

## Methodological proposal for knowledge network exploration in a graph database of CENACE's Knowledge Management System

### Propuesta metodológica para la exploración de redes de conocimiento mediante una base de datos orientada a grafos de los datos del Sistema de Gestión de Conocimiento de CENACE

<sup>1</sup>P.K. Vásquez    <sup>2</sup>E.M. Nieto    <sup>3</sup>R.G. Sánchez    <sup>4</sup>J.C. Cepeda

<sup>1,2,4</sup> Operador Nacional de Electricidad, CENACE

E-mail: pvasquez@cenace.oeg.ec; mnieto@cenace.org.ec; jcepeda@cenace.org.ec

<sup>3</sup> CELEC EP-Coca Codo Sinclair  
gonzalo.sanchez@celec.gob.ec

#### Abstract

This paper presents a methodological proposal for data exploration through graph theory over the collected data from the knowledge management web platform of the National Electricity Operator, CENACE. For this proposal, knowledge management, human capital management and graph theory are the basis for creating knowledge networks. The gained latent knowledge through this methodology shall allow better decision-making in terms of management of human talent and knowledge. In order to discover latent information for each research topic, structural models have been created, which shall facilitate obtaining new insights. The methodology uses Neo4j Community Edition, a graph database whose applications let to find the relationships inside the data. The scientific contribution of this technical work lies in the exploration of data through a graphic methodology using structural models, which allows to validate existing data and to find latent information from knowledge networks. In future work, there will be available reports that allow generating added value in terms of knowledge management, creating a competitive advantage for the Institution

**Index terms**— Knowledge management, individual knowledge, organizational knowledge, data Exploration

#### Resumen

Este trabajo presenta una propuesta metodológica para la exploración de datos mediante la teoría de grafos de los datos recopilados a través de la plataforma web de gestión de conocimiento del Operador Nacional de Electricidad, CENACE. Esta propuesta considera la gestión de conocimiento, la gestión de capital humano y la teoría de grafos como base para crear redes de conocimiento. El conocimiento latente ganado a través de esta metodología permitirá una mejor toma de decisiones en lo referente a la gestión de talento humano y del conocimiento. A fin de descubrir información por cada tópico de investigación se han creado modelos estructurales, mismos que facilitarán la obtención de resultados. La metodología utiliza la base de datos orientada a grafos Neo4j Community Edition, que a través de sus aplicativos permite graficar las conexiones encontradas mediante los modelos estructurales. La contribución científica de este trabajo técnico radica en la exploración de datos a través de una metodología gráfica para la validación de los datos existentes y búsqueda de información latente de las redes de conocimiento. En trabajos futuros se podrá contar con reportes que permitan generar valor agregado en cuanto a la gestión del conocimiento, creando una ventaja competitiva para la Institución.

**Palabras clave**— Gestión de conocimiento, conocimiento individual, conocimiento organizacional, Exploración de datos

Recibido: 08-11-2020, Aprobado tras revisión: 11-01-2021

Forma sugerida de citación: Vásquez, P.; Nieto, M.; Roberto, R. (2021). "Exploración de datos mediante grafos del Aplicativo de Gestión de Conocimiento de CENACE para la fase de captura de conocimiento. Revista Técnica "energía". No. 17, Issue II, Pp. 153-163

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

© 2021 Operador Nacional de Electricidad, CENACE

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión del conocimiento es un aspecto muy importante a manejar por parte de las organizaciones debido a los cambios acelerados en las tecnologías y estructuras organizacionales. Para afrontar los nuevos desafíos que esta gestión implica, las organizaciones han tenido que realizar cambios en su política y estrategia corporativa para adaptarse e incrementar las competencias de sus colaboradores [1]. En este contexto, las ventajas competitivas sostenibles para los individuos y las organizaciones ya no son solamente las tierras, capital, mano de obra, energía u otros recursos, sino que el conocimiento<sup>1</sup> se ha convertido en un activo intangible muy valioso y fundamental para las organizaciones [2]. En la creación y acumulación de conocimiento participa la gestión de talento humano, entendiéndose talento como la suma de capacidades (competencias, y conocimientos) que aportan en la productividad de la organización [3].

El Operador Nacional de Electricidad CENACE, explota el conocimiento como su insumo más valioso por lo que, desde hace unos años, ha puesto en marcha el proyecto para la gestión de conocimiento de CENACE. En el año 2016 se realizó un Diagnóstico Situacional de la Gestión de conocimiento en CENACE, trabajo que concluyó en lo siguiente: “la Institución cuenta con los factores necesarios para implementar un proceso formal de Gestión de Conocimiento mediante una mejora continua en la gestión del talento humano, procesos, tecnología, liderazgo, compromiso de la alta gerencia y el desarrollo de una cultura de aprendizaje organizacional” [4]. En 2019, CENACE realiza la propuesta metodológica para gestionar la transferencia de conocimiento individual a la organización y lograr una gestión integral que pueda mitigar eventos relacionados con la rotación del personal, cambios tecnológicos y nuevas responsabilidades del colaborador [5].

La metodología propuesta en 2019 permite gestionar la Transferencia de Conocimiento individual a la organización y considera la gestión de conocimiento y la innovación como base para crear una cultura de aprendizaje y conocimiento organizacional. Seis actividades principales enmarcan esta metodología: a) incorporar o capturar, b) validar, c) almacenar, d) compartir, e) accionar y f) mantener el conocimiento. Con la metodología antes mencionada, se concluyó sobre “la importancia de plasmar un aplicativo computacional que gestiona el conocimiento individual, para realizar las primeras tres fases del modelo de gestión de conocimiento: incorporar, validar y almacenar el conocimiento con el fin de transformarlo en conocimiento organizacional” [5].

A partir de los resultados de [5], el siguiente paso es

definir la arquitectura para viabilizar una apropiada captura, validación y almacenamiento del conocimiento. En [6], por ejemplo, se propone una aplicación de base de datos basada en grafos para racionalizar los principales procesos de gestión del conocimiento. Se desarrolla un modelo de datos basada en grafos de propiedades para facilitar el modelo de proceso de conocimiento administrativo usando Neo4j<sup>2</sup>. En este trabajo se evidencia que las bases de datos relacionales basadas en grafos son una buena alternativa como componente central de un sistema de gestión del conocimiento. No obstante, el mencionado trabajo no define métricas para valorar la gestión de conocimiento, ya que dicho análisis implicaría desarrollos adicionales. Es importante mencionar que, la aplicación de estos conceptos aún no han sido explorados en ninguna institución o empresa del sector energético de Ecuador.

En el año 2020, el equipo de proyecto de Gestión de Conocimiento de CENACE ha trabajado en las fases de captura, validación y almacenamiento del conocimiento. A través de proyectos pilotos, se han obtenido los datos necesarios para realizar el análisis de la información capturada de los funcionarios de CENACE, y procesarlos mediante el análisis de redes, utilizando la teoría de grafos como base para el análisis estructural de las redes de conocimiento. El presente trabajo se enfoca en explicar la teoría y la proposición de índices o métricas para la evaluación de la topología de los diferentes modelos estructurales propuestos. Para esto, se despliega una base de datos basada en grafos, usando Neo4j, con los datos disponibles de la plataforma web de gestión de conocimiento de CENACE, utilizando los modelos estructurales por cada tópico a investigar.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta un marco teórico sobre teoría de grafos y su vinculación con la gestión de conocimiento. Seguidamente, se propone la metodología para la exploración de datos mediante grafos del aplicativo de gestión de conocimiento de CENACE. Posteriormente, se presentan los resultados de dicha metodología en la detección de relaciones usando Neo4j. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Teoría de Grafos

Con la finalidad de que el presente trabajo sea comprensible para aquellos lectores que no estén familiarizados con la teoría de grafos, en la siguiente sección se incluyen los conceptos generales y necesarios para el desarrollo de este trabajo.

<sup>1</sup> El conocimiento es un insumo creado y acumulado a través de un proceso denominado de aprendizaje organizativo [2]

<sup>2</sup> Neo4j: base de datos orientada a grafos (DBOG) de tipo NOSQL.



2.1.1. Conceptos generales

Un grafo simple es una colección de puntos llamados vértices  $V(G)$ , unidos por un conjunto de líneas llamadas aristas  $E(G)$ . Una línea que une dos vértices finales ( $u, v$ ) en  $V(G)$ , indica que dichos elementos son adyacentes y que existe alguna relación entre estos dos vértices finales. Una manera de denotar la relación existente entre  $u$  y  $v$ , será  $e = uv$  [7]. Las estructuras creadas por vértices y aristas son denominadas como redes [8].

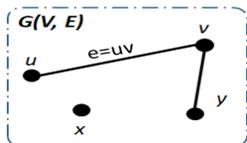


Figura 1: Grafo simple

El grado de conexión de un vértice, también conocido como vecindad, permite describir el grafo y las características de su topología [7]. En el grafo de la Fig. 1, el grado del vértice  $x$  es  $0$ , debido a que carece de conexiones. Para el caso del vértice  $v$  su grado es  $2$  por las conexiones con  $u, y$ . El concepto de vecindad queda denotado como:

$$N(v) = \{u \in V(G) | \{v, u\} \in E(G)\} \quad (1)$$

Donde  $N(v)$  es el conjunto de vértices  $u$  que tienen conexión con el vértice  $v$ .

Tipos de Grafos:

Los tipos de grafos explicados a continuación son aquellos necesarios para el desarrollo de este trabajo. Otros tipos de grafos son definidos con mayor detalle en [9][10][7]. En general, las conexiones en un grafo permiten establecer ciertas propiedades o características. Por ejemplo, se dice que un grafo es conexo si cada par de vértices está conectado por un camino. Entendiéndose como camino al conjunto de aristas que permiten la conexión entre dos vértices [7]. El subgrafo de la Fig. 1,  $G1 = \{u, v, y\}$  tiene un camino que permite la conexión entre ( $u, y$ ) a través del camino  $C = \{uv, vy\}$ . Por el contrario, un grafo disconexo, será aquel que no contenga las aristas necesarias para conectar a todos los vértices que le pertenece. En la Fig. 1, el subgrafo  $G2 = \{x\}$  es un grafo disconexo al no tener conexión con ningún otro vértice, esto implica que el grafo general  $G = \{G1, G2\}$  sea también un grafo disconexo.

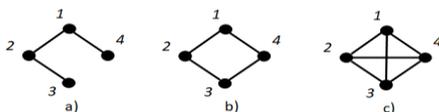


Figura 2: Tipos de grafos según su conectividad: a) conexo, b) doblemente conexo, c) fuertemente conexo - grafo completo

La Fig. 2, muestra tipos de grafos de acuerdo a su conectividad: a) Un grafo conexo, donde todos sus vértices tienen un camino que los conecta, b) un grafo doblemente conexo, ya que por cada par de vértices en el

grafo existen por lo menos dos caminos disjuntos que los une, así al excluir un vértice del grafo, el grafo resultante no puede ser un grafo disconexo; y, c) un grafo fuertemente conexo y completo, donde las conexiones son fuertes ya que se puede establecer una relación de equivalencia para cada uno de sus vértices, y que, en el caso de ser completo, tendrá todas las conexiones posibles entre vértices [7].

La ecuación 2 determina el número de posibles aristas existentes en un grafo completo, donde  $n$  es el número de vértices en el grafo.

$$\#E_{completo} = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2)$$

Grafo bipartito:

Un grafo bipartito está expresado como  $G = \{V1, V2, E\}$ ; donde  $V1$  y  $V2$  son dos conjuntos de vértices disjuntos y no vacíos, véase Fig. 3. En esta condición cada arista existente permite la conexión de un vértice de  $V1$  con un vértice de  $V2$ , y no existe una conexión entre vértices del mismo grupo. Este grafo es muy útil para describir conexiones entre dos conjuntos de elementos diferentes [7].

El número de conexiones posibles en un grafo bipartito está dado por la expresión, en la ecuación 3, donde  $m$  es el número de vértices del grupo  $V1$  y  $n$  es el número de vértices en el grupo  $V2$ .

$$\#E_{bipartito} = mn \quad (3)$$

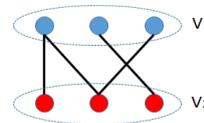


Figura 3: Grafo bipartito

Atributos y características en un grafo:

Colocar atributos o características permiten enriquecer el significado de un grafo. De esta manera, el incluir atributos como ponderación, etiquetado o el sentido de la relación, permitirá al investigador realizar una representación más realista del fenómeno, evento o problema que desea resolver o representar. [9] [7]

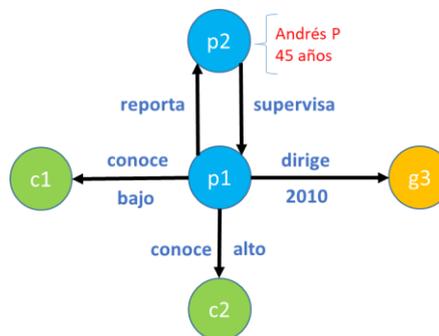


Figura 4: Grafo enriquecido de etiquetas y/o atributos

La Fig. 4. es la representación de una estructura organizacional simple en el que 2 personas interactúan



(p1, p2) de manera bidireccional. Su interacción se encuentra definida por un grafo de tipo direccional. En éste, se muestra que la persona p2 supervisa el trabajo de p1; y p1 reporta su trabajo a p2. La Fig. 4. muestra también que la persona p1 dirige la gerencia g3 desde el año 2010 con conocimientos c1 y c2, los cuales son bajo y alto, respectivamente. Los atributos de color azul son los que definen la relación entre vértices, mientras que los atributos de color rojo son los atributos de cada vértice. Nótese que para este ejemplo sólo se han colocado atributos en la persona p2.

Para motivos de este trabajo, los grafos enriquecidos de etiquetas y/o atributos representarán de manera lógica e intuitiva la red institucional de CENACE. Se abordará el problema de gestión de conocimiento mediante la exploración de grafos de este tipo y se analizarán las estructuras de topologías<sup>3</sup> encontradas en los datos capturados en las fases de captura, validación y almacenamiento del conocimiento [5].

### 2.1.2. Métricas de caracterización de grafos

Establecer métricas que permitan caracterizar un grafo dependerá del tipo de problema a resolver o del tipo de grafo estudiado [10]. Varias han sido las métricas propuestas por los autores para el análisis de grafos en la literatura [11][9][10].

Para propósitos de este trabajo, se listan a continuación las más comunes: 1. métricas básicas (conteo de vértices e índices), 2. métricas de grado (número de aristas entrantes o salientes de un vértice), 3. métricas de distancia (camino corto entre vértices), 4. métricas de conectividad (número de vértices/aristas independientes entre dos vértices), 5. métricas de centralidad (distancia promedio entre vértices), 6. métricas de reciprocidad y transitividad (relación de aristas que establecen una relación recíproca entre vértices), 7. métricas de semejanza (evalúa la similitud entre dos grafos) [10].

### 2.1.3. Modelo estructural

Los modelos estructurales “exponen las características o atributos y los modelos de ecuaciones estructurales, las etapas de construcción, especificación, identificación, estimación de parámetros, evaluación del ajuste, re-especificación del modelo y la interpretación de resultados” [12]. Asimismo, estos permiten el análisis factorial exploratorio y confirmatorio para la construcción de modelos.

Cabe señalar que, el empleo y desarrollo de modelos dentro de una teoría ayuda a su formalización y potencia

la consistencia interna. Esta tarea constituye una aproximación metodológica bastante definida a la realidad social [13].

El estudio de modelos estructurales está enfocado en la obtención de resultados a futuro, ya sea a efectos de control metodológico (como parte de un diagnóstico del ajuste), o como finalidad del modelado. Por ello, el modelar implica el descubrir pautas regulares y sistemáticas en los datos, de modo que permitan construir un modelo matemático que explique las relaciones conocidas entre los fenómenos sociales. [13]

### 2.2. Aplicación de la teoría de grafos en la gestión de conocimiento

Varios conceptos de la teoría de grafos han servido para explicar fenómenos sociales en al menos las últimas nueve décadas [14][15][8]. Existen suficientes evidencias que demuestran que el analizar estructuras sociales y organizacionales mediante grafos es el enfoque más adecuado para comprender temáticas complejas [16] [9][17][6]. Sin embargo, dicho enfoque no ha sido desarrollado en su totalidad debido a que las tecnologías que permitirían su aplicación han sido escasas [6]. Con el apareamiento de nuevas tecnologías emergentes, la aplicación de la teoría de grafos en temáticas complejas, como la gestión de conocimiento, se han visto viabilizada a través de aplicación de base de datos orientadas a grafos. Investigaciones referentes a cómo las bases de datos orientadas a grafos pueden soportar prácticas de gestión del conocimiento aún siguen siendo escasas [6].

En lo referente al intercambio de conocimiento dentro de una organización, en [18] evaluaron el papel que desempeña el intercambio de conocimientos dentro de una empresa. En este trabajo demostraron una correlación positiva entre el éxito de sus operaciones de negocio, el intercambio eficaz de conocimiento y la colaboración de sus empleados para la industria de seguros finlandesa entre 1996 y 2000. Por otra parte, [19] indicó que el mapeo de los ejes de conocimiento<sup>4</sup> en las redes sociales produce intervenciones sociales y técnicas específicas que los gerentes pueden emplear para mejorar la capacidad de una red para crear y compartir conocimiento. Este estudio, efectuado en un consorcio de 500 compañías y organizaciones gubernamentales, permitió estudiar los aspectos sociales de la gestión del conocimiento, el desarrollo empírico para identificar las características relacionales que facilitan la creación y transferencia de conocimiento, así como la comprensión de intervenciones sociales y técnicas efectivas para mejorar la creación y el intercambio de conocimiento en redes organizacionales [19].

<sup>3</sup> El análisis topológico considera las relaciones que existen entre vértices y aristas sin tomar en cuenta las distancias o direcciones. Los conceptos topológicos son fundamentalmente construcciones mentales que permiten identificar la interacción entre los individuos [9].

<sup>4</sup> 1) Saber lo que saben los demás; 2) Tener acceso al pensamiento de otras

personas; 3) gente dispuesta a participar activamente en la resolución de problemas; y 4) una relación segura para promover el aprendizaje y la creatividad [19]

La aplicación de base de datos basada en grafos para racionalizar los principales procesos de gestión del conocimiento, como ya se mencionó, se propone en [6].

### 2.3. Captura del Conocimiento y Gestión del Capital Humano

Para el presente trabajo técnico, se realizó la revisión de literatura existente relacionada con el Conocimiento, la Gestión de Conocimiento y la Gestión del Capital Humano. A continuación, se describen conceptos importantes relacionados con esta concepción.

#### 2.3.1. Conocimiento

“El conocimiento es información combinada con la experiencia, el contexto, la interpretación y la reflexión. Este tipo de información, muy valiosa, permite la toma de decisiones y acciones” [2].

De lo expresado en la definición anterior, el conocimiento no es únicamente la disponibilidad de información (mucho menos es el almacenamiento de datos), sino que éste contempla necesariamente la interpretación que le dan los seres humanos a esta información y cómo ésta es asimilada, transmitida y principalmente aplicada para mejorar sus condiciones de vida. Esta conceptualización necesariamente se traslada a las organizaciones [4].

La captura de conocimiento puede entenderse como el conjunto de operaciones encaminadas a la identificación y extracción del conocimiento residente en la mente de los miembros de la organización (conocimiento como capital humano) para ponerlo al alcance del resto de la comunidad que lo necesite y transformarlo en un conocimiento organizacional [20].

#### 2.3.2. Gestión del Conocimiento

La Gestión de Conocimiento en una organización se entiende como la disciplina que se encarga de estudiar el diseño y la implementación de sistemas cuyo principal objetivo es que todo el conocimiento tácito, explícito, individual, interno y externo involucrado en la organización pueda transformarse y convertirse, sistemáticamente, en conocimiento organizacional o corporativo. Al ser accesible y poder ser compartido, permite que aumente el conocimiento individual de todos sus miembros y que esto redunde directamente en una mejora de la contribución de esos sujetos en la consecución de los objetivos que persigue la propia organización [20].

En el mundo globalizado de hoy, la gestión del conocimiento se ha convertido en una herramienta fundamental para lograr el crecimiento económico, el desarrollo empresarial, la gestión del capital humano y la ventaja competitiva. Por tanto, la captura de conocimiento (conocimientos individuales, habilidades, competencias y lecciones aprendidas) está relacionada

con los procesos de la institución. Con esta premisa, se puede indicar que existe una relación directa entre los atributos individuales y los atributos organizacionales que se les otorgue a los nodos en la exploración de datos. [21]

#### 2.3.3. Gestión del Capital Humano

En el conocimiento se involucra la gestión de talento humano [3]. El conocimiento se basa en datos e información, pero, a diferencia de éstos, siempre está ligado a las personas; forma parte integral de los individuos y representa las creencias de éstos acerca de las relaciones causales [22].

El conocimiento se puede definir como la combinación de experiencia, saber hacer, valores, información, percepción e ideas que crean un marco mental que ayuda a las personas a evaluar y generar nuevas ideas, conocimientos y experiencias [20]. El capital humano juega un papel clave en el conocimiento, ya que agrega valor a los conocimientos y habilidades de las personas de la organización, y la capacidad de generarlos es útil para lograr la misión de la organización [21].

En términos generales, el Capital Humano se refiere al conocimiento individual adquirido por las personas, mismo que aumenta su productividad y agrega valor a su desempeño y contribución a la Institución.

Cabe indicar, que a pesar de estar relacionadas la gestión del conocimiento, la gestión de proyectos y la gestión del capital humano, las competencias técnicas y conductuales son algo independientes de las actitudes y habilidades de un individuo en el desempeño de sus tareas. Si bien es necesario poseer conocimiento, también es necesario saber transferirlo para crear valor en la organización, y es aquí donde las competencias conductuales juegan un papel fundamental en la cadena de creación de valor y se puede constatar que el activo intangible fundamental de una institución es el capital humano [21]. En este contexto, una adecuada arquitectura informática que permita capturar, validar y almacenar el conocimiento es fundamental, siendo algo indispensable que además se logre estructurar una red que brinde información de cómo se relacionan los individuos según sean sus roles y conocimientos.

### 3. METODOLOGÍA PARA LA EXPLORACIÓN DE DATOS MEDIANTE GRAFOS DEL APLICATIVO DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO DE CENACE

La naturaleza de las redes sociales, organizacionales y de conocimientos de una empresa puede ser altamente relacionada debido a las posibilidades de conexión entre los individuos que las componen. Los individuos de una organización saben de manera intuitiva que la coordinación y el trabajo a menudo ocurren como producto de relaciones informales y no necesariamente a



través de canales jerárquicos tradicionales o políticas y procedimientos establecidos [19]. Estas estructuras naturales de organización, cooperación y transferencia de conocimiento, sugieren que su representación no sea en estructuras rígidas como listas, tablas o matrices, sino que, de manera intuitiva, sugiere el uso de grafos para la exploración de las diferentes relaciones existentes [8] [19][9].

La metodología propuesta en este trabajo se apoya en los conceptos previamente citados y emplea la teoría de grafos para el análisis de la red social, organizacional y de conocimientos de CENACE. Para ello, utiliza como fuente los datos de los funcionarios, que son capturados a través del aplicativo web de gestión de conocimiento de CENACE [5]. Estos datos, que son almacenados en bases de datos estructuradas, son transformados en diferentes grafos, de acuerdo a un modelo estructural, para poderlos visualizar y analizar en diferentes ambientes de exploración.

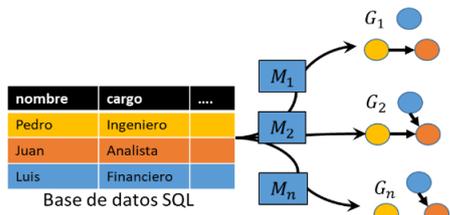


Figura 5: Transformación de datos estructurados a grafos de acuerdo a los modelos estructurales M1, M2 y Mn

La Fig. 5 ejemplifica la transformación de datos estructurados a grafos. En el ejemplo, el modelo estructural M<sub>1</sub> enfoca la relación existente entre Pedro y Juan, mientras que el modelo estructural M<sub>n</sub> enfoca la relación entre Luis y Juan. De manera general, cada modelo estructural tendrá un diferente enfoque para el análisis y, por ende, por cada modelo estructural se obtendrán diferentes grafos que estarán acotados a lo que el modelo estructural desee mostrar.

En la proposición planteada en este trabajo los modelos estructurales permitirán enfocarse en aspectos relevantes de una temática; por ejemplo, social, organizacional, de conocimiento, formación, etc. Los modelos estructurales usados para la exploración de los datos capturados se describen en la sección 3.1.

Conforme se siga implementando las fases de captura, validación y almacenamiento del conocimiento capturando datos de los funcionarios, algunas de las métricas explicadas en la sección 2.1 pueden irse aplicando para la caracterización de los grafos resultantes. En base a la teoría revisada, las métricas de grado de vértices permitirán conocer las debilidades y/o fortalezas de estructuras de redes existentes en CENACE. Por otro lado, la métrica de conectividad permitirá conocer el grado de conectividad entre elementos de interés. Para propósitos del presente trabajo se proponen un índice que permita evaluar el nivel de conectividad y de diversificación de la red de conocimiento.

**Métrica de grado de capacitación:**

Si definimos un grafo bipartito, en el cual el conjunto V<sub>1</sub> corresponde a las capacitaciones requeridas para un cargo de un funcionario, y el conjunto V<sub>2</sub> correspondiente a las personas que ejercen el cargo analizado, el grado de capacitación queda definido como:

$$G_{capacitación} = \frac{|{(u,v) \in E(G)}|}{mn} \quad (4)$$

Donde el numerador es la cantidad de aristas existentes y el denominador es la cantidad de aristas posibles, definida en la ecuación 3.

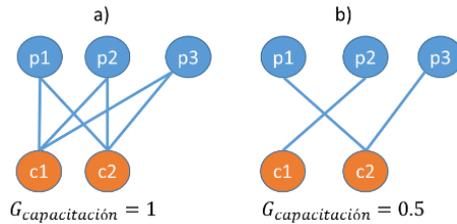


Figura 6: Grado de capacitación: a) conectividad total, b) conectividad parcial

La Fig 6. ejemplifica la métrica de grado de capacitación. En el caso a) los tres funcionarios del cargo analizado tienen un conocimiento total para ejercer el cargo. Para el caso b) los funcionarios tienen un conocimiento parcial para ejercer el cargo.

**Métrica de diversificación del conocimiento:**

Si definimos un grafo tripartito, en el cual el conjunto V<sub>1</sub> corresponde a las capacitaciones requeridas para un cargo de un funcionario, el conjunto V<sub>2</sub> correspondiente a las personas que ejercen el cargo analizado, y el conjunto V<sub>3</sub> como aquellas capacitaciones adicionales que dispone el funcionario en otros ámbitos, la diversidad del conocimiento para este funcionario queda definido como:

$$G_{diversificación} = \frac{|{(u,v) | v \in V_3(G)}|}{|{(u,x) | x \in V_1(G)}|} \quad (5)$$

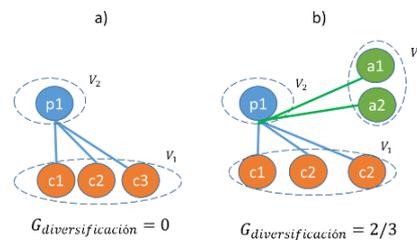


Figura 7: Relación entre capacitaciones y el cargo analizado

En la Fig. 7, el numerador es la cantidad de aristas existentes que conectan a vértices en V<sub>3</sub> y el denominador es la cantidad de aristas existentes que conectan con vértices V<sub>1</sub>. Es decir, la relación entre las capacitaciones adicionales del funcionario y las necesarias para ejercer el cargo analizado.

### 3.1. Modelos estructurales propuestos

La exploración de datos del conocimiento corporativo obtenidos a partir de una base relacional generada por el aplicativo de Gestión de Conocimiento de CENACE a una metodología gráfica en Neo4j, permite obtener información accesible, de gran impacto, de fácil entendimiento, y realizar correlaciones que permitan elaborar análisis e interpretación de resultados, generando aportes significativos a la captura del conocimiento individual y poder transformarlo en conocimiento organizacional. Con el fin de obtener los resultados antes señalados el equipo de Proyecto de Gestión de Conocimiento estructuró cuatro modelos. Cabe señalar, que los modelos responden a información seleccionada para el caso de estudio, los administradores funcionales de la herramienta podrán desarrollar nuevos modelos en base al nivel de complejidad y detalle que se requiera analizar dentro del modelo de gestión de conocimiento y capital humano; todos los nodos identificados cumplen la misma lógica de búsqueda.

- **Información Personal:** relación entre los atributos personales del funcionario y las características institucionales, ver Fig.8.

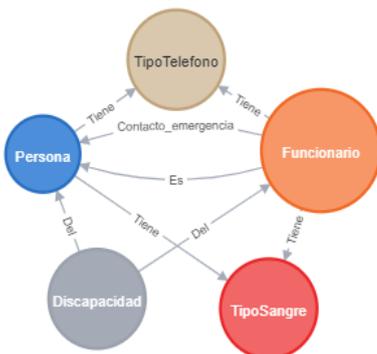


Figura 8: Modelo Información Personal

- **Información Académica:** relación existente entre la formación, el nivel de instrucción y área de conocimiento, ver Fig. 9.

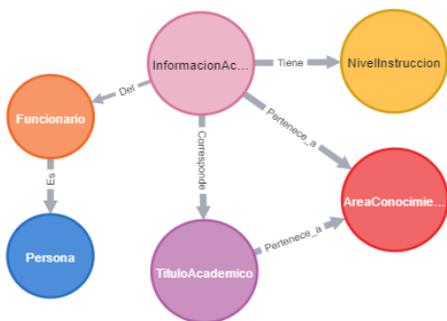


Figura 9: Modelo Información Académica

- **Información de Capacitación:** relación existente entre el área de conocimiento y el desarrollo o nivel de competencia técnica o conductual (alto, medio, bajo), ver Fig. 10.

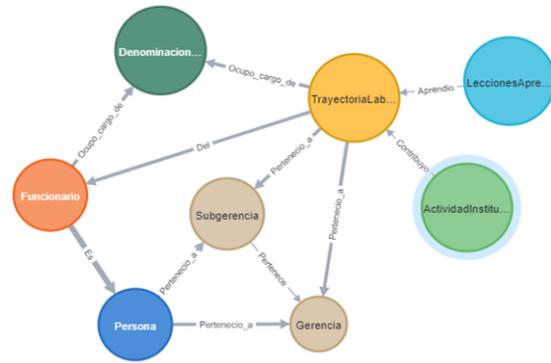


Figura 10: Modelo Información Trayectoria Institucional

- **Información Trayectoria Institucional:** relación existente entre el área de conocimiento y la experiencia laboral institucional, entendiéndose, que el funcionario adquirió experticia en sistemas informáticos, proyectos, actividades institucionales diversas, lecciones aprendidas publicaciones y transferencia de conocimiento en cada una de las Gerencias o Subgerencias de la Institución, ver Fig. 11.

## 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EXPLORACIÓN DE DATOS EN NEO4J

### 4.1. Análisis de datos

En base a la teoría revisada, la mejor forma de observar las relaciones entre entidades de interés recae directamente en el uso de grafos. Estas estructuras también pueden ser evaluadas con fines de establecer debilidades y/o fortalezas de una topología existente. Para propósitos del presente trabajo se proponen dos índices que evalúan el nivel de conectividad y de diversificación de la topología.

Adicionalmente, se incluye a los modelos el concepto de enlaces fuertes y débiles, con el fin de identificar las características más importantes de la topología institucional. Cabe resaltar que, al estar en una época en la que se habla de redes de equipos, automáticamente, viene a la imaginación que se esté usando un gráfico. Las redes de conocimiento, sociales, etc. pueden ser evaluadas en lo que al análisis de datos se refiere.

Una vez identificada la necesidad de graficar las conexiones encontradas en el análisis de datos sociales, se investigó acerca de la base de datos que permita desarrollar relaciones, seleccionando la base de datos de gráficos de Neo4j, misma que es un modelo de gráfico de propiedades etiquetado, no relaciones sino propiedades, en la cual no hay necesidad de inferir conexiones, usando procesamiento fuera de banda o claves externas.



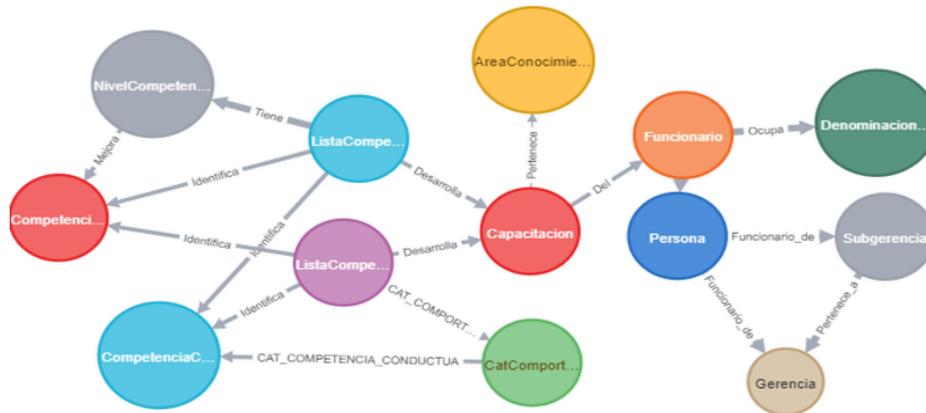


Figura 11: Modelo Información de Capacitación

Se utilizó la herramienta Neo4j para la construcción de los modelos antes mencionados, la analítica de los datos depende de la comprensión y alcance que se les desee brindar por parte del usuario funcional del aplicativo de Gestión de conocimiento, para este caso en particular es el equipo del proyecto. En las siguientes figuras (12, 13 14 y 15), se detallan los principales resultados a obtener mediante la herramienta gráfica Neo4j, los cuales fueron identificados por el equipo de proyecto en base a los subsistemas de la gestión de talento humano, con el fin de obtener resultados que generen valor agregado para una mejora en el capital humano.

#### 4.2. Descripción de modelos estructurales gráficos

En base a las premisas enunciadas en el marco teórico y los modelos desarrollados, a continuación, se presentan los resultados de los modelos citados anteriormente, con ello se pretende mejorar el entendimiento del análisis de datos sociales mediante la teoría de grafos. Para el caso de la **información personal**, se han considerado atributos personales e institucionales, mismos que se ven reflejados en los nodos, y permiten conocer información específica de grupos relacionados. Por ejemplo, en caso de presentarse una emergencia, el modelo permite conocer el contacto de emergencia, teléfono y tipo de sangre específico, para entregar una adecuada atención primaria, con el fin de optimizar y mejorar la búsqueda de información relevante, ver Fig. 12.

Para el caso de **información académica**, se puede observar en la Fig. 13, la relación entre los nodos del funcionario, nivel de formación y área de conocimiento. Como ejemplo, se visualiza que las funcionarias Nieto y Vásquez tienen una instrucción de cuarto nivel en Dirección de Operaciones y Gestión de Talento Humano, respectivamente, mismas que pertenecen al área de conocimiento “Administración de Empresas”, creándose así una relación entre las funcionarias.

Para el caso de **capacitación**, el ejemplo propuesto es la identificación de capacitaciones comunes de los funcionarios, conocer las áreas de conocimiento que se están fortaleciendo en la Institución y el aporte que éstas

tienen dentro del nivel de la competencia técnica o conductual de cada funcionario. Esto permitirá obtener redes de conocimiento similares, que, en un futuro, permitirá identificar personal altamente capacitado en temas especializados, quienes podrían convertirse en instructores internos, replicar capacitaciones de interés institucional y formar backups mediante una gestión de conocimiento personalizada, no basada en datos o información sino en una transferencia directa de conocimiento y experiencias, ver Fig. 14.

Para el caso de **trayectoria laboral institucional**, se puede observar en la Fig. 15, la relación entre los nodos del funcionario, trayectoria institucional (actividades institucionales, lecciones aprendidas, sistemas informáticos) en las áreas internas de CENACE y área de conocimiento. Como ejemplo, se visualiza que las funcionarias Nieto y Vásquez han tenido una trayectoria en diferentes áreas de la Institución, adquiriendo conocimientos específicos en diferentes aristas, lo cual otorga una ventaja competitiva para que se pueda desenvolver en diferentes ámbitos. Para este caso, las competencias y conocimientos adquiridos apalancan la pertenencia de las funcionarias a una misma área responsable de la Gestión Estratégica Institucional. Cabe resaltar, que este modelo, es el que más aporta a la Gestión de Conocimiento para convertir el conocimiento y experiencia individual en un conocimiento organizacional, que debe ser transferido mediante un proceso de gestión de conocimiento integral.

#### 4.3. Cálculo de las métricas

La Fig. 16 nos permite ejemplificar el cálculo de los índices de grado de capacitación y diversificación del conocimiento. Se ha seleccionado el área de conocimiento de “Ingeniería” orientada a la adquisición de datos de Servicios de Tiempo Real de CENACE. En este caso, dos funcionarios desempeñan el mismo cargo. Para ejercer el cargo se requiere del conocimiento de protocolos de comunicación, con el fin de obtener los datos del SCADA/EMS de CENACE. Los protocolos requeridos son aquellos en color verde, mientras que aquellos adicionales están en color azul.



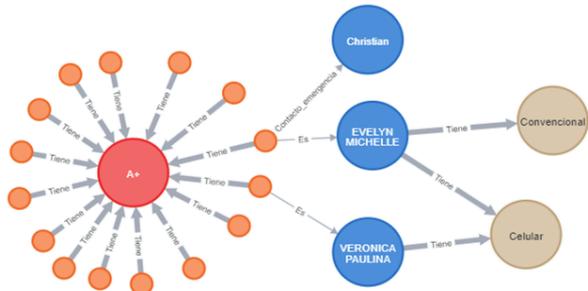


Figura 12: Resultados Caso 1: Modelo Información Personal

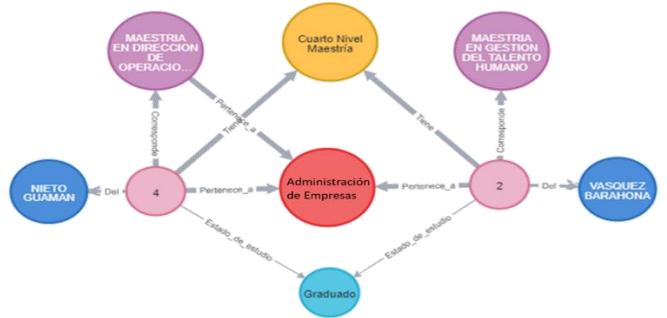


Figura 13: Resultados Caso 2: Modelo Información Académica

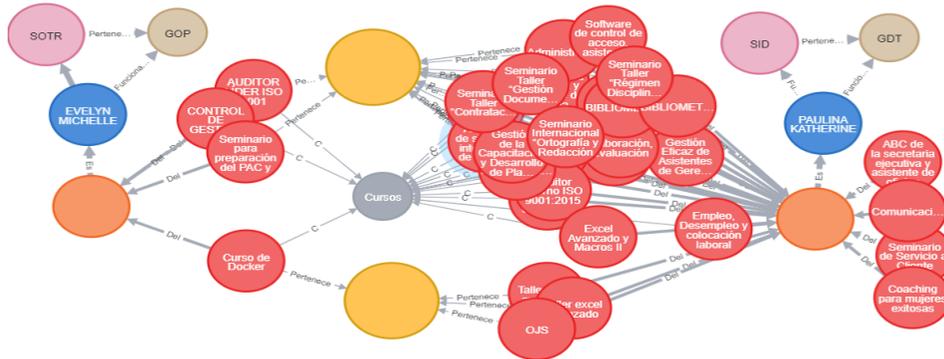


Figura 14: Resultados Caso 3: Modelo Información de Capacitación

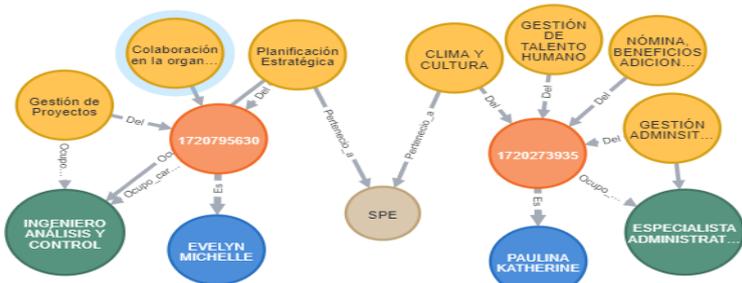


Figura 15: Resultados Caso 4: Modelo Trayectoria Institucional

El total de protocolos a conocer es de 8, de los cuales el F1 tiene conocimiento total. Por el contrario, el funcionario F2 aún no conoce 2 de estos protocolos. Sin embargo, el funcionario F2 tiene conocimiento de 3 protocolos adicionales no requeridos para el cargo que desempeña. El índice de capacitación de esta área es  $14/16 = 0.875$ , el índice de diversidad del funcionario F1 es cero (0) mientras que el índice de diversidad del F2 es  $3/8 = 0.375$ . El promedio del índice de diversidad para esta área sería  $0.375/2 = 0.187$ .

Los índices calculados permiten cuantificar el grado de capacitación de un área de conocimiento, adicionalmente, mediante el uso de grafos, se puede identificar de manera intuitiva la red de conocimiento de un cargo estudiado.

En este caso, el protocolo RP570 es un protocolo que está cayendo en desuso por lo que dentro de algunos años ya no formará parte de los protocolos requeridos para este cargo. El protocolo IEEE C37.118 es un protocolo más

complejo y realizar capacitaciones en este protocolo puede ser escaso, por lo cual el F1 puede transmitir su conocimiento hacia F2.

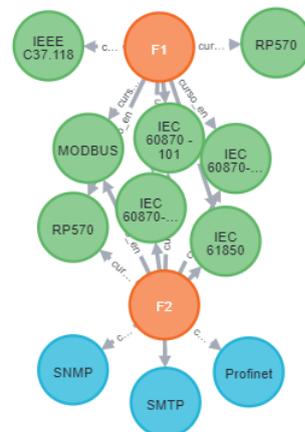


Figura 16: Resultados Caso 4: Modelo Trayectoria Institucional



El área de conocimiento tiene un índice de diversidad mayor a cero por lo que pudiera eventualmente involucrarse en proyectos nuevos. Este índice demuestra que existe personal que cuenta con competencias técnicas adicionales a lo requerido, lo cual les permite ser agentes de cambio e innovación en la institución.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para la Fase de Captura del Conocimiento, el Equipo de Proyecto ha considerado que el análisis de redes sociales permite contar con un mapeo de toda la población de CENACE. Desde el punto de vista metodológico de la teoría de grafos, las combinaciones posibles dependen del nivel de especificidad que se desee conseguir y analizar.

Los modelos mencionados en este documento están directamente relacionados con los subsistemas de la gestión de talento humano, y permiten obtener resultados que agregan valor para la Gestión del Conocimiento. Es así que, en lo que respecta a la Selección, Capacitación o Aprendizaje, Evaluación de Desempeño, Identificación de Personas Claves y Conocimiento Organizacional, permiten capturar la mayor cantidad de información personal e institucional para conocer la brecha entre el desarrollo personal y el puesto que ocupa o se aspira.

La información que se ingresa en el aplicativo, por parte de los funcionarios, debe ser completa y veraz, para asegurar la calidad de la información y cumplir con las fases de captura, validación y almacenamiento del conocimiento, este insumo permitirá realizar un análisis de datos confiable y que aporte a la Gestión de Conocimiento institucional.

Cuando se cuenta con información relacionada mediante grafos, se obtienen datos sencillos o relevantes que antes eran difíciles de conocer e investigar en una base de datos de tipo relacional. El análisis de redes organizacionales es un tema muy importante, debido a la rapidez en la que se puede encontrar la información requerida y visualmente fácil de entender y relacionar.

La metodología propuesta permite mantener una correlación entre los planes estratégicos de la organización y los objetivos personales de los funcionarios; es necesario analizar y determinar las capacidades y proyectos tanto organizacionales como de las personas, con la finalidad de hacer un diagnóstico de las brechas detectadas, tomando conciencia de que algunos problemas serán más fáciles de solucionar que otros. Asimismo, esto permitirá tomar decisiones que contribuyan al desarrollo personal e institucional, logrando tener un personal motivado, altamente capacitado y comprometido con la Institución por el equilibrio existente entre la relación persona-trabajo.

Para el cálculo de los indicadores (Gamma, Diversidad, Enlace Débil y Fuerte) se debe verificar el tipo de conexiones que se generan en el modelo analizado, en este trabajo se ha podido evidenciar, que

dentro de los cuatro modelos realizados es factible realizar el cálculo cuantitativo y cualitativo de las relaciones y de esta forma asegurar que la calidad de los modelos esté acorde a la información.

En trabajos futuros referentes a la teoría de grafos, caso práctico de CENACE, se estructurarán informes avanzados que generen análisis de tendencias, o puntos de referencia, basado en las relaciones gráficas existentes entre los individuos. Una vez que los usuarios dominen esta metodología se realizará un análisis más avanzado, con el que se pretenda identificar problemas y soluciones a través de los datos, hasta finalmente realizar un análisis predictivo, en el que se definan elementos como, por ejemplo: ¿cómo está creciendo la organización? ¿Cómo se gestiona el proceso de sucesión? ¿Quiénes son los candidatos que podrán contar con las competencias necesarias para un determinado rol en el corto o largo plazo? ¿Cómo se forman y modifican los equipos de trabajo, están unidos por proyectos, objetivos y valores comunes, recompensas, lecciones aprendidas? Esto permitirá, en última instancia, compartir conocimientos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. Saiz, José Manuel; Olalla, "Gestión del conocimiento y sistemas de calidad en los clusters de empresas familiares," 2010.
- [2] J. C. Ramos, "Desarrollo de un modelo de relación entre Gestión del Conocimiento y la Dinámica Innovadora en las Organizaciones."
- [3] Pazmiño Iván, Metodología de la Investigación Científica. 1997.
- [4] P. Vásquez, "Diagnóstico Situacional para la implementación de un proceso de Gestión de Conocimiento en el Operador Nacional de Electricidad CENACE," Rev. Técnica Energía, vol. 1, 2017.
- [5] P. K. Vásquez, E. M. Nieto, and J. C. Cepeda, "Methodological proposal to manage the Transfer of individual Knowledge to the organization , case : CENACE Propuesta metodológica para gestionar la Transferencia de Conocimiento individual a la organización , caso : CENACE," no. 16, pp. 177–187, 2020.
- [6] Z. J. ZHANG, "Graph databases for knowledge management," IT Prof., vol. 19, no. 6, pp. 26–32, 2017.
- [7] B. Bollobás, "Modern graph theory," Springer Sci. Bus. Media, vol. 184, 2013.
- [8] R. Lee, "Information sharing and human capital efficiency in poor neighborhoods: some graph theoretic," pp. 917–928, 2012.
- [9] R. Cross, A. Parker, and L. Sasson, Networks in the Knowledge Economy. 2003.

- [10] H.-J. Bandelt and V. Chepoi, "Metric graph theory and geometry: a survey," *Contemp. Math.* 453, pp. 49–86, 2008.
- [11] M. Darvish, M. Yasaei, and A. Saeedi, "Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 27, no. 6, pp. 610–619, 2009.
- [12] M. Teresa, E. Portillo, J. Andrés, H. Gómez, V. E. Ortega, and G. M. Moreno, "Modelos de Ecuaciones Estructurales : Características , Fases , Construcción , Aplicación y Resultados," pp. 16–22, 2016.
- [13] A. A. Chica, "Introducción a los Modelos Estructurales en Investigación Social."
- [14] J. L. Moreno, "Who shall survive?: A new approach to the problem of human interrelations." 1934.
- [15] J. A. Barnes, "http://soc.sagepub.com/ Graph Theory and Social Networks: A Technical Comment on Connectedness and Connectivity," 2014.
- [16] J. Scott, "Social network analysis," *Sociol.* 22.1, pp. 109–127, 1988.
- [17] D. Shi, "A learning path recommendation model based on a multidimensional knowledge graph framework for e-learning," *Knowledge-Based Syst.*, 2020.
- [18] G. Widén-wulff and F.- Turku, "Building a Knowledge Sharing Company - Evidence From the Finnish Insurance Industry Reima Suomi Information systems science Turku School of Economics and Business Administration," 2002.
- [19] R. Cross, A. Parker, and L. Prusak, "Knowing What We Know : Supporting Knowledge Creation and Sharing in Social Networks," *IBM Inst. Knowl. Manag.*, no. August, 2000.
- [20] M. Pérez Montoro Gutiérrez, *Gestión del conocimiento en las organizaciones.* 2008.
- [21] M. Otero-Mateo and A. Pastor-Fernandez, *Introductory Chapter: Human Capital, Knowledge Management and Competences in Project Management.* 2018.
- [22] H. P. Alfaro and C. D. G. De Conocimiento, "Implementación de la Gestión del Conocimiento en la empresa," no. 135, pp. 1–6, 2011.



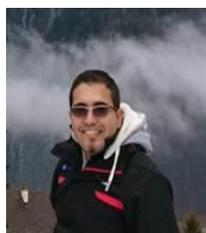
**Paulina Katherine Vásquez Barahona.-** Nació en Quito en 1985. Recibió el título de Ingeniera Financiera en la Universidad Central en el año 2011 y el de Magíster en Gestión de Talento Humano en la Universidad Tecnológica Equinoccial en 2015.

Entre los años 2003 y 2009 trabajó en UNIBANCO. Actualmente, se desempeña como Especialista Administrativa de Investigación y Desarrollo en la Subgerencia de Planificación y Gestión Estratégica del Operador Nacional de Electricidad – CENACE.



**Evelyn Michelle Nieto Guamán.-** Nació en Quito, en 1986. Recibió su título de Ingeniera Comercial en 2010; y el de Magíster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial en 2015. Sus campos de interés están relacionados con la Gestión

Empresarial orientados a la administración por procesos, planificación estratégica, sistemas integrados de gestión, administración de proyectos, etc. Actualmente, se desempeña como Ingeniera de Análisis y Control en la Subgerencia de Planificación y Gestión Estratégica en el Operador Nacional de Electricidad – CENACE.



**Roberto Gonzalo Sánchez Albán.-** Nació en Quito en 1986. Recibió su título de Ingeniero Electrónico de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) en 2010; de Master en Computer Science de la Universidad de Fribourg - Suiza en 2017. Se ejerció como ingeniero

SCADA en el área de tiempo real en el Operador Nacional de Electricidad CENACE entre 2009 a 2014. En 2018 se ejerció como analista post-operativo del Sistema Nacional Interconectado. En 2019, ha ejercido el cargo de analista de producción de CELEP EP Coca Codo Sinclair. Sus campos de investigación están relacionados con la aplicación de Aprendizaje de Máquina, Inteligencia artificial y Visualización de Datos aplicadas al sector eléctrico.



**Jaime Cristóbal Cepeda Campaña.-** Nació en Latacunga en 1981. Recibió el título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en 2005 y el de Doctor en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Nacional de San Juan en 2013. Entre 2005 y 2009 trabajó

en Schlumberger y en el CONELEC. Colaboró como investigador en el Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan, Argentina y en el Instituto de Sistemas Eléctricos de Potencia, Universidad Duisburg-Essen, Alemania entre 2009 y 2013. Actualmente, se desempeña como Gerente Nacional de Desarrollo Técnico del CENACE y como profesor de programas de Maestría y Doctorado. Sus áreas de interés incluyen los sistemas de medición fasorial, la evaluación de vulnerabilidad en tiempo real y el desarrollo de Smart Grids.