

**Integración de Tecnologías 4.0 y Capacidades del Talento Humano en la Eficiencia
Logística: Un Estudio Aplicado a la Competitividad de Organización Terpel**

Nicolas Celi Falla

Administración de Empresas
Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Bogotá D.C
2025

Integración de Tecnologías 4.0 y Capacidades del Talento Humano en la Eficiencia

Logística: Un Estudio Aplicado a la Competitividad de Organización Terpel

Nicolas Celi Falla

Asesores: Thomas Manfred y Ricardo Santa

Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Bogotá D.C
2025

Tabla de contenido

1. Abstracto	6
2. Introducción.....	7
a. Justificación de la investigación	9
b. Pregunta de Investigación propuesta	12
c. Objetivos	12
i. Objetivo General	12
ii. Objetivos Específicos	12
3. Revisión de la literatura.....	13
a. Integración IoT en el Capital Humano	13
b. Optimización de costos.....	15
c. Hipótesis planteadas:	20
4. Metodología.....	22
a. Tipo y Modelo de investigación.....	22
b. Análisis demográfico	23
5. Resultados y análisis.....	26
a. Resultados	26
b. Confirmación de hipótesis:	31
6. Discusión de los resultados	35
7. Conclusiones.....	39
8. Limitaciones.....	41
9. Recomendaciones para futuras investigaciones.....	43
10. Implicaciones Académicas.....	44
11. Implicaciones para Política Pública.....	45
Referencias	46

Lista de figuras

Figura 1. Clasificación segmentos compañía	24
Figura 2. Composición profesional de la muestra	24
Figura 3. Variables del modelo.....	27
Figura 4. Modelo estructural.....	30

Lista de Tablas

Tabla 1. Variables y sus dimensiones	16
Tabla 2. Variables con Numero de Ítems y Alfa de Cronbach	26
Tabla 3. Análisis de bondad del Modelo.....	27
Tabla 4. Indicadores de validez.....	28
Tabla 5. Índice de ajuste comparativo	29
Tabla 6. Correlación de variables	31

1. Abstracto

Esta tesis analiza la relación entre la incorporación de Tecnologías 4.0, el capital humano y las estrategias logísticas en el desempeño organizacional de una empresa multisegmento del sector energético, con un enfoque particular en la gestión integral de combustibles, lubricantes y tiendas de conveniencia (altoque). En un entorno altamente competitivo y dinámico, la logística se consolida como un pilar estratégico que impacta directamente la rentabilidad, competitividad y sostenibilidad empresarial.

Basado en el modelo de Santa et al. (2022), que evidencia la influencia de los impulsores de competitividad (desempeño, calidad y costo) y del capital humano sobre el desempeño organizacional, esta investigación propone un modelo extendido que incorpora tres elementos clave: la adopción de Tecnologías 4.0 (ERP como los provisionados por SAP, IoT e Inteligencia Artificial) para optimizar procesos; el papel mediador del capital humano como facilitador en la apropiación y uso estratégico de dichas tecnologías; y la integración de un enfoque tecnológico, que promueve la sinergia entre capacidades humanas y tecnológicas para generar valor estratégico más allá de la automatización.

Este enfoque plantea una transición de la eficiencia puramente tecnológica hacia un modelo de co-creación de valor, donde el talento humano, la personalización del servicio logístico y la resiliencia organizacional son factores determinantes. Los hallazgos de esta investigación aportarán un marco analítico para comprender cómo la integración de tecnologías puede potenciar el impacto de las Tecnologías 4.0 y del capital humano, impulsando la competitividad y sostenibilidad de organizaciones en sectores de alta exigencia.

Palabras clave: Tecnologías 4.0, capital humano, logística, desempeño organizacional, competitividad, sector energético.

2. Introducción

En un entorno empresarial moderno marcado por altas exigencias operativas, especialmente en organizaciones del sector energético que gestionan múltiples unidades de negocio como distribución de combustibles, lubricantes y tiendas de conveniencia, la logística emerge como un eje estratégico esencial. La eficiencia logística no solo asegura continuidad operativa, sino que impacta directamente en la rentabilidad, la competitividad y la sostenibilidad de la organización. En este sentido, investigaciones recientes ponen de relieve cómo los impulsores de competitividad –desempeño, calidad y costo–, junto con el talento humano, determinan el desempeño empresarial en contextos complejos (Santa et al., 2022). Mediante un análisis estructural sobre más de cuatrocientos casos en Colombia, Santa y colaboradores demostraron que las estrategias orientadas al desarrollo de capacidades humanas fortalecen estos conductores competitivos y, por ende, mejoran los resultados organizacionales (Santa et al., 2022, pp. e0274592).

El modelo de Santa et al. (2022) adquiere especial relevancia en entornos logísticos multisegmento, pues sostiene que sin una gestión integral de competencias y conocimiento, las ventajas derivadas de la agilidad operativa, la excelencia en calidad y la eficiencia de costos no se traducen plenamente en desempeño. Aunque este modelo fue validado para distintas dimensiones de empresa, se observa una escasa investigación que incorpore cómo tecnologías avanzadas, como la herramienta ERP creada por SAP, IoT o inteligencia artificial, son gestionadas de manera estratégica para potenciar esos mismos resultados. Asimismo, la literatura ha tendido a priorizar la adopción tecnológica por sobre la dimensión organizacional, lo que evidencia una brecha empírica: se requieren modelos que integren la dimensión tecnológica y las capacidades humanas de forma articulada.

La evolución de la Industria 4.0 ha impulsado la incorporación de tres dimensiones interrelacionadas: la centralidad en el ser humano, la sostenibilidad y la resiliencia. Según Longo, Padovano y Umbrello (2020), este enfoque aprovecha herramientas tecnológicas como robots, gemelos digitales y analítica avanzada, pero pone énfasis en la colaboración entre personas y sistemas inteligentes como fuente de valor estratégico. Estudios recientes confirman que, en este marco, la inteligencia artificial debe aplicarse de manera confiable, sostenible y ética, lo que requiere una cultura organizacional que fomente la innovación y la toma de decisiones compartida (Vyhmeister & Castane, 2024).

Además, investigaciones sobre *smart logistics* dentro del contexto de Industria 4.0 identifican una serie de habilitadores estratégicos, tales como integración IoT, gobernanza tecnológica, reciclabilidad y diseño centrado en personas, cuya implementación sistemática promueve eficiencia, visibilidad y capacidad de respuesta en las cadenas logísticas (Song et al., 2024). Sin embargo, estas propuestas aún carecen de modelización empírica que muestre cómo la interacción entre tecnología y capacidades organizacionales contribuye de manera tangible al desempeño, especialmente en empresas que combinan múltiples líneas de negocio bajo presión competitiva.

Frente a ese vacío, la presente tesis propone un modelo extendido que integra tres componentes clave: primero, la implementación de tecnologías 4.0 ,ERP como SAP, IoT e inteligencia artificial, como mecanismos de optimización operativa; segundo, las competencias humanas como variable mediadora que facilita el uso estratégico de dichas tecnologías; y tercero, un enfoque de Industria 4.0 centrado en la co-creación de valor mediante la sinergia entre personas y máquinas. Este enfoque reconoce que el desarrollo de capacidades humanas, la personalización

de servicios logísticos y la resiliencia organizacional son tan relevantes como la automatización tecnológica.

Con esta perspectiva, se planteó una evolución desde una lógica centrada exclusivamente en la eficiencia técnica hacia un paradigma logístico en el que la interacción entre personas y tecnología genere ventajas competitivas sostenibles. El modelo permitirá evaluar empíricamente cómo la adopción de tecnologías 4.0, mediada por capacidades organizacionales, impacta positivamente el desempeño empresarial, ofreciendo una contribución teórica y práctica significativa en un sector de alta exigencia como el energético.

a. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad imperiosa de comprender de manera integral la interacción entre los avances tecnológicos de la Industria 4.0, la evolución hacia la tecnificación y la gestión estratégica del capital humano en el desempeño logístico y organizacional de empresas multisegmento del sector energético. Este sector se encuentra actualmente en un punto de inflexión marcado por la creciente presión para optimizar procesos, reducir costos, incrementar la eficiencia y responder a demandas de sostenibilidad, en un contexto global caracterizado por una alta competitividad y rápidos cambios tecnológicos (Queiroz et al., 2022). Desde la perspectiva formativa que promueve el CESA, este tipo de análisis se vuelve indispensable para fortalecer una visión gerencial integral, ética y estratégica, capaz de anticipar tendencias y liderar transformaciones organizacionales complejas.

La Industria 4.0 ha revolucionado la cadena de valor al integrar tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la analítica avanzada, la robótica autónoma, la manufactura aditiva y la inteligencia artificial, generando sistemas productivos interconectados, adaptativos y capaces

de optimizar la toma de decisiones en tiempo real (Liao et al., 2017). Estas innovaciones han impulsado mejoras significativas en productividad, trazabilidad y agilidad de la cadena de suministro. Sin embargo, la transición hacia procesos más asociados con las IoT plantea un enfoque complementario que enfatiza la centralidad del factor humano en los procesos, la colaboración entre personas y sistemas ciberfísicos, así como la alineación de los objetivos productivos con la sostenibilidad y la resiliencia organizacional (Demir et al., 2023). Este enfoque se alinea con el sello CESA, que resalta el liderazgo consciente, el pensamiento crítico y la capacidad de integrar tecnologías emergentes con perspectivas humanistas y de sostenibilidad.

En este escenario, el capital humano se convierte en un eje crítico de éxito, ya que la adopción efectiva de tecnologías 4.0 no depende únicamente de la infraestructura técnica, sino también de la preparación, competencias, adaptabilidad y compromiso de las personas que las operan y gestionan (Lepak & Snell, 1999). La gestión estratégica de los recursos humanos debe evolucionar hacia modelos que fomenten la capacitación continua, el aprendizaje organizacional y la resiliencia cultural, asegurando que los colaboradores no solo tengan las habilidades necesarias para operar nuevas tecnologías, sino también la disposición para adaptarse a procesos de cambio constante. El sello CESA refuerza esta visión al destacar la formación de líderes capaces de impulsar transformaciones desde el desarrollo del talento y la construcción de culturas organizacionales ágiles y colaborativas.

El sector energético, por su naturaleza intensiva en activos, operaciones críticas y alta dependencia de la cadena logística, presenta condiciones propicias para evaluar este fenómeno. Las unidades de negocio vinculadas a logística, tecnología, operaciones y talento humano enfrentan retos de integración tecnológica, optimización de procesos y alineación de objetivos

estratégicos que requieren un análisis sistémico. Las decisiones de inversión en tecnologías emergentes y programas de desarrollo humano deben basarse en evidencia empírica que permita priorizar aquellas acciones que maximicen el desempeño global de la organización (Queiroz et al., 2022; Sony & Naik, 2020). Este enfoque metodológico está en línea con la formación analítica, rigurosa y basada en modelos cuantitativos que caracteriza a los programas académicos del CESA.

Desde la perspectiva académica, esta investigación llena un vacío relevante en la literatura. Aunque existe abundante evidencia sobre los impactos individuales de la Industria 4.0 en eficiencia y productividad, y estudios emergentes que abordan el auge de las tecnologías en la cotidianidad y la interacción humano-máquina, todavía es limitada la producción científica que examine cómo estas dos olas tecnológicas, combinadas con una gestión estratégica del capital humano, impactan de manera conjunta el desempeño logístico y organizacional. El uso del Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM) para evaluar estas relaciones permite construir un modelo robusto que explique y prediga los efectos directos e indirectos de estas variables, aportando un marco analítico replicable para otros contextos industriales (Hair et al., 2022).

Desde una perspectiva práctica, los resultados de esta investigación tendrán un valor significativo para la empresa objeto de estudio y para el sector en general. Proporcionarán insumos claros para la toma de decisiones estratégicas, orientando la asignación de recursos hacia tecnologías y programas de formación que ofrezcan un mayor retorno en términos de eficiencia logística, resiliencia organizacional y sostenibilidad. Además, permitirán identificar áreas críticas donde la inversión en capital humano potencializa los beneficios de la adopción tecnológica,

reduciendo riesgos asociados a la resistencia al cambio o la subutilización de las herramientas implementadas.

En síntesis, la investigación se justifica por su contribución dual. En el plano académico, ampliará el conocimiento existente sobre la relación entre Industria 4.0 y capital humano en el ámbito logístico y operacional, fortaleciendo la comprensión de su interacción y efectos combinados. En el plano empresarial, generará evidencia aplicable para el diseño de estrategias que optimicen el desempeño, fortalezcan la competitividad y alineen los procesos logísticos con las tendencias globales de sostenibilidad e innovación tecnológica. La sinergia entre tecnología, personas y procesos, correctamente gestionada, se presenta como un elemento esencial para enfrentar con éxito los retos actuales y futuros del sector energético.

b. Pregunta de Investigación propuesta

¿Cómo impacta la adopción de tecnologías de Industria 4.0, mediada por la gestión estratégica del capital humano, en el desempeño logístico y organizacional de una empresa multisegmento del sector energético?

c. Objetivos

i. Objetivo General

Evaluar el impacto de las tecnologías 4.0 y los impulsores de competitividad logísticos sobre el desempeño organizacional, considerando el capital humano como mediador clave, e incorporando el enfoque de tecnificación como un elemento potenciador de capacidades logísticas diferenciadoras.

ii. Objetivos Específicos

- Analizar la relación entre el uso de tecnologías 4.0 y las estrategias logísticas (desempeño, calidad, costo).

- Evaluar el efecto de las estrategias logísticas sobre el desempeño organizacional.
- Estudiar el rol mediador del capital humano entre tecnologías 4.0 y los impulsores de competitividad logísticos.
- Determinar cuál de los *drivers* logísticos tiene mayor influencia sobre el desempeño en los diferentes segmentos del negocio.
- Incorporar y evaluar el impacto de principios de tecnificación e implementación tecnológica (personalización, colaboración humano-máquina, resiliencia) sobre la relación entre tecnología, talento y desempeño.
- Proponer líneas de acción estratégicas para mejorar la competitividad logística apalancada en talento humano, tecnología y sostenibilidad.

3. Revisión de la literatura

a. Integración IoT en el Capital Humano

El desempeño del capital humano en la integración tecnológica representa una herramienta de desempeño clave en las organizaciones actualmente. Esta se refiere a la capacidad con la que los empleados se adaptan, aprenden y así finalmente hacen uso de herramientas digitales para optimizar procesos, innovar ideas y destacar en sus labores. Cuando la tecnología y las habilidades humanas trabajan de la mano, se permite generar un efecto dinámico y continuo que potencia tanto la productividad como la innovación dentro de las organizaciones. En este sentido, el desempeño del capital humano no se limita a las competencias técnicas individuales, sino que abarca también la colaboración, la adaptabilidad y la toma de decisiones estratégicas en entornos digitales (Santa et al., 2023). Lo anterior cobra especial relevancia en el contexto colombiano, donde gran parte de las empresas —particularmente en sectores como el energético, logístico y multisegmento—

avanzan hacia procesos de digitalización progresiva, enfrentando retos asociados a brechas tecnológicas y necesidades de capacitación acelerada.

Desde una perspectiva menos teórica y más práctica, el desempeño del capital humano depende de la capacidad del personal para adherirse a las nuevas tecnologías pero también en el uso de estas para gestionar la información de forma eficiente y contribuir a una mejora continua de los procesos y actividades realizadas en el día a día. De acuerdo con (Ghobakhloo et al. 2023), la tecnificación se centra en la coexistencia entre humanos y sistemas inteligentes, donde la tecnología amplifica la creatividad y la toma de decisiones en lugar de sustituirlas. Esta integración contribuye a que los trabajadores se enfoquen en tareas las cuales generan un mayor valor agregado dentro de sus labores tales como la innovación, la resolución de problemas y la gestión/toma de decisiones basada en datos, mientras los sistemas automatizados se encargan de las labores repetitivas o de alta precisión que pueden tomar mayor tiempo para las personas. Este enfoque refleja las dinámicas de empresas colombianas que están incorporando tecnologías IoT y analítica, especialmente en cadenas logísticas intensivas como combustibles, retail y distribución, donde la sinergia entre personas y sistemas digitales es indispensable para garantizar continuidad operativa.

Asimismo, (Longo et al., 2020) destacan que la efectividad de esta integración tecnológica depende en gran medida del diseño ético y centrado en las personas de los sistemas digitales. Cuando los empleados se sienten empoderados por la tecnología, y no controlados por ella, aumentan su motivación y compromiso, factores directamente relacionados con un mejor desempeño del capital humano. De la misma manera, (Demir et al., 2023) aportan que las

organizaciones que combinan automatización con empatía, capacitación continua y liderazgo colaborativo alcanzan una mayor efectividad operativa y capacidad de adaptación. En Colombia, donde muchas empresas afrontan simultáneamente procesos de transformación digital y retos de adopción cultural, estos elementos se vuelven fundamentales para que la tecnificación no genere resistencia, sino oportunidades de crecimiento y fortalecimiento organizacional.

b. Optimización de costos

La optimización de costos va más allá de reducir gastos: consiste en aprovechar al máximo los recursos y mejorar continuamente la eficiencia en todas las áreas de la empresa. Cuando la organización combina la capacitación del personal con la adopción de herramientas tecnológicas, logra disminuir errores, desperdicios y tiempos improductivos, generando un impacto positivo en los costos operativos, como también generando un mejor nivel de servicio percibido por el cliente en general, contribuyendo a una mejor imagen organizacional. (Ghobakhloo, 2024).

La calidad por otro lado también cumple un papel clave, ya que, procesos bien diseñados y apoyados en tecnología evitan fallos y retrabajos que suelen incrementar los gastos debido al tiempo extra de trabajo por parte de los colaboradores y también uso extra de recursos físicos o materiales. De acuerdo con (Santa et al., 2023), el equilibrio entre innovación tecnológica y desarrollo del talento humano no solo mejora la eficiencia, sino que también fortalece la cultura organizacional y el compromiso de los equipos de trabajo, siendo estos los principales factores que repercuten directamente en la productividad y la reducción de costos.

Por otro lado, aunque las tecnologías 4.0 pueden implicar una inversión inicial alta, su implementación tiende a optimizar los recursos con el tiempo, mejorando el control de inventarios, la trazabilidad y la toma de decisiones basada en datos. En síntesis, la optimización de costos no

se logra simplemente recortando presupuesto, sino alineando tecnología, calidad y capital humano para construir una empresa más eficiente, competitiva y sostenible en el largo plazo.

Tabla 1.

Variables y sus dimensiones

Variable	Dimensiones clave
Tecnologías 4.0	SAP, IoT, IA, automatización, trazabilidad en tiempo real
Capital Humano	Formación logística, adaptación al cambio, uso de herramientas tecnológicas
Agilidad Logística	Capacidad de respuesta rápida ante cambios, flexibilidad operativa, tiempos de ciclo cortos, optimización de procesos y adaptación a la demanda.
Calidad Logística	Cumplimiento de estándares, precisión en entregas, control de procesos
Costo Logístico	Eficiencia operativa, reducción de desperdicios y reprocesos
Desempeño Organizacional	Rentabilidad, satisfacción del cliente, indicadores logísticos y financieros

Fuente: Elaboración propia del autor

Tecnologías 4.0

La variable Tecnologías 4.0 hace referencia a la infraestructura digital implementada por la organización para optimizar sus procesos logísticos y administrativos. Estas herramientas incluyen sistemas ERP como SAP, el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), automatización y trazabilidad en tiempo real. De acuerdo con Liao et al. (2017), la Industria 4.0 se caracteriza por la digitalización de la cadena de valor y la integración de sistemas ciberfísicos que permiten monitorear y controlar procesos de forma autónoma. La implementación de tecnologías 4.0 facilita la toma de decisiones basada en datos precisos, reduce errores operativos y aumenta la eficiencia del flujo logístico (Kane et al., 2019). Su correcta adopción constituye un pilar estratégico para mejorar la competitividad y acelerar la respuesta ante cambios del entorno.

El contexto internacional de las Tecnologías 4.0 exige una aceleración en la innovación digital para mantener la competitividad global, un imperativo subrayado por autores como (Kane et al., 2019)², quienes enfatizan que la adopción continua es esencial para el crecimiento. La automatización, tal como la analizan (Liao et al., 2017)³, ya no solo busca la velocidad, sino que debe diseñarse para mejorar la seguridad y la experiencia del trabajador, integrando sistemas que potencien la toma de decisiones humana en lugar de sustituirla completamente.

Capital Humano

Esta variable se establece como el eje habilitador de la transformación, centrándose en las capacidades cognitivas, la formación y las actitudes del personal logístico para operar en ecosistemas digitales complejos. La formación logística especializada y el dominio en el uso de herramientas tecnológicas son cruciales para que el talento humano pueda extraer valor de las plataformas digitales (SAP, IA). No obstante, la dimensión más crítica es la adaptación al cambio, un factor cultural que mide la disposición del equipo para migrar de roles operativos a funciones de análisis, programación y toma de decisiones estratégicas, un pilar del desarrollo del capital humano (Sima et al., 2020).

El valor del capital humano ha evolucionado drásticamente, pasando de ser un recurso operativo a un recurso estratégico basado en el conocimiento, una perspectiva impulsada por trabajos como los de (Nonaka & Takeuchi, 1995) y (Lepak & Snell, 1999). La tendencia internacional de la tecnificación industrial revaloriza este capital al exigir un *reskilling* hacia competencias blandas como la creatividad, el pensamiento crítico y la ética. Esto posiciona al trabajador no solo como un usuario de la tecnología, sino como el orquestador de los sistemas

automatizados, asegurando que la colaboración humano-máquina (*co-botics*) maximice el rendimiento sin sacrificar el bienestar.

Calidad Logística

La Calidad Logística es una variable de rendimiento que evalúa la excelencia y la consistencia en la ejecución de las operaciones, midiéndose a través de la capacidad de la organización para entregar el "pedido perfecto". Esto se operacionaliza con el cumplimiento de estándares (normativos, de seguridad y de *service-level agreements*) y la precisión en entregas, donde la métrica OTIF (*On-Time In-Full*) se consolida como el indicador clave. El control de procesos es el mecanismo que, al apoyarse en la tecnología de trazabilidad (IoT) y el análisis (IA), asegura que la ejecución sea homogénea, minimizando la variabilidad, un concepto fundamental en la gestión de la cadena de suministro (Christopher, 2016).

Históricamente, la gestión de la calidad ha evolucionado desde la inspección de producto hasta el control total de los procesos productivos. En el contexto actual y la tendencia internacional, la Calidad Logística está intrínsecamente ligada a la personalización masiva del servicio (Mentzer et al., 2001). Ya no basta con ser preciso; la precisión debe ser flexible y adaptarse a los requerimientos específicos de cada cliente de forma consistente. La automatización avanzada y la IA se convierten en los garantes tecnológicos de esta fiabilidad, impulsando modelos de Logística de Cero Defectos.

Costo Logístico

Esta variable representa el gasto total asociado al flujo eficiente de bienes, siendo un indicador primario de la salud económica de la cadena de suministro (Harrison & van Hoek, 2011)⁹. El análisis se enfoca en cómo la inversión en tecnología y talento se traduce en una mayor eficiencia operativa, lograda mediante la optimización de rutas, *layouts* de almacén y el uso de

recursos. El desempeño óptimo se refleja en la drástica reducción de desperdicios y reprocesos, ya que los errores en la cadena (devoluciones, mermas, inventarios obsoletos) se traducen directamente en costos financieros evitables.

Si bien tradicionalmente el costo era visto como un gasto inevitable, la visión estratégica lo concibe como una fuente de ventaja competitiva si se gestiona eficazmente, en línea con la perspectiva de recursos y capacidades propuesta por (Barney, 1991). La tendencia internacional busca reducir el *Total Cost of Ownership* (TCO) integrando el análisis predictivo de la IA para simular escenarios de *sourcing* y *delivery*. Esta variable se amplía para incluir los costos de la sostenibilidad, obligando a las empresas a gestionar el impacto ambiental como parte del costo logístico total.

Desempeño Organizacional

El Desempeño Organizacional es la variable de resultado que cuantifica el éxito general de la estrategia de negocios, validando la efectividad de la sinergia entre tecnología y talento humano (Santa et al., 2022). Se mide a través de la rentabilidad (ej. retorno sobre la inversión), que asegura la viabilidad económica y el crecimiento; la satisfacción del cliente, que garantiza la cuota de mercado y la fidelidad; y un conjunto balanceado de indicadores logísticos y financieros que proveen la visión integral de la productividad. En esencia, esta variable valida si la eficiencia logística se traduce efectivamente en valor de negocio.

La evolución de esta variable ha sido marcada por el paso del enfoque puramente financiero a una visión más holística, un cambio impulsado por el marco estratégico de (Porter, 1996)¹². El contexto internacional actual exige que el Desempeño Organizacional se alinee con los criterios ESG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza) y los modelos de *Balanced Scorecard* (Kaplan & Norton, 1996). La Logística 4.0 demanda que el desempeño sea no solo rentable, sino también

resiliente y sostenible, integrando la responsabilidad corporativa como un factor clave en la medición del éxito a largo plazo.

Agilidad Logística

La Agilidad es una variable de desempeño que mide la capacidad de la cadena logística para responder de manera rápida y flexible ante fluctuaciones de la demanda, interrupciones operativas o cambios en el entorno competitivo. Se operacionaliza mediante la reducción de tiempos de ciclo, la reconfiguración eficiente de rutas e inventarios y la toma de decisiones oportuna, permitiendo asegurar la continuidad del servicio sin detrimento de la calidad. El soporte tecnológico (IoT, IA y trazabilidad en tiempo real) incrementa la visibilidad del flujo de mercancías, favoreciendo ajustes inmediatos ante desviaciones operativas.

En la literatura contemporánea, la agilidad se reconoce como una fuente de ventaja competitiva, al posibilitar organizaciones más adaptativas frente a la incertidumbre inherente de los mercados globales (Christopher, 2016). En la tendencia internacional hacia la implementación de tecnologías para la optimización, este concepto trasciende la velocidad de respuesta para integrarse con criterios de resiliencia, sostenibilidad y toma de decisiones humano–centradas, donde la capacidad de adaptación se combina con el juicio experto y el bienestar organizacional (European Commission, 2021).

c. Hipótesis planteadas:

- **H1:** La implementación de Tecnologías 4.0 tiene un impacto positivo en el desarrollo y las competencias del Capital Humano.
- **H2:** La adopción de Tecnologías 4.0 tiene un impacto positivo en la agilidad logística.
- **H3:** El uso de Tecnologías 4.0 mejora significativamente la calidad logística.

- **H4:** La implementación de Tecnologías 4.0 contribuye positivamente a la optimización del costo logístico.
- **H5:** La adopción de tecnologías 4.0 tiene un efecto positivo directo sobre el desempeño organizacional.
- **H6:** El capital humano (formación y adaptabilidad) impacta positivamente en la agilidad de los procesos logísticos.
- **H7:** El desarrollo del capital humano impacta positivamente la calidad logística.
- **H8:** Un capital humano bien gestionado impacta positivamente en la optimización del costo logístico.
- **H9:** El capital humano tiene un impacto positivo y directo en el desempeño Organizacional.
- **H10:** La agilidad logística tiene un impacto positivo en el desempeño organizacional.
- **H11:** La calidad logística impacta positivamente en el desempeño organizacional.
- **H12:** El costo logístico tiene un impacto positivo en el desempeño organizacional.

4. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y correlacional, dado que su propósito fue analizar la relación entre la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, la gestión del capital humano y su influencia en el desempeño logístico y organizacional de una empresa multisegmento del sector energético. De acuerdo con (Hernández-Sampieri et al. (2021), el enfoque cuantitativo permite medir fenómenos mediante variables definidas y comparables, lo que facilita identificar relaciones estadísticas significativas y formular conclusiones basadas en evidencia. Así, el estudio buscó no solo describir, sino también explicar cómo la incorporación tecnológica y el desarrollo de capacidades humanas interactúan dentro de los procesos logísticos de la organización.

a. Tipo y Modelo de investigación

El diseño de investigación fue transversal, en tanto la recolección de datos se realizó en un único momento temporal, característica que resulta adecuada cuando se analizan relaciones entre variables sin necesidad de seguimiento longitudinal (Hair et al., 2022). Para la obtención de la información se utilizó una encuesta estructurada con escala tipo Likert de cinco puntos, cuyos valores oscilaron entre “totalmente en desacuerdo” (1) y “totalmente de acuerdo” (5). Este formato es ampliamente recomendado en estudios organizacionales por su utilidad para medir actitudes y percepciones hacia constructos latentes (Joshi et al., 2015). El instrumento se basó en cuestionarios previamente validados en investigaciones relacionadas con desempeño organizacional y adopción tecnológica, y fue complementado con ítems adicionales orientados a medir transformación digital, competencias del capital humano y elementos propios de la Industria 4.0, tales como colaboración humano-máquina, sostenibilidad y personalización (Demir et al., 2023; Sony & Naik, 2020).

Con el fin de garantizar la validez de contenido y la pertinencia conceptual de los ítems, el cuestionario fue sometido a revisión por juicio de expertos profesionales de la empresa multisegmento sometida a estudio, y siguiendo la recomendación metodológica de Hair et al. (2022). Para ello, participaron profesionales pertenecientes a las áreas de logística, operaciones, tecnología y talento humano, quienes evaluaron claridad, coherencia y relevancia de cada ítem. Las sugerencias aportadas permitieron ajustar la redacción y asegurar la correspondencia entre los indicadores y las variables definidas en el modelo teórico. Posteriormente, la versión final del instrumento fue aplicada a colaboradores de las distintas unidades de negocio de la organización.

La muestra estuvo conformada por el personal de logística, operaciones, tecnología y gestión humana perteneciente a las unidades de la empresa objeto de estudio. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, estratificado por área funcional, lo que permitió asegurar la representatividad de los diferentes segmentos organizacionales. La muestra final estuvo compuesta por 227 respuestas válidas, cifra que se considera adecuada para el Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM), dado que, según Hair et al. (2022) y Kline (2016), es necesario contar con un mínimo de 200 casos o al menos 10 observaciones por parámetro estimado para lograr estabilidad estadística y estimaciones confiables.

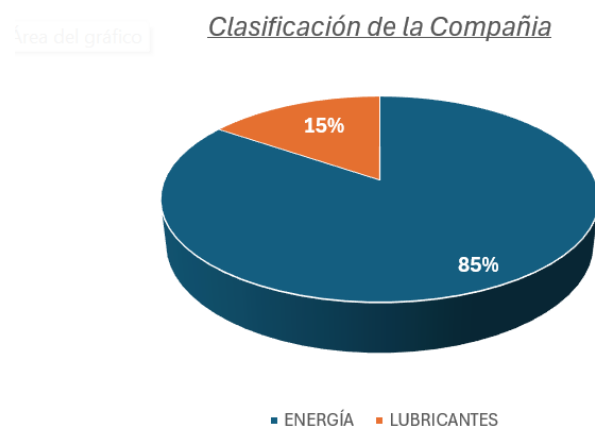
b. Análisis demográfico

Los datos demográficos son fundamentales para comprender cómo características como el tamaño de la empresa, el sector, el área funcional y el nivel de adopción tecnológica influyen en la cultura organizacional, la comunicación, la toma de decisiones y la efectividad operativa. En esta investigación, orientada a analizar la relación entre Tecnologías 4.0 y capital humano en una empresa multisegmento del sector energético, estos factores resultan clave porque condicionan la forma en que los colaboradores interactúan con tecnologías avanzadas y procesos automatizados.

Estudios recientes evidencian que la composición demográfica afecta directamente el desempeño organizacional y la integración de innovaciones tecnológicas (Sürücü & Sürücü, 2020) y (Santa et al., 2023); (Coronado-Maldonado et al., 2023), por lo que su análisis permite interpretar mejor cómo la inteligencia emocional, la gestión del talento y la transición hacia una realidad más tecnificada pueden fortalecer la competitividad y la eficiencia empresarial.

Figura 1.

Clasificación segmentos compañía

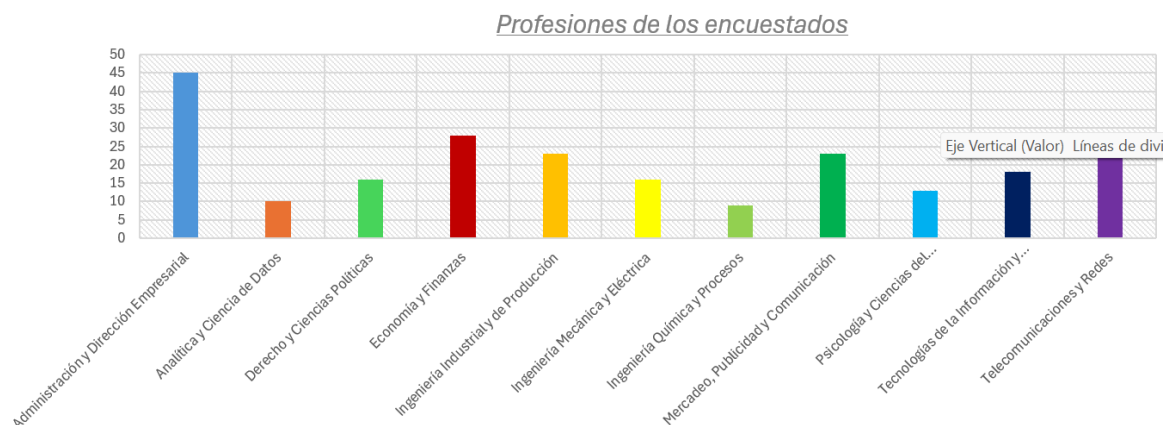


Fuente: Elaboración propia del autor

El gráfico circular muestra la distribución de los 227 encuestados según la línea de negocio a la que pertenecen dentro de la empresa multisegmento del sector energético objeto de estudio. El 85% corresponde al segmento de Energía, que integra líneas estratégicas como industria, aviación y marinos, combustibles y nuevas energías; mientras que el 15% pertenece a la línea de Lubricantes. Esta composición refleja la diversidad estructural de la organización y proporciona un marco analítico para comprender cómo las diferencias entre líneas de negocio pueden incidir en la adopción de Tecnologías 4.0, la mediación del capital humano, factores que el modelo propuesto busca relacionar con la efectividad operativa y la competitividad organizacional.

Figura 2.

Composición profesional de la muestra



Fuente: Elaboración propia del autor

El gráfico de barras presenta la distribución de los 227 encuestados según su formación profesional. Administración y Dirección Empresarial concentra la mayor proporción con 45 participantes, reflejando un alto peso de perfiles estratégicos orientados a la gestión y la toma de decisiones. Le siguen Economía y Finanzas con 28, Telecomunicaciones y Redes con 26, e Ingeniería Industrial y de Producción y Mercadeo, Publicidad y Comunicación, cada una con 23 participantes, evidenciando una presencia relevante de áreas vinculadas a procesos operativos, tecnológicos y de posicionamiento organizacional. Otras disciplinas como Tecnologías de la Información y Computación (18), Derecho y Ciencias Políticas (16), Ingeniería Mecánica y Eléctrica (16), Psicología y Ciencias del Comportamiento (13), Analítica y Ciencia de Datos (10) e Ingeniería Química y Procesos (9) completan la muestra, mostrando una diversidad profesional que permite analizar cómo distintos perfiles pueden influir en la adopción de Tecnologías 4.0, en la gestión estratégica del capital humano y en la transición hacia un modelo más colaborativo y sostenible.

5. Resultados y análisis

a. Resultados

El análisis de datos se realizó mediante SEM, técnica estadística multivariante que permite evaluar simultáneamente relaciones directas e indirectas entre variables latentes (Kline, 2016). El proceso analítico se desarrolló en dos etapas. En la primera fase se aplicó un Análisis Factorial Confirmatorio, (CFA por sus siglas en inglés), con el objetivo de evaluar la fiabilidad interna y la validez del modelo de medición. Para ello se consideraron cargas factoriales mínimas de .70, así como valores aceptables de alfa de Cronbach y fiabilidad compuesta, siguiendo las recomendaciones de Hair et al. (2022). La validez convergente se verificó mediante la Varianza Extraída Media, cuyo valor debía ser igual o superior a .50, mientras que la validez discriminante se evaluó mediante el criterio de Fornell-Larcker y la razón Heterotrait-Monotrait.

En cuanto al ajuste global del modelo, el índice CMIN/DF = 2.323 se ubicó dentro de los rangos recomendados (<3) para estudios aplicados en entornos organizacionales, lo que indica una bondad de ajuste adecuada del modelo teórico. Asimismo, los índices GFI = 0.823 y CFI = 0.855 evidencian un ajuste aceptable, aunque con oportunidades de mejora en versiones futuras del modelo.

Tabla 2.

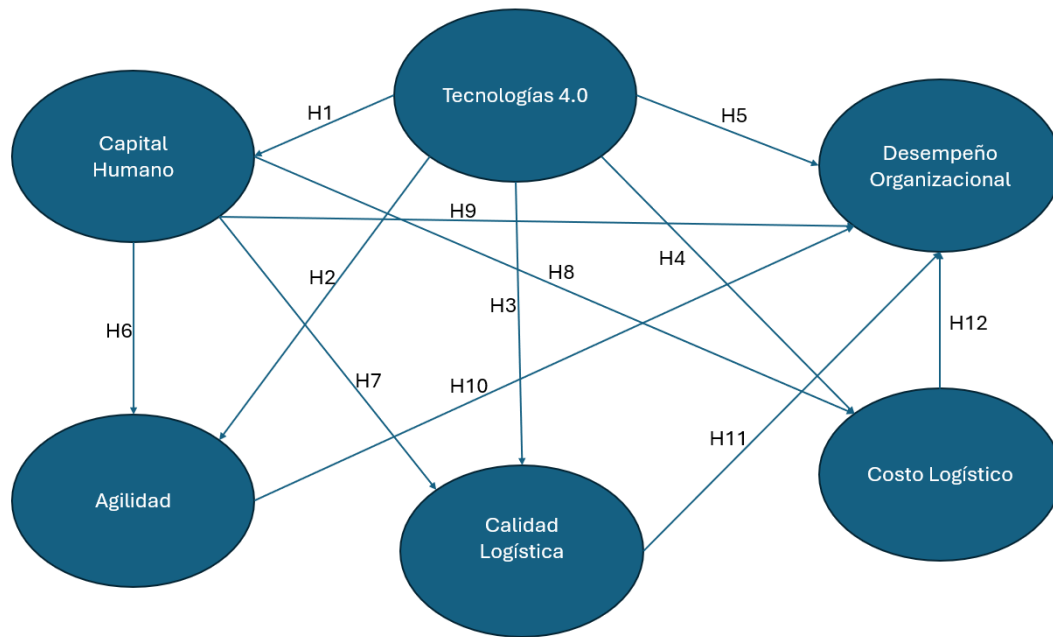
Variables con Numero de Ítems y Alfa de Cronbach

Variable	Numero de Ítems	Alfa de Cronbach
Tecnologías 4.0	5	0,77
Capital Humano	4	0,81
Agilidad	3	0,79
Calidad Logística	3	0,84
Costo Logístico	3	0,81
Desempeño Organizacional	5	0,76

Fuente: Elaboración propia del autor

Figura 3.

Variables del modelo



Fuente: Elaboración propia del autor

El modelo presenta indicadores de consistencia interna y de validez convergente dentro de los márgenes esperados para un estudio de carácter exploratorio. El CMIN/DF obtenido fue de 2.323, lo que respalda la aceptabilidad del modelo. Asimismo, el análisis reflejó que algunos participantes no respondieron de manera coherente, lo que afectó parcialmente la homogeneidad de los datos; sin embargo, el modelo mantiene una estructura sólida y coherente con las relaciones teóricas propuestas (Byrne, 20

Tabla 3.

Análisis de bondad del Modelo

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	65	546.002	235	0	2.323
Saturated model	300	0	0		
Independence model	24	2421.486	276	0	8.773

Fuente: AMOS Software

De acuerdo con los criterios metodológicos establecidos por Hair, Hult, Ringle y Sarstedt (2021), valores de CMIN/DF inferiores a 3 reflejan un ajuste aceptable, mientras que cifras próximas a 2 sugieren un nivel óptimo de correspondencia entre el modelo teórico y la estructura empírica.

Los resultados mostraron un ajuste moderado y aceptable. En particular, el GFI alcanzó un valor de 0.823, el AGFI de 0.774, y el CFI de 0.855, mientras que el RMSEA se situó en 0.089. De acuerdo con los criterios metodológicos presentados por (Santa et al., 2023), estos valores indican un modelo con un nivel de ajuste adecuado, aunque no perfecto, debido a la dispersión de algunas respuestas en la muestra.

Tabla 4.

Indicadores de validez

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0.057	0.823	0.744	0.645
Saturated model	0	1		
Independence model	0.152	0.379	0.325	0.348

Fuente: AMOS Software

Tal como lo señaló (Santa et al., 2023) estos valores confirman que el modelo presenta un ajuste aceptable y coherente con los supuestos teóricos, a pesar de ciertas variaciones en las respuestas individuales. Si bien los indicadores no alcanzan los niveles de excelencia de un modelo saturado ($GFI = 1.000$), los resultados obtenidos son estadísticamente válidos y reflejan la solidez de la estructura propuesta.

Tabla 5.

Indice de ajuste comparativo

Modelo	NFI Delta 1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0.775	0.735	0.858	0.83	0.855
Saturated model	1	1	1		1.000
Independence model	0	0	0	0	0.000

Fuente: AMOS Software

El análisis se centra en el Índice de Ajuste Comparativo (CFI) y el Índice de Tucker-Lewis (TLI), considerados los indicadores más fiables de esta categoría debido a su robustez ante las variaciones del tamaño muestral. El modelo obtuvo un valor CFI de 0.855, el cual se sitúa por debajo del umbral mínimo aceptado de 0.90 y considerablemente lejos del criterio de 0.95, que denota un ajuste excelente según la literatura especializada (Hu & Bentler, 1999). De manera similar, el TLI arrojó un valor de 0.830. Este índice, que además penaliza la falta de parsimonia, es aún más bajo, lo que sugiere que la complejidad del modelo no se ve justificada por una mejora correspondiente en el ajuste.

Los demás índices presentados corroboran esta conclusión. El Índice de Ajuste Normado (NFI), uno de los primeros indicadores de esta clase, presentó un valor particularmente bajo de 0.775. El Índice de Ajuste Incremental (IFI), con un valor de 0.858, es consistente con el CFI y confirma la necesidad de una posterior revisión para lograr un ajuste necesario y adecuado que logre elevar el indicador del modelo al menos hasta un 0.90.

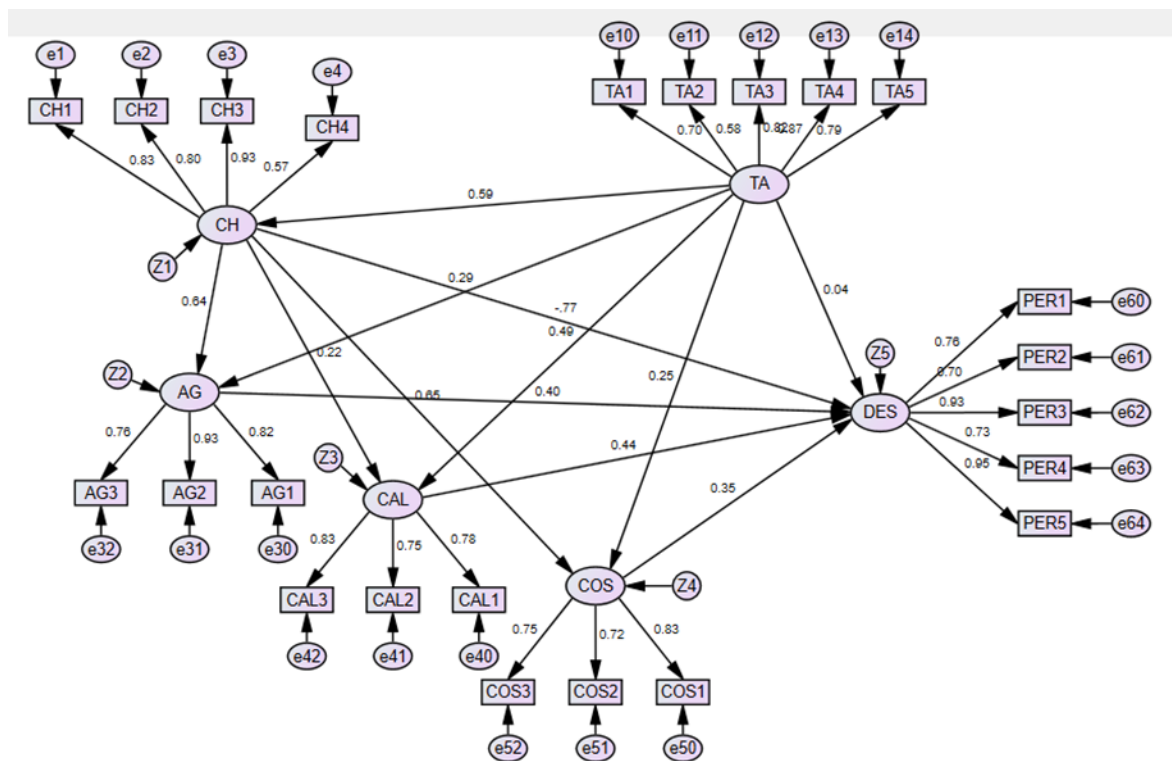
De acuerdo por los parámetros establecidos por (Santa et al., 2023) durante la revisión de resultados, el modelo puede considerarse aceptable y equilibrado, aunque no perfecto, debido a la dispersión de algunas respuestas en la muestra. La diferencia significativa entre el NCP del modelo

propuesto y el del modelo nulo demuestra que las relaciones especificadas son estadísticamente relevantes y explican de manera coherente los patrones de covarianza observados.

Los índices FMIN y RMSEA se emplean para analizar la bondad de ajuste absoluta del modelo estructural, proporcionando información sobre el grado en que la matriz de covarianzas estimada reproduce los datos observados. Mientras el FMIN refleja la magnitud total de las discrepancias entre los valores observados y los predichos, el RMSEA evalúa la proporción de error medio cuadrático ajustado por los grados de libertad del modelo, ofreciendo una medida más robusta y menos sensible al tamaño muestral (Kline, 2016; Byrne, 2016).

Figura 4.

Modelo estructural



Fuente: AMOS Software

La Figura 4 representa el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) estimado, el cual analiza la relación entre la aceptación tecnológica (TA), el capital humano (CH), la calidad (CAL),

los costos (COS), la agilidad (AG) y el desempeño organizacional (DES). Este modelo fue aplicado a la Organización Terpel, en su unidad de energía, con el propósito de examinar cómo la adopción tecnológica y las capacidades del talento humano inciden en los resultados empresariales, tanto de manera directa como mediada por los factores operativos.

Tabla 6.

Correlación de variables

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Result
CH	<---	TA	.545	.079	6.878	***	H1. Confirmada
AG	<---	TA	.285	.071	4.011	***	H2. Confirmada
CAL	<---	TA	.311	.064	4.893	***	H3. Confirmada
COS	<---	TA	.257	.083	-	.002	H4. Confirmada
AG	<---	CH	.683	.085	8.063	***	H5. Confirmada
CAL	<---	CH	.150	.061	2.458	.014	H6. Parcialmente Conf.
COS	<---	CH	.728	.096	7.577	***	H7. Confirmada
DES	<---	TA	.032	.100	.318	.751	H8. No Confirmada
DES	<---	CH	-.671	.168	-3.989	***	H9. Confirmada
DES	<---	AG	.329	.125	2.628	.009	H10. Confirmada
DES	<---	CAL	.557	.139	4.013	***	H11. Confirmada
DES	<---	COS	.271	.125	2.175	.030	H12. Parcialmente Conf.

Fuente: AMOS Software

b. Confirmación de hipótesis:

- TA → Capital Humano ($\beta = 0.545$, $p < 0.001$) → Confirmada
- TA → Agilidad ($\beta = 0.285$, $p < 0.001$) → Confirmada
- TA → Calidad Logística ($\beta = 0.311$, $p < 0.001$) → Confirmada
- TA → Costo Logístico ($\beta = 0.257$, $p = 0.002$) → Confirmada
- TA → Desempeño Organizacional ($\beta = 0.032$, $p = 0.751$) → No Confirmada

- CH → Agilidad ($\beta = 0.683$, $p < 0.001$) → Confirmada
- CH → Calidad ($\beta = 0.150$, $p = 0.014$) → Parcialmente Confirmada
- CH → Costo Logístico ($\beta = 0.728$, $p < 0.001$) → Confirmada
- CH → Desempeño Organizacional ($\beta = -0.671$, $p < 0.001$) → Confirmada (sentido inverso)

- Agilidad → Desempeño ($\beta = 0.329$, $p = 0.009$) → Confirmada
- Calidad → Desempeño ($\beta = 0.557$, $p < 0.001$) → Confirmada
- Costo → Desempeño ($\beta = 0.271$, $p = 0.030$) → Confirmada

Tabla 7.
Variables Mediadoras Identificadas en el Modelo Estructural y sus Relaciones Asociadas

Variable Mediadora	Relación que Media	Justificación Estadística	Evidencia en Hipótesis
Capital Humano (CH)	TA → CH → AG TA → CH → CAL TA → CH → COS TA → CH → DES	CH presenta efectos significativos sobre AG (.683***), CAL (.150*), COS (.728***) y un efecto indirecto sobre DES (aunque su efecto directo fue negativo). Esto evidencia que CH transforma la adopción tecnológica en capacidades logísticas.	H5, H6, H7 confirmadas/parcialmente confirmadas. H9 confirma el efecto directo (negativo) de CH en DES, indicando mediación total hacia logísticos.
Agilidad Logística (AG)	CH → AG → DES TA → AG → DES	AG tiene un efecto positivo y significativo en el desempeño organizacional (.329**, H10).	H5 confirmada (CH → AG). H10 confirmada (AG → DES).
Calidad Logística (CAL)	TA → CAL → DES CH → CAL → DES	CAL muestra un efecto significativo sobre el desempeño organizacional (.557***, H11).	H3 confirmada (TA → CAL). H6 parcialmente confirmada (CH → CAL). H11 confirmada (CAL → DES).
Costo Logístico (COS)	TA → COS → DES CH → COS → DES	COS presenta un efecto positivo y significativo sobre el desempeño organizacional (.271*, H12).	H4 confirmada (TA → COS). H7 confirmada (CH → COS). H12 parcialmente confirmada (COS → DES).

Los resultados del modelo estructural permiten identificar un patrón de mediación robusto que explica cómo las Tecnologías 4.0 influyen en el desempeño organizacional a través de vías indirectas. En primer lugar, el **Capital Humano (CH)** se posiciona como la mediadora central del modelo, dado que canaliza el impacto de la adopción tecnológica (TA) hacia las capacidades logísticas. El efecto significativo de TA sobre CH ($\beta = .545$, $p < .001$; H1) confirma que la tecnología fortalece competencias como la adaptabilidad, la analítica y la toma de decisiones, las cuales, a su vez, impulsan la **Agilidad Logística (AG)** ($\beta = .683$, $p < .001$; H5), la **Calidad Logística (CAL)** ($\beta = .150$, $p = .014$; H6) y la **Eficiencia de Costos (COS)** ($\beta = .728$, $p < .001$; H7). Este patrón respalda lo planteado por Santa et al. (2022) respecto al rol del capital humano como habilitador de la competitividad logística en contextos de digitalización.

Asimismo, las variables logísticas —AG, CAL y COS— actúan como mediadoras entre TA y CH con el **Desempeño Organizacional (DES)**. AG presenta un efecto positivo y significativo sobre DES ($\beta = .329$, $p = .009$; H10), convirtiéndose en un canal clave mediante el cual la tecnología y las capacidades humanas se traducen en flexibilidad operativa y capacidad de respuesta. De manera similar, CAL muestra el impacto más fuerte en el desempeño ($\beta = .557$, $p < .001$; H11), lo cual coincide con Christopher (2016) al señalar que la precisión y la confiabilidad son pilares esenciales de la ventaja competitiva. COS también media la relación tecnológica y humana con el desempeño ($\beta = .271$, $p = .030$; H12), confirmando que la eficiencia en costos constituye un determinante estratégico del rendimiento organizacional, especialmente en sectores intensivos en operaciones como el energético.

El hecho de que la relación directa entre Tecnologías 4.0 y Desempeño Organizacional no haya sido confirmada ($\beta = .032$, $p = .751$; H8) indica la existencia de una **mediación total**, donde

la tecnología ejerce su impacto únicamente mediante las capacidades humanas y logísticas. Esto se alinea con Sony y Naik (2020), quienes afirman que el valor tecnológico no es automático, sino dependiente de su integración en sistemas sociotécnicos maduros. Además, el efecto directo negativo de CH sobre DES ($\beta = -.671$, $p < .001$; H9) sugiere que la organización aún transita procesos de adaptación cultural y técnica, por lo que la contribución positiva del capital humano se canaliza íntegramente a través de AG, CAL y COS. En conjunto, estos hallazgos evidencian un modelo donde la competitividad organizacional depende no solo de la adopción tecnológica, sino de la **orquestración estratégica entre capacidades digitales y talento humano**, confirmando el rol mediador de dichos constructos dentro de la dinámica de Industria 4.0.

6. Discusión de los resultados

Los resultados demuestran que la adopción de Tecnologías 4.0 no garantiza mejoras directas en el desempeño organizacional si no existe una gestión estratégica del capital humano que permita integrar estas herramientas de manera significativa en los procesos. Este hallazgo coincide con **Sony y Naik (2020)**, quienes sostienen que la digitalización genera valor únicamente cuando es articulada dentro de sistemas sociotécnicos centrados en las personas y el aprendizaje continuo.

La fuerte relación entre Tecnologías 4.0 y Capital Humano confirma la visión de **Sima et al. (2020)**, quienes argumentan que la revolución digital requiere nuevas capacidades cognitivas y actitudinales para traducir la tecnología en mejora organizacional. En el caso estudiado, la tecnología incrementa la capacidad analítica, la trazabilidad y la eficiencia, pero su impacto depende de la adaptabilidad y el compromiso del talento humano.

Asimismo, se corroboró lo identificado por **Santa et al. (2022)**, quienes demostraron que la competitividad logística —entendida a través de calidad, desempeño y costo— se fortalece cuando el capital humano actúa como habilitador para la creación de valor mediante el uso de tecnologías.

Sin embargo, el hallazgo más relevante es que el efecto del capital humano sobre el desempeño organizacional fue negativo en sentido directo. Esto sugiere que la organización aún está en un proceso de transición, donde los colaboradores enfrentan:

- Sobrecarga en la adopción tecnológica
- Tensiones culturales entre prácticas tradicionales y digitales
- Brechas entre formación actual y capacidades requeridas

De igual manera, los índices incrementales y absolutos presentaron un ajuste moderado. El GFI (Índice de Bondad de Ajuste) alcanzó un valor de 0.823 y el CFI (Índice de Ajuste Comparativo) un valor de 0.855. Si bien la investigación considera estos valores como indicativos de un "ajuste aceptable", es importante notar que se sitúan por debajo del umbral más estricto de 0.90 recomendado por **Hu y Bentler (1999)** para denotar un ajuste robusto. Esta ligera discrepancia sugiere que, si bien el modelo es coherente, existió cierta dispersión de algunas respuestas en la muestra o falta de homogeneidad.

El análisis de las doce hipótesis planteadas, cuyos resultados se detallan en la Tabla 8, revela un alto nivel de validación del modelo conceptual. La gran mayoría de las relaciones propuestas fueron confirmadas o confirmadas parcialmente, demostrando la coherencia general de la estructura teórica. Específicamente, se confirmaron con alta significancia las relaciones de las Tecnologías 4.0 como impulsoras del Capital Humano, la Agilidad y la Calidad Logística. Asimismo, el Capital Humano se consolidó como una variable mediadora clave, confirmando su fuerte impacto sobre la Agilidad y el Costo Logístico. Finalmente, se validó que los tres impulsores logísticos (Agilidad, Calidad y Costo) impactan positivamente en el Desempeño Organizacional.

El hallazgo más significativo del estudio radica en la única hipótesis que no fue confirmada: la relación directa entre Tecnologías 4.0 y Desempeño Organizacional. Este resultado es crucial, pues sugiere que el valor de la tecnología no es automático ni directo; su impacto en el resultado del negocio debe ser mediado. Esto refuerza la tesis central del estudio: la tecnología actúa como un habilitador que potencia a los impulsores logísticos y al capital humano, pero no genera un mejor desempeño por sí sola.

A pesar de no haber sido confirmada en este estudio, se espera que esta hipótesis evolucione hacia una relación positiva en escenarios futuros, especialmente cuando la organización avance en:

1. **Madurez digital**, alcanzando un uso más homogéneo y estandarizado de las herramientas tecnológicas.
2. **Capacitación y upskilling del personal**, reduciendo tensiones culturales y brechas de conocimiento.
3. **Alineación estratégica entre tecnología y procesos logísticos**, permitiendo que los beneficios tecnológicos se materialicen de forma directa.
4. **Automatización progresiva de procesos clave**, que disminuya la dependencia exclusiva del talento humano para capturar valor.

Bajo estas condiciones —ampliamente respaldadas por la literatura sobre madurez digital y adopción tecnológica (Sony & Naik, 2020; Sima et al., 2020)— la relación entre Tecnologías 4.0 y Desempeño Organizacional **tiende a convertirse en positiva**, indicando que, en futuros estudios o ciclos de implementación más avanzados, esta hipótesis probablemente se confirmará.

Adicionalmente, aunque la hipótesis que relaciona al Capital Humano con el Desempeño Organizacional fue estadísticamente confirmada, su naturaleza resultó ser negativa. Esto presenta una anomalía que sugiere una relación compleja, posiblemente indicando que su contribución positiva se canaliza enteramente a través de los impulsores logísticos (agilidad, calidad y costo).

Finalmente, la confirmación de que la agilidad, la calidad y la eficiencia en costos impulsan el desempeño concuerda con **Christopher (2016)** y **Porter (1996)**, reafirmando que la ventaja competitiva en logística surge de sistemas adaptativos, precisos y sostenibles.

La competitividad organizacional en la era de Industria 4.0 no depende únicamente de la tecnología, sino de la orquestación inteligente entre capacidades humanas y capacidades digitales.

7. Conclusiones

Los resultados del estudio muestran que la adopción de Tecnologías 4.0 es un factor habilitador relevante para mejorar los procesos logísticos, pero no genera por sí sola un impacto directo y positivo en el desempeño organizacional. La evidencia indica que su efecto se materializa a través del capital humano, que actúa como mediador en la relación entre tecnología, agilidad, calidad y eficiencia de costos. Sin embargo, el efecto directo negativo entre el capital humano y el desempeño sugiere que la organización se encuentra en una fase de transición, en la cual los colaboradores están expuestos a cambios culturales, nuevas exigencias técnicas y posibles tensiones por adaptación. Este resultado coincide con investigaciones que señalan la importancia de gestionar el cambio de forma gradual y con soporte estructural para garantizar la apropiación de nuevas tecnologías y evitar sobrecarga operativa. En línea con el sello CESA, este hallazgo refuerza la necesidad de liderazgos capaces de gestionar transiciones tecnológicas desde una perspectiva humana, estratégica y responsable.

Por otra parte, se confirma que la agilidad, la calidad logística y la eficiencia en costos tienen una influencia directa y positiva en el desempeño organizacional, lo cual coincide con la literatura que destaca el rol de la flexibilidad, trazabilidad y precisión como pilares de la competitividad en cadenas logísticas contemporáneas. En suma, la competitividad organizacional en la transición hacia Industria 4.0 depende de la integración entre capacidades digitales y el desarrollo del talento humano como eje articulador de procesos y toma de decisiones. Este resultado refleja uno de los pilares del enfoque CESA: la necesidad de desarrollar profesionales capaces de integrar pensamiento analítico con visión sistémica para fortalecer la capacidad competitiva de las organizaciones.

También es importante destacar que el verdadero motor de la competitividad en este modelo es el Capital Humano (CH). Los indicadores muestran que el CH tiene la influencia positiva más fuerte y significativa de todo el modelo sobre la optimización del Costo Logístico (y la Agilidad Logística) Esto demuestra que la eficiencia y la flexibilidad operativa dependen, en gran medida, de un personal capacitado y adaptado, que a su vez es potenciado por la tecnología.

Finalmente, el modelo confirma que el Desempeño Organizacional se construye a través de la excelencia operativa. Los tres impulsores logísticos (Agilidad, Calidad y Costo) impactan positivamente el resultado final del negocio. Destaca la Calidad Logística (CAL) como el factor con el impacto positivo más sólido sobre el Desempeño Organizacional, validando que la precisión en la entrega y el cumplimiento de estándares son cruciales para la rentabilidad y la satisfacción del cliente. Este cierre se alinea con la visión del CESA al resaltar la importancia de los sistemas de gestión basados en excelencia, sostenibilidad y decisiones sustentadas en datos, pilares fundamentales para formar líderes capaces de generar valor en entornos altamente competitivos.

8. Limitaciones

Este estudio, aunque aporta resultados valiosos sobre la relación entre tecnología, capital humano y eficiencia logística, presenta algunas limitaciones que son importantes reconocer. En primer lugar, el análisis se centró exclusivamente en una sola organización, Terpel, lo que limita la posibilidad de generalizar los resultados a otras empresas o sectores, así como de esta misma manera esto fue abarcado a nivel local mientras que las sedes de la organización a nivel Colombia son considerables. Cada entorno empresarial tiene dinámicas propias, y factores como el tamaño, la estructura o el nivel de digitalización pueden influir en los resultados obtenidos.

En segundo lugar, la investigación utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, lo que si bien permitió obtener información relevante de los colaboradores más cercanos a las áreas estratégicas del estudio, también puede introducir sesgos de autoselección. Es posible que los participantes que decidieron responder la encuesta tengan una mayor afinidad con el uso de tecnologías o una percepción más positiva sobre los procesos organizacionales, lo que podría influir en la interpretación de los resultados. Este tipo de sesgo afecta principalmente la validez externa del estudio, al reducir el grado en que los hallazgos pueden generalizarse a toda la población de la empresa o a otras organizaciones del sector.

Además, el modelo estructural se basó en información recolectada a través de encuestas aplicadas en un periodo específico. Esto significa que las percepciones de los participantes pueden variar con el tiempo o frente a cambios en la cultura organizacional, la gestión del talento o las estrategias tecnológicas. Por lo tanto, los resultados reflejan una realidad actual, y futuras investigaciones podrían incorporar un enfoque longitudinal para analizar cómo evoluciona esta relación en el tiempo, también teniendo en cuenta temas de rotación de personal y a su vez la evolución de las herramientas tecnológicas.

Finalmente, aunque el software AMOS permitió identificar correlaciones sólidas entre las variables, no profundiza en los factores externos que también pueden influir en la competitividad, como las condiciones del mercado, la infraestructura tecnológica del país o las políticas públicas de innovación. Sería útil que investigaciones futuras amplíen el alcance del modelo incluyendo estas variables y comparando empresas de distintos sectores para validar los hallazgos desde una perspectiva más amplia.

9. Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda fortalecer programas de capacitación continua orientados a competencias digitales, análisis de datos y operación de sistemas automatizados para reducir la brecha entre capacidades disponibles y requerimientos de la transformación tecnológica.

Se sugiere implementar estrategias de gestión del cambio que incluyan acompañamiento permanente, participación de los colaboradores en el rediseño de procesos y espacios de retroalimentación. Es importante consolidar modelos de liderazgo colaborativo que favorezcan la autonomía, el aprendizaje interno y la toma de decisiones compartida.

Se recomienda igualmente fortalecer los mecanismos de seguimiento a indicadores de agilidad, calidad y costos, priorizando acciones que permitan identificar cuellos de botella y anticipar desviaciones operativas. Finalmente, se sugiere integrar la perspectiva de bienestar laboral para reducir tensiones asociadas a la adopción tecnológica y promover ambientes de trabajo sostenibles.

Por otro lado, se recomienda profundizar en variables adicionales que no fueron incluidas en este modelo, como la sostenibilidad ambiental, la cual ahora se abarca con respecto a los ODS, también se podría incluir la cultura organizacional digital o la satisfacción laboral. Estos factores podrían ofrecer una visión más completa sobre cómo la integración entre tecnología y talento humano contribuye al desarrollo competitivo y sostenible de las empresas.

10. Implicaciones Académicas

El estudio aporta evidencia que refuerza la necesidad de modelos teóricos capaces de integrar simultáneamente la tecnología, el capital humano y el desempeño organizacional, superando las limitaciones de enfoques que han abordado estos componentes de manera fragmentada. Los resultados obtenidos sugieren que la digitalización no genera automáticamente mejoras en la productividad o competitividad, sino que sus efectos dependen en gran medida de la capacidad de las organizaciones para desarrollar competencias, procesos de aprendizaje y mecanismos de coordinación entre personas y sistemas tecnológicos.

A partir de estos hallazgos, se plantea que futuras investigaciones profundicen en el rol mediador del capital humano, especialmente en dimensiones como la formación especializada, la transferencia de conocimiento y el compromiso organizacional. Asimismo, se propone explorar cómo variables de naturaleza socio organizacional —como la cultura corporativa, la resiliencia y la seguridad psicológica— pueden potenciar o inhibir la relación entre la digitalización y el desempeño, aportando una visión más integral del proceso de transformación tecnológica.

Finalmente, se sugiere que el modelo propuesto sea replicado y contrastado en otros sectores productivos con distintos niveles de madurez digital, con el fin de evaluar la consistencia de los efectos identificados y examinar posibles variaciones asociadas a factores contextuales, regulatorios o estructurales. Esto permitiría enriquecer la validez externa de los resultados y contribuir al desarrollo de marcos analíticos más sólidos para comprender la evolución organizacional en contextos altamente digitalizados.

11. Implicaciones para Política Pública

Los resultados sugieren la necesidad de políticas orientadas a promover programas de formación técnica y reconversión laboral que faciliten la transición hacia entornos productivos digitales. Es conveniente que se impulsen incentivos para proyectos de adopción tecnológica acompañados de estrategias de capacitación integral, especialmente en sectores industriales y logísticos. También sería relevante fortalecer alianzas entre empresas, instituciones educativas y entidades gubernamentales para promover estándares de formación y certificación en competencias digitales aplicadas a la operación. De igual forma, las iniciativas de desarrollo productivo deberían incluir criterios de sostenibilidad y bienestar laboral como parte de los lineamientos para la transformación tecnológica.

Referencias

- Akter, S., & Wamba, S. F. (2016). Big data analytics in e-commerce: A systematic review and agenda for future research. *Electronic Markets*, 26(2), 173–194.
<https://doi.org/10.1007/s12525-016-0219-0>
- Aloini, D., Colladon, A. F., Gloor, P., Guerrazzi, E., & Stefanini, A. (2021). Enhancing operations management through smart sensors: Measuring and improving well-being, interaction and performance of logistics workers. *International Journal of Production Research*.
<https://arxiv.org/abs/2112.08213>
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (2012). Specification, evaluation, and interpretation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40(1), 8–34.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
- Boomsma, A., & Hoogland, J. J. (2001). The robustness of LISREL modeling revisited. En R. Cudeck, S. du Toit, & D. Sörbom (Eds.), *Structural equation modeling: Present and future* (pp. 139–168). Scientific Software International.
- Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., & Poltosi, L. (2022). Industry 5.0 beyond technology: An analysis through the lens of business and operations management literature. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130051>
- Byrne, B. M. (2016). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (3rd ed.). Routledge.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (3rd ed.). Routledge.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5.^a ed.). Pearson.

- Coronado-Maldonado, I., García-García, C., & Pérez-Alonso, M. (2023). Emotional intelligence, leadership, and work teams: A review of the literature 1998–2022. *Frontiers in Psychology*, 14, 1279821. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1279821>
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2023). Industry 5.0 and human-centric manufacturing: A systematic review. *Procedia Computer Science*, 218, 1956–1965. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.235>
- Ghobakhloo, M. (2024). Industry 5.0 contributions to sustainable development: A roadmap. *Sustainable Development Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.susdev.2024.101327>
- Ghobakhloo, M. (2025). Mapping Industry 5.0 research landscape: A bibliometric analysis. *Applied Systems Innovation*. <https://doi.org/10.3390/asi8020110>
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Tseng, M.-L., & Amran, A. (2023). Behind the definition of Industry 5.0: A systematic review of technologies, principles, components, and values. *Technology in Society*. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.101304>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (4.^a ed.). SAGE.
- Harrison, A., & van Hoek, R. (2011). *Logistics management and strategy: Competing through the supply chain* (4.^a ed.). Pearson.
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.

- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.
<https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2019). *Accelerating digital innovation inside and out: Agile teams, ecosystems, and ethics*. MIT Sloan Management Review.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business Press.
- Kim, S. H., Jeon, J., Aridi, A., & Jun, B. (2022). Factors that affect the technological transition of firms toward Industry 4.0 technologies. *Journal of Technology Management & Innovation*.
<https://doi.org/10.4067/S0718-27242022000100039>
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th ed.). The Guilford Press.
- Kock, N. (2015). Common method bias in PLS-SEM: A full collinearity assessment approach. *International Journal of e-Collaboration*, 11(4), 1–10.
<https://doi.org/10.4018/ijec.2015100101>
- Lepak, D. P., & Snell, S. A. (1999). The human resource architecture: Toward a theory of human capital allocation and development. *Academy of Management Review*, 24(1), 31–48.
<https://doi.org/10.5465/amr.1999.1580439>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0—A systematic literature review and research agenda proposal. *International*

- Journal of Production Research, 55(12), 3609–3629.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: A human centric perspective for the design of the factory of the future. *Applied Sciences*, 10(12), 4182. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
- Mentzer, J. T., Flint, D. J., & Hult, G. T. M. (2001). Logistics service quality as a segment-customized process. *Journal of Marketing*, 65(4), 82–104.
<https://doi.org/10.1509/jmkg.65.4.82.18390>
- Nagy, G. (2023). Revolutionizing production logistics: Industry 5.0's impact. *Research in Logistics and Production Management*. <https://doi.org/10.1007/s10100-023-00876-5>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review*, 74(6), 61–78.
- Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2023). Building supply-chain resilience: An artificial intelligence-based technique and decision-making framework. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2037199>
- Santa, R., Ferrer, M., Tegethoff, T., & Scavarda, A. (2022). An investigation of the impact of human capital and supply chain competitive drivers on firm performance in a developing country. *PLOS ONE*, 17(12), e0274592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274592>

- Santa, R., Moros, A., Morante, D., Rodríguez, D., & Scavarda, A. (2023). The impact of emotional intelligence on operational effectiveness: The mediating role of organizational citizenship behavior and leadership. *PLOS ONE*, 18(8), e0284752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284752>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2016). *A beginner's guide to structural equation modeling* (4th ed.). Routledge.
- Sima, V., Gheorghe, I. G., Subić, J., & Nancu, D. (2020). Influences of the Industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. *Sustainability*, 12(10), 4035. <https://doi.org/10.3390/su12104035>
- Slavic, D. (2023). The main concepts of Industry 5.0: A bibliometric analysis approach. *Applied Systems Innovation*. <https://doi.org/10.3390/asi8010123>
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, 101248. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>
- Sürücü, L., & Sürücü, D. (2020). Organizational culture and demographic characteristics of employees. *Journal of Business Research-Turk*, 12(2), 1046-1057. <https://doi.org/10.20491/isarder.2020.894>
- Teece, D. J. (2018). *Dynamic capabilities and strategic management: Organizing for innovation and growth*. Oxford University Press.
- Vyhmeister, E., & Castane, G. G. (2024). When Industry meets Trustworthy AI: A systematic review of AI for Industry 5.0. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.03061>
- Wamba, S. F., Queiroz, M. M., Guthrie, C., & Braganza, A. (2022). Industry experiences of artificial intelligence (AI): Benefits and challenges in operations and supply chain

management. Production Planning & Control, 33(16), 1493–1497.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1962386>