ascenso y la especialización dentro de la estructura organizacional. El análisis de caminos mínimos no solo facilita la planificación y gestión del talento humano, sino que también permite una toma de decisiones más informada en cuanto a la asignación de recursos y la formación de los funcionarios.

Para lograr esto, el sistema debe proporcionar información clara y detallada sobre las responsabilidades, requisitos y oportunidades de desarrollo asociadas a cada cargo recomendado, facilitando así una toma de decisiones informada. Además, debe incorporar mecanismos de retroalimentación que permitan ajustar las recomendaciones en función de las evaluaciones y desempeños previos del funcionario, a continuación, se muestra un ejemplo de la lógica del funcionamiento del algoritmo.

Grafica 3.
Lógica del algoritmo de grafos



El grafo representa las relaciones entre el cargo actual y seis posibles cargos futuros, utilizando un sistema de puntuación para determinar el “costo³” o dificultad de transición entre ellos. El cargo actual tiene una puntuación de 95 puntos, y cada uno de los seis cargos futuros tiene puntuaciones diferentes (80, 60, 97, 70, 89 y 45 puntos). La lógica del algoritmo consiste en restar la puntuación del cargo actual de la puntuación de cada cargo futuro, lo que permite identificar los cargos con menor “costo” de transición. En este caso, los cargos recomendados son el Cargo 3 (con -2 puntos), el Cargo 5 (con 6 puntos) y el Cargo 1 (con 15 puntos), ya que son los que presentan la menor diferencia de puntuación con relación al cargo actual. Este enfoque facilita la identificación de las rutas de carrera más accesibles y menos complejas para el desarrollo profesional.

■ Lógica del algoritmo de grafos en el Plan de Carrera

La lógica del algoritmo en el contexto del Plan de Carrera, parte de un cargo inicial (Cargo 1), en el cual el funcionario tiene un puntaje de calificación de acuerdo con el perfil del cargo. A partir de este punto, se identifican las posibles salidas ocupacionales, inicialmente referenciadas al grado del funcionario, posteriormente el funcionario se califica en varios cargos, y cada puntaje obtenido se resta del puntaje del cargo actual. Este proceso permite identificar el peso de las relaciones entre cada cargo, es decir, la dificultad o costo asociado para pasar de un cargo a otro. Como resultado,

3 En el contexto de la Teoría de Grafos, el “costo” asociado a las relaciones (aristas) entre los nodos (cargos) representa la dificultad, el tiempo requerido o cualquier otro factor que influye en la transición de un cargo a otro. En el Plan de Carrera de la Policía Nacional, este costo podría reflejar aspectos como la formación necesaria, la experiencia previa requerida, o la evaluación de desempeño necesaria para acceder a un cargo superior. Identificar y minimizar estos costos permite a los funcionarios y a la institución planificar de manera más eficiente las trayectorias profesionales, asegurando un desarrollo coherente y alineado con las necesidades y objetivos institucionales.

el sistema mostrará los cargos que tienen el menor peso, lo que significa que son los más accesibles o menos costosos para alcanzar desde el cargo actual. Esta metodología no solo facilita la toma de decisiones informadas sobre las rutas de carrera, sino que también optimiza la gestión del talento humano al identificar las trayectorias más eficientes y menos costosas para el desarrollo profesional de los funcionarios, a continuación, se muestra la fórmula matemática para la lógica del algoritmo:

■ Fórmula matemática

1. **G=(V,E)** un grafo dirigido y ponderado, donde:

- **V** Conjunto de nodos (cargos) en la estructura organizacional de la Policía Nacional.
- **E** Conjunto de aristas (transiciones entre cargos).
- $w(u,v)$ Función de peso que asigna un peso (costo) a cada arista $(u,v) \in E$. Este peso representa la diferencia de puntajes entre el cargo actual u y el cargo objetivo v .

2. Puntaje del cargo actual P_u

- P_u : Puntaje del cargo actual del funcionario.

3. Puntaje del cargo objetivo P_v

- P_v : Puntaje obtenido en la evaluación del cargo objetivo v .

4. Peso de la arista $w(u,v)$

- $w(u,v)=P_u-P_v$: Diferencia de puntajes entre el cargo actual u y el cargo objetivo v .

5. Distancia más corta $d[v]$

- $d[v]$: Distancia más corta conocida desde el nodo inicial u (cargo actual) al nodo v (cargo objetivo).

Inicialmente, $d[v]$ se establece en ∞ para todos los nodos excepto el nodo inicial u , donde $d[u]=\mathbf{0}$.

- $d[B]=\infty$
- $d[C]=\infty$

Después de aplicar la fórmula:

- $d[B]=PA-PB=100-90=10$
- $d[C]=PA-PC=100-80=20$

Esto indica que el cargo **B** es más accesible (menos costoso) desde el cargo **A** que el cargo **C**.

Fórmula matemática

La fórmula que representa la lógica del algoritmo es:

$$d[v] = \min(d[v], Pu - Pv)$$

Donde:

- **$d[v]$:** Distancia más corta conocida desde el cargo actual **u** al cargo objetivo **v**.
- **Pu :** Puntaje del cargo actual **u**.
- **Pv :** Puntaje obtenido en la evaluación del cargo objetivo **v**.

Interpretación en el contexto del Plan de Carrera

- **Nodos (V):** Representan los cargos en la estructura organizacional de la Policía Nacional.
- **Aristas (E):** Representan las posibles transiciones entre cargos.
- **Peso (w):** Representa la diferencia de puntajes entre el cargo actual y el cargo objetivo.

La fórmula identifica las rutas más eficientes y óptimas para el desarrollo profesional de los funcionarios, considerando tanto las aspiraciones personales como las necesidades institucionales. Además de las funcionalidades mencionadas, la herramienta del Plan de Carrera (PCP) deberá incluir un submódulo que permita a los funcionarios evaluarse para otros cargos. Este submódulo informará al funcionario sobre la dificultad (costo) o la viabilidad de alcanzar un cargo específico, y en caso de que sea costoso, le proporcionará recomendaciones detalladas sobre las acciones que debe tomar en términos de capacitación y formación. Estas recomendaciones estarán diseñadas para ayudar al funcionario a proyectarse y profesionalizarse con el objetivo de alcanzar el cargo deseado, siempre y cuando esta proyección esté alineada con las necesidades y beneficios de la institución.

Ejemplo práctico

Supongamos que tenemos un grafo con tres cargos: **A**, **B**, y **C**, donde:

- **A** es el cargo actual del funcionario con un puntaje **PA=100**.
- **B** y **C** son posibles cargos objetivo con **PB=90** y **PC=80**, respectivamente.

Inicialmente:

- $d[A]=0$

Resultados de la Investigación

El presente estudio, enmarcado en la implementación del Plan de Carrera de la Policía Nacional de Colombia, se centró en la identificación y análisis de rutas de carrera institucionales utilizando la Teoría de Grafos mediante la metodología CRISP-DM. Aunque la Policía Nacional cuenta con un aproximado de 2.000 cargos activos, dis-

tribuidos en más de 100 unidades policiales y un pie de fuerza superior a 190.000 funcionarios en diferentes categorías y grados, este estudio de caso trabajó con una muestra representativa de 109 cargos pertenecientes a tres direcciones clave: JESEP (Jefatura Nacional del Servicio de Policía), DIPOL (Dirección de Inteligencia Policial) y DITAH (Dirección de Talento Humano). Esta muestra permitió diseñar un prototipo funcional de visualización y análisis de rutas de carrera, con potencial de escalabilidad al resto de la institución.

Los resultados obtenidos mediante el modelamiento de grafos revelan los siguientes hallazgos:

- Representación y cobertura inicial: Los 109 cargos analizados corresponden al 5.5% del total institucional. Sin embargo, se logró establecer una red de 2.063 relaciones (aristas) entre estos cargos, lo que evidencia una alta conectividad dentro del subconjunto seleccionado. Estas relaciones reflejan posibles trayectorias profesionales viables entre cargos dentro de las rutas modeladas.
- Identificación de nodos de alta centralidad: El análisis de la red permitió detectar cargos con alta centralidad (mayor número de conexiones entrantes y salientes), los cuales funcionan como nodos estratégicos dentro de las rutas de carrera. Estos cargos facilitan la movilidad entre niveles jerárquicos y operativos, actuando como “puentes” funcionales que podrían ser priorizados en estrategias de formación y sucesión institucional.
- Distribución por unidad funcional: La mayor densidad de cargos analizados se concentra en JESEP (80 cargos, 73.4%), reflejando el peso operativo de esta unidad en la estructura institucional. DIPOL y DITAH aportan 13 y 16 cargos respectivamente, con rutas
- más especializadas. Esta distribución permitió observar diferencias en la estructura de las trayectorias, siendo las rutas de JESEP más lineales y las de DITAH y DIPOL más segmentadas o verticalizadas.
- Eficiencia de rutas y trayectorias óptimas: La implementación del algoritmo de Dijkstra para el análisis de caminos mínimos permitió identificar las trayectorias de menor “costo” (en términos de diferencia de puntajes o requisitos) desde un cargo inicial hacia posibles cargos destino. En este ejercicio, se verificó que al menos el 65% de las transiciones recomendadas por el algoritmo coinciden con las rutas identificadas por jueces expertos, validando la pertinencia del modelo.
- Creación de nuevas variables para análisis estructural: Se diseñaron variables adicionales como RUTA_FINAL, RELACION y GRADO_RELACION, que permitieron identificar y codificar las transiciones entre cargos, las rutas funcionales más frecuentes y los grados jerárquicos asociados. Esta codificación fue clave para la representación gráfica y para la detección de patrones de movilidad y agrupamiento.
- Detección de comunidades ocupacionales: A través del análisis de grafos se identificaron agrupaciones de cargos con mayor densidad interna (comunidades), lo que sugiere la existencia de clústeres de especialización dentro de cada dirección. Estas comunidades reflejan rutas ocupacionales relativamente cerradas, lo que podría limitar la movilidad transversal entre dependencias si no se interviene con políticas de rotación o formación cruzada.
- Visualización como herramienta de gestión: Las gráficas generadas con los nodos (cargos) y aristas (relaciones) permitieron representar rutas completas de ascenso, así como evaluar la

viabilidad de movimientos horizontales o diagonales. Esta herramienta facilita la toma de decisiones informadas por parte de los funcionarios y de los encargados de la gestión del talento humano, al visibilizar rutas posibles y su complejidad relativa.

■ Discusión de Resultados

El presente estudio representa un primer acercamiento al diseño y análisis de rutas de carrera en la Policía Nacional de Colombia mediante la aplicación de la Teoría de Grafos. A partir de una muestra de 109 cargos, distribuidos en tres direcciones (JESEP, DIPOL y DITAH), se construyó un modelo prototípico que permite visualizar trayectorias profesionales, establecer conexiones jerárquicas y analizar rutas óptimas de desarrollo funcional. Si bien los resultados obtenidos son relevantes y prometedores, es fundamental realizar una reflexión crítica sobre sus implicaciones, alcances y limitaciones.

Al igual que Ayele. (2020), quien adaptó la metodología CRISP-DM al contexto de la minería de ideas en procesos de innovación, y como ocurre en entornos industriales donde se controla la calidad mediante modelos predictivos basados en datos históricos Getachew et al. (2024), este estudio demuestra que la estructura ocupacional de una organización jerárquica también puede beneficiarse de enfoques analíticos estructurados. En particular, el uso combinado de CRISP-DM y teoría de grafos ha permitido desarrollar un modelo de rutas de carrera funcional, replicable y visualmente interpretable, que facilita la toma de decisiones estratégicas sobre la movilidad y proyección del talento humano institucional.

El modelo de grafos desarrollado en este estudio permite visualizar rutas posibles de movilidad funcional, lo que facilita la toma de decisiones institucionales. Esto coincide con lo planteado por Arcila-Calderón et al.

(2016), quienes destacan que la representación nodal y el análisis automatizado permiten descubrir relaciones ocultas y patrones estructurales en conjuntos de datos complejos. Para que el modelo de rutas de carrera propuesto tenga viabilidad institucional, debe integrarse con marcos normativos y culturales existentes. Como señalan Díaz Samper, Espinoza y Valencia. (2013), el enfoque humanista de la Policía Nacional exige que todo sistema de desarrollo profesional se centre en el fortalecimiento de competencias, la visibilidad del desempeño y la coherencia entre perfil, misión y servicio.

■ Valoración de los resultados y repercusiones institucionales

Los resultados evidencian que, incluso con una muestra reducida (5.5% del total de cargos existentes en la Policía Nacional), se pueden identificar patrones significativos de movilidad y establecer nodos estratégicos en la gestión del talento humano. Esto demuestra el potencial del enfoque basado en grafos como herramienta para la planificación del desarrollo profesional y la toma de decisiones en materia de formación, sucesión y promoción.

Desde una perspectiva institucional, la implementación de un modelo de rutas de carrera con base en datos podría generar mejoras sustanciales en la equidad de oportunidades, transparencia en los procesos de ascenso, y racionalización de los recursos destinados a la capacitación. Además, permitiría a los funcionarios proyectar sus trayectorias profesionales de forma informada y objetiva, contribuyendo a la retención del talento y al fortalecimiento del compromiso organizacional.

■ Conclusión

Los resultados del estudio permiten afirmar que **sí es posible aplicar la Teoría**

de Grafos de manera efectiva en el diseño de rutas de carrera institucionales. Esta metodología permitió representar cargos como nodos y las trayectorias profesionales como aristas, facilitando la visualización y análisis de las transiciones posibles entre puestos. A través de este enfoque, se logró construir un modelo funcional que permite simular rutas óptimas, identificar cargos de alta centralidad y analizar caminos mínimos, lo cual constituye una herramienta estratégica para la planificación y gestión del talento humano.

■ Fortalezas del estudio

- **Innovación metodológica:** El uso de la Teoría de Grafos y algoritmos como Dijkstra representa una innovación en el análisis de la movilidad funcional en organizaciones jerárquicas, permitiendo visualizar relaciones complejas entre cargos que no serían evidentes mediante estructuras tradicionales.
- **Prototipo funcional replicable:** El modelo desarrollado, aunque aplicado a tres dependencias, puede ser escalado a otras direcciones o incluso a todo el sistema institucional, integrándose con bases de datos del SIATH.
- **Automatización y visualización:** El sistema propuesto permite automatizar la generación de rutas, simular trayectorias de menor costo y representar visualmente la red ocupacional, facilitando la interpretación por parte de analistas y funcionarios.

■ Limitaciones del estudio

Cobertura limitada: La muestra de 109 cargos, si bien representativa para un prototipo, no refleja la complejidad total de

los cargos existentes. Esto limita la generalización de los hallazgos.

- **Dependencia de validación por jueces expertos:** Las rutas establecidas fueron definidas inicialmente mediante juicio experto, lo cual puede introducir sesgos institucionales o replicar prácticas históricas no necesariamente óptimas.
- **Falta de datos longitudinales:** El estudio no considera trayectorias históricas reales ni evalúa el impacto de la rotación, el desempeño o la duración en el cargo sobre la efectividad de las rutas.
- **Enfoque en cargos y no en personas:** El análisis se centra en la estructura ocupacional, pero no incorpora perfiles individuales ni variables de desempeño, lo que limita su capacidad predictiva.

■ Propuestas y retos para investigaciones futuras

Este trabajo plantea múltiples oportunidades para investigaciones complementarias, una línea futura de investigación podría consistir en aplicar medidas de irregularidad como las propuestas por Boaventura Netto. (2015), para evaluar la equidad, densidad y diversidad de las rutas de carrera dentro de la red institucional, aportando así un análisis estructural más profundo del sistema. A partir de esta base, se abren otras líneas de trabajo relevantes:

Validación empírica del modelo: Incluir datos longitudinales de movilidad real de funcionarios permitiría contrastar las rutas óptimas propuestas con las trayectorias efectivamente recorridas.

Ampliación institucional: Replicar este modelo en otras unidades policiales para lograr una cartografía completa de rutas de carrera institucionales.

- **Incorporación de inteligencia artificial:** Integrar algoritmos de aprendizaje supervisado para predecir trayectorias exitosas y personalizar recomendaciones formativas.
- **Estudio de perfiles individuales:** Analizar cómo las variables personales (formación, desempeño, competencias) afectan la movilidad dentro del grafo institucional.
- **Estudios comparativos:** Explorar la aplicabilidad del modelo en otras entidades públicas o fuerzas armadas, para contrastar estructuras organizacionales y patrones de carrera.
- **Propuestas institucionales:** Impulsar la motivación a través de paradigmas como el coaching y la inteligencia emocional, como propone Zambrano Hidrovo (2021), puede fortalecer el vínculo entre la visualización de rutas institucionales y la orientación personal del funcionario.
- **Integración de Machine Learning:** Integrar algoritmos de aprendizaje automático como el modelo GBT validado por Moreno Méndez et al. (2024) para anticipar patrones de movilidad y trayectorias exitosas, utilizando variables accesibles como perfil, formación, tiempo de permanencia y tipo de cargo, lo que fortalecería la gestión predictiva del talento humano.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la candidata a Doctora Olga Edilse Peña Sierra, Profesional en Derecho,

Especialista en Derecho Comercial y de los negocios, y Magíster en Calidad y Gestión Integral, por su invaluable apoyo como metodóloga en la estructuración del presente estudio de caso. Su experiencia en gestión organizacional en el sector público, planeación estratégica, investigación científica, formulación y gestión de proyectos, ha sido fundamental para el desarrollo y la calidad de este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Arcila-Calderón, C., Barbosa-Caro, E., & Cabezuelo-Lorenzo, F. (2016). Técnicas big data: Análisis de textos a gran escala para la investigación científica y periodística. *El Profesional de La Información*, 25(4), 623–631. <https://www.proquest.com/docview/2437378098/accountid=143348&parentSessionId=Jmsb%2BVoU0gQ1XI6I970GKVh%2Bop9rKPYdHsnN70I1%2FSk%3D&pq-origsite=primo&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- Ayele, W. Y. (2020). Adapting CRISP-DM for idea mining a data mining process for generating ideas using a textual dataset. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 11(6), 20–32. <https://www.proquest.com/docview/2655153697/accountid=143348&parentSessionId=3cp-MzhrA14Q%2Ffh%2BPECIP%2FxbH-GKgi4AL9rcw9geyZPmE%3D&pq-origsite=primo&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- Boaventura-Netto, P. O. (2015). Irregularidad de grafos: Discusión, extensiones de grafos y nuevas propuestas. *Revista de Matemática, Teoría y Aplicaciones*, 22(2), 293–310. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/matematica/article/view/20836/20968>
- Carvajal-Pérez, A. L. (2021). Gestión Actual del talento humano: contexto universitario. *Revista Nacional de Administración*, 12(2), e3914-. <https://>

- revistas.uned.ac.cr/index.php/rna/article/view/3914/5206
- Conesa Parras, N. (2023). *Ciencia de datos en el aula: proyecto de matemáticas y programación.* <https://recercat.cat/handle/2072/537099#page=1>
- Congreso de Colombia. (2021, 30 de diciembre). Ley 2179 de 2021. Por la cual se crea la categoría de patrulleros de policía, se establecen normas relacionadas con el régimen especial de carrera del personal uniformado de la policía nacional, se fortalece la profesionalización para el servicio público de policía y se dictan otras disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=177806>
- Del Río Cortina, A., & Velásquez Moreno, J. R. (2015). *Propuesta de análisis del talento humano a partir del pensamiento complejo.* <https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/ruct/article/view/229/pdf>
- Díaz Samper, G. A. J., Espinoza Ramírez, M., & Valencia Galvis, R. D. (2013). *El resonar público del talento humano.* <https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/ruct/article/view/7/6>
- Directiva permanente 05 de 2019: lineamientos para asegurar la calidad de los datos registrados en el Sistema de Información para la Administración del Talento Humano (SI-ATH).* (2019). Mindefensa. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/1218896040007231
- Espinoza Tinoco, L. M., Congacha Aushay, A. E., & Díaz Ordóñez, J. C. (2023). Calidad de datos con Python: Un enfoque práctico. *Esprint Investigación*, 2(2), 26-34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9698313>
- Feles, M., Combariza, G., Cervantes, D., Velásquez, Y., & Urrego, C. (2024).
- Optimización de recursos policiales en zonas comerciales de Bogotá: análisis geoespacial y estratégico de vulnerabilidades. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 16(3), 46-61. <https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/ruct/article/view/1988/2173>
- Franklin Sandoval Sucre, & Doris Pernate Chirinos. (2015). Modelo de gestión de perfiles de cargos por competencia bajo un enfoque ontológico. *Revista Visión Gerencial*, 2, 427-450. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545899010>
- Getachew, M., Beshah, B., Mulugeta, A., & Kitaw, D. (2024). Application of artificial intelligence to enhance manufacturing quality and zero-defect using CRISP-DM framework. *International Journal of Production Research*, 1-25. <https://www-tandfonline-com.mindfensa.basesdedatosproxy.com/doi/epdf/10.1080/00207543.2024.2407919?needAccess=true>
- Gomes, P. F. (2024). Uma introdução à Ciéncia de Redes e Teoria de Grafos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/GL-GWtVsYZ7zysCBc3Xktf6b/?lang=pt>
- González Bríñez, M. H. (2023). programas posgraduales de talento humano hoy. *Cuadernos Latinoamericanos de Administraciâon (En lnea)*, 19(37). <https://www.proquest.com/docview/2843633443?parentSessionId=djSIChNzACCJMsaEg8UoDRIWzNuCIKsqeayrn6s5vA%-3D&pq-origsite=primo&accountid=143348&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- González, José Luis. (2021). Métodos y estrategias de motivación: La clave del éxito en la gestión de personas. Editorial Alfaomega. https://www.google.com.co/books/edition/M%C3%A9todos_y_estrategias_de_motivaci%C3%B3n/B3n_la/y1fpEAAAQBA-J?hl=es-419&gbpv=1&dq=plan+labo

- rales+de+carrera&pg=PT31&printsec=frontcover
- Herrera Díaz, D. (2024). ANÁLISIS DETALLADO DE LOS PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS POR LEONHARD EULER PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE LOS PUENTES DE KÖNIGSBERG, SU RELACIÓN CON EL ORIGEN DE LA TEORÍA DE GRAFOS Y LOS OBJETIVOS DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA. *Tecnociencia*, 26(2), 126–140. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnocienca/article/view/5407/4225>
- Johanna, M. C. J., Belén, V. L. M., Ramón, V. M., & Viviana, L. Á. J. (2023). Análisis exploratorio de datos: Introducción a la programación vs inteligencias múltiples. *RISTI : Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, E63, 15-27. <https://www.proquest.com/docview/2904454945/fulltextPDF?pq-origsite=primo&accountid=143348&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- Johanna, M. C. J., Belén, V. L. M., Ramón, V. M., & Viviana, L. Á. J. (2023). Análisis exploratorio de datos: Introducción a la programación vs inteligencias múltiples. *RISTI : Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, E63, 237-250. <https://www.proquest.com/docview/2904389881/fulltextPDF?pq=-orbitsite=primo&accountid=143348&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- Llanos Reynoso, L. F. (2023). Los caminos de migrantes que pasan por México: análisis desde la Teoría de Grafos. *Migraciones Internacionales*, 14. <https://migracionesinternacionales.colef.mx/index.php/migracionesinternacionales/article/view/2581/2118>
- Martha Alles. (2012). Desarrollo del talento humano: Basado en competencias. Ediciones Granica. https://books.google.com.co/books?id=r6IQAgAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&pg=PA144&dq=plan+laborales+-de+carrera&hl=es-419-&source=newbks_fb&redir_esc=y#v=onepage&q=plan%20laborales%20de%20carrera&f=false
- Martha Alles. (2012). Selección por competencias. Ediciones Granica. https://www.google.com.co/books/edition/Selecci%C3%B3n_por_competencias/JqzDDQAAQBA-J?hl=es-419&gbpv=1&dq=rutas+laborales+de+carrera&pg=PT266&printsec=frontcover
- Martinez, W. L., Solka, J., & Martinez, A. R. (2017). *Exploratory Data Analysis with MATLAB* (Third edition., Vol. 1). Chapman & Hall. <https://ebookcentral-proquest-com.mindefensa.basesdedatoszproxy.com/lib/mindefensa/reader.action?docID=5475665&ppg=1>
- Méndez Lozano, F. J., Salazar Casallas, L. M., Rey Mejía, A. M., & Rubio Silva, A. A. (2021). *Modelo de Gestión del Talento Humano: eje para el desarrollo de la Autoridad Marítima Colombiana*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?docid=alma991299790507231&context=L&vid=57MDN_INST:MDN&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=any,contains,TALENTO%20HUMANO&offset=50
- MINDEFENSA. (2019). Guía para la estructuración del plan de carrera para oficiales, suboficiales y nivel ejecutivo de la fuerza pública.
- Misa, T. J. (Ed.). (2010). An Interview with Edsger W. Dijkstra. *Communications of the ACM*, 53(8), 41-47. https://www.researchgate.net/publication/220426527_An_Interview_with_Edsger_W_Dijkstra
- Molina, C., & Bonilla, V. (2024). Aplicación de la Metodología CRISP-DM en el Análisis de Gases Disueltos en Aceite Dieléctrico de Transformadores Eléctricos del Sector Eléctrico Ecuatoriano.

- Revista Técnica Energía (En Línea)*, 21(1), 12–21. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/635/923>
- Molina-Marím, G., Oquendo-Lozano, T., Rodríguez-Garzón, S., Montoya-Gómez, N., Vesga-Gómez, C., Lagos-Campos, N., Almanza-Payares, R., Chavarro-Medina, M., Goenaga-Jiménez, E., & Arboleda-Posada, G. (2016). Gestión del talento humano en salud pública. Un análisis en cinco ciudades colombianas, 2014. *Revista gerencia y políticas de salud*, 15(30), 108-125. <https://www.proquest.com/docview/2046773725/fulltextPD-F?pq-origsite=primo&sourcetype=-Scholarly%20Journals>
- Moreno Mendez, R., Marín, A., Ferrando, J. R., Rissi Castro, G., Cepeda Madrigal, S., Agostini, G., & Catalan Serra, P. (2024). Artificial Intelligence Applied to Forced Spirometry in Primary Care. *Open Respiratory Archives*, 6(Suppl 2), 100313–100313. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S265966362400016X?via%3Dihub>
- Navarrete Pilacuán, M. P., Andramunio Chuma, Y. M., Tadeo Tadeo, P. R., & Narváez Jaramillo, H. J. (2024). Modelación de perfiles por competencias en la gestión del talento humano: Modeling profiles by competencies in human talent management. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5. file:///Y:/19.%20DEIVY%20VANEGAS/PROYECTO%20PLAN%20DE%20CARRERA/INFORMES/articulos/Nueva%20carpeta/Dialnet-ModelacionDePerfilesPorCompetenciasEnLaGestionDelT-9768018.pdf
- Pedraza Romero, E. L., Montenegro-Marín, C. E., Herrera, F., Gaona, P., Díaz, D., & Castro, M. (2016). Variables más influyentes en la calidad del agua del río Bogotá mediante análisis de datos. <https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/ruct/article/view/258/276>
- Policía Nacional de Colombia, (2023). Resolución No. 2422 del 28 de julio del 2023, "Por la cual se diseña el Plan de Carrera para el personal uniformado de la Policía Nacional"
- Policía Nacional de Colombia, (2023). Resolución No. 4462 del 26 de diciembre del 2023, "Por la cual establece los lineamientos para la implementación de los Planes de Sucesión dentro de la Policía Nacional de Colombia"
- Puchades Cortés, V., Mula Bru, J., & Rodríguez Villalobos, A. (2008). Aplicación de la Teoría de Grafos para mejorar la planificación de rutas de trabajo de una empresa del sector de la distribución automática. *REVISTA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA ECONOMÍA Y LA EMPRESA*, (6), 7–22 <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2112/1681>
- Ramos Fernández, J. (2019). Aprendizaje automático para flujos de datos (Tesis de Máster). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2112/1681>
- Recuero, A. (1994). Aplicaciones de la teoría de grafos: búsqueda de caminos en una red y análisis de su conectividad. *Informes de La Construcción*, 46(433), 33–45. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1115/1199>