



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Innovación Tecnológica con
Sentido Humano

PROGRAMA DE MAESTRÍA

**Modelo de interacción sistémico para la gestión
tecnológica en empresas de servicios públicos en**

Colombia

(modalidad de trabajo Profundización)

Diego Mauricio Tauta Rúa

Director (a):

Juan Camilo Patiño Vanegas

PhD(c) en Pensamiento Complejo

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

MEDELLÍN, COLOMBIA

AÑO 2023

Modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica en empresas de servicios públicos en Colombia

Diego Mauricio Tauta Rúa

Trabajo de grado presentada(o) como requisito para optar al título de:
Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional

Director (a):

PhD(c) Juan Camilo Patiño Vanegas

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MEDELLÍN, COLOMBIA
AÑO 2023**

A mi esposa e hija, quienes dentro de su infinito amor sacrificaron gran parte de su tiempo en familia para que yo pudiera lograr esta meta personal. Por esto, espero que el resultado de este proyecto de grado pueda aportar, aunque sea un granito de arena, a mejorar la sociedad de la que ellas hacen parte.

A Elizabeth y Diego, con quienes a partir de un gran esfuerzo logramos hacer realidad este sueño profesional; esperamos que prontamente logremos materializar en la organización sus beneficios.

“La generación o destrucción de valor de los sistemas de activos se da a través de las interacciones entre sus componentes, y entre estos y los entornos en donde se emplazan”.

Jorge Granada

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a todos los entrevistados al interior de las empresas de servicios públicos en Colombia y a nivel internacional, que con enorme amabilidad aportaron desde sus vivencias en la construcción de este trabajo. También, un sentido agradecimiento a los expertos, quienes dada su vasta experiencia y ánimo constructivo compartieron sus recomendaciones para fortalecer el modelo propuesto.

Por último, pero no menos importante, quiero dar un fraternal mensaje de agradecimiento a mi director de trabajo de grado Juan Camilo Patiño. Juan, con su amplio conocimiento en la investigación, pero especialmente su alma de docente y tutor me guio en la formación metodológica en estos temas, complementado de manera portentosa mi formación en nivel de maestría.

RESUMEN

Las empresas prestadoras de servicios públicos son intensivas en activos productivos, por tanto, la consecución de sus metas y objetivos estratégicos depende de una adecuada integración de tecnologías para mejorar su cadena productiva, cumpliendo las exigencias regulatorias de eficiencia, calidad y seguridad. Pese a la marcada relevancia que tienen para el progreso económico de los países, el nivel de investigación sobre gestión tecnológica para este tipo de compañías resulta bajo, juntamente con resultados poco alentadores en la implementación de la gestión tecnológica a nivel mundial.

El objetivo del trabajo es proponer un modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica en empresas de servicios públicos. Se aplicó una metodología de alcance exploratorio de tipo cualitativo; en la fase 1 se adelanta una exploración bibliográfica sobre gestión tecnológica, con énfasis en perspectiva sistémica, en la fase 2 se estructura la información recopilada contrastándola con miembros de empresas del sector, y en fase 3 se construye la propuesta del modelo, poniéndolo en consideración con expertos del tema.

Entre los resultados se tiene la propuesta de un modelo sistémico de gestión tecnológica con cuatro (4) dimensiones: i) base tecnológica, ii) operaciones, iii) entorno organizacional, y iv) ecosistema sectorial; integrando en éstas los diversos elementos, tanto internos como externos a la organización, que se requiere interactúen para gestionar de manera holística la tecnológica en empresas del sector de prestación de servicios públicos. Este trabajo genera valor no sólo al sector productivo, sino que tiene un aporte en la esfera académica/investigativa, pues no se contaba con este nivel de profundización en la gestión tecnológica de empresas de la senda explotadora tecnológica, y mucho menos bajo una perspectiva de visión sistémica, la cual permite atender la complejidad propia de un sistema tecno-humano como lo es la tecnología en las organizaciones.

Palabras clave: Gestión tecnológica, visión sistémica, arquitectura empresarial, sistemas de gestión, empresas prestadoras de servicios públicos.

ABSTRACT

Public service utilities are intensive in productive assets, therefore, the achievement of their strategic goals and strategic objectives depends on an adequate integration of technologies to improve their production chain, meeting the regulatory requirements of efficiency, quality, and safety. Despite the marked relevance they have for the economic progress of countries, the level of research on technological management for this type of companies is low, along with discouraging results in the implementation of technological management worldwide.

The objective of the work is to propose a systemic framework for technological management in public service utilities. A methodology with a qualitative exploratory scope was applied; In phase 1, a bibliographic exploration on technological management is carried out, with emphasis on a systemic perspective, in phase 2 the information collected is structured by contrasting it with members of companies in the sector, and in phase 3 the framework proposal is built, putting it into consideration with experts on the subject.

Among the results is the proposal of a systemic framework of technological management with four (4) dimensions: i) technological base, ii) operations, iii) organizational environment, and iv) sectoral ecosystem; integrating into these the various elements, both internal and external to the organization, that are required to interact to have a holistically technology management in public service utilities. This work generates value not only to the productive sector, but also has a contribution in the academic/research sphere, since this level of depth was not available in the technological management of companies on the technological exploitative path, much less from a perspective of systemic vision, which allows us to address the complexity of a techno-human system such as technology in organizations.

Keywords: *Technology management, systems thinking, enterprise architecture, management systems, public services utilities.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
Antecedentes.....	16
Descripción de la problemática.....	19
Justificación	24
Hipótesis de investigación.....	25
Preguntas de Investigación	25
OBJETIVOS	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos.....	26
1 CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	27
1.1. Generalidades sobre Gestión Tecnológica	27
1.1.1. Gestión estratégica de la tecnológica.....	28
1.1.1.1. Sendas tecnológicas.....	30
1.2. Modelos de gestión tecnológica	31
1.2.1. Proceso de gestión tecnológica.....	31
1.2.2. Modelos de gestión tecnológica	32
1.3. Visión sistémica sobre la gestión tecnológica	42
1.3.1. Visión sistémica a partir de la teoría de sistemas	42
1.3.2. Estructura sistémica de la gestión tecnológica.....	44
1.3.3. Estructura sistémica de las soluciones tecnológicas	48
1.3.3.1. Perspectiva sistémica soluciones tecnológicas en servicios públicos.....	50
1.3.4. Estructura sistémica en las organizaciones	51
1.3.4.1. Empresas prestadoras de servicios públicos	52
1.3.4.2. Marcos (framework) de estructura empresarial	53
1.4. Sistemas de gestión en organizaciones	55

1.4.1.	Sistema de gestión de la tecnología	55
1.4.2.	Sistema de gestión de la innovación.....	56
1.4.3.	Sistema de gestión de activos	59
2	CAPITULO 2: METODOLOGIA	61
2.1.	Diseño metodológico	61
3	CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....	65
3.1	Hallazgos del referenciamiento teórico.....	65
3.2	Propuesta principios y elementos clave del modelo de interacción sistémico de gestión tecnológica.....	68
3.2.1.	Principios modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica	68
3.2.2.	Elementos modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica.....	71
3.3	Validación de principios y elementos dentro del sector	76
3.3.1.	Entrevista semiestructurada	77
3.3.1.1.	Preguntas	77
3.3.1.2.	Entrevistados	79
3.3.2.	Análisis de respuestas cerradas	79
3.3.3.	Análisis de respuestas abiertas	81
3.4.	Diseño del modelo de gestión tecnológica.....	84
3.4.1.	Modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica.....	85
3.4.1.1.	Base tecnológica	86
3.4.1.2.	Ciclo de gestión tecnológica	88
3.4.1.2.1.	Planeación tecnológica (<i>T-Plan</i>).....	89
3.4.1.2.2.	Proceso de gestión tecnológica	91
3.4.1.3.	Entorno organizacional.....	94
3.4.1.4.	Ecosistema sectorial	96
3.4.1.5.	Evolución modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica	98
3.4.2.	Evaluación por expertos.....	99
3.4.2.1.	Preguntas para la evaluación de expertos.....	99
3.4.2.2.	Resumen de respuestas.....	100
3.4.2.3.	Análisis de respuestas	103
3.4.2.4.	Modificaciones implementadas.....	105

3.4.3. Estructura sistémica del modelo de gestión tecnológica	106
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
4.1. Conclusiones	110
4.2. Recomendaciones.....	113
REFERENCIAS	120
ANEXO A. Análisis respuestas cerradas	130
ANEXO B. Análisis respuestas abiertas.....	134
ANEXO C. Descripción proceso gestión tecnológica	141
ANEXO D. Modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica de empresas de servicios públicos (ajustado).....	147

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Infograma comportamiento empresas servicios públicos en Colombia año 2021.....	18
Figura 2. Comportamiento de la demanda de energía eléctrica versus el PIB en Colombia 2012-2020	18
Figura 3. Árbol del problema	23
Figura 4. Marco de planeación estratégica tecnológica	29
Figura 5. Modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)	33
Figura 6. Modelo de gestión tecnológica industria construcción robots monotarea, Linner et al (2020)	36
Figura 7. Marco para la gestión tecnológica, Phaal et al. (2001).....	38
Figura 8. Ejemplificación mecanismo de atracción y empuje marco de gestión tecnológica	39
Figura 9. Marco de gestión tecnológica expandido en la era digital	41
Figura 10. Sistema de gestión ciclo de vida adquisiciones, tecnología y logística de defensa (DAU, 2010)	42
Figura 11. Modo de evolución autoorganizado del sistema de gestión tecnológica	47
Figura 12. Componentes procesables y medibles de los sistemas tecnológicos.....	49
Figura 13. Visión general del Modelo de Arquitectura de Redes Inteligentes (SGAM).....	51
Figura 14. Ejemplos marco (<i>framework</i>) de arquitectura empresarial	54
Figura 15. Representación del marco del sistema de gestión de la innovación.....	58
Figura 16. Diseño metodológico	64
Figura 17. Flujo metodológico	64
Figura 18. Distribución perfiles de los entrevistados.....	79
Figura 19. Modelo de interacción sistémico (dimensiones) para la gestión tecnológica.....	85
Figura 20. Modelo de estructura sistemas tecnológicos	86
Figura 21. Ciclo de gestión tecnológica	88
Figura 22. Hoja de ruta tecnológica (<i>technology roadmapping</i>)	90
Figura 23 Proceso de gestión tecnológica	93
Figura 24. Entorno organizacional	94
Figura 25. Ecosistema sectorial.....	96
Figura 26. Diagrama causal modelo de interacción sistémico.....	107
Figura 27. Puntos de palanca para intervenir un sistema	115
Figura 28. Ecosistema sectorial (ajustado)	148
Figura 29. Proceso de gestión tecnológica (ajustado)	148

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marcos de referencia de la gestión tecnológica	27
Tabla 2. Estrategias tecnológicas.....	30
Tabla 3. Trayectorias tecnológicas.....	31
Tabla 4. Referenciamiento comparativo sobre algunos procesos de gestión tecnológica	32
Tabla 5. Elementos del modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)	34
Tabla 6. Principios del modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)	34
Tabla 7. Elementos ciclo de mejoramiento modelo de gestión tecnológica, Linner et al (2020) ...	36
Tabla 8. Elementos del marco de gestión tecnológica, Phaal (2001)	39
Tabla 9. Principios fundamentales para los sistemas según la TGS.....	43
Tabla 10. Taxonomía de componentes de un sistema tecnológico.....	49
Tabla 11. Descripción capas modelo SGAM, Uslar et al., (2019)	51
Tabla 12. Elementos fundamentales del sistema de gestión de innovación.....	57
Tabla 13. Relación entre elementos y principios propuestos.....	75
Tabla 14. Preguntas de la entrevista	77
Tabla 15. Análisis de resultados respuestas abiertas	81
Tabla 16. Elementos de la estructura sistemas tecnológicos	86
Tabla 17. Elementos del ciclo de gestión tecnológica	89
Tabla 18. Fases del proceso de gestión tecnológica.....	92
Tabla 19. Elementos del entorno organizacional	95
Tabla 20. Elementos del ecosistema sectorial.....	97
Tabla 21. Preguntas para la evaluación de expertos	99
Tabla 22. Resumen modificaciones implementadas	106
Tabla 23. Evaluación propiedades sistémicas del modelo	108
Tabla 24. Descripción puntos de palanca intervención de sistemas.....	115
Tabla 25. Acciones recomendadas implementación sistema gestión tecnológica.....	116
Tabla 26. Resultados respuestas cerradas entrevista.....	130
Tabla 27. Análisis de resultados respuestas abiertas	134
Tabla 28. Tareas del proceso de gestión tecnológica	141
Tabla 29. Principios modelo para la gestión tecnológica (ajustado)	147

INTRODUCCIÓN

Desde el momento histórico para el cual se avizoraron las tecnologías avanzadas como un factor clave para garantizar la competitividad de las economías nacionales, empresas privadas, y operaciones gubernamentales, se evidenció la necesidad de realizar una gestión integral de todos los elementos que resultan involucrados en el adecuado despliegue de estas; estos elementos trascienden a las ciencias y la ingeniería, pues resalta la importancia de considerar aspectos como el recurso humano y financiero, producción de materia prima, entre otros. Para finales de la década de los años 80 del siglo XX, diversos actores del sector industrial, gubernamental y académico de Estados Unidos establecieron un cuerpo del conocimiento formal para todas aquellas tareas que requieren ser atendidas con el fin de gestionar adecuadamente la tecnología, y es de allí donde se conjura formalmente la Gestión Tecnológica (National Research Council, 1987).

A partir de allí, han sido establecidas por parte de diferentes autores, entidades, e incluso gobiernos nacionales, varias definiciones para la Gestión Tecnológica, las cuales, si bien pueden estar matizadas por contextos sectoriales, nacionales e incluso históricos, comparten entre ellas varios elementos, los cuales permiten establecer con cierta generalidad un entendimiento común sobre dicho concepto. La gestión tecnología se puede entender como el desarrollo de técnicas disciplinares de la ingeniería, ciencias y administración, con el fin de entender y resolver de manera eficaz problemas asociados a la predicción, proyección y prospección tecnológica, el buen manejo de la información científica y tecnológica, de las estructuras organizacionales adecuadas para la investigación y el comportamiento humano en el proceso de desarrollo tecnológico, la planeación y control de proyectos, la vinculación entre las unidades de investigación y las de producción, la legislación en la materia, etc.; todo lo anterior con el fin de aportar al cumplimiento de la estrategia y los objetivos operacionales de la organización (Task Force on Management of Technology et al., 1987; Solleiro, 1988).

Si bien se cuenta con un cuerpo de conocimiento robusto, con una tasa relativamente alta de publicaciones sobre gestión tecnológica (Cetindamar et al., 2019), el sector de explotación tecnológica, del cual hacen parte las empresas industriales como las prestadoras de servicios públicos, no presenta un nivel representativo de investigación, pues la mayoría de avances y propuestas en este sentido se enfocan a las compañías de innovación en producto, de base científica y tecnológica (I+D), así como para aquellas de estrategia de liderazgo tecnológico, pues son éstas las que tienen mayor intensidad tecnológica (Benavides & Quintana, 2007).

Por otro lado, cada día los requerimientos regulatorios sobre las empresas prestadoras de servicios públicos son más exigentes, buscando mejores niveles de eficiencia, calidad y seguridad para tales servicios esenciales; así mismo, el perfil de los usuarios ha ido modificándose a través del tiempo, siendo consumidores más informados y activos, y por tanto más exigentes en torno a los indicadores de disponibilidad y percepción de calidad (EPM, 2022). En general, el cumplimiento tanto de los indicadores de calidad como la percepción sobre la prestación de los servicios públicos en Colombia ha ido descendiendo, presentando la mayor brecha en los servicios del acueducto y la energía eléctrica (Revista Semana, 2022). Entendiendo la naturaleza industrial -extensiva en activos- de este tipo de empresas, es innegable que una de las causas de tales resultados es una inadecuada implementación de tecnologías en sus procesos. Los registros sobre adopción e implementación de modelos de gestión tecnológica en las empresas de servicios públicos resultan ser bajos (Cantor et al., 2021; López-Juvinao et al., 2021).

Así, la importancia de una adecuada gestión tecnológica para las empresas prestadoras de servicios públicos aumenta a medida que los retos que enfrentan las sociedades exigen soluciones novedosas sostenibles para la suplencia de necesidades vitales como el agua, la energía eléctrica, gas, manejo de residuos sólidos, etc. Lograr una transición desde los medios convencionales de provisión de energéticos, agua, así como el tratamiento de aguas y residuos sólidos, requiere de una regulación proactiva, nuevas reglas de mercado,

colaboración entre los actores existentes y nuevos en el mercado energético. Así mismo, la capacidad de las empresas de servicios públicos para adaptarse a las nuevas tecnologías determinará en parte qué tan rápido puede ocurrir la transformación, así como cuál será su papel en escenarios futuros sobre la prestación de estos servicios (IRENA, 2020).

Es de resaltar el hecho de que, para el caso de las empresas prestadoras de servicios públicos es necesario plantear una visión sistémica de la gestión tecnológica, pues ésta involucra una compleja red de interacciones entre diferentes componentes del sistema, incluyendo activos físicos, recursos humanos, procesos, regulación, mercados, clientes, usuarios, entre otros, por tanto se debe abordar dicha problemática bajo una perspectiva holística que tenga en cuenta las interconexiones y las dinámicas entre los diferentes elementos del sistema de gestión (Oughton et al., 2018; Kumar et. al., 2023).

Dada la importancia que conlleva atender bajo una perspectiva sistémica la gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos, las cuales basan sus operaciones en la explotación de activos esencialmente tecnológicos, considerando los registros sobre una baja adopción e implementación de modelos de gestión tecnológica en estas empresas, y el bajo nivel de producción científica en torno a la implementación de gestión tecnológica en este sector, en el presente trabajo de grado se propuso construir un modelo de interacción sistémico orientado a la gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia, el cual contribuya al cumplimiento del direccionamiento y objetivos estratégicos de las compañías.

A lo largo del presente trabajo se evidencian los resultados del desarrollo metodológico de la forma que se describe a continuación. En el capítulo 1 se presenta el marco teórico, el cual condensa los resultados de la revisión bibliográfica adelantada en torno a temas como gestión (estratégica) tecnológica, procesos y modelos de gestión tecnológica, sistemas de gestión de tecnología e innovación, así como perspectivas sistémicas de la gestión tecnológica. En el capítulo 2 se hace una descripción detallada de la metodología utilizada

en el presente trabajo. En el capítulo 3 se presentan los resultados de cada una de las fases del trabajo: i) referenciamiento teórico, se resumen los principales hallazgos de la fase de revisión de literatura, ii) a partir de estos resultados se presentan los principios y elementos que regirán y constituirán el modelo a proponer respectivamente, iii) el análisis de resultados de la validación de los principios y elementos propuestos a través de entrevistas con los miembros del sector, y por último iv) el diseño del modelo de gestión tecnológica para empresas de servicios públicos, exhibiendo el modelo propuesto, la descripción de sus elementos; los resultados de la evaluación del modelo por parte de los expertos, y los ajustes al modelo incluidos a partir de dicha evaluación. En el capítulo 4 se registran las conclusiones y recomendaciones del trabajo de grado.

Por último, se destaca el hecho que el sector de servicios públicos guarda una directa relación con la prosperidad de las economías nacionales y el desempeño de otros elementos habilitadores para el crecimiento económico (Analitik, 2020; La Republica, 2021), lo cual permite afirmar que una apropiada gestión tecnológica en las empresas de este sector tendría un impacto significativo en el desarrollo económico y social de las regiones y el país.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antecedentes

Las empresas prestadoras de servicios públicos (*public service utilities*) son aquellas organizaciones que implementan, operan y mantienen la infraestructura y procesos requeridos para la prestación de los servicios considerados esenciales para la comunidad: provisión y saneamiento de agua potable, generación-transmisión-distribución-comercialización de energía eléctrica, distribución y comercialización de gas, gestión de residuos sólidos, entre otros (definición ajustada de la Ley 142 de 1994).

El sector industrial de prestación de servicios públicos se caracteriza, entre otros aspectos por:

- a) Son mayoritariamente monopolios naturales. Se sostiene que la forma más rentable de proveer este tipo de servicios a la comunidad es a través de una única empresa, pues se trata de negocios intensivos en activos de capital, con economías de escala y costos fijos elevados asociados esencialmente a la construcción y operación de infraestructura para la prestación del servicio (Ulbrich, 1991).
- b) Sector altamente regulado. Precisamente dada su naturaleza monopólica, una característica única de este sector es el alto nivel de regulación en sus operaciones, políticas de precios, reconocimientos e ingresos (Kosh, 1950). Esta regulación se plantea con el objetivo de lograr que los servicios se presten al mayor número posible de personas, al menor costo posible para los usuarios y con una remuneración adecuada para las empresas que permita garantizar calidad, cobertura y expansión (CREG, 2020).
- c) Intervención estatal. Con esta intervención se busca garantizar: calidad y prestación eficiente del servicio, ampliación permanente de la cobertura, atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas, prestación continua e ininterrumpida, no utilización abusiva de la posición dominante, obtención de economías de escala comprobables, accesibilidad de los usuarios a los servicios y su participación en la

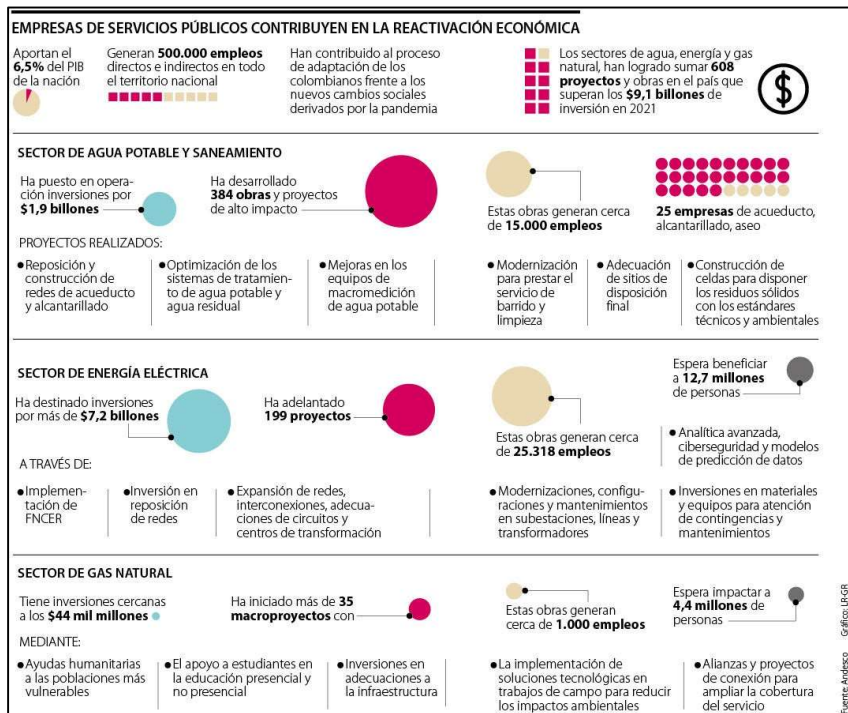
gestión y fiscalización de su prestación, establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad (Ley 142 de 1994).

Los elementos anteriormente descritos hacen de este tipo de compañías un caso específico en torno a su régimen tecnológico. De acuerdo con Benavides y Quintana (2007), cada sector involucra diferentes tecnologías, con una ruta histórica de desarrollo y requerimientos particulares. Mencionan los autores que por tal motivo no es posible establecer un marco de aplicación general para la gestión tecnológica la cual considere eficazmente la diversidad corporativa y sectorial; ellos clasifican a este sector dentro de aquellos dominados por los proveedores, o aquellas donde la principal fuente de tecnología es a partir de proveedores, y su estrategia de innovación se fundamenta en la explotación de la tecnología creada por otros agentes para reforzar sus ventajas competitivas. Sharif (2012) identifica esta estrategia tecnológica como de explotación, la cual busca lograr un liderazgo de calidad en el mercado correspondiente utilizando tecnologías estandarizadas maduras, buscando ahorro en costos, una respuesta ágil, y con un elevado nivel de transferencia tecnológica.

Colombia cuenta con cerca de 5.000 empresas de servicios públicos según el Registro Único de Prestadores de servicios Públicos (RUPS), las cuales aportan no menos del 6,5% del PIB de la Nación, generando alrededor de 500.000 empleos directos e indirectos (La Republica, 2021). En general, este subsector industrial se destaca no solamente por su impacto directo sobre las economías nacionales, sino por su correlación con el desempeño de otros elementos habilitadores para el crecimiento económico; este comportamiento se puede observar en la

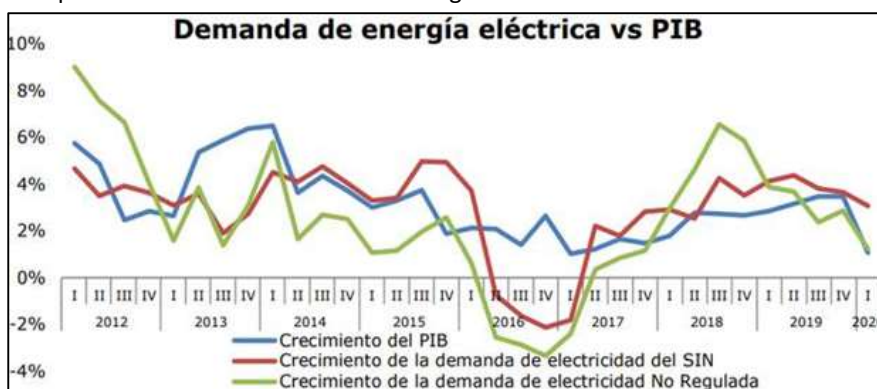
Figura 1, con el caso de la energía eléctrica y el PIB en Colombia.

Figura 1. Infograma comportamiento empresas servicios públicos en Colombia año 2021



Nota. Fuente, *La Republica* (2021)

Figura 2. Comportamiento de la demanda de energía eléctrica versus el PIB en Colombia 2012-2020



Nota. Fuente, *(Analitik, 2020)*

Según reporta la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) (SSPD, 2022; SSPD, 2022a; Revista Semana, 2022), los resultados de la evaluación sobre la prestación de los diferentes servicios públicos en Colombia, aquellos que presentaron la mayor brecha en

torno al cumplimiento de sus indicadores de calidad, así como la percepción más negativa por parte de los usuarios, fueron el acueducto y la energía eléctrica.

Si bien no existen evaluaciones directas sobre el despliegue adecuado de soluciones tecnológicas en este tipo de empresas, se puede mencionar que el comportamiento de sus indicadores de calidad y cobertura, así como la percepción de los usuarios sobre el servicio, permite inferir de cierta manera el comportamiento de estas organizaciones en torno a su gestión tecnológica, pues al ser una industria extensiva en activos productivos (esencialmente de carácter tecnológico), la gestión efectiva de los mismos resulta ser su principal fuente de ventaja competitiva (Golive, 2017).

Descripción de la problemática

Cada día resulta más evidente para las empresas la importancia que conlleva una adopción temprana, segura y eficiente de soluciones tecnológicas, las cuales les permitan alcanzar sus objetivos estratégicos de manera eficiente y competitiva (D. R. Probert et al., 2005). El caso de las empresas prestadoras de servicios públicos no resulta ser diferente, por el contrario, fenómenos como el crecimiento demográfico derivado de la migración de zonas rurales a las zonas urbanas, la incertidumbre climática, la obsolescencia de la infraestructura, las presiones regulatorias por mejorar sus indicadores de rendimiento reduciendo a su vez sus costos de inversión y operativos, entre otros factores, obliga a incrementar los esfuerzos por identificar e incorporar nuevas tecnologías, así como una adecuada gestión de las mismas; los actores involucrados en las entidades prestadoras de servicios públicos (*utilities*) se ven en la necesidad imperiosa de apropiar una visión enfocada hacia la gestión tecnológica (Speight, 2015; Rubio-Nuñez et al., 2018).

La gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos involucra una compleja red de interacciones entre diferentes componentes del sistema, incluyendo activos físicos, recursos humanos, procesos, regulación, mercados, clientes, usuarios, entre otros. Dicha complejidad da lugar a problemas sistémicos, que pueden llegar a tener efectos

en cascada a lo largo de todo el sistema, impactando la calidad de los servicios prestados, la satisfacción de los usuarios, la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo de la empresa. Así, resulta esencial abordar esta problemática desde una perspectiva sistémica que considere las interconexiones y las dinámicas entre los diferentes elementos del sistema (Oughton et al., 2018; Kumar et. al., 2023).

Pese a lo anterior, los resultados que se registran sobre la adopción e implementación de modelos de gestión tecnológica en las empresas de servicios públicos, los cuales faciliten la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras, no son del todo alentadores para las empresas de servicios públicos, especialmente en acueducto y alcantarillado, incluso para los países desarrollados (Cantor et al., 2021).

Implementar modelos de gestión tecnológica, especialmente en empresas grandes, requiere procesos organizacionales formalizados pues las tareas relevantes son realizadas por personas de distintas áreas, y por lo tanto tienen que estar vinculados organizacionalmente de manera efectiva y eficiente; una implementación organizacional adecuada requiere considerar varios parámetros y perspectivas para determinar la conexión adecuada dentro de las empresas (Olivan et al., 2014). Las empresas de mediano y gran tamaño que se han acogido a un modelo de gestión por procesos, si bien capturan múltiples ventajas como la son la orientación a los requerimientos del cliente, procesos estandarizados, mayor eficiencia, entre otros (Gudelj et al., 2021), se encuentran sometidas a riesgos asociados a una inadecuada implementación de su modelo. Frente a esto, da Silva et al. (2012) indica que la implementación de la gestión por procesos implica riesgos asociados a la posible orientación al trabajo por silos (procesos verticales) y no a procesos transversales, indicadores de rendimiento (KPI's) individuales, distanciamiento entre áreas, entre otros.

Asociado a esto, en el caso de organizaciones de gran tamaño la implementación de sistemas de gestión como es el caso, en sentido amplio, el de un sistema de gestión tecnológica, resulta complejo por elementos como:

- a) Factores humanos: Bajo nivel de compromiso por parte del recurso humano responsable de su implementación. De igual manera, pueden presentarse casos de falta de conocimiento sobre el mismo (Castillo-Rojas et al., 2012; Simon et al., 2012).
- b) Alta gerencia: Por parte de los directivos de alta gerencia no se cuenta con el adecuado nivel de compromiso hacia la implementación de los modelos de gestión (Mohammad et al., 2005; Simon et al., 2012).
- c) Recursos disponibles: No son suficientes los recursos destinados para el diseño e implementación de sistemas, procesos, documentación y demás elementos requeridos en los modelos de gestión (Mohammad et al., 2005; Simon et al., 2012).

Específicamente para el sector de las empresas prestadoras de servicios públicos las barreras al momento de implementar un modelo de gestión tecnológica se documentan en torno a aspectos de gobernanza y cultura al interior de la empresa prestadora, entusiasmo y ambición gerencial, mecanismos de financiación, así como agentes externos como el ambiente regulatorio y el relacionamiento con otras empresas del sector (Speight, 2015; Arifin, 2017; Cantor et al., 2021).

Por último, es importante mencionar que el sector de prestación de servicios públicos no presenta un nivel representativo de investigación en torno a la gestión tecnológica, pues la mayoría de avances y propuestas en este sentido se enfocan a las compañías de innovación en producto, de base científica y tecnológica (I+D), así como para aquellas de estrategia de liderazgo tecnológico, pues son éstas las que tienen mayor intensidad tecnológica (Benavides & Quintana, 2007). A partir de un análisis bibliométrico realizado por Cetindamar et al. (2019), en el cual se analizaron más de 3.000 documentos aceptados en

las conferencias del *Portland International Center for Management of Engineering and Technology* (PICMET) en la década de 2009 a 2018, se identificaron las tendencias sobre investigación e implementación de gestión de tecnología en los últimos años. Según lo publicado por los autores, la industria de la prestación de servicios públicos (*utilities, public service utilities, municipal utilities, etc.*) no aparece en la lista de las líneas de investigación registradas en una de las principales plataformas especializadas a nivel mundial para la difusión sobre gestión tecnológica y gestión de la ingeniería.

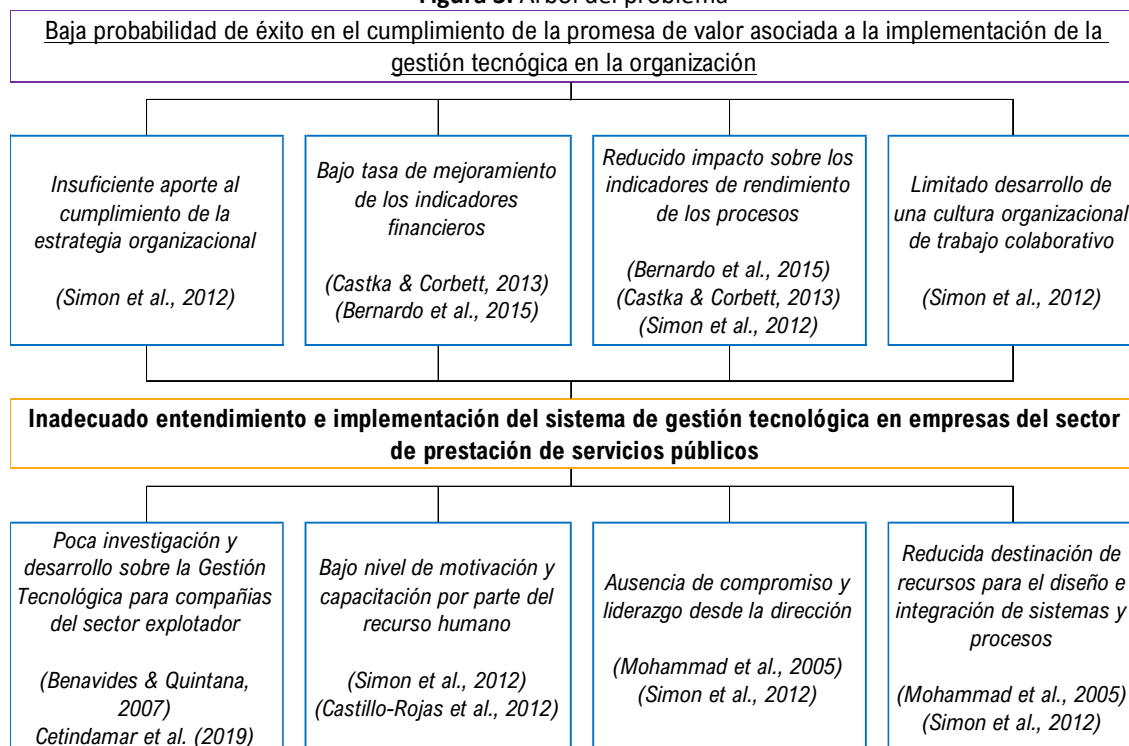
Lo anterior termina siendo algo desafortunado, pues a pesar de que la dinámica del sector explotador no resulta ser tan acelerada como en los demás casos, el nivel de requerimientos asociados a soluciones tecnológicas innovadoras sí resulta ser elevado, toda vez que como se mencionó anteriormente, las presiones regulatorias sobre tasas de reconocimiento, indicadores de calidad y sendas de productividad obligan a la continua búsqueda de eficiencias y rentabilización de operaciones.

Como resultado del bajo nivel de investigación, se identifica consecuentemente un desconocimiento y desinterés en torno a la implementación de modelos de gestión tecnológica estructurados con el fin de alcanzar los objetivos empresariales trazados. De acuerdo con el estudio realizado por (Arifin, 2017) en la empresa estatal de distribución de energía en Indonesia -PLN-, se encontró que uno de los factores organizacionales que impactan sobre una adecuada adopción tecnológica corresponde al compromiso y entusiasmo por parte de la alta gerencia. Según reporta López-Juvinao et al. (2021), para el caso de las empresas prestadoras de servicios públicos en la región de la Guajira (Colombia), los directivos no se encontraban interesados en la gestión tecnológica, mostrando valores neutros o negativos en indicadores asociados a capacitar, implantar, aprender e integración de proceso/producto; se concluyó que la gestión tecnológica se encontraba implementada de forma deficiente por falta de elementos clave para su realización. Así mismo, vale la pena referenciar lo expuesto por (Castellanos et al., 2008), quien concluye que para América Latina es viable avanzar en el fortalecimiento de la gestión tecnológica con elementos

sistémicos con aporte de la biología (visión heredada desde la Teoría General de los Sistemas (Senge, 2016; Marjanedas, 2018)), considerando que es posible de que en la región sí existan investigaciones relacionadas con el tema, pero que no se publiquen en medios fácilmente accesibles, llevando a reconocer que subsisten falencias en cuanto a la visibilidad de los resultados.

En conjunto, las situaciones mencionadas anteriormente resultan ser limitantes en torno al diseño e implementación de un modelo holístico para la gestión tecnológica. Tal ausencia representa para las empresas deficiencias organizacionales que se ven materializadas en indicadores (financieros, rendimiento de procesos) menores a los esperados, riesgos sobre su infraestructura, reducciones en el nivel de calidad del servicio que los clientes esperan, todo esto con un precio muy elevado (Speight, 2015). Se concluye que estos elementos en conjunto conllevan a la problemática superior de tener una baja probabilidad de éxito en el cumplimiento de la promesa de valor en torno a la implementación de las soluciones tecnológicas dentro de la organización (ver Figura 3).

Figura 3. Árbol del problema



Nota. Fuente, elaboración propia

Justificación

El desarrollo tecnológico hace parte fundamental de los rumbos estratégicos trazados tanto en el entorno nacional colombiano como regional en Medellín. Para el primer caso, se establece dentro del Plan Nacional de Desarrollo un Pacto por la Ciencia, la Tecnología e Innovación, por el cual se plantea el conocimiento científico y desarrollo de tecnología e innovaciones como herramienta transformar la sociedad colombiana y su sector productivo (Departamento Nacional de Planeación, 2018). En el entorno regional, dentro de la declaración estratégica del Plan de Desarrollo de Medellín se establece la tecnología como el punto de partida de “Medellín Futuro”, no como el artefacto tecnológico, sino como el conocimiento humano depositado en él (Municipio de Medellín, 2020).

Para el contexto específico de las empresas del sector de prestación de servicios públicos, en la ruta de lograr los objetivos planteados dentro de su Direccionamiento Estratégico, resulta fundamental desarrollar de forma adecuada la Gestión de la Tecnología, toda vez que estas organizaciones son intensivas en activos físicos productivos constituidos por tecnologías con una amplia caracterización (tipos de tecnología), niveles de desarrollo y aplicaciones concurrentes. De manera complementaria, se presentan señales desde diversas esferas, como la sociedad civil, los mercados (competencia), la planeación y regulación del sistema energético, sector I+D, los cuales promulgan para este tipo de empresas la incorporación de nuevos desarrollos tecnológicos, no solo con el ánimo que estas permitan contribuir a la mejora de sus indicadores de calidad, seguridad y cobertura en la prestación de los servicios (Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), 2018), sino que también se busca apalanquen la transformación de los sectores (especialmente energía), con ello aportando al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, como por ejemplo el No. 7 “Energía asequible y no contaminante” (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Con este trabajo de grado se pretende abordar la Gestión Tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos desde una perspectiva sistémica, planteando una visión organizacional holística, lo cual permita modelar de manera integrativa los diversos partícipes que se encuentran involucrados en el adecuado desarrollo de dicha gestión, y así, aumentar significativamente la probabilidad de éxito en el cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados por este tipo de organizaciones en torno a la implementación de soluciones tecnológicas. De igual forma, no solo se lograrían beneficios sobre los resultados globales de tales empresas, sino que consecuentemente esto repercutiría favorablemente sobre la sociedad, pues es esta quien se encuentra beneficiada por una eficiente prestación de los servicios públicos (CREG, 2020), así como el medioambiente, quien se favorece gracias a un desarrollo económico verde y sostenible (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

La ausencia de una concepción sistémica para la Gestión Tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos resulta ser una problemática existente de gran impacto, pues a pesar de ser este un sector industrial con elevado nivel de explotación tecnológica, los modelos de sistemas de gestión tecnológica desarrollados y publicados a nivel académico y científico responden mayoritariamente a sectores con otras sendas tecnológicas; lo anterior se concluye a partir de la revisión bibliográfica desarrollada en el marco del presente trabajo de grado. Así, se resalta que este tipo de trabajo investigativo aportaría a satisfacer un vacío teórico vigente en torno a la gestión tecnológica.

Hipótesis de investigación

Contar con un modelo de gestión tecnológica con perspectiva sistémica les permitiría a las compañías prestadoras de servicios públicos en Colombia evidenciar las interacciones requeridas con el fin de operar de manera adecuada dicha gestión.

Preguntas de Investigación

¿Cuál sería un modelo de interacción sistémico orientado a la gestión tecnológica en compañías prestadoras de servicios públicos en Colombia?

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un modelo de interacción sistémico orientado a la gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia que contribuya al cumplimiento del direccionamiento y objetivos estratégicos de las compañías.

Objetivos Específicos

1. Examinar referentes teóricos sobre modelos de gestión tecnológica aplicables para el sector de prestación de servicios públicos.
2. Definir elementos clave que debe contener un modelo para la gestión de la tecnología en empresas prestadoras de servicios públicos.
3. Determinar la manera adecuada en la cual se relacionan e interactúan los elementos del modelo de gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos.

1 CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Generalidades sobre Gestión Tecnológica

En un principio, la gestión tecnológica fue definida como una actividad industrial, así como un campo académico e investigación emergente, en el cual se vinculaban ingeniería, ciencia y gestión administrativa con el fin de planear, desarrollar e implementar capacidades tecnológicas para dar forma y poder alcanzar los objetivos operacionales y estratégicos de una organización (National Research Council, 1987). Desde este momento histórico, se han establecido por parte de diferentes autores, entidades, e incluso gobiernos nacionales, varias definiciones para la Gestión Tecnológica, tal como lo exhiben Bermudez y Castellanos (2022) (ver Tabla 1).

Tabla 1. Marcos de referencia de la gestión tecnológica

Año	Autor	Marco de referencia
1993	Ávalos	Desarrollo de capacidades tecnológicas de la empresa, asociadas al sistema de producción empleado.
1993	Zoltán	Entiende la gestión tecnológica bajo 2 dimensiones: la macro, situada en las políticas gubernamentales en torno al desarrollo tecnológico y la innovación; y la micro, que contiene las decisiones técnico-gerenciales de la empresa relacionadas con la selección, negociación, transferencia, adopción, uso y asimilación de tecnología.
1993	Marcovitch	La GT se orienta a conseguir la mejor disposición de recursos humanos y materiales para que la investigación tecnológica consiga sus objetivos. Establece una visión global de la organización y facilita la creación de estrategias innovadoras, eficaces y eficientes ligadas a la misión de la organización.
1995	Bernal y Laverde	La gestión tecnológica debe cubrir, desde 4 procesos, todas las áreas de la organización: la gestión del conocimiento, la administración de la información, la gestión de procesos productivos y gerencia de procesos administrativos/directivos.
1998	Gahani	Da una visión sistémica con 3 divisiones: transformación, recursos y visión e integración. La primera se relaciona con la gestión de competencias en los procesos que se encargan de convertir la propiedad intelectual en operaciones y desarrollo de productos. La segunda, encaminado a la gestión del conocimiento, el personal y la calidad de los productos. La tercera se orienta a la integración de los 2 componentes anteriores con la proyección de liderazgo y visión.
1999	Cory	Disciplina que combina la ingeniería con elementos de la gestión de los negocios. Su objetivo es manejar de forma efectiva la tecnología en ciclos individuales de la vida de producto, capitalizar la tecnología de proceso en ventajas competitivas y relacionar e integrar tecnología de proceso y producto.
1999	COTEC	Se compone de todas las actividades que capacitan a una organización para hacer el mejor uso posible de la ciencia y tecnología, generada tanto de forma interna como externa. Este conocimiento promueve la eficacia y eficiencia de la organización, obteniendo ventajas competitivas que son producto del incremento en sus capacidades de innovación.

Año	Autor	Marco de referencia
1999	Hidalgo	Indica que la gestión tecnológica debe direccionarse en torno a las funciones de apoyo y las activas. Las primeras observan el entorno para reconocer las oportunidades y amenazas de su posición tecnológica. Las funciones activas se relacionan con la capacidad de adquirir, desarrollar e incorporar recursos tecnológicos en la organización.
2005	Escorsa y Vals	Incluye las actividades relacionadas con identificación, obtención, investigación, adaptación y desarrollo de nuevas tecnologías en la organización. La GT juega un papel determinante en la integración y coordinación de gestión de I+D, control y supervisión de la producción, formación, mercadeo y estrategia organizacional.
2005	Thanmhain	Ciencia y arte de crear valor usando la tecnología junto con otros recursos de la organización. Resalta la interacción de las siguientes dimensiones: gestión de ingeniería, ciencias naturales, ciencias sociales, ciencias administrativas, desarrollo de capacidades operacionales, dirección y liderazgo, la cultura organizacional y la gestión multidisciplinaria.
2008	Grupos de gestión tecnológica. Universidad politécnica de Madrid	Conjunto de procesos adecuados para la identificación, selección, adquisición, evaluación, incorporación en la organización, optimización y mejora continua de la tecnología necesaria en la ejecución de proyectos. Esta herramienta debe enmarcarse en los procesos de innovación a los que se enfrentan las empresas.

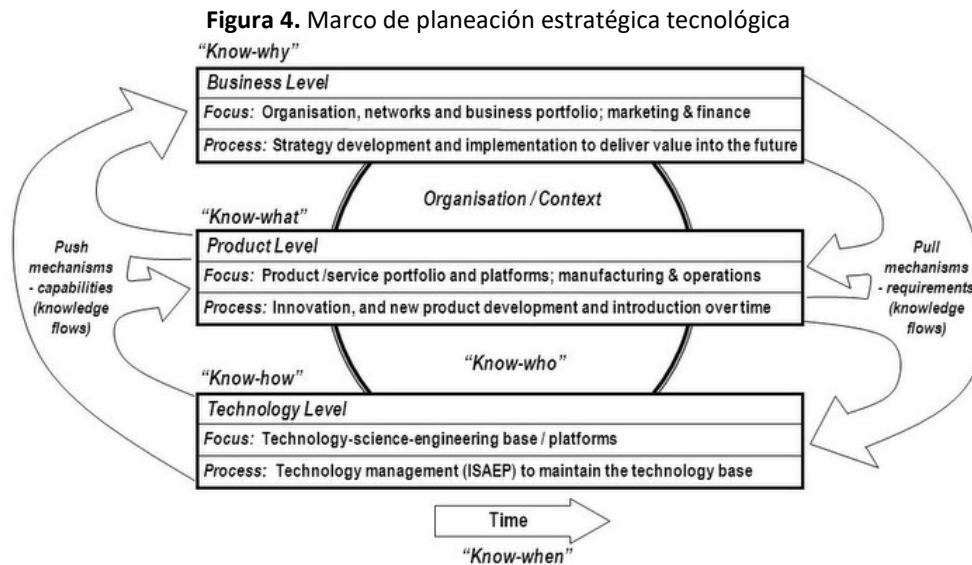
Nota. Adaptado de (Bermudez & Castellanos, 2022)

1.1.1. Gestión estratégica de la tecnológica

Según Ortiz-Cantú y Pedroza-Zapata (2006) (como citaron Bermudez y Castellanos (2022)), para las organizaciones es imperioso contar con una estrategia tecnológica, la cual conecte de manera efectiva con la estrategia corporativa (¿para qué?, ¿qué?, y ¿cómo?), y a su vez tenga en cuenta la interacción con el mercado y el medioambiente, de tal forma que se pueda generar auténtico valor, permitiendo diferenciar aquellas tecnologías que son claves para la organización. (Phaal et al., 2000; Sahlman & Haapasalo, 2012; Zhou et al., 2017) mencionan que, en esencia, la estrategia organizacional se relaciona con la alineación de las actividades y los recursos de la empresa tal que genere una posición competitiva sostenible en el mercado, indicando que las consideraciones tecnológicas impactan tanto en los aspectos externos como internos de la estrategia, tanto en términos de nuevas soluciones tecnológicas (externo), junto con el valor de la capacidad tecnológica de la empresa (interno), con el fin de poder desarrollar y entregar productos y servicios; así, la gestión estratégica de la tecnológica debe considerarse como una parte integral de la

estrategia y planificación empresarial desde las etapas tempranas, y no como un proceso separado, evidenciando claramente los vínculos con otras actividades.

Por parte de Phaal et al. (2000) se menciona que para una adecuada estructuración y despliegue de una estrategia tecnológica es necesario garantizar un adecuado flujo de conocimiento a través de los diferentes niveles de la organización, y de esta manera crear una capacidad tecnológica. En la Figura 4 se presenta el marco de referencia (*framework*) propuesto por este autor para soportar la estrategia tecnológica, planeación y gestión; en este marco se denotan lo que él identifica como las dimensiones de conocimiento, saber: por qué, qué, cómo, quién, dónde, y cuándo. Finalmente, la capacidad tecnológica mencionada es la cual efectivamente permite que la tecnología genere una ventaja competitiva para la organización a través de la explotación de los conocimientos desarrollados y adquiridos, de tal manera que se pueda tanto mejorar los productos/procesos, así como las tecnologías existentes de tal manera que se pueda generar nuevos conocimientos y habilidades en respuesta al ambiente empresarial competitivo (Jin & von Zedtwitz, 2008; Cetindamar et al., 2009).



Nota. Tomado de (Phaal et al., 2000).

1.1.1.1. Sendas tecnológicas

Si bien la importancia de la gestión tecnológica es similar en todo tipo de empresas, las organizacionales se diferencian por tamaño, sector atendido y orientación estratégica, por lo cual es importante que al momento de constituir la estrategia tecnológica se tengan en cuenta tales particularidades (Benavides & Quintana, 2007; Sahlman & Haapasalo, 2012; Solleiro & Castañon, 2016; Teresa & Alcántara, n.d.).

Sharif (2012) menciona que existen 4 tipos de estrategias tecnológicas, según el carácter innovador de la organización, y los drivers de los bienes producidos que orientan su estrategia (precio, calidad, prestaciones, etc.). Por su parte, Benavides y Quintana (2007) indican que las empresas y sectores difieren en sus regímenes tecnológicos, pues cada uno involucra distintas tecnologías, con rutas de desarrollo diferentes, y requerimientos particulares. En las Tabla 2 y Tabla 3 se presenta la descripción de las trayectorias tecnológicas por dichos autores.

Tabla 2. Estrategias tecnológicas

Estrategia	Descripción
Extensión de tecnología	Empresas emergentes de pequeña escala con base tecnológica antigua e importada. Son mercados sensibles al precio y al servicio; liderazgo de precios; compra de componentes de tecnología fácilmente disponibles; capacidad tecnológica elemental; sin investigación y desarrollo.
Explotación de tecnología	Empresas con importación selectiva de tecnología que buscan liderazgo de calidad en un mercado de valor medio. Empresas que utilizan las ventajas de los costos de los factores de producción y la diferenciación del mercado; tecnologías estandarizadas; confianza en la calidad uniforme; esfuerzos de innovación del paquete de métodos; compra de componentes tecnológicos disponibles; capacidad tecnológica secundaria; requiere un adecuado soporte de infraestructura tecnológica.
Seguidor de tecnología	Empresas de imitación creativa basada en tecnología con licencia. Empresas adaptadas que utilizan tecnologías para mercados regionales y globales en crecimiento; confianza en la investigación adaptativa y la ingeniería inversa; énfasis en la innovación de habilidades y conocimientos; énfasis en la promoción del mercado; mercado de alto valor; comprar y fabricar componentes tecnológicos; necesita capacidad tecnológica avanzada.
Líder tecnológico	Empresas que buscan la introducción de tecnologías de desarrollo propio, y que dan lugar a un monopolio temporal en áreas emergentes. Empresas pioneras que utilizan tecnologías de punta para competir en mercados globales en crecimiento; gran dependencia de la investigación y el desarrollo internos; énfasis en la innovación de procesos de productos a través de la investigación básica; mercado de muy alto valor; segmento de mercado monopólico; necesita una capacidad tecnológica superior; clima tecnológico propicio.

Nota. Adaptado de (Sharif, 1993).

Tabla 3. Trayectorias tecnológicas

Categoría de los sectores	Actividades típicas	Principales fuentes de tecnología	Actividades principales en la estrategia de innovación
Dominados por proveedores	Industria textil, agricultura, editoriales	<ul style="list-style-type: none"> – Proveedores – Aprendizaje por la práctica (<i>learning-by-doing</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – Explotar tecnología creada por otros agentes para reforzar otras ventajas competitivas
De producción Intensiva en escala	Equipos de transporte, manufactura de metales, electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> – Ingeniería de producción – Aprendizaje por la práctica (<i>learning-by-doing</i>) – Proveedores – Diseño industrial 	<ul style="list-style-type: none"> – Mejorar de forma incremental los productos y sistemas complejos de producción
De base científica	Electrónica, biotecnología, química	<ul style="list-style-type: none"> – Investigación y desarrollo (I+D) – Investigación básica (<i>learning before doing</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – Explorar, vigilar y explotar avances emergentes para la investigación básica – Adquirir activos complementarios – Desarrollar productos tecnológicamente avanzados
Intensivos en Información	Publicidad, agencias de viajes, finanzas	<ul style="list-style-type: none"> – Departamentos de sistemas y software – Proveedores de tecnologías de la información 	<ul style="list-style-type: none"> – Desarrollo y aplicación de sistemas complejos para el procesamiento de información – Desarrollo de nuevos servicios
Proveedores especializados	Maquinarias, instrumentos, software	<ul style="list-style-type: none"> – Diseño – Usuarios avanzados (<i>learning by using</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – Introducir en los usuarios más avanzados las tecnologías emergentes ajustadas a sus necesidades

Nota. Adaptado de (Benavides & Quintana, 2007), siendo elaboración de los autores a partir de (Tidd & Bessant, 2001).

Por su parte Ortiz y Nagles (2013) establecen que, si bien los objetivos generales que se persiguen con la implementación de la gestión tecnológica son generales y compartidos por todo tipo de empresas, los objetivos específicos se pueden agrupar en 2 grandes frentes: las empresas de carácter industrial y de servicios, y las compañías dedicadas a la investigación y desarrollo; inclusive organismos gubernamentales.

1.2. Modelos de gestión tecnológica

1.2.1. Proceso de gestión tecnológica

Un proceso de gestión tecnológica contempla de manera articulada las diferentes actividades asociadas a la planeación, vigilancia, adquisición, protección desarrollo y asimilación de las tecnologías (Yamamoto & Pujotomo, 2006; Benavides & Quintana, 2007;

O. F. Castellanos, 2007; Peña & Peña, 2008; Cetindamar et al., 2009; Fundación Premio Nacional de Tecnología A.C, 2016; Shenoy et al., 2019). En la Tabla 4 se presenta los resultados de un referenciamiento comparativo realizado por Cetindamar et al., (2009) y Schuh et al., (2013), sobre los procesos de gestión tecnológica reportados por diversos autores; en este análisis se toma como referencia el modelo propuesto por Gregory (1995).

Tabla 4. Referenciamiento comparativo sobre algunos procesos de gestión tecnológica

AUTOR	PASOS DEL PROCESO				
Gregory	Identificación	Selección	Adquisición	Explotación	Protección
Bullinger	Planeación	Configuración	Optimización	Implementación	Evaluación
Rush et al.	Vigilancia	Estrategia, selección, evaluación	Adquisición, generación capacidades	Implementación, explotación	Aprendizaje
NCR	Identificación, evaluación		I+D	Integración, implementación, obsolescencia	
Cotec	Escaneo	Focalización	Recursos	Implementación	Aprendizaje
National Research Council	Identificación, evaluación	I+D	Integración, implementación, obsolescencia		Identificación
Sumanth	Atención/concientización	Adquisición, avances		Adaptación, abandono	
Dogson	Estrategia	Colaboración, I+D, DNP		Comercialización, operación	
Roberts	Reconocimiento de oportunidades	Formulación de la idea, solución del problema, solución prototipada		Desarrollo comercial, utilización, difusión	
Levin and Bernard	Generación de conocimiento y transformación en artefactos productivos	Ajuste de los artefactos con los requerimientos de los usuarios		Organización del soporte	

Nota. Ajustado de (Cetindamar et al., 2009; Schuh et al., 2013).

Lo anterior permite concluir que existe cierto nivel de consenso a nivel teórico sobre los elementos esenciales y clave a componer un proceso de gestión tecnológica.

1.2.2. Modelos de gestión tecnológica

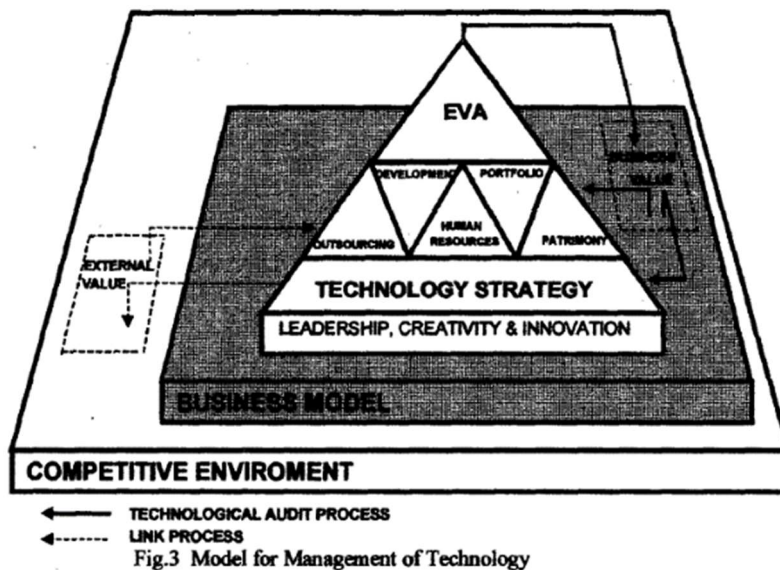
Con el ánimo de realizar una gestión integral de la tecnología de manera eficiente resulta necesario plantear modelos que no sólo representen las actividades/fases que se atienden

desde el proceso de gestión tecnológica, que, si bien resultan ser muy importantes, comprenden en mayor medida la dimensión operativa de dicha gestión.

Modelo para la gestión de la tecnología, Acosta (2000)

Acosta et al. (2000) proponen el modelo para gestión tecnológica que se muestra en la Figura 5. En el modelo se distinguen tres (3) bloques: (i) el entorno competitivo, (ii) el modelo de negocio de la Empresa, y (iii) la gestión tecnológica propia de la Empresa. El liderazgo, la creatividad y la innovación son plataforma para la operación del modelo, mientras el núcleo de la empresa (personas, patrimonio, y el desarrollo y portafolio de proyectos) está en el centro de este triángulo apoyado en la estrategia tecnológica, y dirigido hacia el valor económico agregado (*Economic Value Added -EVA-*). La funcionalidad del modelo se indica mediante lazos. El principal lazo va desde la estrategia tecnológica al EVA a través del núcleo de la empresa y cierra desde el EVA a la estrategia tecnológica a través de un proceso de auditoría. Los otros lazos aportan valor al núcleo de la compañía desde otras áreas del negocio, y desde fuentes externas. En la Tabla 5 se presenta una descripción de los elementos que componen el modelo.

Figura 5. Modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)



Nota. Ajustado de (Acosta et al., 2000).

Tabla 5. Elementos del modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)

Elemento	Descripción
Estrategia	La fórmula por la cual la empresa encontrará ventajas competitivas desde la tecnología, se definen sus objetivos, y las políticas que necesita para alcanzar esos objetivos.
Liderazgo	Capacidad para lograr resultados viendo y comunicando formas específicas para desarrollar ventajas competitivas a partir de la tecnología en la empresa.
Innovación	Medio básico para satisfacer necesidades específicas y crear nuevos mercados para los productos existentes.
Outsourcing	Crear valor para la Compañía mediante la construcción de alianzas sólidas con clientes, proveedores y socios estratégicos.
Portafolio	Conjunto de proyectos que han superado con éxito un proceso de propuesta, evaluación y aprobación y se utilizan como medio para desarrollar ventajas competitivas, crecer y diversificar productos, utilizando tanto tecnologías conocidas como nuevas.
Patrimonio	Experiencia, procesos, maquinaria, dispositivos, patentes, conocimiento, tecnología, personas, infraestructura, informes, resultados de pruebas y otros recursos utilizados por la empresa para operar.
Recursos humanos	Personas con las competencias y conocimientos que crean soluciones para los clientes.
Resultados	Nuevos negocios, productos, procesos o conocimientos implantados y que aporten valor económico a la corporación.
Auditorías	Actividades para certificar que la empresa mantiene o mejora su posición tecnológica en el entorno competitivo en el que opera.

Nota. Ajustado de (Acosta et al., 2000).

Finalmente, Acosta et al. (2000) establecen nueve (9) Principios generales del Modelo, como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Principios del modelo de gestión tecnológica, Acosta (2000)

Principio	Descripción
1. Creación de valor	<ul style="list-style-type: none"> - Las metas tecnológicas se establecen en función del EVA - Las decisiones se basan en la creación de valor para los interesados
2. Crecimiento e innovación	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar nuevos productos y abrir nuevos mercados es el principal objetivo - I+D finaliza con el producto es implementado - Cultura de continuo cambio y aprendizaje
3. Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> - La alta dirección reconoce la importancia de la tecnología en el desempeño empresarial - Visión gerencial deriva de una inteligencia de mercados - Decisiones se basan en análisis multiescenario, analizando causas del cambio
4. Enfoque de pensamiento sistémico	<ul style="list-style-type: none"> - El negocio se visualiza como un todo y los problemas complejos se ven a través de relaciones de causa y efecto. - Las soluciones a los problemas se centran en las causas fundamentales y no en los síntomas. - Las decisiones de negocio están soportadas con modelos formales y análisis de sensibilidad.

Principio	Descripción
5. Apoyo y reconocimiento al personal	<ul style="list-style-type: none"> - La innovación viene de las personas - Comunicación continua y efectiva con las personas - Personal con experiencia se considera capital intelectual de la empresa
6. Planificación y visión a largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> - Cada proyecto maneja incertidumbre; los riesgos son conscientemente incluidos - Crecimiento sostenible es la meta durante su ciclo de vida - La evolución de los mercados debe ser anticipada
7. Uso efectivo de la información	<ul style="list-style-type: none"> - Decisiones basadas en hechos y datos - Información desplegada en cuando y donde se necesite - Información que genera valor
8. Perspectiva estratégica basada en el mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevas tecnologías provienen de la búsqueda y satisfacción de los mercados - Decisiones estratégicas a partir del conocimiento de la industria y los clientes - Tecnologías adquiridas/desarrolladas con foco en ofrecer mayor valor o reducir costos
9. Patrimonio tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos, diseños, patentes, experiencia, información, reconocidos como patrimonio - Aprendizaje continuo valorado como generación y divulgación de capital intelectual

Nota. Ajustado de (Acosta et al., 2000).

Modelo de gestión tecnológica, Linner et al., (2020)

Linner et al. (2020) proponen un modelo de gestión tecnológica para ser aplicado en el desarrollo de robots monotarea para la construcción. Los autores proponen un modelo a partir de los conceptos de la ingeniería de sistemas (*systems engineering*) y los sistemas de gestión (*management systems*).

Los métodos de ingeniería de sistemas son de tipo transversal e iterativo, por tanto, aplicable a una variedad de tareas e industrias. Los sistemas de gestión suelen complementar los métodos de ingeniería de sistemas, con una orientación más amplia, y consideran la organización, estrategia de negocio, liderazgo, operación y medición y mejora del desempeño Linner et al. (2020).

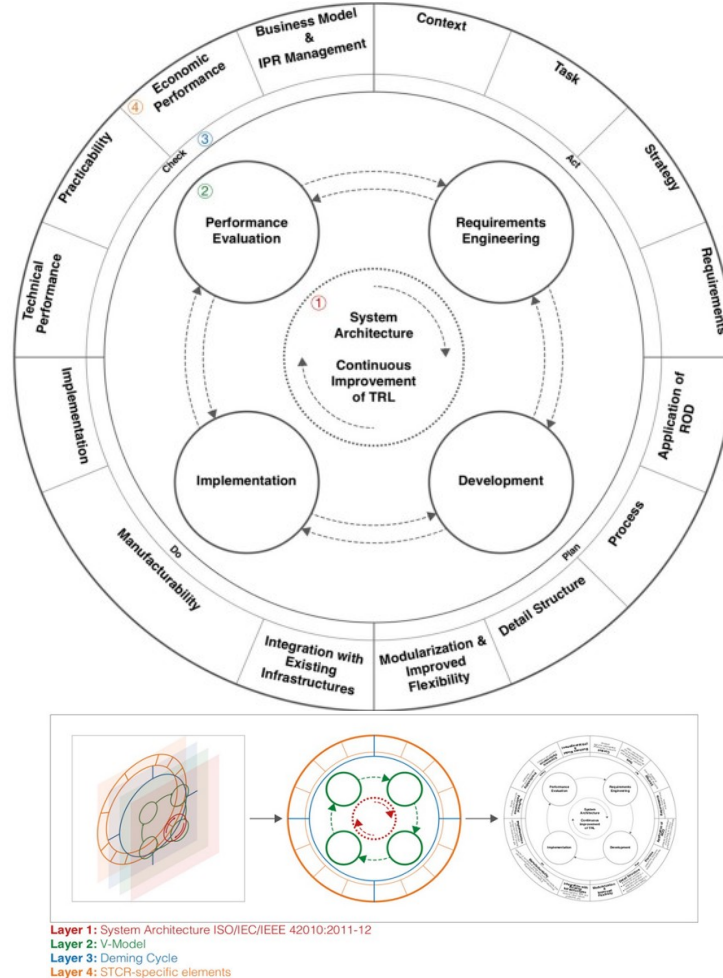
La estructura básica del modelo (ver Figura 6) sigue el ciclo de Deming para la mejora continua (Capa 3). Los elementos centrales son los cuatro (4) pasos principales del proceso (Capa 2); cada paso comprende actividades seleccionadas, tareas y requisitos descritos (Capa 4) Linner et al. (2020). En la Tabla 7 se menciona una breve descripción de cada uno de los pasos del ciclo de mejoramiento continuo propuesto dentro del modelo.

Tabla 7. Elementos ciclo de mejoramiento modelo de gestión tecnológica, Linner et al (2020)

Principio	Descripción
Secuencia de desarrollo (<i>planear</i>)	Esta etapa sirve para definir y detallar el modelo concreto inicial de la arquitectura del sistema.
Implementación y prototipado (<i>hacer</i>)	Después de tener una secuencia de tareas detallada, estructura, composición/diseño y modularidad del robot, se puede abordar la primera implementación.
Evaluación de desempeño (<i>revisar</i>)	Para iniciar el próximo ciclo, el sistema debe ser evaluado contra los indicadores de desempeño de la fase de requisitos de ingeniería.
Ingeniería de requisitos (<i>actuar</i>)	Esta fase tiene como objetivo establecer sistemáticamente el contexto y los pilares para el desarrollo.

Nota. Ajustado de Linner et al. (2020).

Figura 6. Modelo de gestión tecnológica industria construcción robots monotarea, Linner et al (2020)



Nota. Tomado de Linner et al. (2020).

Marco (*framework*) para la gestión de la tecnología, Phaal (2001, 2016, 2021)

Phaal et al. (como citó Daim (2018)) sostienen que un proceso (de gestión tecnológica) corresponde a la representación sistemática de tareas que permiten transformar entradas en salidas con el fin de obtener un objetivo gerencial. Por otro lado, si el interés es representar la estructura y las relaciones existentes entre los diversos elementos dentro de un sistema -sea este el caso de un sistema de gestión tecnológica- se debe contar con un marco (*framework*).

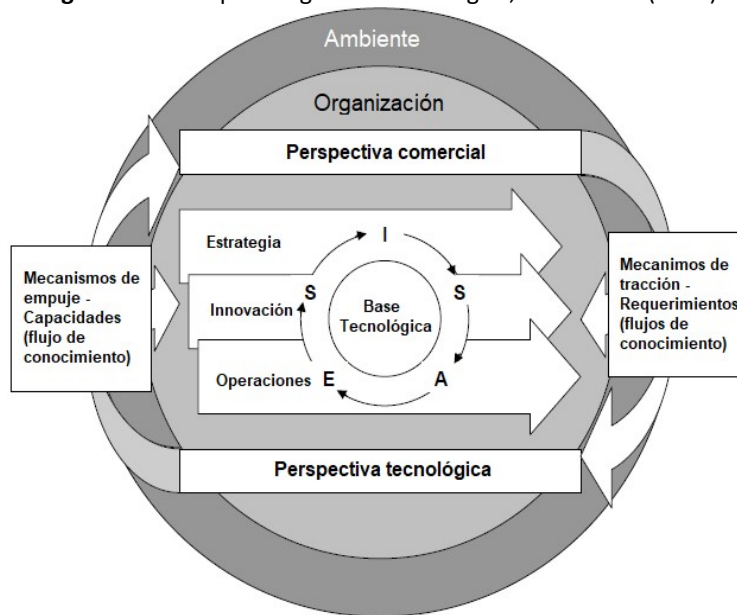
Un marco es un modelo conceptual que describe una estructura jerárquica de los elementos en un sistema abierto con un propósito definido, apoyando la comprensión y la comunicación de esta estructura y la relación dentro del sistema (Madani, 2012). Se supone que los elementos tienen interacción e interconexiones entre sí y con el entorno en el que operan (Sahlman & Haapasalo, 2012). El marco se construye en concordancia con los conceptos del pensamiento sistémico, y proporciona un puente entre la teoría y la práctica. Los marcos conceptuales existen en gran medida en la mente, por lo cual requieren dispositivos prácticos como métodos, procesos, técnicas y herramientas para ‘interconectarse’ con el mundo real (Madani, 2012).

A principios del siglo XXI desde la escuela de gestión tecnológica de la Universidad de Cambridge, se inició con el desarrollo de un marco (*framework*) para la gestión tecnológica (Cetindamar & Phaal, 2021), expandiendo los conceptos planteados por Gregory (1995). En la Figura 7 se presenta el marco mencionado, y en la Tabla 8 se describen sus elementos. Sobre el marco propuesto se resaltan las siguientes características (Phaal et al., 2004), (Cetindamar et al., 2009):

- Se estructura con base en la idea de que la tecnología es un recurso, y la base tecnológica de una empresa representa el conocimiento tecnológico que necesita convertirse en productos, procesos y servicios a través de las capacidades tecnológicas desarrolladas.

- Concibe que las actividades de gestión tecnológica pueden y deben operar sobre cualquier proceso comercial, departamento o nivel de sistema del negocio ej. proyecto, unidad estratégica de negocios, corporativo.
- Indica que los problemas específicos de gestión tecnológica que enfrenta la empresa dependen del contexto (interno y externo), en términos de estructura organizativa, sistemas, infraestructura, cultura y estructura, y el entorno empresarial particular y los desafíos que enfrenta la empresa que cambian con el tiempo.
- Subraya la importancia de integrar el proceso de gestión tecnológica con procesos transversales de la organización (estrategia, innovación y operaciones).
- Enfatiza la naturaleza dinámica de los flujos de conocimiento que deben ocurrir entre las funciones comerciales y tecnológicas en la empresa, vinculándolos con la estrategia, la innovación y los procesos operativos. Debe lograrse un equilibrio apropiado entre los mecanismos dinamizadores tanto desde la ‘atracción’ del mercado/cliente (requisitos) como desde el ‘empuje’ de la tecnología (capacidades) en el contexto tanto de entorno interno como externo.

Figura 7. Marco para la gestión tecnológica, Phaal et al. (2001)



Nota. Fuente, ajustado de Phaal et al. (2001b).

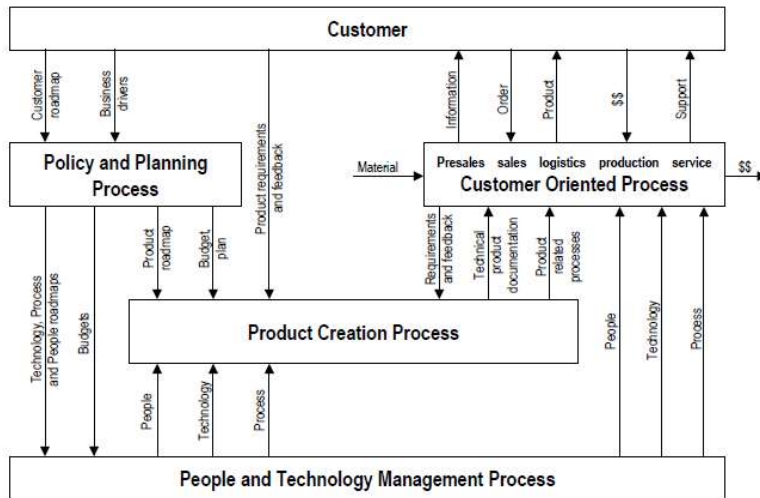
Tabla 8. Elementos del marco de gestión tecnológica, Phaal (2001)

Principio	Descripción
Base tecnológica de la firma	Recurso clave para muchas empresas innovadoras
Procesos de gestión de la tecnología (ISAEP)	Identificación, selección, adquisición, explotación y protección; operan sobre la base tecnológica para apoyar la innovación
Procesos centrales del negocio (ISO)	Estrategia, innovación (incluido el desarrollo de nuevos productos) y operaciones, que proporcionan los medios por los cuales se puede realizar el valor potencial de la tecnología.
Mecanismos de integración de la perspectiva tecnológica y comercial de la empresa	Garantiza un equilibrio adecuado entre la atracción del mercado (requisitos) y el empuje tecnológico (capacidades).
Factores internos y externos	Brindan contexto a la gestión de la tecnología en la empresa, como propósito comercial, estructura organizacional, cultura e infraestructura; los entornos de mercado y los impulsores
Tiempo	Aunque no está explícito, está implícito en los procesos ISAEP y ISO. Es una dimensión clave, en términos de sincronizar los desarrollos tecnológicos y las capacidades con los requisitos comerciales, en el contexto de los mercados, productos y tecnología en evolución.

Nota. Ajustado de (Phaal et al., 2004; Cetindamar et al., 2009).

El concepto de los mecanismos de 'atracción' y 'empuje', que son una característica esencial del marco de gestión de tecnología, se ilustran en la Figura 8 (Phaal et al., 2004).

Figura 8. Ejemplificación mecanismo de atracción y empuje marco de gestión tecnológica



Nota. Ajustado de (Phaal et al., 2004).

Para 2016, Cetindamar et al. (2016) publican un ajuste al marco desarrollado inicialmente, incluyendo dentro de las actividades/capacidades el aprendizaje. Los autores consideran que esta actividad hace parte crítica de la competencia tecnológica; implica reflexiones

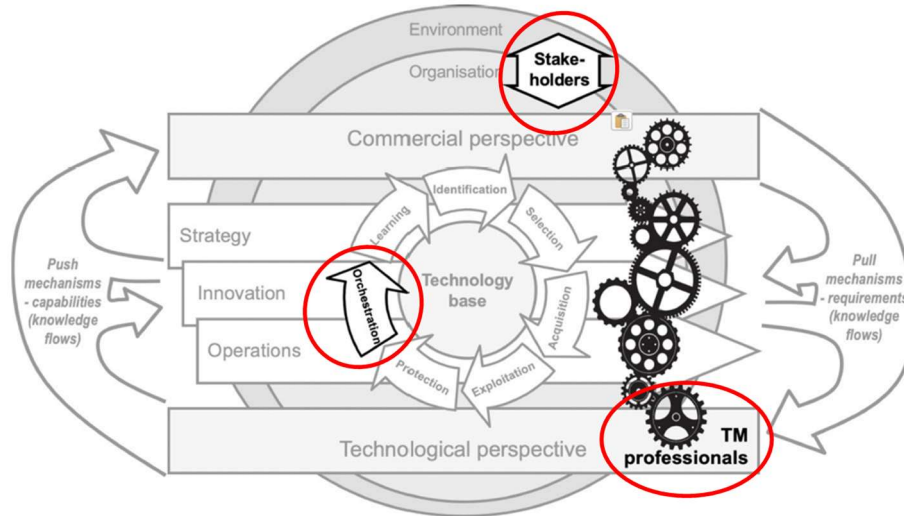
sobre proyectos y procesos tecnológicos realizados dentro o fuera de la empresa. Mencionan que existe un fuerte vínculo entre este Proceso y el campo más amplio de la gestión del conocimiento.

Cetindamar y Phaal (2021) propusieron un nuevo ajuste al marco de gestión tecnológica, considerando las implicaciones que sobre la gestión tecnológica ha tenido las transformaciones tecnológicas de las últimas décadas, y siendo consistentes con la consideración misma de la gestión tecnológica como una capacidad dinámica que evoluciona. La era digital trajo consigo una mayor conectividad entre objetos, activos, sistemas y personas, lo cual apunta a la necesidad de contar con una nueva capacidad de gestión tecnológica, con el fin de administrar una amplia variedad de partes interesadas o para integrar múltiples partes interesadas; esta capacidad es denominada 'orquestación' (Cetindamar & Phaal, 2021).

Los principales ajustes propuestos son (ver Figura 9):

- (1) Las actividades de gestión tecnológica se amplían con la inclusión de una nueva capacidad de proceso: orquestación (interacción entre diversos sistemas). Esta tarea puede ser al interior de la empresa, o externa (entre empresas, por medio de alianzas o asociaciones).
- (2) Se resaltan las interacciones de interesados entre las organizaciones, de afuera hacia adentro y de adentro hacia afuera. Estas alineaciones facilitan las actividades de gestión tecnológica entre organizaciones.
- (3) Se enfatiza el papel crítico de los profesionales en la realización de actividades de gestión tecnológica. La mayor complejidad y continua transformación tecnológica requiere una participación cada vez mayor de los gestores tecnológicos dentro y fuera de la organización.

Figura 9. Marco de gestión tecnológica expandido en la era digital



Nota 1. Los interesados incluyen clientes, usuarios, proveedores, competidores, universidades, agencias gubernamentales, comunidades, etc.

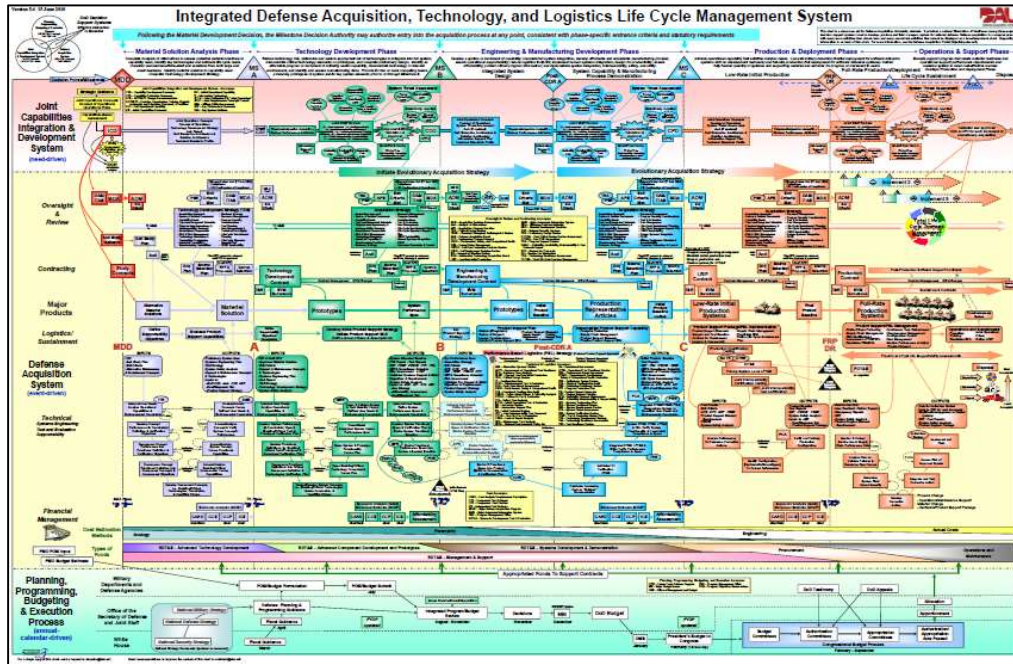
Nota 2. Ajustado de (Cetindamar & Phaal, 2021).

Sistema de gestión de ciclo de vida integrado de adquisiciones, tecnología y logística de defensa (DAU, 2010)

La universidad para la adquisición de defensa (DAU) en el año 2010 postuló la propuesta de una ilustración teórica de un sistema de gestión de ciclo de vida integrado de adquisiciones, tecnología y logística de defensa. En esta ilustración se muestran las interfaces entre tres (3) principales sistemas de apoyo a las decisiones utilizados para desarrollar, producir y desplegar un sistema de armas para la defensa nacional. Según menciona la DAU, la adquisición de defensa es un proceso tan complejo, y con muchas actividades concurrentes, que no se posible logran mostrar en un gráfico bidimensional.

En la Figura 10 se presenta el diagrama publicado por DAU sobre el sistema mencionado, con el objetivo de ser una herramienta de ayuda para los estudiantes de la universidad.

Figura 10. Sistema de gestión ciclo de vida adquisiciones, tecnología y logística de defensa (DAU, 2010)



Nota. Tomado de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-D-PURL-LPS119602/pdf/GOVPUB-D-PURL-LPS119602.pdf>

1.3. Visión sistémica sobre la gestión tecnológica

1.3.1. Visión sistémica a partir de la teoría de sistemas

A partir del cimiento de la teoría de sistemas en la década de los años 70 del siglo XX, se ha establecido en diversos contextos la importancia de desarrollar una visión holística e integrativa con el ánimo de entender el comportamiento complejo de los sistemas, pues los análisis reduccionistas sobre sus partes soslayan la marcada influencia que precisamente tiene dicho comportamiento las interacciones entre los elementos constitutivos (Arnold & Wade, 2015). De acuerdo con Bertalanffy (como citó Koral Kordova et al. (2018)). Una visión/pensamiento sistémico (*System thinking*) resulta ser la habilidad para lograr observar la naturaleza compleja de los problemas bajo estudio como un todo, enfatizando en las interrelaciones entre los componentes más que sobre los componentes por sí mismos. Según Sweeney y Sterman, así como Hopper y Stave (citados por Arnold y Wade (2015)) el pensamiento sistémico incluye también otro tipo de habilidades que resultan esenciales no

solo para entender el comportamiento complejo de los sistemas, especialmente los tecno-humanos, sino lograr incluso rediseñarlos con el ánimo de llevarlos a un estado mejorado.

La visión sistémica surge a partir de los principios establecidos por la Teoría General de Sistemas (TGS) desarrollada y divulgada por Ludwig Von Bertalanffy entre las décadas del 30 y 70 del siglo XX. Esta teoría buscaba explicar los principios funcionales de cualquier tipo de sistema, definido este como “Complejo de elementos Interactuantes”, sin embargo, el conjunto adquiere características nuevas, que no se hallan en ninguno de los elementos de base ni su suma (Bertalanffy, 1969). De acuerdo con (Marjanedas, 2018), la TGS no pretende ser una superciencia, sino ofrecer una luz adicional y unitaria a las ciencias, para atender la “sobresimplificación” a la que habían llevado los modelos y leyes mecanicistas-determinísticas que buscaban explicar de manera infructuosa fenómenos de elevada complejidad.

Bertalanffy, según menciona Marjanedas (2018), establece para los sistemas, esencialmente complejos, los principios fundamentales que se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Principios fundamentales para los sistemas según la TGS

Principio	Descripción
Emergencia	<p>En la creación de un sistema surgen cualidades nuevas, que no existen en sus subsistemas ni en su suma. Siempre al formarse un sistema se genera no solo una evolución cuantitativa sino cualitativa (superior); empero, los elementos del sistema no pierden su naturaleza por ser parte de este.</p> <p>Los sistemas, al emerger, necesariamente tienen en cuenta el ambiente externo con el que se relacionan; el ecosistema condiciona la emergencia.</p>
Apertura	<p>Los sistemas vivos como los seres humanos y los sistemas formados por estos (ej. organizaciones empresariales) son esencialmente abiertos, los cuales se nutren de entropía negativa, es decir, mantenimiento y crecimiento de orden y organización. Los elementos naturales están, por defecto, dispuestos a relacionarse entre ellos; una vez configurados como sistema, continúan dispuestos a conectarse con elementos (sistemas) a su alrededor.</p>
Relaciones	<p>Dado que todos los sistemas naturales son abiertos, entonces se crea entre unos y otros una red de relaciones, la cual constituye un ambiente particular que se llama ecosistema. Cada nuevo sistema existe gracias a que encontró en el ambiente las condiciones propicias, que le garantizan su supervivencia.</p>
Motor	<p>Todo sistema abierto dispone de cierta energía, una fuerza de atracción de un ‘algo’ que está fuera de él, y con el que establece un contacto, para acogerlo en su interior; esto hace que él funcione.</p>

Principio	Descripción
Organización	Una organización es un orden de diferentes. Es precisamente en la unidad donde la diversidad alcanza su plena armonía. Cuanta más variedad de elementos entra en juego, tanto más compleja es la organización y simultáneamente, su calidad. No obstante, cualquier realidad que consigue ordenarse, no puede escapar, de su propia desorganización (entropía).
Intencionalidad	Un sistema vivo no puede concebirse sin tenerse en cuenta una adaptabilidad, intencionalidad, persecución de una meta. Los elementos que se relacionan no tienen una meta preestablecida, sino que esta es el resultado de sus relaciones.
Unicidad	Una vez las partes se incorporan y llegan a organizarse de manera estable constituyen un todo. Es necesario que las partes se incorporen en el todo con su propia totalidad. Integrado en un todo, cada elemento produce algún efecto en el conjunto, y viceversa. Este todo se mantiene a pesar de que algún elemento sea sustituido. La única forma de estudiar los sistemas, o sus subsistemas, es necesario tratarlos como un todo.
Centralización	Un sistema, un todo organizado de manera estable, es siempre centrado. Los organismos en virtud de la centralización se hacen más y más unificados, más indivisibles. La medida de centralidad en los sistemas, proporcional a la cantidad de complejidad organizada, es un indicador de calidad del sistema.
Diversificación	El sistema es una realidad que florece de las relaciones entre elementos diferentes. La diferencia es una condición necesaria para que se construya una nueva unidad.
Vida	La existencia de todo sistema natural lleva implícito el hecho que actúa, obra. Esta cualidad de los seres vivos es lo que se llama vida. Esta vida no sólo tiene a los organismos en un estado estacionario, sino que los empuja hacia adelante para crear más vida.
Evolución	La tensión vital presente en los sistemas busca no solo 'sobrevivir' sino 'supervivir', crecer en el ser, en todo el universo y a lo largo de toda su historia.

Nota. Elaboración propia a partir de (Marjanedas, 2018).

1.3.2. Estructura sistémica de la gestión tecnológica

La gestión tecnológica no es ajena a la influencia de esta visión sistémica, y, por el contrario, se hace más evidente el fuerte arraigo que tiene ésta con la estructura organizacional y los objetivos corporativos integrándose de manera sistémica a la empresa, constituyendo la función a través de la cual el subsistema tecnológico se interrelaciona con los demás subsistemas organizacionales (Castellanos et al., 2008). McCarthy (2003) señala que los recursos (personas, conocimiento, materia prima, etc.) son insumos primordiales para cualquier configuración tecnológica novedosa, empero, sólo aportan valor cuando están conectados; las rutinas logran esta conexión administrando y coordinando los recursos de una manera particular. La interconexión e incorporación del subsistema de gestión tecnológica con el resto de la organización favorece el cumplimiento de sus funciones, pues

se requiere de la información de los demás subsistemas para realizar los diagnósticos tecnológicos junto con las capacidades y competencias disponibles en cada uno de ellos para con ello proponer acciones a los subsistemas responsables del direccionamiento estratégico de la organización; así mismo, es fundamental la retroalimentación del entorno de la organización, puesto que el subsistema de gestión tecnológica necesita permanentemente información de los mercados, los proveedores de tecnología, la competencia y las políticas de desarrollo tecnológico de los países. De esta manera se logra un subsistema de gestión tecnológica coherente e integrado de manera transversal, más allá de los procesos y actividades específicas del negocio (Butler, 2003; McCarthy, 2003; Pilkington & Teichert, 2006; Castellanos et al., 2008; Madani, 2012; Banerjee & Bhowmick, 2020; Weiwei et al., 2021).

Olivan et al. (2014) desarrolló un estudio en el cual encontró que los principales retos que enfrentaban las empresas en relación con la implementación de la gestión tecnológica en las organizaciones estaban asociados a: (i) estructuras cada vez más divididas, (ii) ausencia de integración entre áreas funcionales, (iii) tareas más especializadas, y (iv) dificultad para medir y cuantificar las tareas asociadas a la gestión tecnológica. Con el fin de sobrellevar estas dificultades, los autores identifican la necesidad de abordar la gestión tecnológica desde una perspectiva organizacional sistémica.

Ortiz & Nagles (2013) resaltan la importancia de que el ejercicio de gestión de la tecnología en las empresas se haga con un carácter tanto holístico como sistémico. El primero (holístico) pues se debe entender la organización como un todo interrelacionado de forma permanente con el mercado, y el segundo (sistémico), dado que se deben intervenir todos los procesos al interior de la organización.

Weiwei et al. (2021) define la gestión tecnológica organizacional como un sistema, el cual está constituido por 3 subsistemas: (i) subsistema de gestión de recursos (función de adquirir, desarrollar, reunir, compartir, aplicar y proteger los recursos tecnológicos),

(ii) subsistema de gestión organizacional (función de gestionar el flujo de recursos tecnológicos y garantizar que los recursos tecnológicos se utilicen de manera eficaz y eficiente, lo que implica el diseño de la estructura organizativa, la asignación de tareas, la definición de responsabilidades personales, etc.), y (iii) subsistema de gestión de la calidad (garantizar el uso de los recursos tecnológicos en la forma prevista. La tarea principal del subsistema de gestión de calidad de la tecnología está relacionada con el control de calidad).

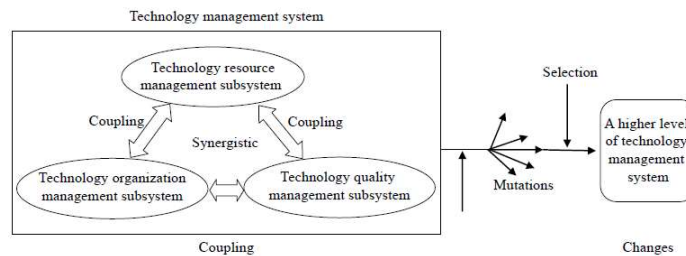
Adicional a la concepción sistémica de la organización y la gestión tecnológica misma, algunos autores han referenciado su complejidad y capacidad adaptativa, categorizándolos como sistemas adaptativos complejos (*complex adaptive systems*). Este tipo de sistemas se caracterizan por contar con un elevado número de elementos y conexiones, a diferentes escalas, con fuertes interdependencias entre ellos mostrando un carácter de autoorganización, presentan lazos cerrados de realimentación que hacen que su crecimiento o decrecimiento se presente de manera exponencial (no lineal), tienen una elevada capacidad de adaptabilidad, y están sujetos a fenómenos evolutivos; lo anterior conlleva a que el modelamiento de su comportamiento resulte muy complejo, pues no es posible aislar los componentes o reducir dada la cantidad de dependencias y competencias existentes (Arnold & Wade, 2015).

Phaal et al. (2001) manifiestan que las decisiones tecnológicas impactan en todos los procesos organizacionales, así mismo que los procesos para entender la tecnología y los negocios en general no son simples ni independientes, sino complejos y entrelazados. McCarthy (2003) indica que las organizaciones son sistemas adaptativos complejos los cuales crean (variación) y adoptan (selección y retención) tecnologías novedosas innovadoras, impulsando a su vez un cambio evolutivo; a su vez Zehner (2000) indica que los retos que enfrentan los gestores tecnológicos son problemas de sistemas adaptativos complejos que giran en torno a tendencias emergentes no lineales, como lo es la

globalización de la tecnología y su tasa acelerada de difusión, así como la explosión de información y conocimiento.

Weiwei et al. (2021) define que la capacidad tecnológica de una empresa no es estática y, por lo tanto, la gestión de la tecnología debe evolucionar. Desde una perspectiva interna, la evolución del sistema de gestión tecnológica mejora la eficiencia del uso de los recursos tecnológicos, logrando maximizar el rendimiento con recursos limitados, además, ayudando a las empresas en la adquisición de recursos tecnológicos con el fin de ampliar aún más su base tecnológica. Desde una perspectiva externa, la evolución del sistema de gestión de tecnología satisfará las necesidades de los rápidos cambios tecnológicos. Cuando los cambios del entorno superan el punto de estabilidad del sistema de gestión tecnológica, se volverá inestable. A través de la selección del entorno (externo) y la empresa (interno), se seleccionarán las mutaciones adecuadas para luego formar un nuevo y evolucionado sistema de gestión de tecnología (ver Figura 11) (Weiwei et al., 2021).

Figura 11. Modo de evolución autoorganizado del sistema de gestión tecnológica



Nota. Tomado de (Weiwei et al., 2021).

Phaal et al. (2004), Hsieh & Tsai (2007), Weiwei et al. (2021) plantean un enfoque desde el cual la gestión de la tecnología tiene como objetivo desarrollar y explotar la capacidad tecnológica, que es en sí mismo el conocimiento tecnológico que poseen las empresas, así, la gestión de la tecnología puede considerarse como la gestión del conocimiento tecnológico, explotando el conocimiento tecnológico antiguo para crear conocimiento tecnológico nuevo. Los responsables de implementar la gestión tecnológica, quienes son seres humanos, son los portadores del conocimiento (entidades de conocimiento), por lo cual para realizar las tareas de gestión de tecnología utilizan su propio conocimiento, así

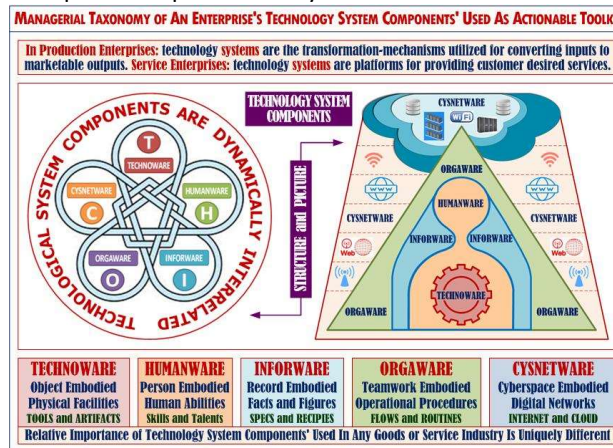
como el conocimiento adquirido del entorno. De esta manera, al interior de la organización se establece un ‘ecosistema del conocimiento’, sistema donde diferentes entidades de conocimiento intercambian sus saberes, y a medida que aumenta la complejidad de las tareas de gestión de tecnología, las entidades deben cooperar entre sí de manera más estrecha (mayor número de conexiones, mayor complejidad) con el fin de lograr su cometido; durante el proceso de cooperación, inevitablemente ocurrirá el flujo e intercambio de conocimiento.

1.3.3. Estructura sistémica de las soluciones tecnológicas

De acuerdo con el estándar de ingeniería de sistemas ISO/IEC/IEEE 15288:2015 (ISO/IEC/IEEE, 2015) un sistema se define como un grupo de elementos que interactúan entre sí para lograr satisfacer una necesidad o aplicación puntual. Como parte de un sistema se consideran equipos, software, recursos humanos, procedimientos, instalaciones y procesos; en el caso especial de las personas, éstas se pueden considerar como usuarios externos al sistema, o como parte integral del sistema. A diferencia de un ‘arreglo’ simple de elementos, un sistema logra cumplir con una función emergente a partir de la conexión de sus elementos, capacidad que no es posible alcanzar de manera aislada (Koral Kordova et al., 2018).

Con el ánimo de realizar una adecuada gestión de las tecnologías es necesario entenderlas como sistemas tecnológicos, y no como ‘una cosa’, o simplemente ‘una caja negra’, pues las diversas tecnologías creadas por el hombre como medio para permitir que las actividades de producción sean más beneficiosas, son como tal un sistema tecnológico, constituido por componentes que actúan como palancas accionables que los gestores tecnológicos al interior de las organizaciones pueden manipular con el fin de obtener el resultado esperado (Sharif, 1993). En la Tabla 10 se presenta una descripción de los componentes tecnológicos propuestos por el autor en (Marlyana et al., 2018). La Figura 12 muestra una infografía que describe los componentes del sistema tecnológico.

Figura 12. Componentes procesables y medibles de los sistemas tecnológicos



Nota. Tomado de Blog Nawaz Sharif (<https://mns-technologicalinnovation.blogspot.com/>).

Tabla 10. Taxonomía de componentes de un sistema tecnológico

Componente	Descripción
<i>Technoware</i> (representado en objeto)	Se refiere al capital físico utilizado tanto en actividades principales como de apoyo. El Technoware es el tipo de componentes de sistemas tecnológicos de tipo físico-visible encarnados en objetos, que incluye: artefactos, herramientas, discos de software, equipos, maquinaria, vehículos, estructuras, materiales, productos químicos, etc.
<i>Humanware</i> (representado en personas)	Se refiere a los componentes de tipo empírico encarnados en la persona, como detalles específicos relacionados con el trabajo: conocimiento tácito, habilidades, talentos, ingenio, creatividad, artesanía, destreza, etc. Humanware se refiere al 'quid' de todas las tareas asistidas por herramientas, manifestado en lo que las personas hacen con el Technoware disponible mediante la aplicación de calificaciones y experiencias personales. Incluye las habilidades para toma de decisiones en el contexto de trabajo específico.
<i>Infoware</i> (representado en registros)	Es el conocimiento técnico codificado (generalmente en forma explícita y registrada en medios impresos/electrónicos) relacionado con requisitos específicos y convenciones de trabajo que brindan las bases para cualquier sistema tecnológico. Estos son los componentes tecnológicos del tipo saber (qué, por qué, cómo) incorporados en el registro como marcos operativos, especificaciones técnicas, tales como: normas, planos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, teorías, manuales técnicos, etc. El Infoware es conocimiento compartido sobre relaciones operativas, conocimiento científico desarrollado a partir de resultados experimentales, etc.
<i>Orgaware</i> (representado en grupos de trabajo)	Se refiere a las relaciones coordinadas entre tarea y herramienta en la práctica real de los equipos de trabajo. Se refiere a: pasos operativos, flujos, técnicas, procedimientos, instrucciones y rutinas para la realización de tareas. Orgaware se basa en la lógica de la integración y coordinación sistemática de actividades y recursos que logran los objetivos planificados. Este componente particular se refiere al flujo de trabajo en un equipo que hace que la relación tarea-herramienta sea significativa y productiva. Implica asignaciones de trabajo para las operaciones de producción y servicio, y arreglos para usar y controlar otros factores de producción utilizados por el Humanware.
<i>Cysnetware</i> (representado en ciberespacio)	Este componente se establece sobre las tecnologías de información basadas en Internet. La capacidad de las comunicaciones electrónicas ha trascendido con creces el intercambio de datos e información. Hoy día los sistemas organizacionales pueden colaborar electrónicamente para facilitar la generación de ideas innovadoras y su implementación.

Nota. Elaboración propia a partir de (Sharif, 2012).

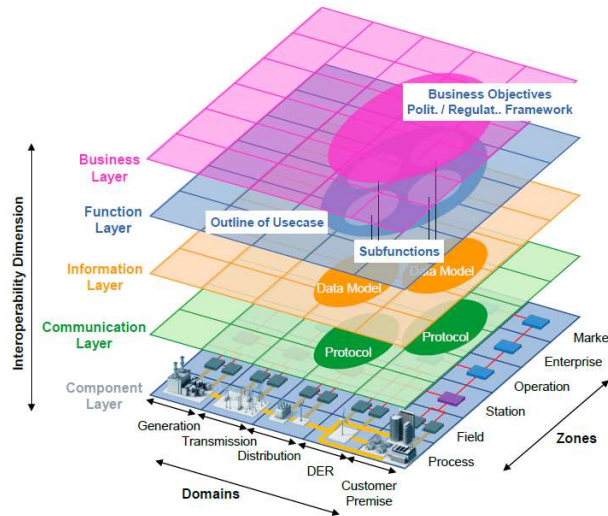
1.3.3.1. Perspectiva sistémica soluciones tecnológicas en servicios públicos

La continua evolución de los sistemas energéticos modernos, así como la integración de nuevas tecnologías y agentes al mercado, han hecho que hoy día la operación de estos sistemas sea cada vez más compleja, no sólo por el elevado número de elementos que los compone, sino por su estructura multiescala, un sistema de sistemas (*system-of-systems - SoS*). Por esta razón, las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica (*electric utilities*) se han visto en la necesidad de proponer nuevos y adecuados enfoques de ingeniería, métodos, conceptos, y herramientas que les permitan gestionar tales SoS. El Modelo de Arquitectura de Redes Inteligentes (*Smart Grid Architecture Model -SGAM-*) es una aproximación que se ha desarrollado durante los últimos años, la cual proporciona una adecuada y estructurada base para el diseño, desarrollo y validación de nuevas soluciones y tecnologías en el sector del suministro de energía eléctrica moderno (Uslar et al., 2019).

SGAM actúa como un sistema de referencia, el cual brinda tres (3) ejes principales para las dimensiones de: (i) cadena de creación de valor (Dominios); (ii) pirámide de automatización (Zonas); y (iii) interoperabilidad (Capa de Interoperabilidad). Los sistemas y sus interfaces pueden ser asignados a cualquier punto sobre el modelo de referencia, por lo cual siempre es posible proporcionar una categorización y clasificación de las partes individuales, los datos intercambiados e interfaces dentro del sistema. (Uslar et al., 2019). En la Figura 13 se presenta una visión general de la arquitectura SGAM.

Con el fin de mantener la interoperabilidad entre diferentes componentes es necesario considerar siempre la interoperabilidad en las diferentes capas; las 2 primeras están relacionadas con la funcionalidad, mientras que las 3 inferiores pueden asociarse con la implementación técnica prevista (Uslar et al., 2019). En la Tabla 11 se presenta la descripción de cada una de las capas.

Figura 13. Visión general del Modelo de Arquitectura de Redes Inteligentes (SGAM)



Nota. Tomado de (Uslar et al., 2019).

Tabla 11. Descripción capas modelo SGAM, Uslar et al., (2019)

Capa	Descripción
Negocio	Proporciona una visión empresarial sobre el intercambio de información, relación con los objetivos empresariales, estructuras regulatorias y económicas.
Función	Describe los servicios, funciones y subfunciones, incluidas sus relaciones desde un punto de vista arquitectónico.
Información	Describe los objetos de información que se intercambian y los modelos de datos.
Comunicación	Describe los protocolos y mecanismos para el intercambio de información entre componentes.
Componentes	Distribución física de todos los componentes participantes, incluido el sistema de energía y el equipo de TIC.

Nota. Ajustado de Uslar et al. (2019).

1.3.4. Estructura sistémica en las organizaciones

Los negocios y otro tipo de empresas humanas resultan ser un claro ejemplo de sistemas, al estar ligados por tramas invisibles de actos interrelacionados que frecuentemente tardan mucho tiempo en exhibir plenamente los efectos mutuos. El reconocimiento de tales tramas se complejiza aún más debido a que los observadores hacen parte de la misma trama (Senge, 2016). Las organizaciones se definen como un sistema, con subsistemas organizacionales interrelacionados (estratégico, de dirección, tecnológico, humano/cultural, estructural, ambiental), y haciendo parte de un sistema mayor, resaltando sus relaciones de interdependencia. Se hace especial énfasis en el entorno con

el cual las organizaciones tienen relaciones de cooperación y asociación, y en la importancia de una adecuada capacidad de detección y respuesta rápida de la organización a los cambios en éste (Castellanos et al., 2008). Otros autores como Joan Woodward, Paul Lawrence y Jay Lorsch, citados en Morgan (1998) (citado por Castellanos et al. (2008)) complementaron esta teoría con estudios en algunas organizaciones empresariales, evidenciando la relación que existe entre la estructura organizacional, la tecnología y las condiciones del entorno. En los estudios mencionados se identifica que, a mayor turbulencia y desarrollo tecnológico, es necesaria mayor flexibilidad y diferenciación interna.

Entre los años 80 y 90 del siglo XX, a partir de los primeros postulados expuestos por Zachman (1987), surge el concepto de Arquitectura Empresarial (AE), el cual busca ser un acercamiento holístico para el manejo y gestión de una organización desde una vista integral que cubra desde sus procesos de negocio, los sistemas de información, los datos e información y la infraestructura tecnológica. Una AE permite la comprensión y visualización de los principales componentes de la organización y su relación para conseguir los objetivos de negocio; busca explicar y modelar cómo las personas, los elementos tecnológicos, prácticas comerciales, procesos, recursos (personas, TI y otros equipos), sistemas, infraestructura (tecnológica, física), datos, la misma estructura organizacional, y en general todos los componentes de una organización, se integran para trabajar de forma conjunta, como un todo sistémico. La AE nace como una disciplina que evoluciona desde modelos administrativos y de gestión, como la teoría organizacional y la teoría de sistemas. (MITRE Corporation, 2004; Arango et al., 2010).

1.3.4.1. Empresas prestadoras de servicios públicos

Como menciona Cabrera & Cabrera (2018), todas las organizaciones son sistemas adaptativos complejos (*Complex Adaptive Systems -CAS-*) pues están formadas por individuos (agentes) que se adaptan a su entorno. El comportamiento de una organización –una propiedad emergente de los agentes y sus interacciones entre sí y con su entorno– no

se puede predecir a partir del comportamiento de los miembros de la organización. Adicionalmente resaltan que, como un CAS, todas las organizaciones son organizaciones que aprenden, tanto buenas como malas prácticas (culturas colectivas desadaptativas).

Sobre lo anterior se resalta el caso específico de las empresas prestadoras de servicios públicos, las cuales tiene ciertas particularidades que hacen de ellas un caso particular.

En primera medida se tiene el hecho que la prestación de los servicios públicos se basa en la operación de sistemas de infraestructura altamente complejos, interconectados, interdependientes y no lineales. Como mencionan Oughton et al. (2018), estos sistemas exhiben características propias de los CAS como son: agentes diversos y adaptativos, dinámica, irreversibilidad y emergencia.

Sobre la multiplicidad de agentes Kumar et. al. (2023) resaltan que, debido a la variedad de esquemas de prestación de servicios, intervención de políticas públicas de planeación, interferencias físicas, operativas e incluso de mercados entre los prestadores de los servicios, hacen que aumente cada vez más el nivel de complejidad. Los sistemas de servicios públicos abarcan una amplia gama de organizaciones, públicas, privadas y sin ánimo de lucro, que pueden trabajar de forma independiente, en asociación o incluso en conflicto entre sí para satisfacer las necesidades de los consumidores y/o ciudadanos en su ámbito de actuación (Rhodes & Mackechnie, 2003).

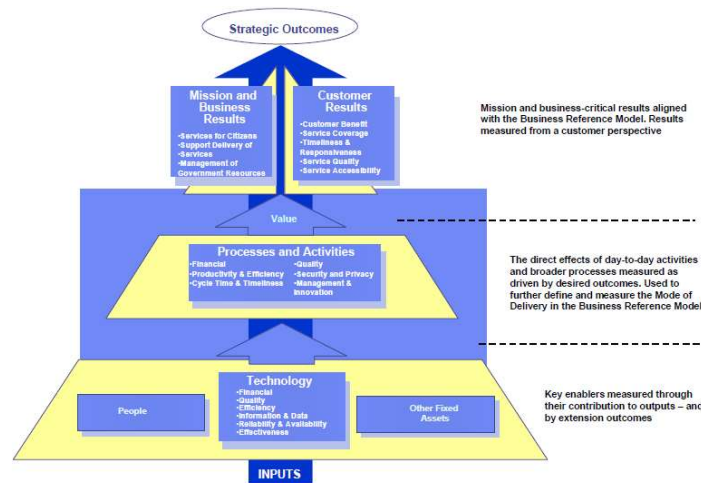
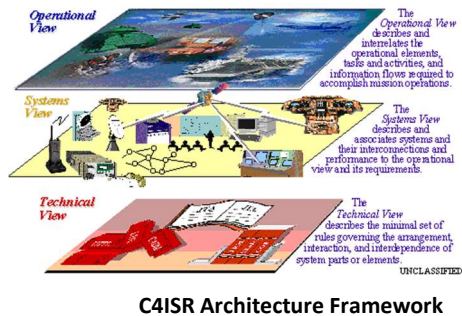
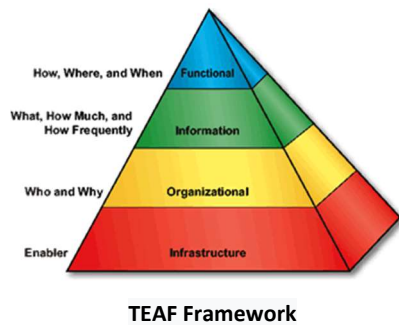
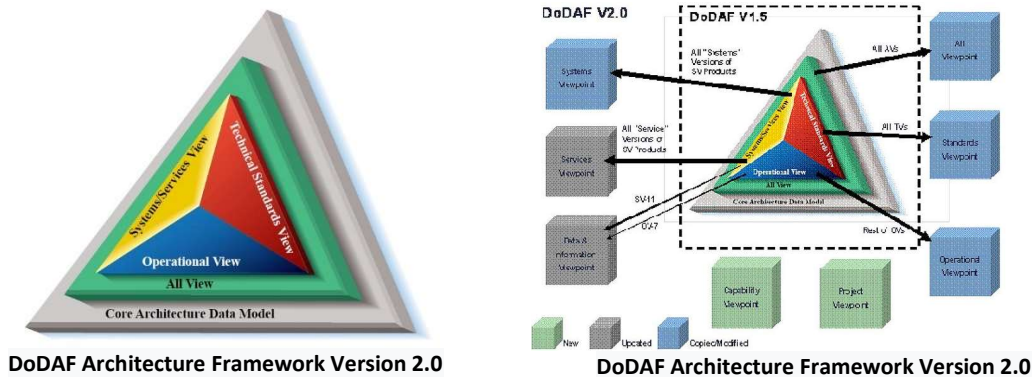
A su vez, el hecho de ser compañías diseñadas y operadas bajo híbridas y complejas estructuras organizacionales, hace que sea a través de las teorías de sistemas complejos la forma adecuada para lograr el balance adecuado entre autonomía y control en dichas empresas (Sowels, 2021).

1.3.4.2. Marcos (*framework*) de estructura empresarial

En el contexto de la arquitectura empresarial, un marco (*framework*) permite identificar los tipos de información necesarios para representar la arquitectura empresarial, organiza

dicha información en una estructura lógica, y finalmente describe las relaciones entre los tipos de información (MITRE Corporation, 2004). En general, un marco (*framework*) soporta la comprensión y comunicación de la estructura y la relación dentro de un sistema con un propósito definido (Madani, 2012). En la Figura 14 se presentan algunos ejemplos de marcos de arquitectura empresarial (MITRE Corporation, 2004).

Figura 14. Ejemplos marco (*framework*) de arquitectura empresarial



Nota. Adaptado de (MITRE Corporation, 2004).

1.4. Sistemas de gestión en organizaciones

De acuerdo con la Organización Internacional para la Estandarización (*International Organization for Standardization -ISO-*) los sistemas de gestión corresponden a un “conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan dentro de una organización para establecer políticas y objetivos, así como procesos para lograr esos objetivos.” (ISO/IEC, 2021). Los sistemas de gestión les permiten a las organizaciones “gestionar las partes interrelacionadas de su negocio para lograr sus objetivos” (ISO).

Los sistemas de gestión resultan ser un elemento integrador para la gestión organizacional por procesos, gracias a la estructuración sistémica de las partes interrelacionadas (ej. procesos) dentro de una organización, tal que se logre una gestión adecuada, y así alcanzar los objetivos planteados; estos objetivos pueden relacionarse con diversos temas, como la calidad de productos/servicios, eficiencia operativa, gestión de ambiental, gestión de activos, seguridad y salud en el trabajo, entre otros (*International Organization for Standardization -ISO-*, n.d.).

1.4.1. Sistema de gestión de la tecnología

En la actualidad no existe ninguna referencia o marco internacionalmente homologado sobre sistemas de gestión para tecnología. Lo anterior resulta desafortunado, por lo cual Cetindamar y Phaal (2021) invitan a los cuerpos de estudio asociados a la gestión tecnológica a construir tales definiciones y marcos comunes para avanzar en esta disciplina. Ellos indican que es de suma importancia contar con marcos sólidos que puedan ayudar a las organizaciones a implementan, sostener y mejoran los sistemas de gestión tecnológica.

Weiwei et al. (2021) por su parte menciona la importancia de que exista un ‘Sistema de Gestión de Tecnología’, el cual define “como un conjunto integrado de procesos y actividades que una empresa utiliza para mejorar su competitividad tecnológica”. Si bien existen investigaciones acerca del sistema de gestión de tecnología, estos sólo exploran los

elementos que lo componen y no profundizan en la forma en la cual se dispone al interior de la organización.

1.4.2. Sistema de gestión de la innovación

Dentro de los sistemas de gestión estándar del ISO se realiza el análisis particular sobre el sistema de gestión de la innovación ISO 56000, lo anterior debido a la estrecha relación que existe entre estos tópicos, a saber ‘tecnología’ e ‘innovación’.

En el estándar se define el Sistema de Gestión de la Innovación (*Innovation Management System*) bajo una visión sistémica como el conjunto de elementos interrelacionados que interactúan dentro de una organización con el fin de que se establezcan sus capacidades de innovación con el propósito de lograr innovaciones de manera efectiva y sostenible; el mismo estándar define innovación como aquella entidad nueva o modificada que logra o redistribuyen valor (ISO, 2020). (ISO, 2019) enfatiza en la idea que una organización puede innovar de forma más eficiente si todas las actividades necesarias y los elementos interrelacionados que interactúan se gestionan como un sistema; un sistema de gestión de la innovación guía a la organización para determinar su visión, estrategia, política y objetivos de innovación, y para establecer el apoyo y los procesos necesarios para lograr los resultados previstos. Este sistema proporciona un marco común para desarrollar y desplegar capacidades de innovación, evaluar el desempeño y lograr los resultados previstos (ISO, 2019).

Las razones para gestionar las actividades de innovación como un sistema incluyen (ISO, 2020):

- Guiar a la organización para que se centre en las actividades de innovación más importantes y relevantes, iniciativas y apoyo dado desde la dirección;
- Permitir que la alta dirección establezca su ambición y visión sobre la innovación, optimizando el uso de los recursos;

- Crear conciencia sobre las actividades de innovación internas y externas sobre la base de un marco y un vocabulario común;
- Facilitar la evaluación, identificación de elementos débiles, cuellos de botella, consecuencias no deseadas, y la evaluación misma del sistema de gestión de la innovación para impulsar mejoras;
- Ser compatible, con posibilidad de integración con otros sistemas de gestión de la organización.

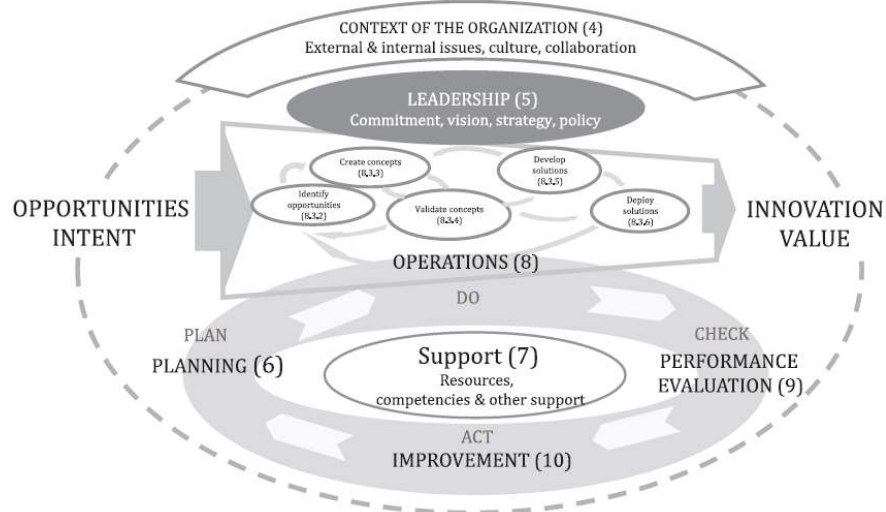
En la Tabla 12 se presenta una descripción de los elementos fundamentales del sistema de gestión para la innovación. En la Figura 15 se muestra la representación gráfica del marco del sistema de gestión de la innovación.

Tabla 12. Elementos fundamentales del sistema de gestión de innovación

Componente	Descripción
Contexto de la organización	La organización determina los asuntos externos e internos que son relevantes para su propósito, incluidas las áreas de oportunidad que pueden desencadenar iniciativas de innovación, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la cultura de apoyo y el enfoque de colaboración necesarios
Liderazgo	Con el contexto de la organización como insumo, la alta dirección demuestra liderazgo y compromiso con respecto al sistema de gestión estableciendo una visión, estrategia y política de innovación, así como las funciones, responsabilidades y autoridades organizativas necesarias.
Planificación	Con base en el nivel de liderazgo y ambición establecido, la organización determina sus acciones para abordar las oportunidades y los riesgos, establece sus objetivos de innovación y los planes para lograrlos, incluidas las estructuras organizacionales y los portafolios de innovación.
Apoyo	Se establece el soporte necesario para el sistema de gestión de la innovación, ej. personas con las competencias necesarias, recursos financieros y de otro tipo, conciencia, comunicación, herramientas y métodos, así como enfoques para la gestión de la inteligencia estratégica y la propiedad intelectual.
Operaciones	Las iniciativas de innovación (ej. proyectos, programas u otras actividades) se establecen e implementan utilizando los procesos de innovación apropiados, ej. identificar oportunidades, crear y validar conceptos, así como desarrollar e implementar soluciones.
Evaluación del desempeño	El desempeño del sistema de gestión de la innovación se evalúa periódicamente utilizando indicadores de desempeño de la innovación en relación con lo planificado y considerando la visión, la estrategia, la política y los objetivos.
Mejora	Con base en la evaluación del desempeño, la organización mejora continuamente el sistema de gestión de la innovación con un enfoque en sus brechas y desviaciones más críticas con respecto al contexto, el liderazgo, la planificación, el soporte y las operaciones.

Nota. Adaptado de (ISO, 2020).

Figura 15. Representación del marco del sistema de gestión de la innovación



Nota. Tomado de (ISO, 2019).

El estándar resalta la importancia que la organización promueva una cultura que apoye las actividades de innovación, con el objetivo de permitir la coexistencia de mentalidades y comportamientos creativos y orientados a las operaciones, ya que ambos son necesarios para innovar (ISO, 2019).

La organización debería considerar proporcionar un ambiente de trabajo caracterizado por:

- apertura, curiosidad y enfoque en el usuario;
- fomentar la retroalimentación y las sugerencias;
- alentar el aprendizaje, la experimentación, la creatividad, y el cambio;
- fomentar la asunción de riesgos y aprender de los fracasos manteniendo a las personas comprometidas;
- creación de redes de colaboración y participación, internas y externas;
- diversidad, respeto e inclusión de diferentes personas, disciplinas y perspectivas en las actividades de innovación;
- valores, creencias y comportamientos compartidos;
- equilibrar el análisis y la toma de decisiones basados en supuestos y en pruebas;
- equilibrar la planificación y los procesos lineales y no lineales.

1.4.3. Sistema de gestión de activos

Otro de los sistemas de gestión que hacen parte del estándar ISO, y que debe ser analizado es el sistema de gestión de activos ISO 55000, teniendo en cuenta que para empresas industriales son intensivas en activos esencialmente tecnológicos.

De acuerdo con ISO (2014), la gestión de activos es la acción coordinada de una organización para obtener valor a partir de los activos a través de un balance de costos, riesgos/oportunidades y beneficios/desempeño. Por otro lado, el sistema de gestión de activos se define como aquel sistema planteado para la gestión de los activos, siendo su función principal establecer la política y los objetivos de la gestión de activos.

Los beneficios de la gestión de activos pueden incluir ISO (2014):

- a) mejora del desempeño financiero;
- b) decisiones de inversión en activos basadas en información;
- c) riesgos gestionados;
- d) mejoras en resultados y servicios;
- e) responsabilidad social demostrada;
- f) demostración de cumplimiento;
- g) mejora de la reputación;
- h) mejora de la sostenibilidad organizacional;
- i) mejora de la eficiencia y la eficacia.

Un sistema de gestión de activos impacta actividades y funciones de la organización, e incluso elementos externos, que de otra manera serían gestionadas en forma aislada. Los requisitos del sistema de gestión de activos están agrupados en ISO (2014):

- Contexto de la organización: la organización debe considerar sus contextos internos y externos.
- Liderazgo: La alta dirección es responsable del desarrollo de la política y los objetivos de gestión de activos, y la alineación de estos con los objetivos organizacionales.
- Planificación: El Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA) debe utilizarse para guiar la definición de sus objetivos organizacionales y definir el rol del sistema de gestión de activos para alcanzar tales objetivos.
- Apoyo: El sistema de gestión de activos requiere la colaboración entre muchas partes de la organización.
- Operación: El sistema de gestión de activos posibilita la orientación, la implementación y el control de sus actividades de gestión de activos.
- Evaluación del desempeño: La organización evalúa el desempeño de sus activos, de la gestión de sus activos y de su sistema de gestión de activos.
- Mejora: El sistema de gestión de activos es complejo y está en constante evolución para coincidir con su contexto, con los objetivos organizacionales y con su cambiante portafolio de activos.

2 CAPITULO 2: METODOLOGIA

2.1. Diseño metodológico

Se propone un alcance exploratorio aplicando un enfoque metodológico cualitativo. La razón para plantear este alcance, es que de acuerdo con la revisión literaria preliminar del objeto de investigación no se encuentra mayor nivel de estudio previo, por lo cual, no resulta pertinente realizar planteamientos a nivel descriptivo o de mayor profundidad, puesto que el nivel de conocimiento sobre el tema es tan bajo que no se contaría con información suficiente para plantear hipótesis que caractericen el fenómeno bajo estudio (Hernández, 2014). Con el alcance exploratorio se busca examinar y familiarizarse con un tema poco estudiado, y que esto sirva como punta de lanza para estudios posteriores de carácter descriptivo, correlacionales o explicativos.

La selección del enfoque cualitativo planteado se justifica en que, precisamente al no contar con una base bibliográfica sólida a partir de estudios previos, los planteamientos iniciales no son totalmente específicos, por lo cual durante la investigación más que seguir un proceso lineal probatorio de hipótesis previamente planteadas, se tendrá un proceso circular en el cual se puedan ir planteando nuevos interrogantes, regresar a etapas previas, siempre apoyado en la revisión inicial de literatura (Baptista et al., 2014); el enfoque cualitativo busca entender el fenómeno como un todo más que desde una perspectiva particular, teniendo en cuenta sus propiedades y su dinámica, siendo su interés cualificar y describir el fenómeno a partir de sus rasgos determinantes (Auxiliadora & Bejarano, 2016).

En el presente estudio investigativo se pretende abordar una exploración bibliográfica en torno a modelos de procesos de gestión tecnológica, y a partir de los elementos identificados, desarrollar el análisis que permita proponer un modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica en empresas de servicios públicos. Con base en los objetivos específicos planteados, se propuso una estructura metodológica con tres (3) fases, como se describe a continuación.

Fase 1: En la fase 1 realizar la revisión de literatura en torno a los conceptos generales de la gestión tecnológica, enfatizando sobre modelos de gestión tecnológica postulados, los elementos que los constituyen y la relación propuesta entre ellos, igualmente las herramientas diseñadas para su desarrollo. De forma complementaria se desarrolla una revisión literaria en torno a temáticas que enriquezcan la estructuración de una visión sistémica para la gestión tecnológica, como los son los sistemas de gestión (*management systems*), ingeniería de sistemas (*systems engineering*), y arquitecturas empresariales.

Los modelos analizados dentro de la revisión de literatura son estudiados a la luz de los lineamientos de visión sistémica, tal que se logren identificar los elementos fundamentales constitutivos para un modelo con enfoque sistémico a ser aplicado en empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia.

Fase 2: A partir de los resultados de la fase anterior se desarrolla un ejercicio de clasificación y categorización de los elementos constitutivos del modelo a proponer. Este ejercicio busca en primera instancia identificar aquellos elementos que puedan resultar recurrentes entre sí, no aplicables en el contexto propuesto (sector explotador) o de alguna manera deben ser excluidos del análisis. Posteriormente, agrupar (categorizan) los elementos de acuerdo con su participación dentro de un ciclo de gestión tecnológica (ciclo PHVA) con el fin de realizar un análisis particular por categoría. Finalmente, dentro de esta categorización realizar una priorización preliminar de los elementos constitutivos.

Con el fin de validar la clasificación y priorización construida, se propone una herramienta de exploración tipo entrevista semiestructurada para ser aplicada a miembros de empresas prestadoras de servicios públicos. Se considera adecuada una entrevista a profundidad semiestructurada, pues permite más flexibilidad y poder recopilar mayor volumen de información. Se define una muestra aleatoria a conveniencia sobre las principales empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia, dentro de las cuales se espera recopilar no menos de veinte (20) entrevistas. Los criterios de selección de las personas partícipes de las

entrevistas son: estar vinculados con el área de planeación estratégica, táctica u operativa, llevar más de 1 año en su cargo actual, y no presentar algún conflicto de interés con el objeto de la investigación. La entrevista se valida por el tutor del trabajo de grado con apoyo de docentes investigadores y colegas, con lo cual se recibe realimentación para su correspondiente ajuste. Se solicita a los participantes firmar un consentimiento informado en donde declarar haber leído, comprendido y aceptado los términos de las entrevistas y en el que se les informa que la información recolectada sería tratada de manera discreta y usada con fines académicos.

Al finalizar las entrevistas se procede con el análisis de resultados obtenidos. Para este análisis inicialmente se realiza una transcripción manual de la información recopilada en las entrevistas, luego se realiza una codificación de los registros con el fin de facilitar su posterior ordenamiento y clasificación. Con la información clasificada se procede con su análisis, el cual busca, además de validar la pertinencia y relevancia de los elementos identificados y previamente jerarquizados, explorar elementos que posiblemente no hayan sido identificados a partir de la revisión de literatura.

Fase 3: A partir de los elementos identificados en la fase anterior, se plantea entre dichos elementos conexiones que permitan interpretar la forma en que se relacionan estos dentro de un sistema de gestión tecnológica. Posteriormente, se estructura una propuesta para el modelo sistémico de gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia, planteando estructuras de conexión a partir de los resultados del primer ejercicio. Dichas alternativas serán evaluadas por medio de una técnica de juicio de expertos por agregados individuales, con el fin de recibir una realimentación sobre su estructuración, y con ello definir el modelo final. Se selecciona el juicio de expertos porque esta técnica permite recoger la opinión de personas cuya trayectoria profesional y/o académica valida su capacidad para emitir valoraciones críticas sobre el tema objeto de estudio, brindando validez al contenido estudiado (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008). Se escoge el método de agregados individuales por ser un método económico, pues

no exige el encuentro de los participantes, y aunque esto pareciera una desventaja, al no intercambiar opiniones, se inhibe de sesgos tales como aquellos derivados de la presión entre expertos (González et al., 2017). Se seleccionarán cinco (5) expertos con una experiencia de no menos de diez (10) años en el sector industrial o académico en áreas afines a la gestión de tecnología, activos tecnológicos y/o gestión de la innovación tecnológica.

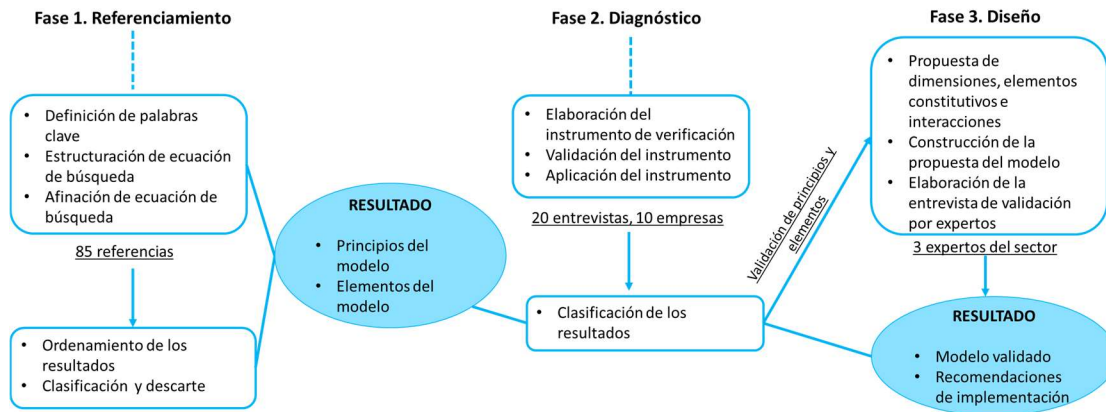
En la Figura 16 se presenta el diseño metodológico. En la Figura 17 se exhibe el flujo metodológico implementado.

Figura 16. Diseño metodológico



Nota. Fuente, elaboración propia.

Figura 17. Flujo metodológico



Nota. Fuente, elaboración propia.

3 CAPÍTULO 3: RESULTADOS

3.1 Hallazgos del referenciamiento teórico

En el CAPÍTULO 1. **MARCO TEÓRICO** se presentan los resultados de la revisión de literatura correspondiente a esta fase. A continuación, se presenta un listado de los elementos a resaltar sobre la conceptualización de gestión tecnológica, sus procesos y modelos:

- a) La gestión tecnológica debe ser entendida bajo diversas dimensiones: desde políticas gubernamentales de innovación y desarrollo tecnológico, pasando por la interacción e integración interempresarial (clusters, cadenas productivas, parques tecnológicos, etc.); finalmente llegando al nivel de organización, el cual incluye personas, áreas funcionales y alta dirección, donde se toman decisiones técnico–gerenciales relacionadas con la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de una tecnología determinada. Una gestión estratégica de la tecnología considera tanto las actividades asociadas con las tecnologías al interior de la organización, como la interacción con el ecosistema socioeconómico en el cual se encuentra inmersa (Acosta et al., 2000; Castellanos, 2003; Sahlman & Haapasalo, 2009b; Ortiz & Nagles, 2013).

Al interior de la organización se debe considerar la gestión tecnológica a diferentes niveles: corporativo/alta dirección, áreas funcionales y de negocio, y finalmente, las áreas operativas (Skilbeck & Cruickshank, 1997), (Acosta et al., 2000).

- b) Dentro de la gestión tecnológica se desarrolla el conjunto de procesos orientados a la planificación, organización y ejecución de actividades que permiten la toma de decisiones -normalmente de tipo compensación (*trade-off decisions*)- vinculadas a la tecnología, de forma que permita alinearla con los objetivos estratégicos y operacionales de las organizaciones. (Gregory, 1995; McCarthy, 2003; Farrukh et al.,

2004; Phaal et al., 2004; Gallego, 2005; Li-hua, 2006; Liao et al., 2013; Ortiz & Nagles, 2013; Jaimes et al., 2011; Fartash et al., 2018; Bermudez & Castellanos, 2022).

- c) La gestión tecnológica no opera de manera aislada, por tanto, es fundamental que tenga interacción con la gestión estratégica y de los procesos operativos al interior de la organización, así como sus prácticas existentes. La gestión tecnológica integra los problemas tecnológicos en la toma de decisiones comerciales, incluido el desarrollo de estrategias, la innovación y el desarrollo de nuevos productos, y la gestión de operaciones (Phaal et al., 2001), (Sahlman & Haapasalo, 2012).

La gestión tecnológica propende por un flujo del conocimiento a través de toda la empresa, aprovechando los saberes generados en los distintos departamentos de la empresa, garantizando su transferencia. El conocimiento tecnológico comprende tanto el conocimiento explícito como el tácito (Phaal et al., 2004; Li-hua, 2006; Sahlman & Haapasalo, 2012; Ortiz & Nagles, 2013; Olivan et al., 2014).

- d) La gestión tecnológica involucra diversos componentes interdisciplinarios, la gestión de su integración en un solo sistema, y la gestión de dicho sistema (Phaal et al., 2001; Jaimes et al., 2011; Madani, 2012): i) gestión de la ingeniería, las ciencias naturales y las ciencias sociales, ii) ciencias administrativas para la planeación, la selección, el desarrollo y la implementación de la tecnología, iii) desarrollo de capacidades operacionales y servicios de campo, iv) procesos operacionales, herramientas, técnicas y personal, v) dirección y el liderazgo hacia el desarrollo de nuevos productos y servicios, vi) ambiente de negocios, cultura organizacional y la estrategia de negocios y su influencia recíproca.
- e) La tecnología debe encajar dentro de la estrategia global de la empresa, lo cual puede darse mediante dos vías: se puede dar en sentido de abajo hacia arriba (*bottom-up*), buscando la eficacia hace que se integren diversos métodos y tecnologías en las diversas áreas de la empresa; esta integración requiere una orientación estratégica común o

gestión conjunta. Por otro lado, puede darse en sentido de arriba hacia abajo (*top-down*), donde se observa la unión de los esfuerzos de investigación y desarrollo con las necesidades de largo plazo. La gestión tecnológica establece flujos de conocimiento entre las perspectivas de mercado y negocio (de adentro hacia afuera) como tecnológicas (de afuera hacia adentro), para lograr un equilibrio entre el halado (*pull*) del mercado y el empuje (*push*) de la tecnología (Phaal et al., 2001, 2004; Li-hua, 2006; Núñez, 2011; Ortiz & Nagles, 2013; Olivan et al., 2014).

- f) Dentro de la gestión tecnológica debe ser concebido el desarrollo y explotación eficiente de las capacidades tecnológicas en pro no sólo de mejorar y desarrollar nuevos productos y procesos, sino también en la mejora de tecnología existente y en la generación de nuevo conocimiento y habilidades (Jin & von Zedtwitz, 2008; Cetindamar et al., 2009). Dentro de estas capacidades se encuentran: explotación compilación, adquisición y generación tecnológica (Sharif, 1993).

Las capacidades tecnológicas adquiridas se evidencian mediante el conocimiento acumulado del sistema de producción o memoria tecnológica, obtenida de los vendedores de equipos, firmas de ingeniería, laboratorios y la propia experiencia. (Sharif, 1993; Phaal et al., 2001; Núñez, 2011; Weiwei et al., 2021).

- g) La gestión, a diferencia de la administración, involucra grados de creatividad, liderazgo, riesgo y preocupación por el desempeño futuro. Cuando se analiza la tecnología al interior de las organizaciones es importante entender que, si bien se requiere una perspectiva administrativa para controlar los recursos disponibles, y esto implica reglas, procesos y métodos ya establecidos, esta situación no debe ser excusa para no incorporar la creatividad, la innovación y el riesgo (Ortiz & Nagles, 2013). De acuerdo con Cetindamar et al., (2009) y Ortiz y Nagles (2013) la gestión tecnológica incluye aspectos tanto de la gestión de la innovación como de la gestión del conocimiento.

3.2 Propuesta principios y elementos clave del modelo de interacción sistémico de gestión tecnológica

A la luz de la información obtenida de la revisión de literatura, se propuso dar respuesta a dos (2) preguntas auxiliares las cuales permitiesen llegar de forma deductiva a la definición de la estructura base del modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica. Las preguntas fueron:

(1) ¿Cuáles son los principios que deben regir un modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica?

(2) ¿Qué elementos constitutivos pueden representar de manera adecuada los principios propuestos?

3.2.1. Principios modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica

A continuación, se describen los seis (6) principios que fundamentan el modelo de interacción sistémico que soporta la gestión tecnológica. Estos principios fueron construidos a partir de los preceptos, tanto implícitos como explícitos, que enuncian los autores referenciados en cuanto a la gestión tecnológica y los modelos que la representan al interior de las organizaciones.

1. El capital tecnológico, como recurso base de las organizaciones, está representado en el conocimiento que permite el desarrollo de capacidades para obtener nuevos y mejores productos, procesos y servicios. Dentro de la gestión tecnológica debe ser concebido el desarrollo y explotación eficiente de capacidades tecnológicas en pro no sólo de la optimización de las operaciones actuales como elemento clave para el sostenimiento, sino en la promoción de nuevos productos y servicios, así como apertura a nuevos mercados, brindando de esta manera oportunidades de crecimiento

- organizaciones ambidiestras- (Phaal et al., 2004; Jin & von Zedtwitz, 2008; Cetindamar et al., 2009).
2. La tecnología debe encajar dentro de la estrategia global de la empresa, tanto de forma estructurada y formal (top-down), como de manera natural (bottom-up). El sentido último de la tecnología debe ser aportar en la consecución de los objetivos estratégicos de la organización, sus metas deben ser establecidas en función del valor agregado en las diferentes dimensiones establecidas, y sus decisiones estar fundamentadas en la creación de valor para los interesados. La estrategia tecnológica, en línea con la estrategia corporativa, debe ser constituida teniendo bajo consideración la senda tecnológica propia del sector al cual pertenece la organización (Phaal et al., 2000; Phaall et al., 2001, 2004; Li-hua, 2006; Sahlman & Haapasalo, 2009a, 2012; Núñez, 2011; Ortiz & Nagles, 2013; Olivan et al., 2014; Zhou et al., 2017).
 3. Las personas que constituyen la organización resultan ser elemento clave como dinamizadores del flujo de conocimiento tecnológico. La gestión tecnológica debe propender por el desarrollo de una cultura de innovación, soportada en una comunicación continua y efectiva con las personas, promoviendo con ello la adquisición, desarrollo y divulgación del conocimiento tecnológico, generando los niveles de confianza adecuados que permitan afrontar retos enmarcados dentro de escenarios de elevada incertidumbre sin temor al error (Acosta et al., 2000; ICONTEC, 2018; ISO, 2019).
 4. Se requiere el desarrollo de procesos sistemáticos y formalmente estructurados que permitan atender de manera adecuada los riesgos -dado el nivel de incertidumbre asociado-, logrando así un uso eficiente de los recursos. La organización debe definir su 'apetito' de riesgo, el cual le permita destinar recursos a proyectos de innovación tecnológica, los cuales naturalmente presentan un mayor nivel de incertidumbre respecto a sus resultados, y por otro lado, requiere contar con un adecuado proceso de gestión tecnológica (soportado en procedimientos, métodos y herramientas), el cual permita llevar a cabo de manera estructurada tales iniciativas, buscando con ello

aumentar la probabilidad de éxito en la consecución de las metas propuestas (Sharif, 1993; Phaal et al., 2006; Cetindamar et al., 2009; ISO, 2020).

5. La toma de decisiones en torno al capital tecnológico de la organización implica un análisis de balanceo (*trade-off analysis*) entre los intereses de los diversos implicados.

Las decisiones tecnológicas del negocio deben estar soportadas con modelos formales, análisis de sensibilidad, y valorando la experiencia que reposa al interior de la organización (personas); se requiere considerar los beneficios, impactos y riesgos a lo largo del ciclo de vida de los activos, con el fin de soportar de la mejor manera dicha toma de decisiones en pro del logro de los objetivos estratégicos organizacionales (optimización global y no local). (Phaal et al., 2004; Li-hua, 2006; Sahlman & Haapasalo, 2012; Ortiz & Nagles, 2013; Olivan et al., 2014).

6. Una perspectiva sistémica aporta una visión integral sobre la gestión de la tecnológica en las organizaciones, en tanto:

- No opera de manera aislada, por tanto, es fundamental que tenga interacción con la gestión estratégica y de los procesos operativos al interior de la organización, así como sus prácticas existentes (Phaal et al., 2004; Cetindamar et al., 2009).
- Los problemas específicos de gestión tecnológica que enfrenta la empresa dependen del contexto (interno y externo), en términos de estructura organizativa, sistemas, infraestructura, cultura y estructura, el entorno empresarial particular, y los desafíos que enfrenta la empresa que cambian con el tiempo. Debido al elevado nivel de interconexión (complejidad), es necesario que la organización se visualice como un todo, y los problemas se planteen a través de relaciones de causa y efecto, de tal forma que las soluciones se centren en las causas fundamentales y no en los síntomas (Butler, 2003; McCarthy, 2003; Pilkington & Teichert, 2006; Castellanos et al., 2008; Madani, 2012; Banerjee & Bhowmick, 2020; Weiwei et al., 2021).
- La gestión tecnológica debe ser entendida desde diversas dimensiones, donde cada una de estas, empezando desde la tecnología misma, requieren ser entendidas bajo una perspectiva sistémica, y luego entre ellas considerar tal nivel de conexión que

se constituya un 'sistema de sistemas' (*systems of systems -SoS-*) (Acosta et al., 2000; Castellanos, 2003; Sahlman & Haapasalo, 2009b; Ortiz & Nagles, 2013).

- La capacidad tecnológica de las empresas no es estática, por tanto, la gestión tecnológica evoluciona a través de transformaciones propiciadas tanto por motivaciones internas (recurso tecnológico), como por estímulos desde el exterior (mercados, clientes, desarrollo tecnológico) (Weiwei et al., 2021).

3.2.2. Elementos modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica

Con base al análisis de la información recopilada en la revisión de literatura, y luego de haber planteado los principios fundamentales, se proponen los siguientes siete (7) elementos constitutivos del modelo que permiten cumplir con tales principios.

1. *Dimensiones*. Dentro del modelo se consideran cuatro (4) dimensiones, a saber: (i) la base tecnológica de la organización, (ii) las operaciones de gestión tecnológica, (iii) el entorno organizacional, y, finalmente, (iv) el ecosistema sectorial.
 - Base tecnológica: la base tecnológica corresponde al capital tecnológico con el que cuenta la organización, y el cual debe ser entendido y gestionado desde un entendimiento sistémico, y no desde la perspectiva reduccionista desde la cual comúnmente ha sido entendido. Los sistemas tecnológicos se componen por los artefactos que 'visibilizan' como tal la tecnología (*Technoware*), el conocimiento tácito de las personas requerido para su explotación (*Humanware*), el conocimiento explícito codificado (*Infoware*), los procedimientos, prácticas y rutinas que enmarcan su operación (*Orgaware*), las redes de comunicación entre sus subcomponentes y otros artefactos (*Netware*); finalmente, de la conjunción eficiente de todas sus partes (algunas en mayor o menor medida según sea el caso de la tecnología específica) emerge la función o capacidad esencial (*Functionware*), la cual consolida su naturaleza tecnológica.

- Operaciones de gestión tecnológica: En esta dimensión se encuentran todos los procesos que operativizan la gestión de la tecnología al interior de las organizaciones. En esta dimensión se encuentran todas las metodologías, técnicas y herramientas con las cuales se cuenta para instrumentalizar de forma adecuada las operaciones requeridas al momento de ejecutar el plan estratégico tecnológico establecido. Si bien las operaciones de esta dimensión corresponden propiamente a la gestión de la tecnología, no pueden desenvolverse de manera aislada a los demás sistemas operativos de la organización.
 - Entorno organizacional: Esta dimensión presenta una visión de la organización desde la perspectiva de su arquitectura empresarial, conectando las operaciones con todos los demás componentes al interior de la empresa (procesos, información, estructura, personas, estrategia, etc.), tendiente a establecer una visión holística (sistémica) de la gestión tecnológica de la organización.
 - Ecosistema sectorial: La gestión tecnológica de una empresa no puede ser establecida de forma aislada al medio en el cual se encuentra emplazada (mercados, negocio, medioambiente, regulación, competencia, etc.), dado que, como sistema, requiere de su entorno para subsistir y evolucionar. Desde el sistema de gestión tecnológica de la organización se debe no sólo prestar atención sobre la influencia que el entorno tiene sobre éste, sino los impactos que las operaciones del sistema puedan tener sobre el medio (externalidades). Con el fin de determinar el entorno sobre el cual este sistema tiene mayor interacción se debe tener en cuenta el sector al cual pertenece la organización; de igual manera es necesario definir el límite o frontera (*boundary*) sobre el cual se realizará la definición de este sistema superior, pues esto determina directamente su complejidad al momento de analizarlo y gestionarlo.
2. *Estrategia tecnológica.* A partir del direccionamiento estratégico corporativo definido para la organización se establece la estrategia tecnológica que encabeza el despliegue del ciclo de gestión tecnológica. Entendiendo el comportamiento dinámico de las

organizaciones y su entorno, resulta fundamental que la estrategia tecnológica sea revisada en la medida que el direccionamiento estratégico corporativo sea transformado, pues siempre se debe garantizar alineación entre el desarrollo y explotación del capital tecnológico con las metas que la organización haya establecido. Finalmente, luego de recorrer completamente el ciclo de gestión, será necesario hacer una evaluación de sus resultados respecto al aporte en las diversas dimensiones de valor para las cuales se haya establecido una meta específica.

3. *Ciclo de aprendizaje y mejoramiento.* La puesta en práctica de la gestión tecnológica se encuentra enmarcada dentro de un ciclo Deming (Planear-Hacer-Revisar-Actuar), promoviendo un cierre adecuado, obteniendo la realimentación y ajuste necesario para su mejora continua. El ciclo inicia con la constitución del plan tecnológico empresarial (planear), el cual se construye desde la conjunción de la estrategia corporativa y competitiva (*top-down*), y las señales desde la tecnología (*bottom-up*), tanto de entorno interno como externo. A partir del plan tecnológico, el cual se encuentra ajustado desde las preferencias (priorizaciones) que sobre los mismos objetivos estratégicos se declaren, se definen las iniciativas tecnológicas que la compañía pretende desarrollar por medio del proceso de gestión tecnológica (hacer). Dentro de cada periodo de análisis se adelanta un proceso de evaluación sobre el portafolio de iniciativas definido, comparando los resultados obtenidos en los indicadores de gestión con las métricas predefinidas (revisar). Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en la evaluación, se cierra el ciclo con las recomendaciones de ajuste para su mejora en el próximo periodo de análisis (actuar).
4. *Proceso de gestión tecnológica.* El proceso de gestión tecnológica resulta ser un acercamiento que le permite a la organización entender de manera sistemática las actividades requeridas para llevar a cabo de manera satisfactoria las iniciativas de innovación tecnológica. El proceso de gestión tecnológica contempla, de manera articulada, las diferentes actividades asociadas a la identificación, análisis, adquisición, explotación, evaluación y cierre de las iniciativas. Las actividades a su vez cuentan con

sus respectivas metodologías, técnicas y herramientas, con las cuales se logra llevar a cabo de manera adecuada las tareas requeridas. Si bien un proceso se declara desde la filosofía de la transformación de una entrada en una salida a través de desarrollos intermedios secuenciales, el proceso de gestión tecnológica no puede ser entendido desde una perspectiva lineal rígida; dado el elevado nivel de incertidumbre en las iniciativas desarrolladas, es probable que sea necesario realizar pequeños ciclos de ajuste entre actividades antes de seguir adelante. Al final, el proceso permite a las directivas de la organización nutrir los análisis para la toma de decisión en torno a la incorporación de soluciones tecnológicas novedosas.

5. *Flujos de conocimiento.* Al interior de las diferentes dimensiones, y entre estas mismas, se presenta una incesante circulación de conocimiento, como aquel ‘combustible’ que sustenta la dinámica del sistema de gestión tecnológica. Los conocimientos provienen tanto desde el capital tecnológico interno de la organización como desde los agentes externos (colegas, regulación, mercado, cliente, proveedores tecnológicos), puede estar presente de forma implícita -tácita- (experiencia, *know-how*, juicio de experto, etc.) como de manera explícita (manuales, procedimientos, normas, especificaciones, planos, entre otros), y, en cualquier caso, la generación/transformación del conocimiento dentro del sistema se orienta hacia su explotación para soportar de manera eficiente la toma de decisiones.
6. *Cultura de innovación.* Con el fin que el flujo de conocimiento entre las dimensiones al interior del sistema se presente de forma natural y constante, se requiere de ‘puentes’ que permitan lograr conexiones robustas entre las partes. Además de la necesidad de constituir elementos conectores formales (ej. procedimientos, acuerdos, políticas, entre otros), resulta esencial construir aquellas conexiones informales, las cuales subyacen a los elementos manifiestos, y son precisamente quienes les brindan rigidez, pues se establecen de manera profunda. En el caso del sistema de gestión tecnológica este aglutinante resulta ser la cultura de innovación, la cual, al permear a todo nivel al interior de la organización, habilita el trabajo colaborativo al interior de la organización

y con su entorno, bajo escenarios de alto nivel de incertidumbre, orientados a la búsqueda e implementación de soluciones novedosas que aporte al cumplimiento de los objetivos de la organización. Una cultura de innovación corporativa considera valores, normas (explícitas e implícitas), creencias y las actuaciones que forman los modos en que los miembros de la organización piensan y actúan. Esta cultura depende de las personas a todo nivel de la estructura, pues son estas quienes la constituyen, materializan e interiorizan, sin embargo, la base de la cultura de innovación resulta ser el compromiso visible desde la alta dirección. Lo anterior debido a que desde allí se debe brindar claridad sobre la estrategia de innovación empresarial, propiciar escenarios de confianza que promuevan y motiven la creatividad y el surgimiento de ideas novedosas sin miedo al error, así como la provisión de información, recursos y herramientas que permitan la innovación.

7. *Evolución.* Como en cualquier sistema (especialmente complejo), la gestión tecnológica evoluciona dados los continuos cambios que se dan tanto al interior de la organización como en su entorno. Como mencionaba (Weiwei et al., 2021), cuando los cambios superan cierto punto de estabilidad, se volverá inestable; por medio de la selección de su entorno (externo) y la organización (interno), se seleccionarán las transformaciones necesarias para formar un nuevo y evolucionado sistema de gestión de tecnología. Una organización que no evolucione su sistema de gestión tecnológica está destinado al fracaso en torno a la explotación eficiente de su capital tecnológico. Consecuentemente, el modelo de interacción que represente tanto los elementos como las interacciones que componen el sistema de gestión tecnológica, no puede ser estático, y deberá ser lo suficientemente flexible para ajustarse a medida que represente lo mejor posible el sistema descrito.

En la Tabla 13 se presenta la relación entre los elementos y los principios propuestos para el modelo sistémico de gestión tecnológica.

Tabla 13. Relación entre elementos y principios propuestos

Elemento	Principios asociados
Dimensiones	6

Elemento	Principios asociados
Estrategia tecnológica	2, 5, 6
Ciclo de aprendizaje y mejoramiento	1, 5, 6
Proceso de gestión tecnológica	1, 4, 5, 6
Flujos de conocimiento	3, 5, 6
Cultura de innovación	3, 4, 6
Evolución	6

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, se resaltan algunas señales descritas por los autores sobre la construcción de modelos de gestión tecnológica:

- Las herramientas, los procesos y los marcos que se implementen para soportar la gestión tecnológica apunten a ser robustos, económicos y prácticos de implementar; se integren con lo existente, y sean flexibles (Cetindamar et al., 2009).
- La selección de componentes del modelo de gestión tecnológica será un paso personalizado que las empresas tendrán que experimentar únicamente; de acuerdo con los objetivos de la empresa, las expectativas después de la definición del modelo, y el nivel de innovación empresarial que deseado (Kaya et al., 2017).
- La implementación efectiva de la gestión de tecnología en las organizaciones requiere que existan (Phaal et al., 2006):
 - Herramientas prácticas que apoyen las decisiones y acciones de gestión, junto con las técnicas requeridas para su aplicación.
 - Procesos de gestión que combinen tales herramientas y técnicas para abordar los retos tecnológicos específicos.
 - Marco conceptual que oriente el pensamiento acerca de la gestión de la tecnología.

3.3 Validación de principios y elementos dentro del sector

Con el fin de validar los resultados del ejercicio de referenciamiento, se propuso una herramienta de validación tipo entrevista semiestructurada para ser aplicada a miembros de empresas prestadoras de servicios públicos. La metodología con la cual se desarrollaron las entrevistas se describe en el numeral 2.1.

Al finalizar las entrevistas se procedió con el análisis de resultados obtenidos. Para este análisis inicialmente se realizó una transcripción manual de la información recopilada en las entrevistas, luego una codificación de los registros con el fin de facilitar su posterior ordenamiento y clasificación. Con la información clasificada se procedió con su análisis, el cual buscaba, además de validar la pertinencia y relevancia de los elementos identificados y previamente jerarquizados, explorar elementos que posiblemente no hayan sido identificados a partir de la revisión de literatura.

3.3.1. Entrevista semiestructurada

3.3.1.1. Preguntas

La entrevista semiestructurada se compuso de un total de veintitrés (23) preguntas, las cuales se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Preguntas de la entrevista

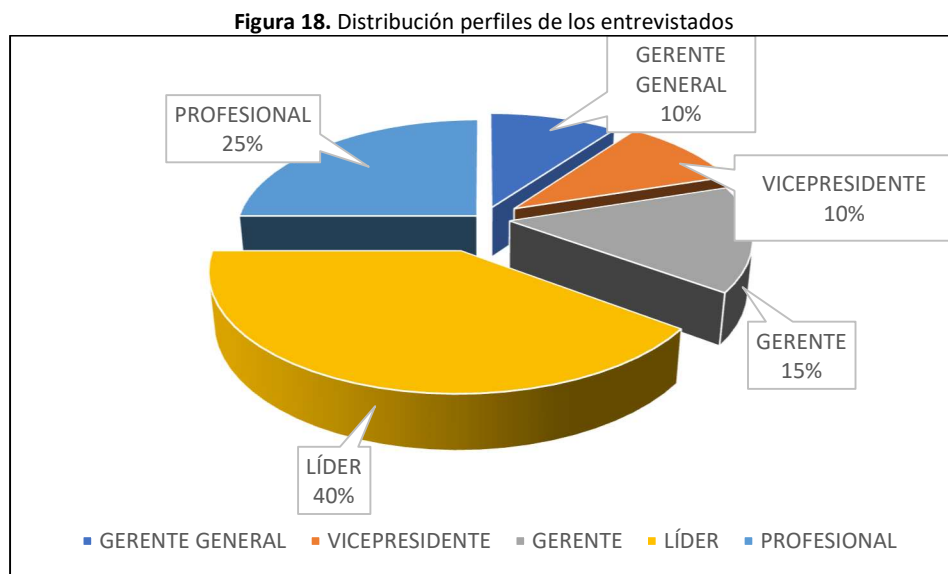
No.	Descripción	Cerrada (C)/ Abierta (A)
1	¿Está usted familiarizado con el término 'Gestión Tecnológica'? ¿cómo la definiría?	C
1.1	¿Considera que para la organización donde usted trabaja la GT resulta importante, y es implementada de manera adecuada?	C
2	¿Está usted familiarizado con el término 'visión/pensamiento sistémico'? ¿Qué entendimiento tiene sobre este?	C
3	¿Cree usted que adoptar una perspectiva sistémica, tanto en la tecnología como en su gestión dentro de las organizaciones, puede aportar un mayor valor?	C
4	En el contexto de las empresas prestadoras de servicios públicos, ¿cuál considera que es el principal propósito de la tecnología?	A
5	¿Cómo puede la gestión tecnológica aprovechar de manera sistemática las señales provenientes del entorno? Describa el proceso para recopilar y utilizar estas señales de manera efectiva.	A
6	¿Cómo se relacionan el desarrollo y flujo de conocimiento en una empresa con la gestión tecnológica?	A
6.1	¿Cree que las empresas identifican y atienden adecuadamente esta relación? Si no, ¿cómo podría abordarse esta relación para aprovechar al máximo las sinergias entre el conocimiento y la Gestión Tecnológica?	C

No.	Descripción	Cerrada (C)/ Abierta (A)
7	¿Considera que la organización se destaca como una compañía innovadora en tecnología dentro del sector?	C
7.1	¿Cuáles son los factores que le llevan a pensar así? Si no, ¿qué medidas podría tomar la organización para mejorar su posición como empresa innovadora en tecnología en su sector?	A
8	¿La organización cuenta con una estrategia o dinámica efectiva para gestionar su cultura de innovación? Si es así, describa sus características. Si no es así, ¿cómo podría establecerse una cultura de innovación efectiva y sostenible en el tiempo?	C
9	¿Cómo se gestiona el riesgo en la toma de decisiones asociadas a la innovación tecnológica en la organización?	A
10	¿Se llevan a cabo actividades formales de gestión tecnológica en la empresa?	C
10.1	Si es así, describa estas actividades en términos de su sistematicidad, por ejemplo, a través de procesos o flujos específicos. Si no, ¿cómo podría la empresa establecer un marco formal para la gestión tecnológica de manera efectiva?	A
11	¿Se integra la planeación tecnológica con los objetivos estratégicos de la empresa?	C
12	¿Existen mecanismos en la organización para identificar regularmente nuevas tecnologías que puedan mejorar los procesos de la empresa?	C
12.1	Si es así, describa cómo se lleva a cabo este proceso de identificación. Si no, ¿cómo podría establecerse un proceso efectivo para la identificación de nuevas tecnologías?	A
13	¿Existen procedimientos claros en la empresa para la adquisición y negociación de nuevas soluciones tecnológicas?	C
13.1	Si es así, describa cómo se lleva a cabo este proceso, incluyendo aspectos como la evaluación de proveedores, identificación de necesidades tecnológicas específicas y evaluación de costos. Si no, ¿cómo podría la empresa establecer procedimientos efectivos para la negociación y adquisición de soluciones tecnológicas?	A
14	¿Se llevan a cabo adecuadamente las actividades de integración, asimilación y evaluación de nuevas tecnologías en la empresa?	C
14.1	Si es así, describa los factores que contribuyen a la efectividad de estas actividades. Si no, ¿cuáles son las áreas de oportunidad que podría identificar la empresa para mejorar en este aspecto y cómo podría abordarlas?	A
15	¿Cuenta la empresa con un procedimiento formal para proteger y conservar el conocimiento generado a partir de la explotación de nuevas tecnologías?	C
15.1	Si es así, describa cómo se lleva a cabo este proceso, incluyendo aspectos como la documentación, almacenamiento y gestión del conocimiento. Si no, ¿cómo podría la empresa establecer un procedimiento formal efectivo para proteger y conservar el conocimiento generado a partir de nuevas tecnologías?	A

Nota. Elaboración propia.

3.3.1.2. Entrevistados

Se realizaron un total de veinte (20) entrevistas para diferentes perfiles dentro de nueve (9) empresas prestadoras de servicios públicos. Dentro de estas empresas, tres (3) corresponden a empresas internacionales de la región de Latinoamérica. Si bien el alcance del trabajo es en Colombia, se consideró pertinente y valioso incluir el conocimiento de personas que trabajan para compañías prestadoras de servicios públicos en una región similar a la que se emplaza Colombia. La distribución de los perfiles de los entrevistados se presenta en la Figura 18.



Nota. Elaboración propia.

3.3.2. Análisis de respuestas cerradas

La entrevista contó con un total de catorce (14) preguntas con respuesta cerrada. Los resultados de estas preguntas fueron graficados y se presentan en la Tabla 26 del Anexo A, con una breve descripción.

Para estas preguntas se tuvieron tres (3) tipos de respuesta:

- Sí
- No

- Sí/No. En este caso el entrevistado manifestaba no estar seguro de dar una respuesta categórica.

Sobre los resultados presentados anteriormente se resaltan algunos hallazgos que resultan de valor en torno a la identificación de los elementos clave y la estructuración del modelo:

- En el sector no se cuenta con un dominio conceptual extendido sobre la gestión tecnológica, sus procesos y herramientas. Pese a lo anterior, existe un nivel de consciencia sobre la importancia de la adecuada gestión de la tecnología en las organizaciones de servicios públicos.
- Si bien la totalidad de los entrevistados consideró estar de acuerdo con que una visión sistémica para la gestión tecnológica agrega valor, varios de ellos manifestaron ver grandes dificultades y retos en su consecución.

“Totalmente. Sin embargo, la dificultad que se tendría para poder hacerlo es lograr tener una visión unificada en la organización [...] Falta madurez en las empresas del sector para una visión de sistemas de gestión unificados; hay modelos, pero el reto es integrarlos”

- Existe una visión pesimista en relación con la correcta implementación de las diversas herramientas de gestión tecnológica en las empresas.

“[...] ¿Qué tan bien se hace? Vamos en maduración; no estamos en el nivel ideal para lo que es la empresa. Está avanzando en el nivel de consciencia.”

“Se hace de manera irregular; hay un gran reto por hacerlo mejor.”

- La visión generalizada de las empresas es que son poco innovadoras y lentas en la implementación de nuevas tecnologías, lo cual se aduce esencialmente al ser un sector altamente regulado.

“La tecnología evoluciona muy rápido, por tanto, falta velocidad para alcanzarla. Lenta al ser una empresa regulada. Se tiene la capacidad de hacerlo, pero es más un tema de respuesta al sector.”

- Se considera que la gestión del conocimiento asociado a la base tecnológica de la empresa es muy general, lo cual se ve como un riesgo para las organizaciones.

“Se debe trabajar en ello. Se debe compartir. Es importante saber qué se tiene, qué características tiene. Al contrario de cuidar, lo valioso es compartir.”

3.3.3. Análisis de respuestas abiertas

Para la totalidad de las preguntas se brindó la apertura a recibir respuestas abiertas por parte de los entrevistados. A partir de la información compilada y clasificada se desarrolló su análisis partiendo de dos (2) preguntas motivadoras:

(1) ¿Los resultados contradicen o respaldan los principios y/o elementos del modelo propuesto?

(2) ¿Cuáles son los aportes por parte de estos resultados al modelo propuesto?

En la Tabla 27 del ANEXO B. **Análisis respuestas abiertas** se presentan los resultados del análisis realizado. En la Tabla 15 se presenta, para cada una de las respuestas recibidas, un resumen de este análisis, resumiendo los aportes a través de conceptos clave.

Tabla 15. Análisis de resultados respuestas abiertas

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res)		Aportes
	Principios	Elementos	
1	Con: N.A.	Con: N.A.	<i>¿Está usted familiarizado con el término 'Gestión Tecnológica'? ¿cómo la definiría?</i>
	Res: 1, 2, 3, 4, 5, 6	Res: 2, 3, 4, 7	- Generación de valor - Estrategia organizacional; plan tecnológico

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
			- Ciclo de gestión - Toma de decisiones tecnológicas
1.1	Con: N.A. Res: 1, 2	Con: N.A. Res: 2, 6	<i>¿Considera que para la organización donde usted trabaja la GT resulta importante, y es implementada de manera adecuada?</i> - Responsabilidad. Servicio esencial para la sociedad - Desfase entre la tecnología y las personas - Cultura del 'día a día' absorbe a la gestión tecnológica
3	Con: N.A. Res: 5, 6	Con: N.A. Res: 1, 2, 3, 4, 6	<i>¿Cree usted que adoptar una perspectiva sistémica, tanto en la tecnología como en su gestión dentro de las organizaciones, puede aportar un mayor valor?</i> - Necesidad de visibilizar el sistema - Contar con una Visión unificada - Integrarse con los sistemas organizacionales
4	Con: N.A. Res: 1, 2, 6	Con: N.A. Res: 1, 2, 3, 5, 7	<i>En el contexto de las empresas prestadoras de servicios públicos, ¿cuál considera que es el principal propósito de la tecnología?</i> - Agregación de valor por medio de las interacciones - Empresas explotadoras, no desarrolladoras - Herramienta habilitadora de mejores y nuevos productos/servicios - Impacto directo sobre las personas como usuarios - Categorización de las tecnologías
5	Con: N.A. Res: 2, 4, 6	Con: N.A. Res: 1, 3	<i>¿Cómo puede la gestión tecnológica aprovechar de manera sistemática las señales provenientes del entorno? Describa el proceso para recopilar y utilizar estas señales de manera efectiva.</i> - No es sólo monitoreo, se necesita actuar - Posible 'infoxicación' por abundancia de señales - Auditoria tecnológica competitiva - Ceguera intencional por los buenos resultados
6	Con: N.A. Res: 3, 6	Con: N.A. Res: 3, 5, 6	<i>¿Cómo se relacionan el desarrollo y flujo de conocimiento en una empresa con la gestión tecnológica?</i> - Personas como eje fundamental. - Relación armónica personas-tecnología - Disposición por aprender y desaprender. - Balance entre el conocimiento tercerizado y el propio.
6.1	Con: N.A. Res: 3, 6	Con: N.A. Res: 3, 5, 6	<i>¿Cree que las empresas identifican y atienden adecuadamente esta relación? Si no, ¿cómo podría abordarse esta relación para aprovechar al máximo las sinergias entre el conocimiento y la Gestión Tecnológica?</i>

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Respalda (Res) Elementos	Aportes
			<ul style="list-style-type: none"> - Que la protección genera valor - Más proactividad - Trabajar en la evolución cultural
7	Con: N.A. Res: 2, 3, 4	Con: N.A. Res: 2, 3, 6	<p>¿Considera que la organización se destaca como una compañía innovadora en tecnología dentro del sector?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Innovación con impacto sobre la sociedad. - Ser innovador puede ser adaptación. - Las necesidades promueven la innovación; el éxito la puede coartar.
7.1	Con: N.A.	Con: N.A.	
8	Res: 2, 3, 4	Res: 2, 3, 6	<p>¿La organización cuenta con una estrategia o dinámica efectiva para gestionar su cultura de innovación? Si no es así, ¿cómo podría establecerse una cultura de innovación efectiva y sostenible en el tiempo?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conectar con el entusiasmo de las personas. - Compromiso de la alta gerencia. - Visión de largo plazo; conciencia de beneficios y riesgos. - Esquema claro de compensación - Mayor efectividad en la finalización de las iniciativas. - Relaciones con los otros. - Balance entre el control y el dinamismo.
9	Con: N.A. Res: 4, 5	Con: N.A. Res: 1, 3, 4	<p>¿Cómo se gestiona el riesgo en la toma de decisiones asociadas a la innovación tecnológica en la organización?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomar riesgos lo motiva el contexto y el mercado. - Balance entre los análisis y la agilidad. - Gestión de activos; manejo del Cambio. - Riesgos de obsolescencia tecnológica. - Presupuesto de riesgo. - Arquetipo de toma de decisiones en tecnología.
11	Con: N.A. Res: 2, 5, 6	Con: N.A. Res: 2, 3	<p>¿Se integra la planeación tecnológica con los objetivos estratégicos de la empresa?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trabajo mancomunado entre planeación estratégica y áreas operativas. - Garantizar conexión de las iniciativas con los objetivos organizacionales y su agregación de valor. - Medición del impacto priorizando el mayor valor. - Hoja de ruta tecnológica.
12	Con: N.A.	Con: N.A.	
12.1	Res: 4, 6	Res: 1, 2, 4	<p>¿Existen mecanismos en la organización para identificar regularmente nuevas tecnologías que puedan mejorar los procesos de la empresa?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conexión directa con los actores del ecosistema. - Vigilancia continua y regular sobre tecnologías clave - Actores más ágiles ej. <i>Technology Broker</i>.

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Respalda (Res) Elementos	Aportes
			<i>¿Existen procedimientos claros en la empresa para la adquisición y negociación de nuevas soluciones tecnológicas?</i>
13	Con: N.A.	Con: N.A.	- Visión prospectiva, y no tipo 'commodity'.
13.1	Res: 3, 4, 5	Res: 1, 4, 6	- Necesidad de mecanismos ágiles y diferenciales. - Capacidades humanas diferenciales para negociación tecnológica. - Capacidad clave: dominio del inglés. - Consideración decisión de comprar/transferir/desarrollar.
			<i>¿Se llevan a cabo adecuadamente las actividades de integración, asimilación y evaluación de nuevas tecnologías en la empresa?</i>
14	Con: N.A.	Con: N.A.	- Evaluación del impacto de la implementación sobre los sistemas existentes.
14.1	Res: 3, 4, 6	Res: 1, 3, 4, 5	- Las personas deben sentirse como parte de la toma de decisión. Combinar personas de diferentes miradas. - Gestión del cambio (personas), manejo del cambio (activos). - Balance entre el proceso sistemático (control) y el empoderamiento de las personas (cultura de innovación). - Evaluación Ex-Post (métricas). - Asimilación tecnológica oportuna.
			<i>¿Cuenta la empresa con un procedimiento formal para proteger y conservar el conocimiento generado a partir de la explotación de nuevas tecnologías?</i>
15	Con: N.A.	Con: N.A.	
15.1	Res: 3, 4	Res: 3, 5, 6	- Caracterizar los conocimientos. - Concentración de capacidades; centro de excelencia (CoE). - Implementar herramientas de gestión del conocimiento novedosas y diversas.

Nota. Elaboración propia.

Como se evidencia en la Tabla 15, en ningún caso los resultados de la entrevista contradijeron (de manera implícita) alguno de los elementos y/o principios dentro del modelo propuesto. Por el contrario, en cada una de las respuestas fueron respaldados no menos de dos (2) de los principios/elementos propuestos.

3.4. Diseño del modelo de gestión tecnológica

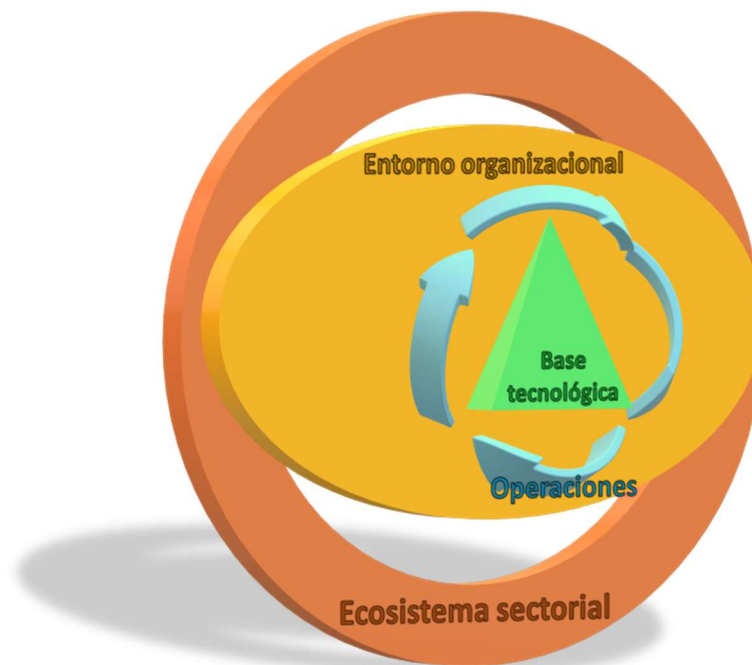
Luego de desarrollar el referenciamiento y el diagnóstico, se procedió a construir la propuesta para el modelo sistémico de gestión tecnológica en empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia. Posteriormente dicha propuesta fue puesta a consideración

por expertos del sector, con el fin de recibir una realimentación sobre su estructuración, y con ello definir el modelo final. Las características de los expertos y la metodología utilizada para la evaluación se presentan en el numeral 2.1.

3.4.1. Modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica

En la Figura 19 se presenta, a escala de dimensiones, la propuesta del modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica.

Figura 19. Modelo de interacción sistémico (dimensiones) para la gestión tecnológica



Nota. Elaboración propia.

En la anterior figura es posible evidenciar de manera distintiva las dimensiones propuestas, y a su vez se representa su confluencia (subsistemas) con el ánimo de conformar el sistema de gestión tecnológica organizacional (sistema de sistemas).

A continuación, se hace una descripción de los elementos más representativos del modelo, con el fin de comprender su constitución, y su relación con los demás elementos.

3.4.1.1. Base tecnológica

Con base en lo expuesto por Sharif (2012) y Uslar et al. (2019), se propone un modelo que represente la estructura de los sistemas tecnológicos que componen la base tecnológica de la organización, sobre la cual se centra la gestión tecnológica (ver Figura 20). En la Tabla 16 se hace una descripción de cada uno de los elementos mencionados.

Figura 20. Modelo de estructura sistemas tecnológicos



Nota. Elaboración propia. Adaptado de Sharif (2012) y Uslar et al. (2019).

Tabla 16. Elementos de la estructura sistemas tecnológicos

Elemento	Descripción
Capital humano	Las personas dentro de la organización representan la base de conocimiento, esencialmente empírico-táctico, que sustenta la explotación de cualquier sistema tecnológico (<i>Know-how</i>). Estos conocimientos se evidencian en las habilidades, calificaciones y experiencias personales que habilitan la toma de decisiones en el contexto de implementación de los artefactos.

Elemento	Descripción
Artefactos	Los artefactos hacen referencia a la parte física-visible de los sistemas tecnológicos, los cuales comúnmente son encarnados en ‘objetos’: herramientas, maquinaria, software, estructuras, materiales, productos químicos, etc.
Información	La información es la representación codificada de aquel conocimiento explícito asociado a los requisitos de operación (qué, por qué, cómo) de un sistema tecnológico. Estos componentes tecnológicos se materializan en marcos operativos, especificaciones técnicas, normas, planos, gráficos, diagramas, fórmulas, teorías, manuales técnicos, etc.
Comunicación	Las redes de comunicación entre los diversos componentes de un sistema tecnológico resultan esenciales con el fin de garantizar su adecuado funcionamiento. Esta comunicación debe ser entendida de manera amplia, pues no sólo hace referencia al flujo de información requerido entre las piezas que conforman el artefacto, sino que aborda todo tipo de enlace requerido entre los elementos (persona-artefacto, persona-proceso, etc.); incluso, se considera la comunicación entre el sistema tecnológico objeto de análisis y otros sistemas pares, o entre el sistema tecnológico y sus sistemas habilitadores.
Procesos	Los procesos hacen referencia a aquellas relaciones coordinadas entre los artefactos y las tareas requeridas para lograr la función esperada por parte del sistema tecnológico. Estos procesos son plasmados en flujos, técnicas, procedimientos, instrucciones y rutinas para la realización adecuada de las tareas. Implica también las asignaciones de trabajo, así como las configuraciones requeridas para usar y controlar otros factores de producción.
Función	La función del sistema tecnológico considera las funciones, subfunciones y servicios que es posible alcanzar por medio de la explotación de dicho sistema. Esta función es la representación objetiva y clara de cómo la conjunción de los diversos elementos constitutivos del sistema tecnológico permite que emerja una capacidad específica, la cual no es posible alcancen cada uno de estos de manera aislada. La funcionalidad del sistema tecnológico -entendida desde la perspectiva sistémica como el propósito- es lo que permite conectar el sistema tecnológico con las necesidades u oportunidades que desde la organización se buscan atender o capturar.

Nota. Elaboración propia. Adaptado de Sharif (2012) y Uslar et al. (2019).

Taxonomía tecnológica

Según NASA (2020), cuando se manejan procesos funcionales con una amplia gama de tecnologías, es necesario contar con una taxonomía tecnológica que facilite gestionar y comunicar dicha cartera tecnológica. Esta taxonomía identifica, organiza y comunica, de manera articulada, las áreas tecnológicas relevantes para cumplir con los objetivos de la organización, desagregando desde las funciones misionales hasta sus operaciones.

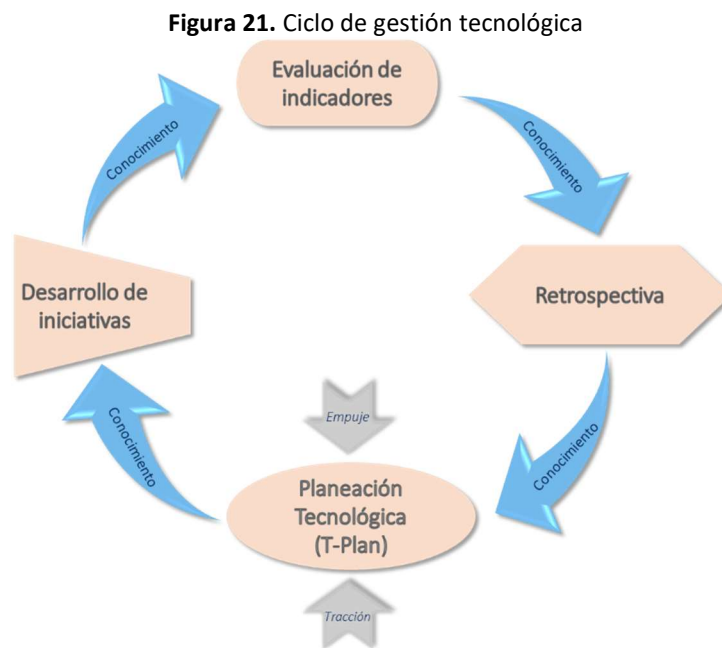
Monat y Gannon (2018), al realizar un análisis sobre los principios, procedimientos y herramientas del pensamiento sistémico aplicables en la ingeniería y el diseño de infraestructura, encuentran que la estructura de desglose de sistema (*System Breakdown Structure -SBS-*) es una herramienta útil con el fin de visualizar y entender la estructura del

sistema bajo análisis: los subsistemas que lo conforman, los elementos que constituyen estos subsistemas, y cómo estos se interrelacionan. Desarrollar la taxonomía tecnológica bajo una estructura tipo SBS facilita la visualización sistémica estructurada del capital tecnológico de la organización, vinculándolo con la funcionalidad de los procesos.

En el caso de las empresas industriales, las cuales son extensivas en activos físicos (ej. Empresas prestadoras de servicios públicos), es claro que su capital tecnológico es tan amplio y diverso que requiere de este tipo de estructuras taxonómicas para facilitar su entendimiento.

3.4.1.2. Ciclo de gestión tecnológica

En la dimensión operaciones se encuentra el ciclo de gestión tecnológica, el cual busca que la base tecnológica de la organización sea gestionada desde una perspectiva de control, cierre, y mejoramiento continuo. En la Figura 21 se exhibe el diagrama del ciclo propuesto, mientras que en la Tabla 17 se presenta una descripción de cada una de las etapas, ajustado al contexto específico.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 17. Elementos del ciclo de gestión tecnológica

Elemento	Descripción
Planeación tecnológica (<i>T-Plan</i>)	Consiste en la elaboración de un plan tecnológico empresarial (<i>T-Plan</i>), en el cual se combinan de manera estructurada, tanto las señales que ‘halan’ desde los <i>drivers</i> del mercado y negocio recibidas a través de la estrategia corporativa y competitiva (<i>top-down</i>), como las señales que ‘empujan’ desde el entorno interno como externo asociadas a los avances tecnológicos (<i>bottom-up</i>). Se define el portafolio de iniciativas tecnológicas que la compañía pretende desarrollar, priorizado a partir de las preferencias que sobre los objetivos estratégicos se establezcan (recursos escasos), y segmentado en horizontes de tiempo de acuerdo con su impacto (operación actual/nuevo negocio o mercado).
Desarrollo de iniciativas	Las iniciativas priorizadas dentro del portafolio se desarrollan a través del proceso de gestión tecnológica. Este proceso contempla las fases asociadas a la identificación, análisis, adquisición, explotación, evaluación y cierre de las iniciativas de innovación tecnológica; dentro de cada fase se tienen diferentes tareas, las cuales a su vez cuentan con metodologías, técnicas y herramientas. La salida del proceso resulta ser, de manera esencial, el conocimiento requerido para la toma de decisiones en torno a la incorporación de soluciones tecnológicas novedosas en la organización.
Evaluación de indicadores	En cada periodo de análisis se adelanta la evaluación del sistema de gestión tecnológica utilizando indicadores de desempeño. Los indicadores deben aplicar a nivel de sistema, cartera o iniciativa; pueden centrarse en la evaluación de los elementos del sistema y sus interacciones, así como en los insumos, rendimiento y resultados de dicha gestión. Se deben definir no sólo qué necesita ser monitoreado y medido (incluyendo qué indicadores usar), sino también las herramientas, métodos, temporalidad (cuándo hacerlo), y quién será responsable. Es importante que la organización realice procesos de benchmarking en gestión tecnológica con otras organizaciones, así como auditorías tecnológicas para conocer su rendimiento en relación con la explotación del capital tecnológico.
Retrospectiva	A partir de los resultados obtenidos en la evaluación, se cierra el ciclo con las recomendaciones de ajuste para su mejora en el próximo periodo de análisis. La organización debe determinar y seleccionar oportunidades de mejora, e implementar las acciones y cambios necesarios en el sistema. La organización deberá considerar acciones y cambios para: (i) mantener o mejorar sus fortalezas, (ii) abordar las debilidades y brechas; (iii) corregir, prevenir o reducir las desviaciones y no conformidades.

Nota. Elaboración propia.

3.4.1.2.1. Planeación tecnológica (*T-Plan*)

Uno de los temas cruciales en la gestión tecnológica es garantizar la estrecha relación entre la base tecnológica de la empresa y sus objetivos estratégicos, sin embargo, resulta en la mayoría de los casos una tarea bastante compleja. La hoja de ruta tecnológica (*technology Roadmapping*) es una herramienta de planeación que facilita la visualización y comunicación sobre los patrones vigentes y futuros de las tecnologías de interés, y cómo éstas se relacionan e impactan los objetivos estratégicos de la organización (Abuseem et al., 2020).

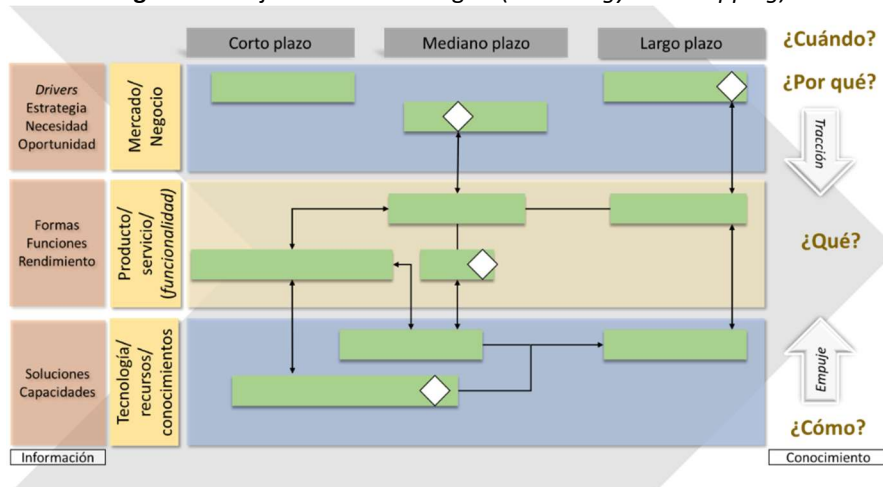
➤ Hoja de ruta tecnológica (*Technology Roadmapping*)

El objetivo de la hoja de ruta tecnológica es soportar la construcción del plan tecnológico de la organización, integrando a los negocios, los productos/servicios y la tecnología; su beneficio se asocia a contar con un marco estructurado de manera temporal sobre los planes tecnológicos estratégicos. (Abuseem et al., 2020).

La hoja de ruta multi-capa es la forma más común de plasmar y la aplicación más flexible, e incluye las siguientes dimensiones (ver Figura 22) (Farrukh et al., 2003):

- *Tiempo*: Ventana temporal en la cual se espera lograr las metas organizacionales establecidas, y que por tanto se correlaciona con los productos/servicios, y las tecnologías requeridas para tal fin (saber “cuándo”).
- *Capas*: La capa superior corresponde al propósito organizacional que mecaniza la hoja de ruta (saber “por qué”). La capa inferior se relaciona con los recursos (ej. capital tecnológico) que se requieren para atender a la capa superior (saber “cómo”). La capa intermedia de la hoja de ruta proporciona el "puente" entre el propósito y los recursos (saber “qué”). Con frecuencia, la capa intermedia se enfoca en el desarrollo de productos/servicios, sin embargo, en ocasiones nuevas capacidades o funcionalidades son vistas en esta capa.

Figura 22. Hoja de ruta tecnológica (*technology roadmapping*)



Nota. Elaboración propia a partir de (Phaal, 2015).

Como se menciona en los principios del modelo, es necesario que la gestión tecnológica se conecte con la estrategia de la organización tanto de arriba hacia abajo (*top-down*) - donde la hoja de ruta resulta ser la herramienta fundamental-, como de abajo hacia arriba (*bottom-up*), para lo cual es importante que la organización establezca mecanismos formales que habiliten la captura de ideas e iniciativas, en cualquier nivel de madurez, tanto al interior como al exterior de la organización, y con ello estructurar un portafolio integral priorizado de iniciativas de carácter tecnológico. El portafolio deberá ser categorizado, entre otros criterios, por el nivel transformacional de la solución propuesta (ej. desarrollos tecnológicos por evolución natural vs tecnologías disruptivas), por su horizonte de implementación (corto, mediano o largo plazo), y por el nivel de urgencia que pueda tener (ej. Cumplimiento de requerimientos regulatorios/normativos).

La característica de priorización es relevante dentro del portafolio, pues comúnmente resulta ser un banco nutrido con varias iniciativas, y la organización cuenta con recursos limitados; se espera que el portafolio sea atendido en función del impacto potencial que tengan sobre los objetivos estratégicos. El portafolio de iniciativas debe ser revisado de manera recurrente por parte de las directivas de tal forma que se puedan identificar, por ejemplo, iniciativas ‘zombies’, que pueden estar consumiendo recursos de la organización sin resultados concretos (Schilling, 2013).

3.4.1.2.2. Proceso de gestión tecnológica

El proceso de gestión tecnológica fue elaborado a partir de los elementos mencionados en los modelos estudiados desde la revisión de literatura (numeral 1.2), y bajo la perspectiva de un proceso de ingeniería de sistemas (*Systems Engineering Process*), como el expuesto por Bahill y Briggs (2001), conceptuando precisamente a las soluciones tecnológicas por analizar como sistemas ingenieriles (numeral 1.3.3).

Bahill y Briggs (2001) establecen esencialmente un proceso de siete (7) fases, no necesariamente secuenciales, los cuales componen el acrónimo ‘SIMILAR’ (en inglés), así:

- *State the problem* (definir el problema)
- *Investigate alternatives* (investigar alternativas)
- *Model the system* (modelar el sistema)
- *Integrate* (integrar)
- *Launch the system* (Lanzar el sistema)
- *Asset performance* (evaluar comportamiento)
- *Re-evalute* (Re-evaluar)

Cetindamar et al. (2009) y los mismos Bahill y Briggs (2001) mencionan la importancia de no ver este tipo de procesos de manera secuencial, sino que su ejecución es en paralelo y de manera iterativa; autores como Schilling (2013) y Edgett (2019), al describir el proceso Stage-Gate® para el desarrollo de iniciativas de innovación tecnológica, donde a medida que se avanza en su desarrollo los requerimientos de recursos aumentan, remarcan que se necesita un mecanismo formal de toma de decisión sobre si continuar con la fase siguiente, minimizando la probabilidad de invertir tales recursos en iniciativas improcedentes.

En la Figura 23 se presenta el proceso de gestión tecnológica propuesto para el desarrollo de las iniciativas tecnológicas dentro del ciclo de gestión (hacer). En la Tabla 18 se presenta la descripción de las fases dentro del modelo propuesto, y su alineación con el proceso de ingeniería de sistemas.

Tabla 18. Fases del proceso de gestión tecnológica

Fase (propuesta)	Fase (modelo 'SIMILAR')	Descripción
Identificación	Definir el problema	Se establece de forma delimitada y concreta los requerimientos/expectativas en relación con la solución tecnológica frente a los indicadores de desempeño del proceso (costos, eficiencia, seguridad, calidad, etc.). A partir de los requerimientos se exploran las alternativas disponibles.
Análisis	Investigar alternativas	Las alternativas (tecnológicas) de solución son analizadas desde una perspectiva multicriterio, con el fin de seleccionar la alternativa preferida desde un balance (<i>trade-off</i>) de las diversas figuras de mérito (costo, riesgo y desempeño). Dentro del análisis se determina si se requiere implementar la tecnológica en un escenario de prueba (prueba de concepto, proyecto piloto); finalmente, se construye el plan para el desarrollo de la implementación de la solución al interior de la organización.
	Modelar el sistema	

Fase (propuesta)	Fase (modelo 'SIMILAR')	Descripción
Adquisición	Integrar	Se adelanta la provisión de la solución tecnológica según el plan de desarrollo, posterior a implementar los ajustes requeridos, tanto en la solución tecnológica como en la organización, velando por una adecuada integración entre éstas (tecnología-empresa), y con ello garantizar su generación de valor.
Explotación	Lanzar el sistema	Poner en funcionamiento el sistema tecnológico en un ambiente controlado con el fin de obtener la información necesaria para validar y verificar su comportamiento y rendimiento. Durante la implementación se genera la asimilación misma de la tecnología por parte de los diferentes elementos de la organización. Al finalizar la fase de explotación, la organización, a través de las personas involucradas, debe haber generado la capacidad mínima requerida para la explotación de la solución tecnológica.
Evaluación	Evaluar comportamiento	Se realizar la evaluación general de la solución tecnológica a partir de la información recolectada desde su implementación, contrastado con las figuras de mérito establecidas, métricas, hipótesis, etc.
Cierre		Al finalizar el proceso es necesario documentarlo con el fin de capitalizar y proteger el conocimiento adquirido y desarrollado, y finalmente emitir las recomendaciones.
<i>Realimentación y seguimiento*</i>	Re-evaluar	A partir del seguimiento continuo al proceso es posible hacer realimentación en cualquier fase, de tal manera que a medida que se obtenga nueva información a partir de los resultados intermedios, se puedan realizar los ajustes requeridos (antes de finalizar) con el fin de propender por lograr la meta establecida.

(*) "Realimentación y seguimiento" es una tarea transversal a todas las fases.

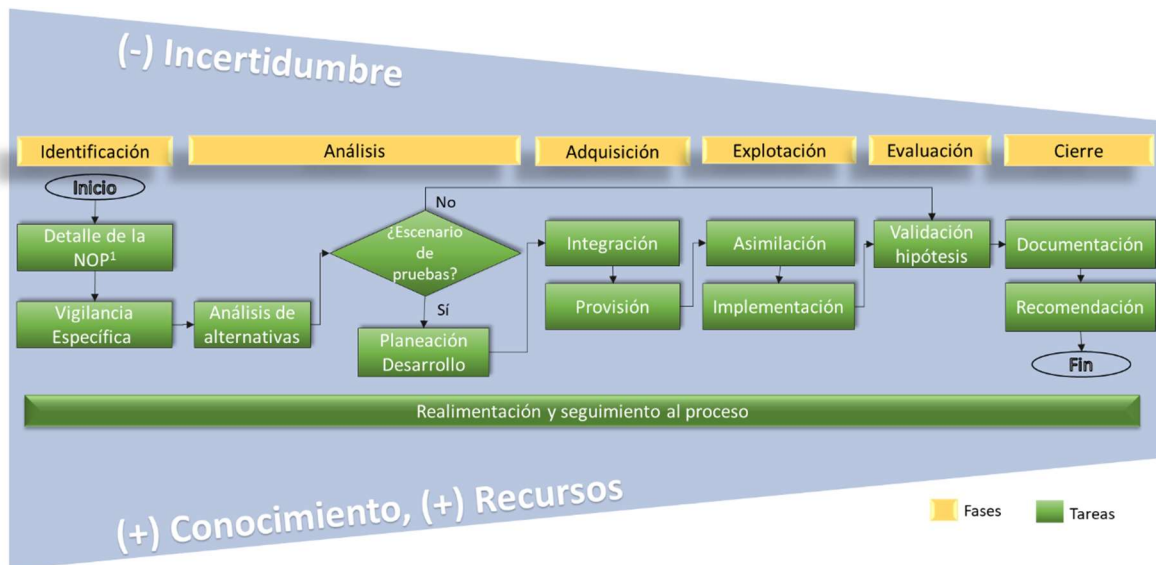
Nota. Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 21, dentro de cada una de las fases se encuentran las tareas, que resultan ser los elementos que operacionalizan el proceso; a su vez dentro de las tareas se tienen ciertos pasos que de manera estructurada permiten lograr el cumplimiento de la

tarea. En la Tabla 28 del ANEXO C. **Descripción proceso gestión**

tecnológica se presenta la descripción general de cada una de las tareas dentro del proceso de gestión tecnológica, y sus principales pasos (letra cursiva).

Figura 23 Proceso de gestión tecnológica



1. NOP: Necesidad, oportunidad o problema.

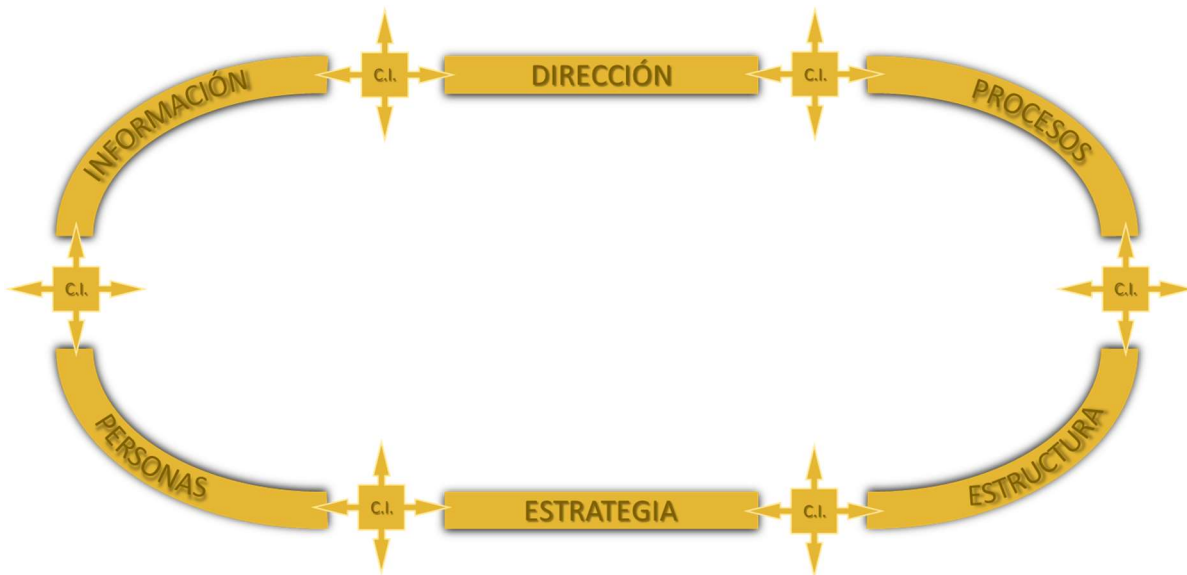
Nota. Elaboración propia.

3.4.1.3. Entorno organizacional

A partir de la conceptualización de arquitectura empresarial, la cual permite tener un enfoque holístico para el manejo y gestión de las organizaciones desde su visión integral, se propone la estructura para la dimensión de entorno organizacional dentro del modelo de interacción sistémico de gestión tecnológica. Una visión integral de la organización permite que durante el desarrollo del ciclo de gestión tecnológica se tengan en cuenta las interacciones en doble vía que se tienen entre este proceso y los demás elementos de la organización, y con ello no sólo facilitar su desarrollo, sino habilitar en mejor medida el encaje de sus resultados (ej. Implementación de innovaciones tecnológicas) al interior de la organización.

En la Figura 24 se exhibe la representación del entorno organizacional, mientras que en la Tabla 19 se hace una descripción de sus elementos.

Figura 24. Entorno organizacional



Nota 1. C.I: Cultura de innovación.

Nota 2. Elaboración propia.

Tabla 19. Elementos del entorno organizacional

Elemento	Descripción
Estrategia	Refleja la ruta que la organización plantea con el fin de alcanzar los resultados esperados. La estrategia busca alinear actividades y recursos tal que genere una posición competitiva sostenible en el mercado. Entendiendo el valor que presta el capital tecnológico para las organizaciones, la gestión estratégica tecnológica debe hacer parte integral de la estrategia y la planificación empresarial.
Dirección	Hace referencia a la estructura de la alta dirección de la empresa, su división de poder, y la forma en la cual desde allí se toman las decisiones para la generación de valor de la organización. La alta dirección demuestra liderazgo y compromiso con respecto al sistema de gestión tecnológica, establece una visión, estrategia y política consistente con el contexto y la dirección estratégica, así como las funciones, responsabilidades y autoridades necesarias. Desde una posición de patrocinador, la alta dirección vela por que los demás elementos del entorno organizacional se alineen con la gestión tecnológica; fomenta una cultura de innovación, creando consciencia sobre la importancia de una gestión eficaz de la tecnología.
Procesos	Los procesos articulan de manera sistemática las diversas actividades que se desarrollan con el fin de transformar elementos de entrada en resultados, y finalmente generar valor en las empresas. El proceso de gestión tecnológica debe integrarse con los demás procesos al interior de la organización, pues requiere del soporte de diversas áreas (financiero, legal, recursos humanos, abastecimiento, etc.) desde donde se debe entender las particularidades de dicho proceso; así mismo, aporta de manera fundamental en la toma de decisiones al interior de procesos estratégicos y operativos de la organización (operaciones, comercial, crecimiento, planificación, innovación, etc.).
Personas	Se considera tanto a los individuos que constituyen la organización, como su desarrollo integral. El capital tecnológico de las empresas está concentrado en el conocimiento de las personas, por tanto, para una adecuada gestión tecnológica, la gestión de las personas debe ser atendida desde un enfoque estratégico, propiciando su motivación y confianza a través de nuevos retos bajo escenarios de incertidumbre, captura y retención de talentos, desarrollo de

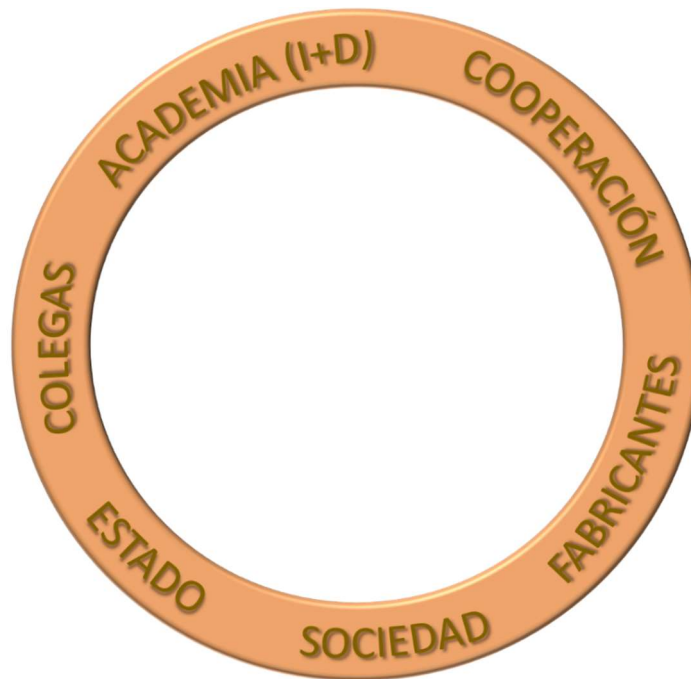
Elemento	Descripción
	nuevas habilidades, habilitando canales de comunicación a los diferentes niveles para compartir ideas, así como participar en la estructuración de estrategias.
Información	Corresponde a toda la información, datos estructurados y no estructurados, que permite a las personas realizar toma de decisiones al interior de la organización. La información que se adquiere a partir de la introducción de nuevas soluciones tecnológicas debe ser correctamente introducida a las redes, formales y no formales, existentes en la organización; igualmente, se debe aprovechar la información existente en tales redes, pues en conjunto genera el conocimiento de base tecnológica.
Estructura	Considera la forma en la cual se encuentran organizados los diversos actores de la organización, cómo se desagrega el poder y los mecanismos de toma de decisiones sobre los procesos con el fin de obtener los objetivos establecidos. La gestión tecnológica es transversal tanto en procesos como en estructura, involucrando diferentes áreas de la empresa, por tanto, se requiere que la organización establezca mecanismos adecuados y ágiles para la toma de decisiones tecnológicas, permita la integración de equipos virtuales y satélite para el desarrollo de iniciativas, facilitando movilidad e interacción entre diferentes equipos de trabajo.
Cultura de innovación	La cultura de innovación es la que conecta los diversos elementos tal que apalanquen la gestión tecnológica al interior de la organización. La cultura de la innovación depende tanto de las personas, quienes la constituyen, materializan e interiorizan, así como del compromiso de la alta dirección, quienes dan claridad sobre la estrategia, propician escenarios de confianza que promueven la creatividad y el surgimiento de ideas novedosas sin miedo al error, así como la provisión de información, recursos y herramientas que permitan la innovación.

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2018; EPM, 2021).

3.4.1.4. Ecosistema sectorial

La organización define cuáles son los asuntos externos que son relevantes y pueden afectar su capacidad para lograr los resultados previstos, incluidas las áreas de oportunidad que pueden desencadenar iniciativas, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la cultura de apoyo y el enfoque de colaboración requerido (ISO, 2019). Análogo a lo que sucede al interior de la organización, contar con una visión holística del entorno en el cual se encuentra emplazada la organización, permite entender y con ello modelar un adecuado esquema de relacionamiento bidireccional con el ecosistema, y con ello fortalecer la gestión tecnológica a nivel sectorial. En la Figura 25 se muestra la representación de la dimensión del ecosistema sectorial, y en la Tabla 20 se describen sus elementos constitutivos.

Figura 25. Ecosistema sectorial



Nota. Elaboración propia.

Tabla 20. Elementos del ecosistema sectorial

Elemento	Descripción
Academia (I+D)	Este grupo de interesados corresponde a las organizaciones dedicadas a la generación de conocimiento fundamental por medio de investigación científica básica y/o aplicada en diversas líneas de investigación. Si bien en gran medida los centros de investigación se encuentran adscritos a instituciones académicas, es importante establecer vínculo con todo tipo de institutos: públicos, privados, mixtos, nacionales e internacionales, etc. A partir de este relacionamiento se obtiene información valiosa sobre los desarrollos científicos y tecnológicos; de igual manera es posible realimentar los procesos de investigación a partir de las necesidades de la industria.
Colegas	Resulta clave lograr que dentro de cada sector las compañías que los componen generen un elevado nivel de colegaje, pues al compartir experiencias, conocimientos, pero especialmente los retos propios de la industria dentro de la perspectiva tecnológica, se logra un avance colectivo impactando sobre la competitividad sectorial. En el logro de este cometido las asociaciones gremiales juegan un papel esencial en torno a la convocatoria de los espacios, fomento del cooperativismo, y divulgación de los resultados.
Estado	La prestación de los servicios públicos domiciliarios resulta ser un sector industrial altamente relacionado desde las políticas estatales, por tanto, es necesario tener identificado desde la organización dicha influencia al momento del establecimiento de su estrategia tecnológica, bien sea como fuente de insumos para su estructuración, o como un interesado impactado por su implementación. Dentro de este elemento se encuentran las entidades estatales encargadas de la dirección, planeación, regulación y vigilancia de la prestación de los servicios públicos, instituciones asesoras, y todas aquellas que hacen parte de la institucionalidad del sector.
Sociedad	Dada la esencialidad de la prestación de los servicios públicos para la sociedad, es preciso tenerla en cuenta como un elemento clave dentro del ecosistema que alberga

Elemento	Descripción
	la gestión tecnológica de las organizaciones, no sólo como principal beneficiario de una prestación eficiente de sus servicios, sino como uno de los actores sobre los cuales repercuten las externalidades de sus operaciones. Dentro de este elemento se encuentran los usuarios, clientes, ciudadanía y comunidad local, movimientos sociales, y en general, organismos que representen los intereses genuinos de la sociedad, dentro de los cuales se incluyen los derechos y obligaciones sobre el medioambiente.
Fabricantes	Entendiendo la prestación de servicios públicos como un sector industrial con una senda tecnológica de explotación, la cual se encuentra dominada por los proveedores, resulta fundamental contar con una relación estrecha y de confianza con dichos elementos del ecosistema. Desde los fabricantes, a aquellos agentes que los representan (proveedores, comercializadores, integradores), se recibe información (conocimiento) sobre los avances tecnológicos recientes, así como sobre las oportunidades que es posible capturar con su implementación. La comunicación debe ser en doble vía, por tanto, se deben divulgar con este actor aquellas necesidades/oportunidades identificadas al interior de la empresa, logrando así alianzas que faciliten su atención.
Cooperación	Dentro del ecosistema sectorial se encuentran organizaciones que tienen como objetivo principal propiciar la cooperación con y entre los demás actores, con lo cual apoyan no sólo el desarrollo sectorial y de la industria, sino buscando el logro de objetivos de índole nacional e internacional (competitividad y desarrollo, transición energética, objetivos de desarrollo sostenible, etc.). En este tipo de organizaciones se encuentran entidades de financiación, agencias y asociaciones de cooperación, redes de colaboración, organismos de estandarización, comités y consejos técnicos, etc.

Nota. Elaboración propia.

3.4.1.5. Evolución modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica

Siendo el carácter dinámico-evolutivo uno de los principales elementos que caracteriza a los sistemas complejos, resulta relevante definir dentro del modelo sistémico de gestión tecnológica mecanismos que apalanquen tal proceso, y con ello se facilite según los impulsos, tanto internos como externos, lo detonen.

En primera instancia, es de resaltar el hecho que la misma tecnología es dinámica (base tecnológica), por tanto, es determinante para las organizaciones hacer un monitoreo continuo del ciclo de vida tecnológico de sus activos (ejemplo, curvas “S”), estableciendo con pertinencia los periodos de obsolescencia tecnológica, y de esta forma anticiparse a un posible recambio tecnológico.

De manera complementaría, es necesario desarrollar procesos de diagnóstico y auditoria tecnológica, con lo cual se identifican no sólo brechas en términos de la capacidad tecnológica instalada respecto a los referentes operativos del sector, sino que se

diagnostican mejoras dentro del proceso de gestión tecnológica, ciclos de mejora, planeación, etc. Con este tipo de referenciamiento es posible plantear ajustes dentro del sistema de gestión tecnológica con una perspectiva externa, propiciando así un adecuado ajuste de la organización garantizando su supervivencia en un entorno cambiante.

Finalmente, se resalta el hecho que, si bien el desarrollo y puesta en marcha de un sistema de gestión resulta ser un hito relevante en pro de materializar el aporte, en este caso por parte de la tecnología, en el logro de los objetivos estratégicos de la organización, esto no se cristaliza salvo que por parte de la organización misma se inyecte energía de manera constante sobre este. De esta manera, se espera que el sistema de gestión de la tecnología sea alimentado por parte de la misma organización, como sistema superior, de la energía (recursos, soporte, confianza, importancia, etc.) suficiente para que este crezca dentro de un círculo virtuoso, y prospere de manera consecuente el aporte de valor a la empresa.

3.4.2. Evaluación por expertos

Finalmente, el modelo propuesto se coloca a consideración de un grupo de expertos del sector industrial en áreas afines a la gestión de tecnología y/o gestión de la innovación tecnológica. Los criterios para la selección de los expertos se muestran en el numeral 2.1.

De los 7 expertos a los cuales se les solicitó participar en la evaluación, con el fin de obtener al menos 5 respuestas, finalmente sólo se recibieron por parte de 3.

3.4.2.1. Preguntas para la evaluación de expertos

Las preguntas transmitidas a los expertos para la evaluación se presentan en la Tabla 27.

Tabla 21. Preguntas para la evaluación de expertos

No.	Descripción	Cerrada (C) / Abierta (A)
1	¿Considera que el modelo propuesto es aplicable para una empresa prestadora de servicios públicos?	C

No.	Descripción	Cerrada (C) / Abierta (A)
2	¿Considera que el modelo propone una visión sistémica en torno a la gestión de la tecnología?	C
3	¿Retiraría o agregaría algún elemento dentro de las dimensiones propuestas del modelo?	A
4	Desde su experiencia, ¿tiene alguna consideración o recomendación sobre el modelo propuesto?	A

Nota. Elaboración propia.

3.4.2.2. Resumen de respuestas

- **Pregunta No. 1**

¿Considera que el modelo propuesto es aplicable para una empresa prestadora de servicios públicos?

Resultados finales

Sí: 3/3

No: 0/3

- **Pregunta No. 2**

¿Considera que el modelo propone una visión sistémica en torno a la gestión de la tecnología?

Resultados finales

Sí: 2/3

No: 1/3

- **Pregunta No. 3**

¿Retiraría o agregaría algún elemento dentro de las dimensiones propuestas del modelo?

Experto No. 1

“Los fabricantes deben jugar un papel importante en el proceso de I+D. Al dejarlo todo a la academia se corre el riesgo de inundarnos de papers sin trascendencia.”

“Considero que en este diagrama (Entorno organizacional) hace falta un integrador que actúe como conector entre los diferentes actores del entorno. Un integrador que interprete cada una de las partes interesadas y que ponga a todos los estamentos a hablar en un mismo idioma.”

“Considero pertinente hacer sentir en esta estructura (Base tecnológica) el Know How. Lo mostrado es la cultura organizacional que ha llevado a la organización al punto donde se encuentra, y que le permite replicarlo en otros ambientes para asegurar la expansión. Sin embargo, el "saber cómo" es un diferenciador fundamental que identifica las marcas.”

Experto No. 2

“De acuerdo con el título, esperararía una presentación más taxativa de principios, un relacionamiento más claro de elementos con principio, y un desarrollo más explícito desde principios y elementos hasta la formulación final. Sin estas relaciones claras, el seudónimo de "sistémico" pierde validez.”

Experto No. 3

“Al proceso de gestión tecnológica le hace falta una tarea de selección, la cual difiere de la de análisis. Además, debe estar más clara la protección”.

- **Pregunta No. 4**

Desde su experiencia, ¿tiene alguna consideración o recomendación sobre el modelo propuesto?

Experto No. 1

“[...] es fundamental que la alta gerencia tome consciencia de la importancia de la interacción entre las diferentes áreas de la organización, pues su visión holística le permite un accionar integrador que logre avances más rápidos y eficaces.”

“En este proceso de prueba-error-aprendizaje es muy importante la valoración de la curva de aprendizaje. Buscar culpables por el relativo fracaso de un proceso solo ayuda a la desmotivación del proceso. De esta manera, será muy importante la fijación de indicadores motivacionales, que premien los triunfos tempranos y motiven la consecución de metas o hitos reales.”

“Yo colocaría la planeación estratégica como aquel ente director que está en el centro del proceso y que está atento a todos los pasos del ciclo de gestión tecnológica.”

“La funcionalidad del sistema tecnológico exige un ente independiente que se preocupe del desarrollo tecnológico, que sirva de colector de necesidades y difusor de los desarrollos. [...] El proceso de PHVA debe ser coordinado y socializado por un ente independiente al interior de los operadores. Este se encarga de articular las inquietudes de cada área respecto al desarrollo en cuestión. Dejar este proceso en manos de un solo departamento, es correr el riesgo de que se convierta en una isla independiente que no nutre ni se nutre del sistema.”

“La capacidad tecnológica de las empresas no es estática, pero tampoco es infinita. Todos los días habrá más retos y más metas que cumplir y se hace muy complejo asumirlos todos sin la cooperación de terceros especializados en los temas y problemas que se presentan.”

“Una herramienta muy útil en la minimización del riesgo asociado a la innovación es la utilización de empresas dedicadas a I+D y desechar el temor al error que ello implica. Este tipo de compañías pueden tener curvas de aprendizaje avanzadas, gracias a otras empresas del sector, haciendo una sinergia muy conveniente en la reducción del riesgo.”

Experto No. 2

“El modelo no lo logro entender a cabalidad debido al tipo de redacción, que se lee más como un documento académico colombiano (revisión infinita de referentes), que a una especificación de un modelo clara, específica y directa basada en la experiencia y conocimiento del autor, contextualizada con un estado del arte global, pero no dependiente de este. Esto no le quita el mérito y el valor al documento de atreverse a proponer ideas de cómo gestionar tecnología, pero si hace nublosa su interpretación por parte del lector.”

Experto No. 3

“Mis recomendaciones se encuentran en la respuesta anterior.”

3.4.2.3. Análisis de respuestas

- **Pregunta No. 1**

La totalidad de los expertos consideró que el modelo propuesto es aplicable para empresas del sector de prestación de servicios públicos.

- **Pregunta No. 2**

2 de 3 de los expertos afirmaron que el modelo propuesto sí propone una visión sistémica de la gestión tecnológica.

- **Pregunta No. 3**

En general, los expertos consideraron que el modelo de interacción sistémico propuesto sí es aplicable para la gestión de la tecnología en empresas del sector de los servicios públicos.

Por parte de algunos de estos se hacen algunas recomendaciones en pro de dar mayor claridad, y se propone la inclusión de algunos elementos específicos.

En torno a los principios del modelo, y los elementos que representan dichos principios, se hace un llamado a que se haga más explícita tanto su declaración como la relación entre principios y elementos. Si bien la relación entre principios y elementos se construyó y fue presentada en el documento (ver Tabla 13), se considera pertinente el llamado por parte de los expertos con el fin de dar claridad a este punto, que resulta esencial para el proyecto.

En esta pregunta los expertos plantean los siguientes ajustes:

1. La labor de Investigación y Desarrollo (I+D) no puede estar concentrada solamente en la academia, y debe ser compartida con los fabricantes.
2. Debe haber un actor integrador de los diferentes componentes del entorno organizacional.
3. Explicar el “Know-how” dentro de la representación de la base tecnológica de la organización.
4. Hacer una exposición más taxativa de los principios.
5. Presentar un relacionamiento entre los elementos y los principios.
6. Incluir en el proceso de gestión tecnológica una tarea de selección, y dejar más clara la tarea de protección.

- **Pregunta No. 4**

Los expertos, desde su experiencia, hacen una serie de llamados en torno a la practicidad y aplicabilidad del modelo, teniendo en cuenta el nivel de complejidad que puede llevar su implementación en organizaciones del nivel de complejidad como las prestadoras de servicios públicos. Dentro de estos llamados mencionan la importancia del compromiso gerencial para la edificación de una gestión tecnológica robusta, fortalecer los niveles de confianza ente los colaboradores (sin miedo al error), una estrecha relación con el ecosistema de investigación y desarrollo (I+D), entre otros.

Por otra parte, se hizo un llamado sobre la desconexión entre la estructura académica de la investigación y una auténtica construcción del modelo por parte del autor, pues se identificaba, más que una propuesta, un documento informativo construido a partir de referencias bibliográficas.

Para esta pregunta los expertos recomiendan:

1. Dentro de los indicadores del sistema de gestión incluir KPI's que promuevan el compromiso de las personas (motivacionales).
2. Contar con una entidad independiente que vele por el adecuado desarrollo de la gestión tecnológica al interior de la organización.
3. Indispensable contar con el apoyo de terceros para lograr las metas propuestas asociadas a innovación tecnológica. Ejemplo de esto, las instituciones dedicadas a I+D.
4. Más que una recopilación de referencias bibliográficas, el modelo debería ser una especificación clara y directa a partir de la experiencia y conocimiento del autor, contextualizada con un estado del arte global, pero no dependiente de este.

3.4.2.4. Modificaciones implementadas

En la Tabla 22 se presenta el resumen de las modificaciones implementadas a partir de las recomendaciones de los expertos. En el ANEXO D. **Modelo de interacción**

sistémico para la gestión tecnológica de empresas de servicios públicos (ajustado) se presentan las modificaciones realizadas:

principios del modelo (Tabla 29), ciertas dimensiones (Figura 28) y el proceso (Figura 29).

Tabla 22. Resumen modificaciones implementadas

No.	Ajuste/recomendación	¿aplicado?	Comentario
1	La labor de Investigación y Desarrollo (I+D) no puede estar concentrada solamente en la academia, y debe ser compartida con los fabricantes.	Sí	Ver
2	Debe haber un actor integrador de los diferentes componentes del entorno organizacional.	No	El modelo de entorno organizacional se propuso a partir de los principios de arquitectura organizacional, para el cual este integrador termina siendo la cultura, sin la necesidad de contar con un actor específico.
3	Explicar el “Know-how” dentro de la representación de la base tecnológica de la organización.	No	Ya está incluido. Ver Figura 20.
4	Hacer una exposición más taxativa de los principios.	Sí	Ver Tabla 29.
5	Presentar un relacionamiento entre los elementos y los principios.	No	Ya está incluido. Ver Tabla 13.
6	Incluir en el proceso de gestión tecnológica una tarea de selección, y dejar más clara la tarea de protección.	Sí	Ver Figura 29.
7	Dentro de los indicadores del sistema de gestión incluir KPI’s que promuevan el compromiso de las personas (motivacionales).	Sí	Se incluye dentro de las recomendaciones para la implementación del modelo.
8	Contar con una entidad independiente que vele por el adecuado desarrollo de la gestión tecnológica al interior de la organización.	Sí	Se incluye dentro de las recomendaciones para la implementación del modelo.
9	Indispensable contar con el apoyo de terceros para lograr las metas propuestas asociadas a innovación tecnológica. Ejemplo de esto, las instituciones dedicadas a I+D.	No	Ya está incluido. Ver numeral 3.4.1.4
10	Más que una recopilación de referencias bibliográficas, el modelo debería ser una especificación clara y directa a partir de la experiencia y conocimiento del autor, contextualizada con un estado del arte global, pero no dependiente de este.	No	El comentario no es aplicable, teniendo en cuenta los preceptos establecidos por la universidad para la ejecución de trabajos de grado.

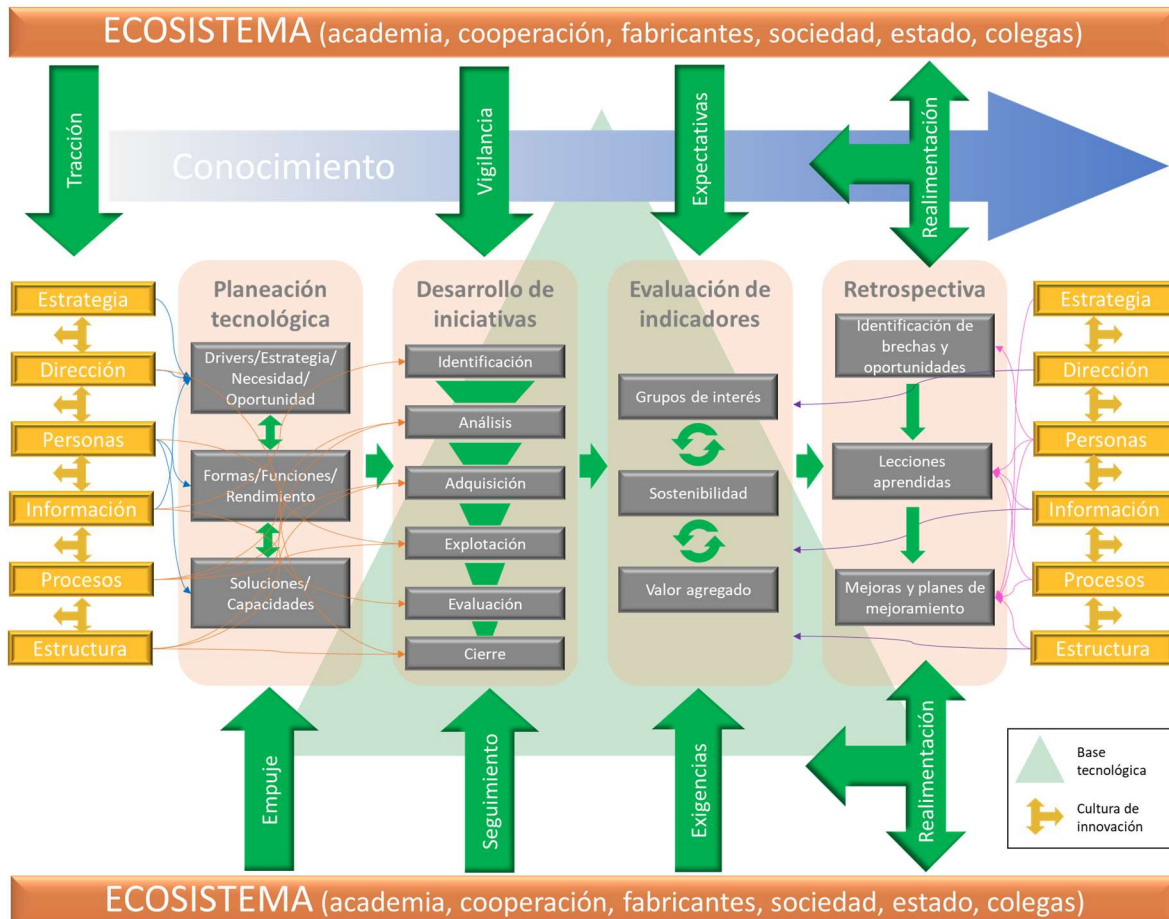
Nota. Elaboración propia.

3.4.3. Estructura sistémica del modelo de gestión tecnológica

Con el fin de poder evidenciar de una mejor manera la estructura sistémica del modelo de gestión tecnológica propuesto, en la Figura 26 se muestra, bajo una perspectiva de diagrama causal, el modelo expuesto en la Figura 19.

Luego, a partir de este, se realizan algunas reflexiones sobre su comportamiento sistémico, para luego presentar en la Tabla 23 una evaluación de los parámetros sistémicos del modelo a la luz de la teoría general de los sistemas y los sistemas complejos adaptativos (The Health Foundation, 2010; Marjanedas, 2018).

Figura 26. Diagrama causal modelo de interacción sistémico



Nota. Elaboración propia.

Sobre el diagrama presentado en la Figura 26 vale la pena resaltar:

- Las conexiones que se presentan entre los elementos de la dimensión entorno organizacional con los de la dimensión operaciones indican el nivel de influencia que tienen los primeros dentro del desarrollo del proceso de gestión tecnológica.

- La influencia desde los diversos actores (elementos) desde el ecosistema sectorial hacia la organización se identifica a lo largo de las diferentes etapas del proceso operativo, teniendo especialmente al final, en la fase de retrospectiva, una realimentación exógena desde la organización.
- A medida que se avanza en el desarrollo del ciclo operativo de la gestión tecnológica, el capital tecnológico de la organización representado en el conocimiento adquirido aumenta, y al momento de realizar nuevamente el ciclo, resulta ser una entrada; llevando así a un círculo virtuoso del capital tecnológico.
- Elementos del entorno organizacional como estructura y dirección si bien presentan el menor número de conexiones, presentan un elevado nivel de influencia sobre elementos clave del proceso. Por otro lado, elementos como personas e información sustentan su importancia dado el elevado número de conexiones con elementos a lo largo del ciclo.
- Como menciona Marjanedas (2018), todo sistema requiere un motor, una razón, un propósito para que sus elementos se unan. En el caso del sistema de gestión tecnológica propuesto ese motor es la base tecnológica de la organización. Esa base (capital) tecnológico, es la razón fundamental de la composición del sistema, por la cual se representa de forma subyacente.

Tabla 23. Evaluación propiedades sistémicas del modelo

Propiedad	Descripción	Evaluación
Emergencia	La interacción entre los elementos son los que definen el comportamiento final del sistema y no los elementos aislados.	No es posible definir el comportamiento final del sistema analizando de manera aislada las dimensiones o sus elementos asociados, requiriendo así verlo como un todo, integrado en un ecosistema sectorial. La conectividad es la que determina el comportamiento del sistema.
Interacción	Los sistemas complejos cuentan con varios componentes que interactúan entre ellos, y con su entorno.	El modelo muestra los elementos que componen el sistema de gestión tecnológica al interior de la organización, las interacciones que existen entre ellos, y con su entorno.

Propiedad	Descripción	Evaluación
Autoorganización	Los sistemas complejos no tienen jerarquías de mando; se reorganizan sin necesidad de un control, interno o externo.	En el modelo construido no se presenta ningún tipo de jerarquía ni elemento central de control. Las mismas interacciones permiten que se reorganice frente a cambios del entorno, respetando simples reglas (principios).
No linealidad	Los cambios del sistema no son proporcionales en el tiempo, por tanto, no son predecibles; dependen de su estado y del entorno.	En el modelo presentado, dado el nivel de conectividad tanto con elementos internos como de su entorno (altamente cambiante), no es posible predecir de manera proporcional y/o aditiva su comportamiento a partir de un estado inicial. El sistema cuenta múltiples agentes, algunos con "stocks", lo cual hace que los resultados de su accionar se desplacen en el tiempo.
Sistemas anidados	Los sistemas están integrados dentro de otros sistemas.	El modelo fue constituido de manera multidimensional (x4), en donde cada una de estas dimensiones presenta un comportamiento sistémico. A su vez, entre las dimensiones se tiene interacción tal que se construye un 'Sistema de Sistemas' -SoS-
Realimentación	La interdependencia entre elementos crea bucles de retroalimentación que conducen a cambios exponenciales.	El modelo plantea diversos ciclos de realimentación de tal forma que se puedan realizar refuerzos tanto positivos como negativos, según sea requerido.
Variedad	Cuanto mayor sea la variedad dentro del sistema, más fuerte es.	Los elementos que componen el modelo van desde los más básicos (componentes), pasando por procesos de gestión tecnológica, elementos de la arquitectura empresarial, hasta llegar a los agentes externos.
Flujo de energía	Un flujo constante de energía es necesario para mantener la organización del sistema.	Para el caso del modelo propuesto, el flujo energético que dinamiza el modelo es el conocimiento tecnológico.
Co-evolución	A medida que el entorno cambia, los sistemas cambian para asegurar el mejor ajuste; a su vez influye en el ambiente.	La forma en la que está planteado el modelo permite que, a partir de las señales de su ambiente este se ajuste para cumplir con los nuevos requerimientos.
Apertura	Los sistemas complejos son esencialmente abiertos. Resulta complejo definir sus fronteras (<i>boundaries</i>), así como lograr un estado estable.	Si bien para el modelo fue definido una frontera (sector), esto no significa que no exista un mesosistema (ej. Nacional, o mundial) que lo contenga, sin embargo, se propuso desde el alcance y nivel de influencia que puedan tener las organizaciones sobre su entorno y viceversa. Dada esta apertura, el sistema de gestión tecnológica de la organización estará determinado en gran parte por la dinámica del sistema superior (regulación, mercado, competencia, exigencias de comunidad, etc.)

Nota. Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- A partir de los resultados de la revisión de literatura (objetivo 1) fue posible concluir que existen varias propuestas para la conceptualización de modelos de gestión tecnológica, y si bien algunos autores plantean ciertas nociones de visión sistémica, no se evidencia alguno que haya sustentado su construcción bajo dicha premisa, y menos aún para los sectores industriales productivos como es el caso de las empresas de servicios públicos domiciliarios. La gestión tecnológica no cuenta con un sistema de gestión formal estándar (ej. ISO), como sí es el caso de la innovación (ISO 56000) y la gestión de activos (ISO 55000), ambos fuertemente relacionados con el primero. Pese a lo anterior, la misma revisión de literatura arroja como resultado la necesidad imperiosa de concebir tanto las soluciones tecnológicas como la gestión tecnológica en las organizaciones desde una perspectiva holística e integrativa.

Con los resultados del referenciamiento realizado, fue posible determinar los principios y los elementos constitutivos de un modelo sistémico para la gestión tecnológica en empresas de servicios públicos. Estos principios y elementos, los cuales son la base conceptual del modelo, concentran los hallazgos, recomendaciones y proposiciones de diversos autores en relación con una gestión tecnológica integral, eficiente y con impacto sobre las organizaciones. Sobre estos hallazgos se resaltan, entre otros: carácter multidimensional y multidisciplinario, procesos sistemáticos, operación integral al interior de la organización, encaje con la estrategia empresarial, operación ambidiestra tanto en mejoras incrementales como en nuevos productos/servicios, así como su desarrollo sobre un entorno complejo.

- A través de la herramienta aplicada sobre los miembros de las empresas prestadoras de servicios públicos entrevistados (objetivo 2) fue posible validar tanto la clasificación como la priorización de elementos construida en la primera fase del proyecto, gracias al conocimiento y experiencia de profesionales a todo nivel organizacional. En general la

información recopilada respaldó los principios y elementos propuestos, así como ofreció claridades sobre los mecanismos para llevar a puesta en marcha el modelo.

Los entrevistados resaltaron la importancia de la tecnología en sus operaciones, y de su adecuada gestión para el logro de los objetivos organizacionales. Consideran necesario contar con una estrategia tecnológica clara e integrada, así como un ciclo de gestión. Mencionan la importancia del relacionamiento con el entorno para dicha gestión. Al interior de las empresas, se menciona la relevancia de las personas en la adecuada adopción tecnológica, y a su vez la necesidad del compromiso de la alta gerencia. Se describen a las empresas del sector como explotadoras tecnológicas, esencialmente lentas y temerosas, aduciendo lo anterior a su carácter regulado, dificultando así la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras. Se menciona que, si bien existe cierto nivel de conexión entre las iniciativas de carácter tecnológico y los objetivos estratégicos de la organización, esta conexión en casos es débil, y no necesariamente tienen un impacto significativo. Por último, se resalta la continua mención que se hace al impacto directo que tienen las decisiones sobre la tecnología en las empresas de servicios públicos sobre la comunidad, toda vez que se presta un servicio esencial para la sociedad, de allí la importancia en hacerlo de la mejor manera posible.

- Con la evaluación del modelo propuesto por parte del juicio de expertos del sector (objetivo 3) se obtuvo la realimentación en relación con la estructuración del modelo, convalidando así su aplicabilidad para el sector de servicios públicos domiciliarios. Si bien no hubo completo consenso en torno a la visión sistémica, se considera que con los ajustes propuestos el modelo resulta ser una base apropiada para que a partir de los principios sistémicos pueda ser complementada.
- Sobre la metodología aplicada, se concluye a partir de los resultados obtenidos en cada una de las fases. En relación con la fase 1 se destaca la dificultad para obtener información sobre modelos de gestión tecnológica asociados a empresas prestadoras

de servicios públicos, del sector industrial, e incluso de la senda explotadora tecnológica. Si bien se hallaron ciertos modelos con una premisa de visión holística de la gestión tecnológica, fue difícil encontrar bibliografía que expusiera de manera explícita una visión sistémica. Pese a lo anterior, desde dicha revisión fue posible identificar los principios y elementos constitutivos del modelo a proponer.

Sobre la fase 2 de la metodología se resaltan los buenos resultados en torno a la atención de los miembros de las empresas a la invitación de hacer parte del proyecto. Luego, gracias al conocimiento y experiencia de los entrevistados, se obtuvo la información requerida con el fin de plantear de manera conceptual un marco (*framework*) donde se pudiera evidenciar la forma en la cual los elementos identificados en la fase 1 debieran interactuar de manera articulada, con el fin de lograr el fin último del sistema de gestión tecnológica de la organización.

Por último, sobre la fase 3 es de mencionar que, si bien no se obtuvo la misma atención por los expertos del sector, el aporte alcanzado fue valioso en pro de la mejora del diseño del modelo. Se resaltan los mensajes sobre la necesidad de explicitar aún más la visión sistémica del modelo, debido a que esta es la premisa fundamental del trabajo.

- Finalmente, el resultado del trabajo fue una propuesta de modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica en empresas de servicios públicos. Este modelo plantea, desde una estructura de 'Sistema de Sistemas (SoS)', la visión multidimensional e integrativa tanto de la base tecnológica, como de la organización y su entorno, requerida para dilucidar de manera holística los componentes que intervienen en el sistema de gestión tecnológica. El modelo se construyó a partir de preceptos sistémicos como la teoría de sistemas, la arquitectura empresarial y la ingeniería de sistemas, los cuales aportaron en el planteamiento tanto de la estructura como de los componentes. Se considera que la propuesta contiene y expone tanto los principios como los

elementos propuestos desde el referenciamiento, los cuales fueron respaldados desde el diagnóstico particular del sector.

- Se logra corroborar que la variedad de tecnologías, el nivel de conectividad al interior de la organización y con su entorno, la dependencia entre las acciones de los diversos agentes (relaciones de causalidad), así como los efectos en el tiempo de dichas acciones (no linealidad), hacen que la gestión tecnológica en organizaciones con alto nivel de complejidad como lo son las empresas industriales prestadoras de servicios públicos domiciliarios deba ser concebida desde una perspectiva sistémica (*system thinking*).

4.2. Recomendaciones

- Para el sector de empresas de servicios públicos se recomienda realizar la divulgación de los resultados del presente trabajo en escenarios gremiales con el fin de motivar espacios de discusión sobre el tema, para con ello se pueda fortalecer la propuesta desde el conocimiento de muchos más actores.
- Para las empresas de servicios públicos que desean implementar el modelo, se recomienda construir un plan de acción que contemple un diverso tipo de acciones, algunas de corto, mediano y largo plazo. La selección y priorización de estas acciones, las cuales se toman de los resultados del mismo trabajo, debe hacerse bajo la óptica de la naturaleza propia de cada empresa, pues existirán particularidades que faciliten o dificulten cierto tipo de acciones.
- Con el fin de lograr un mayor impacto por parte de los productos de investigación, se recomienda incluir desde las etapas tempranas de los proyectos, específicamente aquellos en posgrado de profundización, la participación de pares con experiencia en los sectores productivos, los cuales puedan complementar eficazmente la visión académica, y así lograr productos integrales que tengan una mayor probabilidad de ser aplicados por la industria.

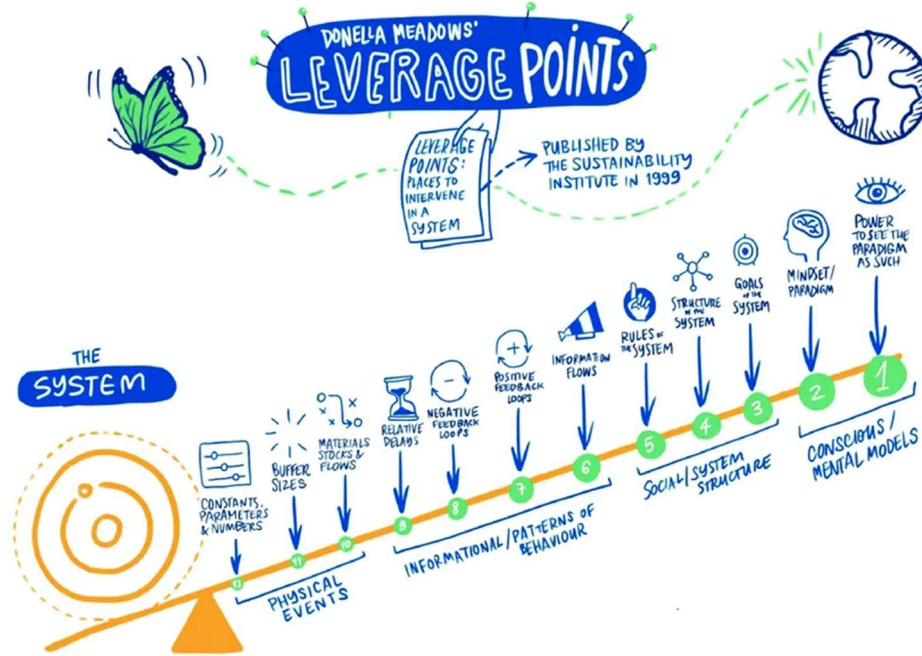
- Las limitaciones del presente estudio se asocian especialmente a la muestra de empresas analizadas (10), la cual, si bien se considera representativa, la heterogeneidad de las compañías del sector hace deseable llegar a poder explorar más empresas; a su vez, el alcance exploratorio no permite llegar a una caracterización profunda sobre el problema de investigación.

Para futuros estudios se recomienda profundizar, a partir de la propuesta metodológica del presente trabajo, tanto en la investigación sobre gestión tecnológica en empresas del sector explotador tecnológico, como en propuestas de investigación en torno a la migración desde modelos de pensamiento deductivo-analítico hacia aquellos abductivo-integrativo, los cuales permiten atender de mejor manera problemáticas sobre sistemas de dinámica compleja. Igualmente se recomienda trabajar en el desarrollo de herramientas que permitan operativizar el modelo propuesto.

- Como recomendación final, para las organizaciones que buscan implementar este tipo de modelos sistémicos para la gestión de la tecnología en sus organizaciones, se proponen una serie de acciones desde la perspectiva de los puntos de palanca (*leverage points*) propuesta por Donella Meadows para intervenir un sistema (Meadows, 1997). La propuesta de estas acciones se estructura esencialmente desde la información recopilada en las entrevistas en el sector, la realimentación de los expertos, y la experiencia del autor.

En la Figura 27 se presenta un esquema de los puntos de palanca mencionados por Meadows (1997). Los doce (12) puntos mencionados se encuentran en orden descendente; el primero (1) es aquel punto que tiene mayor influencia, y el último (12) aquel que exigiría un mayor nivel de esfuerzo para lograr intervenir sobre el sistema. En la Tabla 24 se hace una breve descripción de los puntos de palanca, mientras en la Tabla 25 se presentan por cada punto de palanca, las acciones recomendadas correspondientes.

Figura 27. Puntos de palanca para intervenir un sistema



Nota. Basado en (Meadows, 1997); créditos a UNDP/Carlotta Cataldi.

Tabla 24. Descripción puntos de palanca intervención de sistemas

No.	Punto de palanca	Descripción
1	Constantes, parámetros, números (tales como subsidios, impuestos, estándares).	Los ‘detalles’ del sistema. en el lenguaje de sistemas son los números que determinan cuál es la discrepancia entre el estado actual y el deseado, cuál es el grifo (flujo) que puede ajustarse, y qué tan rápido hacerlo.
2	Los tamaños de las reservas y otras reservas estabilizadoras, en relación con sus flujos.	Las capacidades de almacenamiento. Un sistema se puede estabilizar aumentando su capacidad de almacenamiento, no obstante, un buffer muy grande es inflexible, así mismo, cuesta mucho construir o mantener.
3	La estructura de existencias y flujos de materiales (como redes de transporte, estructuras de edad de la población).	La topología. La estructura es clave en un sistema, pero rara vez es un punto de influencia, porque los cambios rara vez son sencillos de atender. Después de construida la estructura, la palanca está en soportar sus limitaciones, abstenerse de fluctuaciones o expansiones que retan su capacidad.
4	La duración de los retrasos, en relación con la tasa de cambio del sistema.	Cuán rápido se realimenta el sistema. Si se desea ajustar el estado del sistema a su meta, pero se recibe información retrasada sobre su estado se tendrán sobre y subestimaciones; lo mismo si la información es oportuna, pero su respuesta no lo es. Un sistema simplemente no puede responder a situaciones de corto plazo cambia cuando tiene retrasos a largo plazo.
5	La fuerza de los bucles de retroalimentación negativa, en relación con los impactos que intentan corregir.	Control. La fuerza de un bucle negativo está en su capacidad de mantener las acciones cerca a su objetivo. Depende de la combinación de todos sus parámetros y enlaces: la precisión y la rapidez del seguimiento, la rapidez y el poder de respuesta, la franqueza, y el tamaño de los flujos correctivos.

No.	Punto de palanca	Descripción
6	La ganancia en torno a la conducción de bucles de retroalimentación positiva.	Caos. Un circuito de retroalimentación negativa se autocorrije, mientras que un circuito de retroalimentación positiva se refuerza a sí mismo; cuanto más funciona, más poder tiene y trabaja un poco más. Los bucles positivos que giran rápidamente pueden desencadenar es caos. Se debe aplicar freno sobre las retroalimentaciones positivas.
7	La estructura de los flujos de información (quién tiene y quién no tiene acceso a la información).	Otro "feedback". La falta de información es una de las causas más comunes de mal funcionamiento del sistema. Agregar o restaurar información puede ser una intervención poderosa, generalmente mucho más fácil y barato que reconstruir físicamente infraestructura.
8	Las reglas del sistema (tales como incentivos, castigos, restricciones).	El control del sistema. Las reglas del sistema definen su alcance, sus límites y sus grados de libertad. Leyes, castigos, incentivos Los acuerdos sociales informales se debilitan progresivamente. Si se quiere entender profundamente el malfuncionamiento de un sistema, se presta atención a sus reglas, y quién las controla.
9	El poder de agregar, cambiar, evolucionar o autoorganizar la estructura del sistema.	La capacidad de innovar. La autoorganización significa cambiar cualquier aspecto del sistema: agregar estructuras, añadir nuevos bucles, crear nuevas reglas. La capacidad de autoorganizarse es la más fuerte; resulta ser una forma de resiliencia del sistema.
10	Los objetivos del sistema.	El 'Por qué' del sistema. Estos objetivos deben ser metas superiores: supervivencia, diferenciación, etc. Si la meta del sistema está clara, entonces todo lo anterior gira en sentido de cumplirla.
11	La mentalidad o paradigma a partir del cual surge el sistema (sus objetivos, estructura, reglas, retrasos, parámetros).	La idea subyacente que tienen las personas del sistema. La idea compartida en la mente de la sociedad, los grandes supuestos no declarados porque todos los conocen; el conjunto de creencias más profundo sobre cómo funciona el sistema.
12	El poder de trascender paradigmas.	Mostrar lo mejor de un nuevo sistema.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25. Acciones recomendadas implementación sistema gestión tecnológica

No.	Punto de palanca	Acción recomendada
1	1	Documentar los procesos. El nivel de detalle con el cual se realice esta documentación se puede modular respecto a los requisitos particulares, recursos disponibles, nivel de madurez del sistema, etc. Lo importante resulta ser el hecho de preservar el conocimiento y garantizar la reproducibilidad del proceso.
2	1	Apoyarse en los procesos, procedimientos, herramientas ya existentes. Las organizaciones cuentan con herramientas dentro de otros sistemas de gestión y procesos que pueden ser utilizadas para la gestión tecnológica. En el caso específico de organizaciones intensivas en activos se cuenta, por ejemplo, con el sistema de gestión de activos, el cual resulta ser de gran ayuda.
3	1	Declare y mida el apetito de riesgo. La organización debe hacer explícita su declaración sobre el apetito de riesgo que tiene sobre las iniciativas de carácter tecnológico con un nivel de incertidumbre considerable. Este apetito debe ser de

No.	Punto de palanca	Acción recomendada
		alguna medida cuantificado, tal que para los miembros de la organización sea claros los criterios (objetivos) para determinar si una iniciativa es procedente o no.
4	1	Atender de manera novedosa y diversa la gestión del conocimiento , la cual es clave para brindar energía al sistema de gestión tecnológica.
5	2	Definir un presupuesto de riesgo con el fin de poder contar con un seguimiento juicioso a los recursos destinados a iniciativas de gestión de la innovación tecnológica.
6	2	Establecer un banco de ideas , el cual cuente con métodos sistemáticos de evaluación, herramientas de priorización y descarte, y visibilidad para los miembros de la organización.
7	2	Fortalecer la universidad corporativa como una herramienta de gestión del conocimiento por excelencia en la empresa, la cual permita conservar de mejor manera el capital de conocimiento organizacional.
8	3	Mecanismos ágiles y diferenciales para la atención de proyectos que involucren soluciones tecnológicas novedosas. Estos mecanismos (contratación, análisis jurídicos, financieros, riesgos, etc.) deben responder a las disponibilidades y características del tipo de mercado, concibiendo de entrada la existencia de una probabilidad de fallo.
9	3	Definir estructuras de trabajo flexibles pero alineadas ('yates y buque'). Los equipos de trabajo que atiendan iniciativas de innovación tecnológica deben tener la libertad y confianza de 'navegar' en la incertidumbre propia de este tipo de faenas (yates), sin embargo, este transitar debe responder y estar alineado con los principios del sistema de gestión tecnológica, así como con las reglas y metas del sistema (buque).
10	3	Equipo central destinado a la gestión de la innovación tecnológica , con cierta destinación específica a la implementación del modelo de gestión tecnológica. Es importante garantizar un entendimiento generalizado en la organización que el hecho de existir este tipo de equipos no significa que la responsabilidad y compromiso sobre la gestión de la innovación tecnológica se centraliza, sino que se dedica un recurso de la organización para facilitar y orientar acciones específicas del sistema.
11	3	Trabajo en red , de tal modo que se fortalezca el relacionamiento con los ecosistemas de innovación tecnológica (academia, proveedores, colegas, institutos I+D, etc.) tal que se facilite el flujo del conocimiento hacia y desde la organización, se logren sinergias en proyectos, búsqueda de recursos cofinanciación, divulgación en el sector, etc.
12	3	Adquirir nuevas capacidades. La organización debe identificar, de forma diestra y eficiente, cuáles son las capacidades adicionales requeridas para atender de manera adecuada la operatividad del sistema de gestión tecnológica, a lo largo de los diversos procesos de la organización. Ejemplos de este tipo de capacidades son: manejo del segundo idioma (inglés), negociación tecnológica, protección tecnológica, gestión de la innovación tecnológica, ecosistemas de innovación, etc.
13	4	Ejecutar auditorias tecnológicas. Considerando el ritmo acelerado de la evolución tecnológica, es importante realizar de manera sistemática ejercicios de auditoría tecnológica que les permita a las organizaciones identificar de manera anticipada riesgos asociados a la obsolescencia tecnológica, desarrollar ejercicios de prospectiva tecnológica, adelantar referenciamientos dentro del sector, etc.
14	5	Determinar, medir y evaluar el impacto. Por cada una de las iniciativas de innovación tecnológica desarrollada es necesario definir desde el principio cuál es el impacto esperado, medirlo, y evaluar finalmente el resultado obtenido. Lo anterior no sólo

No.	Punto de palanca	Acción recomendada
		permite hacer ajustes dentro del proceso, sino que a su vez envía señales que regulan de manera automática el sistema.
15	6	Eficiencia en la operación del sistema. Las organizaciones no deben contar con un portafolio muy amplio de iniciativas, sin embargo, sí es conveniente que los esfuerzos emprendidos sean culminados, así no sea necesariamente de manera satisfactoria. Igualmente, se debe evidenciar que las políticas, lineamientos, declaraciones y compromisos desde la alta dirección sean efectivamente cumplidos. Presentar un adecuado nivel de eficiencia en la operación del sistema motiva a que desde la organización aumente la confianza y compromiso sobre el mismo.
16	6	Regular la compensación. Si bien ofrecer una compensación (adicional) a los miembros de la organización con el fin de motivar su participación en, por ejemplo, captura de nuevas ideas, tiene un efecto favorable en el corto plazo, hacer de manera sostenida puede generar un incentivo contraproducente, pues posiblemente las personas se sientan animadas en aumentar la producción de ideas, y con ello indirectamente bajen la calidad de estas; finalmente se tendría un portafolio de ideas voluminoso, pero con poco valor agregado para la organización.
17	7	Bróker tecnológico. Acudir a brókeres tecnológicos como agentes intermediadores, facilita el flujo de información desde los diversos actores del ecosistema (academia, proveedores, colegas) hacia el interior de la organización, y viceversa, lo cual facilita el desarrollo de la innovación tecnológica.
18	8	Gobernanza. Es necesario definir arquetipos de gobernanza, con sus respectivos derechos de decisión, por cada tipo de decisión tecnológica (principios, arquitecturas, priorización de adquisiciones, etc.). De esta forma, de acuerdo con sus implicaciones, se determina la manera más eficiente y responsable para la toma de decisiones. Las decisiones tecnológicas clave para la prestación de los servicios deben estar en cabeza de la dirección, y no pueden ser distribuidas a niveles operativos o de proyectos individuales.
19	9	Autoliderazgo. Cada una de las personas que hacen parte del sistema de gestión debe hacer consciencia de su influencia sobre éste, y de tal forma responsabilizarse del impacto de sus acciones y decisiones sobre los resultados esperados a corto, mediano y largo plazo. Bajo este nivel de autorregulación es posible que desde las personas surjan elementos de cambio que promuevan la evolución del sistema.
20	9	Líderes como habilitadores. Los líderes de la organización son nodos 'hub' dentro del sistema dado su elevado nivel de conectividad, y por tanto juegan un rol clave en torno a la promoción y habilitación de la innovación tecnológica. El buen ejemplo, así como brindar ánimo y confianza a sus colaboradores, promueven en ellos comportamientos diferenciales, y consecuentemente sobre el sistema mismo.
21	10	Defina las metas del sistema. Más allá de los resultados esperados por cada iniciativa, o desde la misma operatividad del sistema, es necesario que desde la alta dirección se determine el fin último esperado por parte del sistema de gestión tecnológica. Esta meta, el 'por qué' del sistema, debe responder a los deseos aspiracionales de la organización, conectándose con su propósito, y su razón de ser como organización. Igualmente, esta meta debe considerar, a lo largo del tiempo, cuál es el rol que se busca tenga la organización dentro del ecosistema de innovación tecnológica.
22	11	Primero las personas, luego los procesos. Se deben profundizar los esfuerzos en torno a construir las bases del sistema, específicamente en las personas. Contando con tales bases al interior de la organización, el método, herramientas y recursos se obtienen a

No.	Punto de palanca	Acción recomendada
		partir de las redes colaborativas que se logran establecer, dentro de la misma organización, y de esta con el entorno.
23	11	Las personas como parte de la toma de decisión. Con el fin de lograr un mayor compromiso, las personas que hacen parte de las iniciativas deben sentirse involucrándolas oportunamente en la toma de decisiones. Así mismo, los equipos de trabajo deben combinar personas con diferentes perspectivas, que aporten desde la diferencia constructiva.
24	11	Embajadores de la innovación. Se deben identificar aquellas personas que dado su nivel de compromiso e influencia al interior de la organización puedan ser considerados como "influenciadores de la innovación", y posteriormente empoderarlos, de tal forma que puedan llegar a ser embajadores de la innovación tecnológica desde las bases de la empresa.
25	12	Mostrar las ventajas de hacerlo bien, y de hacerlo flexible. Una manera de lograr la credibilidad y compromiso de la organización es lograr identificar las ventajas de implementar el sistema de gestión tecnológica propuesto, medirlas y exhibirlas. Igualmente, es necesario evidenciar que, pese a la complejidad natural del sistema, es posible implementarlo de manera escalonada y modular, siendo flexible frente a los requerimientos propios de cada organización.
26	12	Optimismo tecnológico. Para un sector regulado y con elevadas exigencias de calidad y seguridad como lo es el de los servicios públicos es de esperar que la respuesta natural ante los riesgos asociados a la incertidumbre propia de la innovación tecnológica sea la negación: "no es posible". Siempre existirán razones válidas que justifiquen dicha posición, por tanto, el reto está en lograr cambiar un "no se puede por..." por un "es posible hacerlo si...". Lo anterior no significa hacer caso omiso a las señales de alerta ni subestimar los riesgos identificados, sino lograr impregnar a las personas de cierto 'optimismo tecnológico', el cual les permita utilizar las herramientas y conocimientos disponibles en pro de buscar alternativas de solución antes que justificaciones de omisión.
27	12	Ley, moral y cultura: Con el fin de trascender el paradigma que rige sobre el sistema es necesario lograr una transformación profunda sobre la forma en que las personas entienden y perciben sus reglas subyacentes, y con ello evolucionar su conducta. Un buen ejemplo de esta transformación lo presenta Mockus (1999), quien describe como la armonización de tres (3) agentes reguladores del comportamiento social como lo son i) la ley como regulador normativo, ii) la moral como regulador individual, y iii) la cultura como regulador sociocultural, permite tal nivel de congruencia que los comportamientos moralmente válidos suelen ser culturalmente aceptados, y a su vez lo culturalmente permitido cabe dentro de lo legalmente permitido. En estos casos la cultura simplemente exige más que la ley, y la moral más que la cultura. Mockus (1999) sostiene que la interacción intensificada a partir de la comunicación abierta entre los agentes permite entender los argumentos del otro y poner a prueba los propios, encontrar consenso por traslape de derechos y deberes, llegar a acuerdos y desacuerdos pronto -para así mismo solucionarlos oportunamente-, y verse en la necesidad de poner a prueba preceptos morales, culturales y legales, que, si bien son cómodos, son un eufemismo de la realidad. <i>"la modificación consciente, socialmente visible y aceptada, de hábitos y creencias colectivas puede volverse un componente crucial de la gestión [...]" (Mockus, 1999).</i>

Nota. Elaboración propia.

REFERENCIAS

- Abuseem, A. J., Alzaabi, Y. J., Alhammadi, A. H., Dweiri, F. T., & Ubaid, A. M. (2020). Technology mapping: Definitions, types, and applications. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 0(March), 377–386.
- Acosta, J., Turrent, G., Olín, M., & González, R. (2000). A model for management of technology. *Proceedings of the 2000 IEEE Engineering Management Society, EMS 2000*, 63–68. <https://doi.org/10.1109/EMS.2000.872477>
- Analitik, V. (2020). *Así fue demanda eléctrica en Colombia en relación con el PIB en primer trimestre: Asoenergía - Valora Analitik 2020-06-02*. <https://www.valoraanalitik.com/2020/06/02/asi-fue-demanda-electrica-de-colombia-en-relacion-con-el-pib-en-primer-trimestre-asoenergia/>
- Arango, M. D., Londoño, J. E., & Zapata, J. A. (2010). ARQUITECTURA EMPRESARIAL – UNA VISIÓN GENERAL. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(16), 101–111.
- Arifin, Z. (2017). TECHNOLOGY ADOPTION STRATEGY FOR IMPROVING ELECTRICITY UTILITY COMPANY'S PERFORMANCE. *International Electricity Research Exchange (IERE) - TNB Workshop, November 2017*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23310.10565>
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44(C), 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>
- Auxiliadora, I. M., & Bejarano, G. (2016). La investigación cualitativa Qualitative research. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1–9.
- Bahill, A. T., & Briggs, C. (2001). The systems engineering started in the middle process: a consensus of systems engineers and project managers. *Systems Engineering*, 4(2), 156–167. <https://doi.org/10.1002/sys.1013>
- Banerjee, S., & Bhowmick, B. (2020). A Systems Theory Based Framework for Technology Management in an Indian Academia Based Organization: Case Study on RuTAG IIT Delhi. *9th International Conference on Industrial Technology and Management*, 6–10.
- Baptista, P., Fernández, C., & Sampieri, R. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. In *Metodología de la Investigación* (pp. 2–21). McGraw Hill Education.
- Benavides, C., & Quintana, C. (2007). Un modelo para la gestión estratégica de los recursos tecnológicos el ciclo de mejora y despliegue de matrices QFD. *Economía Industrial*, 365, 195–206.
- Bermudez, J., & Castellanos, O. (2022). *Gestión tecnológica y de la innovación para el cambio en instituciones militares* (Marzo, 202). Sello Fondo Editorial ITM.
- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*; Fondo de Cultura Económica, México D.F.

- Butler, J. (2003). *A practical model for technology and innovation management*. 103–105. <https://doi.org/10.1109/picmet.1999.807797>
- Cabrera, D. Cabrera, L. (2018). *Flock Not Clock: Design, Align, and Lead to Achieve Your Vision*. <https://books.google.com.co/books?id=-VrBwwEACAAJ>
- Cantor, A., Sherman, L., Milman, A., & Kiparsky, M. (2021). Regulators and utility managers agree about barriers and opportunities for innovation in the municipal wastewater sector. *Environmental Research Communications*, 3(3), 31001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abef5d>
- Castellanos, O. (2003). Gestión en tecnología: Aproximación conceptual y perspectivas de desarrollo. *Innovar*, 21, 197–212. www.biogestion.unal.edu.co;
- Castellanos, O. (2007). *Gestión Tecnológica: De un enfoque tradicional a la inteligencia*. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia.
- Castellanos, O., Jimenez, C., Ramirez, D., Fúquene, A., Rojas, F., Morales, M. E., León, A., Torres, L. M., García, M. E., & Fonseca, S. (2008). RETOS Y NUEVOS ENFOQUES EN LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y DEL CONOCIMIENTO. In *Ingeniería e Investigación* (Vol. 29, Issue 1). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia.
- Castillo-Rojas, S. M., Casadesús, M., Karapetrovic, S., Coromina, L., Heras, I., & Martín, I. (2012). Is implementing multiple management system standards a hindrance to innovation? *Total Quality Management and Business Excellence*, 23(9–10), 1075–1088. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.678587>
- Cetindamar, D., Kocaoglu, D., Lammers, T., & Merigo, J. M. (2019). A bibliometric analysis of technology management research at PICMET for 2009-2018. *PICMET 2019 - Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management in the World of Intelligent Systems, Proceedings*. <https://doi.org/10.23919/PICMET.2019.8893667>
- Cetindamar, D., & Phaal, R. (2021). Technology Management in the Age of Digital Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3101196>
- Cetindamar, D., Phaal, R., & Probert, D. (2009). Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities. *Technovation*, 29(4), 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.10.004>
- Cetindamar, D., Phaal, R., & Probert, D. R. (2016). *Technology Management Activities and Tools* (Second edi). PALGRAVE.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2018). *RESOLUCIÓN No. 015 DE 2018. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional*.
- CREG. (2020). *Objetivo CREG*. <https://www.creg.gov.co/creg/quienes-somos/objetivo>

- da Silva, L. A., Damian, I. P. M., & de Pádua, S. I. D. (2012). Process management tasks and barriers: Functional to processes approach. *Business Process Management Journal*, 18(5), 762–776. <https://doi.org/10.1108/14637151211270144>
- Dahlgard-Park, S. M. (2015). Management System Standards. *The SAGE Encyclopedia of Quality and the Service Economy*, October. <https://doi.org/10.4135/9781483346366.n112>
- Daim, T. U. (2018). *World Scientific Series in R&D Management: Volume 2. Technology Roadmapping* (T. Daim, R. Phaal, & T. Oliver (eds.)). World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1142/10859>
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro*. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pactos-Transversales/Pacto-Ciencia-Tecnologia-y-la-Innovacion/Ciencia-Tecnologia-e-Innovacion.aspx>
- Edgett, S. J. (2019). *The Stage-Gate® Model: An Overview*.
- Empresas públicas de Medellín E.S.P. (2021). *PLAN ESTRATÉGICO DE GRUPO EPM 2021-2030*.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. *Avances En Medición*, 6(January 2008), 27–36.
- Farrukh, C., Fraser, P., Hadjidakis, D., Phaal, R., Probert, D., & Tainsh, D. (2004). Developing an integrated technology management process. *Research Technology Management*, 47(4), 39–46. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671640>
- Farrukh, C., Phaal, R., & Probert, D. (2003). Technology roadmapping: Linking technology resources into business planning. *International Journal of Technology Management*, 26(1), 2–19. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2003.003140>
- Fartash, K., Mehdi, S., Davoudi, M., Baklashova, T., Svechnikova, N., Nikolaeva, Y., Grimalskaya, S., & Beloborodova, A. (2018). The Impact of Technology Acquisition & Exploitation on Organizational Innovation and Organizational Performance in Knowledge-Intensive organizations. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, January 2018. <https://doi.org/10.29333/ejmste/84835>
- Fundación Premio Nacional de Tecnología A.C. (2016). *Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación*.
- Gallego, J. B. (2005). FUNDAMENTOS DE IA GESTION TECNOLOGICA E INNOVACION. *Revista Tecnológicas ITM*, 15, 113–131.
- Golive. (2017). *Uso intensivo de activos / Golive*. <https://www.onegolive.com/uso-intensivo-de-activos/>
- González, I., Eslava, M., De León, C., & López, A. (2017). El panel de expertos como técnica de validación de contenido. Aplicación práctica en la definición del perfil profesional de la

- educación social. In Asociación Interuniversitaria de Investigación Pedagógica (AIDIPE) (Ed.), *XVIII Congreso Internacional de Investigación Educativa: interdisciplinariedad y transferencia (AIDIPE, 2017)* (pp. 1121–1128).
- Gregory, M. J. (1995). Technology management: a process approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 209(B5), 347–356. https://doi.org/10.1243/pime_proc_1995_209_094_02
- Gudelj, M., Delic, M., Kuzmanovic, B., Tesic, Z., & Tasic, N. (2021). Business process management model as an approach to process orientation. *International Journal of Simulation Modelling*, 20(2), 255–266. <https://doi.org/10.2507/IJSIMM20-2-554>
- Hernández, R. (2014). Alcance de la investigación. *Metodología de La Investigación.*, 88–101.
- Hsieh, M. H., & Tsai, K. H. (2007). Technological capability, social capital and the launch strategy for innovative products. *Industrial Marketing Management*, 36(4), 493–502. <https://doi.org/10.1016/J.INDMARMAN.2006.01.002>
- Instituto colombiano de normas Técnicas y certificación. (2018). *Norma Técnica Colombiana NTC 5801: Sistemas de gestión de la innovación. Requisitos.* (p. 65).
- International Organization for Standardization (ISO). (2014). *INTERNATIONAL STANDARD ISO 55000: Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología. Primera edición 2014-01-15.*
- International Organization for Standardization (ISO). (2019). *INTERNATIONAL STANDARD ISO 56002: Innovation management — Innovation management system — Guidance: Vol. ISO56002:2.*
- International Organization for Standardization (ISO). (2020). *INTERNATIONAL STANDARD ISO 56000. Innovation management — Fundamentals and vocabulary* (p. 44).
- International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), & Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). (2015). *Systems and software engineering - System life cycle processes. INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC/IEEE 15288:2008. First edition.*
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Towards 100% renewable energy: Utilities in transition. Coalition Working Group Towards 100% Renewable Energy.* ISBN 978-92-9260-189-8.
- ISO/IEC. (2021). *ISO/IEC Directives, Part 1 Procedures for the technical work Consolidated ISO supplement - Procedures specific to ISO.* https://www.iso.org/sites/directives/current/consolidated/index.xhtml#_idTextAnchor001
- ISO. (n.d.). *ISO - Management system standards.* Retrieved September 29, 2021, from <https://www.iso.org/management-system-standards.html>
- Jaimes, M. L., Ramirez, D., Vargas, A. M., & Carrillo, G. (2011). *Gestión Tecnológica: Conceptos y*

- casos de aplicación. *Gerencia Tecnológica Informática*, 10(26), 43–54.
- Jin, J., & von Zedtwitz, M. (2008). Technological capability development in China's mobile phone industry. *Technovation*, 28(6), 327–334.
- Kaya, P., Erol, T., & Ozbilgin, I. G. (2017). DEFINING A TECHNOLOGY MANAGEMENT FRAMEWORK WITHIN A DEFENSE ENTERPRISE. *Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML)*, 4(3), 301–309. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.492>
- Kearns, M. B., Taylor, J. B., & Hull, C. E. (2005). The six facets model: Technology management in the effective implementation of change. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2(1), 77–100. <https://doi.org/10.1142/S0219877005000381>
- Koral Kordova, S., Frank, M., & Nissel Miller, A. (2018). Systems Thinking Education—Seeing the Forest through the Trees. *Systems*, 6(3), 29. <https://doi.org/10.3390/systems6030029>
- Kosh, D. A. (1950). Tangible Assets of Public Utilities. In Conference on Research in Income and Wealth (Ed.), *Studies in Income and Wealth* (pp. 325–377). NBER. <http://www.nber.org/chapters/c3148>
- Kumar, A., Kumar, N., Tiwari, G. (2023). *Utility Industry as a Complex Adaptive System: A Strategic Analysis*. Proceedings 8th International Conference On Civil Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'23). Canadá, June 04-06. Paper No. 174. DOI: 10.11159/iccste23.174.
- La Republica. (2021). *Cerca del 6,5% del PIB de Colombia está a cargo de las empresas de servicios públicos*. <https://www.larepublica.co/especiales/andesco-la-clave-de-la-reactivacion/cerca-del-65-del-pib-de-colombia-esta-a-cargo-de-las-empresas-de-servicios-publicos-3251129>
- Ley 142 de 1994 del Senado de la República de Colombia. *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. 11 de julio de 1994. Diario Oficial No. 41.433.
- Li-hua, R. (2006). Technology management in China: A global perspective and challenging issues. *Journal of Technology Management in China*, 1(1), 9–26. <https://doi.org/10.1109/EMR.2007.329140>
- Liao, A., Hull, C. E., & Sriramachandramurthy, R. (2013). The six facets model of technology management: A study in the digital business industry. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 10(4). <https://doi.org/10.1142/S0219877013500193>
- Linner, T., Pan, W., Hu, R., Zhao, C., Iturralde, K., Taghavi, M., Trummer, J., Schlandt, M., & Bock, T. (2020). A technology management system for the development of single-task construction robots. *Construction Innovation*, 20(1), 96–111. <https://doi.org/10.1108/CI-06-2019-0053>
- López-Juvinao, D. D., Mendoza-Fernández, D. L., & Salas-Solano, E. A. (2021). Gestión tecnológica de las empresas de servicios públicos domiciliarios en Riohacha, Colombia. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(S1), 32–42. <https://doi.org/10.15649/2346030x.862>

- Madani, F. (2012). Application of Reference Models in Technology Management. In *Engineering and Technology Management Student Projects*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3022869>
- Marjanedas, J. (2018). Los desafíos de hoy a la luz de la Teoría General de Los Sistemas. Primera edición. Editorial Ciudad Nueva, Madrid.
- Marlyana, N., Tontowi, A. E., & Yuniarto, H. A. (2018). From THIO to THIOCMP: The development of technology assessment concept using technometrics. *Proceedings - 12th SEATUC Symposium, SEATUC 2018*, 0–4. <https://doi.org/10.1109/SEATUC.2018.8788850>
- McCarthy, I. P. (2003). Technology management - A complex adaptive systems approach. *International Journal of Technology Management*, 25(8), 728–745. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2003.003134>
- Meadows, D. (1997). Leverage points: Places to intervene in a System. Whole Earth Catalog, winter 1997 edition.
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia* (Ricardo Áv). La Imprenta Editores S.A.
- MITRE Corporation. (2004). *EABOK. Guide to the (Evolving) Enterprise Architecture Body of Knowledge* (P. J. Hagan (Ed.)). The MITRE Corporation.
- Mockus, A. (1999). Armonizar ley, moral y cultura: Cultura ciudadana, prioridad de gobierno con resultados en prevención y control de violencia en Bogotá, 1995-1997. Publicación Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Mohammad, M., Osman Mohd, R., Yussuf R., M., & Ismail, N. (2005). STRATEGIES AND CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS IMPLEMENTATION. *35th International Conference on Computers and Industrial Engineering, ICC and IE 2005*, 1391–1396.
- Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2018). Applying systems thinking to engineering and design. *Systems*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/systems6030034>
- Morgan, G. (1998). *Imágenes de la organización*. Alfaomega.
- Municipio de Medellín. (2020). *Plan de Desarrollo Medellín Futuro 2020-2023*.
- National National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2020). *2020 NASA Technology Taxonomy* (Issue July 2015).
- Núñez, E. (2011). Gestión tecnológica en la empresa: definición de sus objetivos fundamentales. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XVII(1), 156–166.
- Olivan, P., Schmitz, M., & Warschat, J. (2014). Challenges in the Organisational Implementation of Technology Management in Companies. *THE R&D MANAGEMENT CONFERENCE 2014, June 2014*, 176–184.
- Ortiz-Cantú, S., & Pedroza-Zapata, Á. (2006). ¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y LA

- TECNOLOGÍA (GIInT)? *Journal of Technology Management y Innovation*, 1(2), 64–82.
- Ortiz, E., & Nagles, N. (2013). *Gestión de Tecnología e Innovación Teoría, proceso y práctica* (Ediciones EAN (Ed.)).
- Oughton, E., Usher, W., Tyler, P., Hall, J. (2018). *Infrastructure as a Complex Adaptive System*. Complexity, special issue: Public Policy Modeling and Applications. Volume 2018, Article ID 3427826. <https://doi.org/10.1155/2018/3427826>.
- Peña, E., & Peña, H. (2008). EL SISTEMA DE GESTIÓN TECNOLÓGICA (SGT) EN LA ORGANIZACIÓN. / *Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*.
- Phaal, R. (2015). Roadmapping for strategy and innovation. *Centre for Technology Management*, 47(March), 1–7.
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2000). Practical frameworks for technology management and planning. *Proceedings of the 2000 IEEE Engineering Management Society, EMS 2000*, 57–62. <https://doi.org/10.1109/EMS.2000.872476>
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004). A framework for supporting the management of technological knowledge. *International Journal of Technology Management*, 27(1), 1–15.
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2006). Technology management tools: Concept, development and application. *Technovation*, 26(3), 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.02.001>
- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. R. (2001). A framework for supporting the management of technological innovation. *The Future of Innovation Studies*.
- Pilkington, A., & Teichert, T. (2006). Management of technology: themes, concepts and relationships. *Technovation*, 26(3), 288–299. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2005.01.009>
- Probert, D., Farrukh, C., & Phaal, R. (2003). Structuring a systematic approach to technology management: Processes and framework. *Bringing Technology and Innovation into the Boardroom: Strategy, Innovation and Competences for Business Value*, 76–91. <https://doi.org/10.1057/9780230512771>
- Probert, D. R., Farrukh, C. J. P., & Phaal, R. (2005). Technology roadmapping—developing a practical approach for linking resources to strategic goals. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 217(9), 1183–1195. <https://doi.org/10.1243/095440503322420115>
- Revista Semana. (2022). *¿Cómo está Colombia en calidad y cobertura de servicios públicos? Esto dice la Superintendencia*. <https://www.semana.com/mejor-colombia/articulo/como-esta-colombia-en-calidad-y-cobertura-de-servicios-publicos-esto-dice-la-superintendencia/202200/>
- Rhodes, M., Mackechnie, G. (2003). *Understanding Public Service Systems: Is There a Role for*

- Complex Adaptive Systems Theory? Emergence: Complexity & Organization*, Volume No. 5, Issue No. 4, p (57–85).
- Rubio-Nuñez, R., Valencia Pérez, L. R., Peña-Cheng, L. M., & Rodríguez-Muñoz, E. M. (2018). Importancia de la Gestión Tecnológica en los Gobiernos Municipales Mexicanos. *REVISTA GESTIÓN DE LAS PERSONAS Y TECNOLOGÍA*, 11(33), 55–67.
- Sahlman, K. T., & Haapasalo, H. J. O. (2009a). Elements of strategic management of technology: A conceptual framework of enterprise practice. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 7(3), 319–337. <https://doi.org/10.1504/IJMED.2009.026083>
- Sahlman, K. T., & Haapasalo, H. J. O. (2009b). Perceptions of strategic management of technology in small high-tech enterprises. *PICMET '09 Conference Proceedings*.
- Sahlman, K. T., & Haapasalo, H. J. O. (2009c). Strategic management of technology objectives in enterprise practice - A conceptual framework. *IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 11–15. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373484>
- Sahlman, K. T., & Haapasalo, H. J. O. (2012). Structures of Strategic Management of Technology in a Conceptual Framework of Enterprise Practice. *International Journal of Synergy and Research*, 1(1), 57–76. <https://doi.org/10.1504/IJMED.2009.026083>
- Schilling, M. A. (2013). *Strategic management of technological innovation* (P. Ducham (Ed.)). McGraw-Hill.
- Schuh, G., Guo, D., & Wellensiek, M. (2013). Approach for the measurement of technology management performance and value. *2013 Proceedings of PICMET 2013: Technology Management in the IT-Driven Services*, 1–8.
- Senge, P. (2016). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (segunda ed).
- Sharif, N. (1993). Technology management indicators for developing countries. *TDR Quarterly Review*, 8(2), 17–24.
- Sharif, N. (1994). Integrating business and technology strategies in developing countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 45(2), 151–167. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(94\)90091-4](https://doi.org/10.1016/0040-1625(94)90091-4)
- Sharif, N. (2012). Technological innovation governance for winning the future. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(3), 595–604. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.12.004>
- Shenoy, S. S., Shetty, D. K., Rodrigues, L. L. R., Maddodi, B. S., & Motlagh, F. G. (2019). Industry-Institute Technology Management Practices: A Case Study. *2019 International Conference on Automation, Computational and Technology Management, ICACTM 2019, 2018*, 284–287. <https://doi.org/10.1109/ICACTM.2019.8776722>

- Simon, A., Karapetrovic, S., & Casadess, M. (2012). Difficulties and benefits of integrated management systems. *Industrial Management and Data Systems*, 112(5), 828–846. <https://doi.org/10.1108/02635571211232406>
- Skilbeck, J. N., & Cruickshank, C. M. (1997). A framework for evaluating technology management process. *Innovation in Technology Management - The Key to Global Leadership, PICMET 1997: Portland International Conference on Management and Technology*, 138–142. <https://doi.org/10.1109/PICMET.1997.653296>
- Solleiro, J. L. (1988). La gestión y la administración de tecnología. *Cuaderno Del Instituto de Investigaciones Jurídicas*, 9(3).
- Solleiro, J. L., & Castañón, R. (2016). *Gestión tecnológica: conceptos y prácticas*. CambioTec A.C.
- Sowels, N. (2021). *A Brief Introduction to Complexity Theory in Managing Public Services*. *Revue Française de Civilisation Britannique* [Online], XXVI-2 | 2021, Online since 05 January 2021, connection on 08 October 2023. URL: <http://journals.openedition.org/rfcb/8103>; DOI: <https://doi.org/10.4000/rfcb.8103>
- Speight, V. L. (2015). Innovation in the water industry: barriers and opportunities for US and UK utilities. *WIREs Water*, 2(4), 301–313. <https://doi.org/10.1002/wat2.1082>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2022). Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado, Vigencia 2021.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2022). Diagnóstico de la Calidad del Servicio de Energía Eléctrica en Colombia 2021.
- National Research Council. (1987). *Management of Technology The hidden Competitive Advantage*. National Academy Press.
- Teresa, H., & Alcántara, R. (n.d.). *Planeación Estratégica de la Tecnología*.
- The Health Foundation. (2010). Evidence scan: Complex adaptive systems.
- Tidd, J., & Bessant, J. (2001). *Managing Innovation Integrating Technological, Market and Organizational Change* (J. Howarth (Ed.); Issue 1). Lise Johnson.
- Ulbrich, H. H. (1991). Natural Monopoly in Principles Textbooks: A Pedagogical Note. *The Journal of Economic Education*, 22(2), 179. <https://doi.org/10.2307/1182423>
- Uslar, M., Rohjans, S., Neureiter, C., Andrén, F. P., Velasquez, J., Steinbrink, C., Efthymiou, V., Migliavacca, G., Horsmanheimo, S., Brunner, H., & Strasser, T. I. (2019). Applying the smart grid architecture model for designing and validating system-of-systems in the power and energy domain: A European perspective. *Energies*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/en12020258>
- Weiwei, W., Qian, M., Yexin, L., Ying, Y., & Suzhen, Y. (2021). Evolution of technology management system based on self-organization theory. *Journal of Systems Engineering and Electronics*,

32(6), 1439–1449. <https://doi.org/10.23919/JSEE.2021.000122>

Yamamoto, I., & Pujotomo, D. (2006). Technology management process framework. *J@TI Undip*, 1(1).

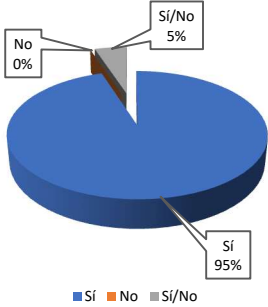
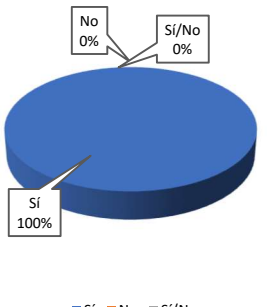
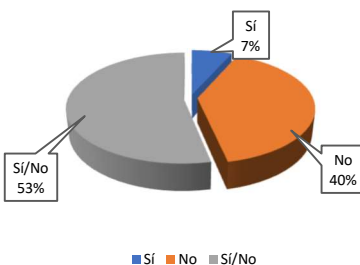
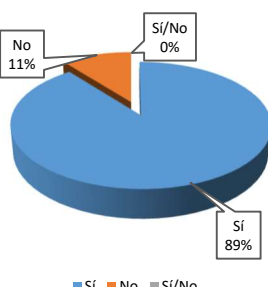
Zachman, J. (1987). A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*, 26(3), 454–470.

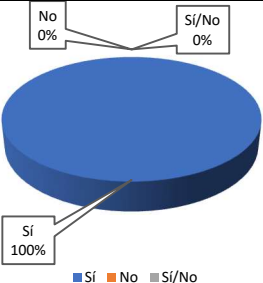
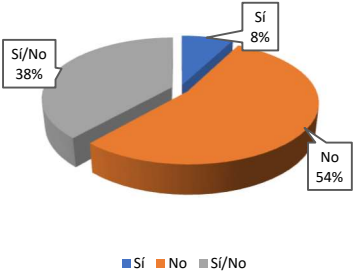
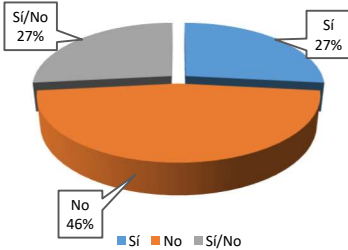
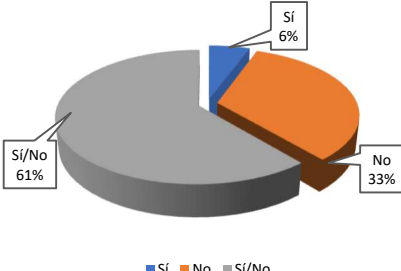
Zehner, W. B. (2000). The Management of Technology (MOT) degree: A bridge between technology and strategic management. *Technology Analysis and Strategic Management*, 12(2), 283–291. <https://doi.org/10.1080/713698470>

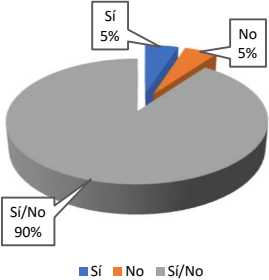
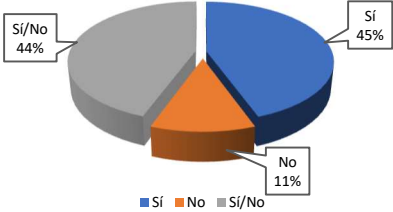
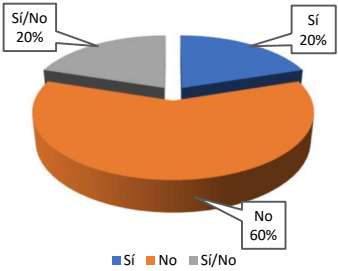
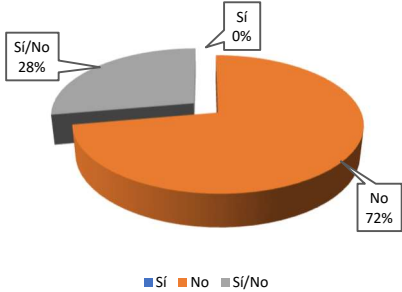
Zhou, Y., Phaal, R., Minshall, T., & Probert, D. R. (2017). Engineering and Technology Management. In *Value Creation through Engineering Excellence* (pp. 11–48). https://pdxscholar.library.pdx.edu/etm_fac

ANEXO A. Análisis respuestas cerradas

Tabla 26. Resultados respuestas cerradas entrevista

No.	Resultado	Descripción
1	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 1. The 'Sí' (Yes) category is the largest, representing 95% of the responses. The 'No' (No) category represents 0%, and the 'Sí/No' (Yes/No) category represents 5%.</p>	<p>La mayoría de las personas cuentan con un entendimiento general del término 'gestión tecnológica', especialmente a partir de su experiencia laboral; no cuentan con una definición teórica del término. Se encontraron varias similitudes en las definiciones.</p>
1.1	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 1.1. The 'Sí' (Yes) category represents 100% of the responses. Both the 'No' (No) and 'Sí/No' (Yes/No) categories represent 0%.</p>	<p>Todos los entrevistados están de acuerdo en el entendimiento que la gestión tecnológica resulta importante para las organizaciones.</p>
1.1A	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 1.1A. The 'Sí/No' (Yes/No) category is the largest, representing 53% of the responses. The 'No' (No) category represents 40%, and the 'Sí' (Yes) category represents 7%.</p>	<p>Existe una baja percepción (7%) sobre una correcta aplicación de la gestión tecnológica en la compañía. La mayoría (53%) considera que existe cierto nivel de consciencia sobre el tema, pero falta maduración al interior de la organización.</p>
2	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 2. The 'Sí' (Yes) category represents 89% of the responses. The 'No' (No) category represents 11%, and the 'Sí/No' (Yes/No) category represents 0%.</p>	<p>La mayoría de las personas cuentan con un entendimiento general del término 'pensamiento sistémico'. Se tiene claridad sobre los pilares fundamentales del pensamiento sistémico, y sus bondades.</p>

No.	Resultado	Descripción
3	 <p>A 3D pie chart showing 100% for 'Sí' (blue), 0% for 'No' (orange), and 0% for 'Sí/No' (grey).</p>	<p>La totalidad de los entrevistados consideran que adoptar una perspectiva sistémica en la gestión tecnológica agrega valor.</p>
6.1	 <p>A 3D pie chart showing 8% for 'Sí' (blue), 54% for 'No' (orange), and 38% for 'Sí/No' (grey).</p>	<p>Más del 92% de las personas consideran que la empresa no está identificando y atendiendo de manera adecuada la relación sinérgica entre gestión de conocimiento y tecnología.</p>
7	 <p>A 3D pie chart showing 27% for 'Sí' (blue), 46% for 'No' (orange), and 27% for 'Sí/No' (grey).</p>	<p>Un 27% de los entrevistados considera que su organización se reconoce como innovadora en el sector de servicios públicos. La mayoría (46%) considera que no lo es, y el resto (27%) no está seguro de su calificación.</p>
8	 <p>A 3D pie chart showing 6% for 'Sí' (blue), 33% for 'No' (orange), and 61% for 'Sí/No' (grey).</p>	<p>Un 6% de los entrevistados establece que al interior de su compañía se cuenta con una estrategia clara para la gestión de la cultura de innovación. La mayoría (61%) describe un proceso incipiente -en construcción-, mientras que el resto (33%) definió una ausencia completa.</p>

No.	Resultado	Descripción								
10	 <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Sí</td><td>5%</td></tr> <tr><td>No</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Sí/No</td><td>90%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	5%	No	5%	Sí/No	90%	<p>El 90% de las entrevistados declara que en sus organizaciones se realizan, de manera irregular/informal/asimétrica algunas actividades asociadas a la gestión tecnológica. Es de resaltar que la mayoría de los entrevistados lograron identificar las actividades de gestión tecnológica una vez fueron descritas y asociadas a tal proceso; no se cuenta con una conceptualización teórica de gestión tecnológica (ver pregunta No. 1).</p>
Respuesta	Porcentaje									
Sí	5%									
No	5%									
Sí/No	90%									
11	 <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Sí</td><td>45%</td></tr> <tr><td>No</td><td>11%</td></tr> <tr><td>Sí/No</td><td>44%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	45%	No	11%	Sí/No	44%	<p>Un 89% de las personas entrevistadas consideran que la planeación tecnológica se alinea completamente con los objetivos estratégicos de la empresa (45%), o en cierta medida (44%). Estos últimos manifiestan que, si bien en general es posible vincular las iniciativas con la estrategia organizacional, en algunos casos la relación es difusa, débil, o no es necesariamente de gran impacto.</p>
Respuesta	Porcentaje									
Sí	45%									
No	11%									
Sí/No	44%									
12	 <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Sí</td><td>20%</td></tr> <tr><td>No</td><td>60%</td></tr> <tr><td>Sí/No</td><td>20%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	20%	No	60%	Sí/No	20%	<p>La mayoría (60%) considera que la organización no cuenta con mecanismos para la identificación regular de nuevas tecnologías que permitan el mejoramiento de los procesos.</p>
Respuesta	Porcentaje									
Sí	20%									
No	60%									
Sí/No	20%									
13	 <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Sí</td><td>0%</td></tr> <tr><td>No</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Sí/No</td><td>28%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	0%	No	72%	Sí/No	28%	<p>La mayoría (72%) considera que la organización no cuenta con procedimientos adecuados para la negociación/adquisición de nuevas tecnologías. El 28% considera que la organización se cuenta con algunas herramientas o soluciones que facilitan en alguna medida este proceso, pero que no resulta suficiente.</p>
Respuesta	Porcentaje									
Sí	0%									
No	72%									
Sí/No	28%									

No.	Resultado	Descripción
14	<p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 14. The chart is divided into three segments: a small blue segment for 'Sí' (11%), a larger orange segment for 'No' (39%), and a large grey segment for 'Sí/No' (50%). A legend below the chart identifies the colors: blue for 'Sí', orange for 'No', and grey for 'Sí/No'.</p>	<p>El 50% de los entrevistados considera que de alguna forma la organización cuenta con procesos para la integración, asimilación y evaluación de nuevas tecnologías, sin embargo, considera que aún no se cuenta con un proceso formal y natural para desarrollar estas actividades. Un 39% considera que sus organizaciones no cuentan con ningún avance.</p>
15	<p>A 3D pie chart showing the distribution of responses for item 15. The chart is divided into three segments: a small blue segment for 'Sí' (10%), a medium orange segment for 'No' (20%), and a large grey segment for 'Sí/No' (70%). A legend below the chart identifies the colors: blue for 'Sí', orange for 'No', and grey for 'Sí/No'.</p>	<p>El 70% de los entrevistados considera que la organización cuenta con algunos avances en torno a la gestión del conocimiento asociado a la explotación de nuevas tecnologías, sin embargo, consideran que aún este proceso no es suficiente. Un 20% de las personas define que la organización no cuenta con ningún tipo de mecanismo.</p>

Nota. Elaboración propia.

ANEXO B. Análisis respuestas abiertas

Tabla 27. Análisis de resultados respuestas abiertas

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res)		Aportes
	Principios	Elementos	
1	Con: N.A. Res: 1, 2, 3, 4, 5, 6	Con: N.A. Res: 2, 3, 4, 7	<ul style="list-style-type: none"> - Conexión entre la gestión tecnológica y la agregación de valor. Contribuir a la ventaja competitiva y al logro de los objetivos. - Es una de las dimensiones de la arquitectura empresarial, por tanto, debe integrarse de manera sistémica con las demás. - Se requiere un ciclo de gestión (PHVA), tanto para el sistema completo como para las iniciativas. - Un plan tecnológico estratégico empresarial desagregado en actividades tangibles, integrando las diversas tecnologías. - Requiere un orden sistemático. Que no se hagan actividades aisladas sin propósito. - Se debe propender por una visión integral y unificada de la tecnología, y su impacto en la organización. - La gestión tecnológica debe soportar la toma de decisiones eficaces y ágiles bajo escenarios de incertidumbre en cuanto a la incorporación eficiente de tecnologías en los procesos (por qué, cuándo, cómo, con quién, etc.). - El sistema de gestión tecnológica debe ser dinámico y evolucionar de manera adaptativa según lo exijan los requerimientos externos e internos.
1.1	Con: N.A. Res: 1, 2	Con: N.A. Res: 2, 6	<ul style="list-style-type: none"> - Este sector presta un servicio esencial para la sociedad, por tanto, al momento de evaluar y priorizar las iniciativas tecnológicas debe considerar el impacto sobre la comunidad. No significa que necesariamente debe incursionar en todo tipo de tecnología; se debe ser capaz de discernir rápidamente y tomar decisiones. - Hay un desfase entre el avance de la tecnología y el pensamiento de las empresas (organizaciones lentas). El modelo de gestión debe ser dinámico y propender por responder de la manera más ágil posible. - Si bien el ser un negocio regulado cohibe en gran medida la innovación tecnológica, también hay implantada una cultura del 'día a día' y no se deja tiempo para analizar nuevas oportunidades. - La tecnología me debe permitir acercarme cada vez más al usuario.
3	Con: N.A. Res: 5, 6	Con: N.A. Res: 1, 2, 3, 4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - Resulta importante visibilizar el sistema (ej. modelo). - Hay un conglomerado de tecnologías que necesitan verse integradas como un todo. - No se trata de implementar tecnología por implementar. Se deben leer las tendencias, pero aterrizarlas en el territorio (integración). - El sistema debe responder efectivamente a los impulsos (externos e internos). Además, debe movilizar a los demás

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
			<p>elementos de la organización (estrategia, procesos, personas, etc.) como un 'todo'.</p> <ul style="list-style-type: none"> - De nada sirve tener una mirada sistémica si la función de este sistema no conecta con el bien estratégico del Negocio. Se requiere una visión unificada del valor agregado por medio de la tecnología. - Una visión sistémica de gestión tecnológica no aporta <i>per se</i>, debe integrarse con los demás sistemas organizacionales (sistema integrado de gestión).
4	<p>Con: N.A.</p> <p>Res: 1, 2, 6</p>	<p>Con: N.A.</p> <p>Res: 1, 2, 3, 5, 7</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La tecnología genera valor a través de las interacciones con los sistemas existentes. - La tecnología facilita soluciones tanto corporativas (internas) como de usuario final (externas), que impactan la calidad del servicio y le transmiten beneficios a la sociedad. - La prestación de servicios públicos no es un sector de desarrollo tecnológico, sino de explotación. - En empresas intensivas en activos no es opcional usar tecnología. - La innovación (tecnológica) en empresas de servicios públicos tiene un impacto, tanto positivo como negativo, sobre la calidad de vida de las personas. <p>Los servicios públicos son esenciales, por tanto, antes de ser 'novedosos', 'innovadores' o 'tecnológicos', deben ser asequibles, seguros, continuos, de calidad, y universales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Tecnología es una herramienta que permite hacer más eficiente los procesos para la prestación del servicio, así como anticiparse a sus transformaciones. Organización ambidiestra. - La tecnología, como herramienta, está al servicio de las personas y no en sentido contrario. No obstante, en ese mismo sentido las personas deben ajustarse (evolución cultural) y entender que el avance tecnológico <i>per se</i> no pone en riesgo sus actividades, y por el contrario, deben desarrollar nuevas capacidades que permitan hacer un uso eficiente. - El valor de la tecnología no lo define el artefacto, sino su funcionalidad. Las tecnologías se deben categorizar, priorizar aquellas que resultan clave para la prestación del servicio, y sobre estas realizar una gestión prevalente.
5	<p>Con: N.A.</p> <p>Res: 2, 4, 6</p>	<p>Con: N.A.</p> <p>Res: 1, 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No es sólo hacer monitoreo, es necesario actuar. Sin embargo, se debe tener cuidado pues hay muchas señales ruidosas, por lo que es necesario ajustarlas al contexto. El saber tecnológico debe permitirle a la organización discernir. - Se puede estar pecando por 'infoxicación'. - Cuando hay buenos resultados se puede tener una ceguera intencional, y no querer ver que está pasando afuera. - Existe mucha iniciativa y poca 'acabativa'. Debe haber un proceso para que se busque cerrar y concluir.

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
6	Con: N.A. Res: 3, 6	Con: N.A. Res: 3, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> - Las organizaciones deberían contar con una auditoria tecnológica competitiva que les permita compararse con referentes externos, identificando oportunidades y riesgos de obsolescencia tecnológica. - El conocimiento está en las personas, por lo cual el eje fundamental de la estrategia es ver la organización como una entidad viva conformada por individuos. - Se requiere una visión unificada de la gestión tecnológica de tal forma que se haga una evolución completa e integrada. Si no, las personas se quedan en su tecnología operativa y no hay gestión tecnológica de la organización. - La tecnología y las personas van a una velocidad diferente. Esto hace que, sin que las personas hayan terminado de asimilarlo, las empresas se monten en cada nueva ola tecnológica sin ser necesariamente pertinente. En las personas se necesita 'sabiduría tecnológica' para traducir la información en conocimiento, y así tomar mejores decisiones. - Se debe propender por una relación armónica entre tecnología y personas. - Se requiere disposición por aprender y desaprender. - Al igual que la tecnología, se deben priorizar los conocimientos. - Debe haber un balance entre el conocimiento tercerizado y el propio. Eso depende de las tecnologías clave para el negocio.
6.1	Con: N.A. Res: 3, 6	Con: N.A. Res: 3, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> - No se trata de documentar y proteger todo; que la protección genere valor. Encontrar el balance viable entre la documentación para conservar el conocimiento y el almacenamiento sin valor. - Se debe dejar de ser reactivos, y ser más proactivos; planear a futuro para aventajarse frente a la tecnología que avanza tan rápido. Anticiparse a los conocimientos impactados. - Se debe trabajar en la evolución cultural, aumentando el nivel de consciencia frente al desarrollo de las habilidades. Si no hay tiempo para pensar, y se ejecuta 'a lo loco', nunca se va a lograr tener consciencia de lo que se hace (conocimiento), y, por tanto, no se entiende y no se ve como una herramienta sino como el trabajo mismo. - Gestionar el conocimiento es gestionar el talento. Si tengo tecnologías clave, tengo cargos clave.

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
7	Con: N.A. Res: 2, 3, 4	Con: N.A. Res: 2, 3, 6	<ul style="list-style-type: none"> - La innovación en estas organizaciones siempre debe tener impacto sobre la sociedad. - Ser innovador en el sector explotador no implica el mismo nivel de novedad que en otros sectores; puede ser adaptación. Lo anterior no significa que el sector explotador no tenga y declare un apetito de riesgo. - La innovación en este tipo de empresas se debe medir distinto. No se trata de medir la innovación como fin, sino como un medio para alcanzar resultados. - Las pocas empresas que declararon ser innovadoras hablaron de la innovación desde las iniciativas, más no desde el impacto. No hablaron del resultado. - La necesidad puede promover la innovación, mientras que el éxito la puede coartar. Siempre se debe contar con actitud abierta. - Las personas valoran quieren ser escuchadas y valoran la exposición, empero se desaniman de no ser escuchados.
7.1	Con: N.A.	Con: N.A.	<ul style="list-style-type: none"> - Es clave conectar con el entusiasmo de las personas; deben sentir la innovación como algo beneficioso, natural, del 'día a día'. El primer paso es cultivar y lograr un autoconocimiento: la innovación está en mí, las mejoras del proceso están a mi cargo. Primero autoliderazgo, luego, liderazgo con otros. - La alta gerencia se debe comprometer con un apetito de riesgo (cual sea) que propicie la agilidad y brinde confianza para conversar a todo nivel, emprender, fallar, y aprender rápido. Los líderes son llamados a dar ejemplo, y con ello combatir los fantasmas que cohíben la innovación (regulación, carácter público, aversión al riesgo, etc.) - Se debe pasar de una visión funcional y procedimental a una de largo plazo, siendo consciente que la innovación trae consigo beneficios, pero también un carácter inherente de riesgo.
8	Res: 2, 3, 4	Res: 2, 3, 6	<ul style="list-style-type: none"> - La cultura de innovación requiere tiempo para su maduración, así como un compromiso en ambos sentidos. Desde arriba: claridades, direccionamiento, recursos; desde abajo: autoliderazgo, entusiasmo. Y entre ambos, fluida comunicación. - Debe existir un esquema claro de compensación, tanto positiva como negativa, para los colaboradores asociados a su participación en iniciativas de innovación tecnológica. Mientras no sea así, se verá como un tema aislado. - Los esquemas de contratación asociados a temas de innovación tecnológica deben ser diferenciales, y considerablemente más ágiles y flexibles respecto a los convencionales. - Crear áreas especializadas para tareas asociadas a la innovación tecnológica trae consigo beneficios asociados a la concentración de capacidades y recurso dedicado, sin

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
9	Con: N.A. Res: 4, 5	Con: N.A. Res: 1, 3, 4	<p>embargo, en organizaciones que trabajan por procesos conlleva un riesgo, y es que las personas pueden percibir la innovación como una responsabilidad ajena. Separar el día a día de los procesos de la innovación es válido, pero hasta un punto que no se sienta ajeno de las operaciones. ¿qué hacer? Solución mixta: Las personas se convocan desde los Negocios, pero se establece un equipo base que facilite la aplicación del método, acompañe, convoque, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hay interés en capturar muchas ideas, pero no hay compromiso por culminarlas. La organización debe propender por un mayor nivel de efectividad en la finalización de las iniciativas de innovación tecnológica. No se trata de alta cantidad, o de 'innovar por innovar' sino de iniciativas de calidad. Una vez evaluadas y priorizadas, se debe brindar el adecuado para finalizar las iniciativas mejor valoradas. - La mejor forma de ampliar la base de conocimiento es a través de relaciones con otros. Se deben crear y sostener redes de colaboración con todo tipo de agentes. Una vez estén las bases en la organización, el método, herramientas y recursos se construye con los demás. - Debe existir un Balance entre el control y el dinamismo, balance entre apetito de riesgo y procesos definidos. Un proceso claro permite orientarse al objetivo superior, prevenir se atiendan temas no prioritarios, contar con métricas que cuantifiquen impactos. - La organización, y sus procesos como un todo, se deben ver involucradas en la innovación: área jurídica, finanzas, cadena de abastecimiento, etc. No significa sacrificar los procesos, pero sí es necesario que se adapten para el cumplimiento de las metas propuestas en innovación. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - El motivante de la toma de riesgos debe ser el contexto y el mercado. El contexto moviliza o inhibe el riesgo. - Es muy importante que desde los directivos se profese y evidencie un estilo de liderazgo acorde con el apetito de riesgo declarado. - Si bien como organización se declara tener un apetito de riesgo, esto no significa que de manera unificada se clasifican las iniciativas; se debe realizar un análisis caso a caso. - Debe haber un balance entre los análisis y la agilidad. Las herramientas se deben aplicar con agilidad para la toma de decisiones. Más que haya método, las cosas deben fluir de manera natural, pragmática, sencilla y flexible. Las herramientas tienen un impacto implícito sobre las personas, pues generan confianza. - Los planes de gestión de riesgos se deben cerrar y evaluar sus resultados. Así mismo, estos planes deben involucrar a todos los usuarios/impactados.

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
			<ul style="list-style-type: none"> - No se trata de traer nuevos modelos, sino de aprovechar lo existente. Ej. Gestión de activos. Una de las herramientas con mayor utilidad para la gestión de riesgos de innovación tecnológica es el Manejo del Cambio. - La gestión de riesgos debe incluir aquellos asociados a la obsolescencia tecnológica (ej. auditoría tecnológica). - Contar con un presupuesto de riesgo definido permite hacer un mejor control (priorización) de las iniciativas organizacionales. Para este presupuesto se debe habilitar un mecanismo que permita invertir como un 'venture client'. - Los escenarios de prueba resultan clave para la gestión de riesgos asociados a innovación tecnológica. - Es necesario democratizar y descentralizar la tecnología a partir de un arquetipo de toma de decisiones en tecnología.
11	Con: N.A. Res: 2, 5, 6	Con: N.A. Res: 2, 3	<ul style="list-style-type: none"> - Deben trabajar de la mano entre la planeación estratégica y las áreas operativas. - No se puede esperar que las iniciativas fluyan en un sólo sentido, en este caso como un cascadeo desde la estrategia, sin embargo, se debe garantizar que cualquier esfuerzo que se emprenda conecte con los objetivos organizacionales y su agregación de valor. - No basta garantizar que haya conexión, sino que debe medirse el impacto con el fin de priorizar aquellas que presten mayor valor. - Integración de las diferentes iniciativas, con los demás procesos, y bajo una estrategia unificada. Una visión sistémica de la tecnología. Debe existir una hoja de ruta tecnológica.
12 12.1	Con: N.A. Res: 4, 6	Con: N.A. Res: 1, 2, 4	<ul style="list-style-type: none"> - Velar por una conexión más directa con los actores del ecosistema. - Se debería tener una vigilancia continua y regular sobre tecnologías clave (institucional), y los colaboradores en su día a día debiesen hacer sus propias vigilancias (personal). - Evaluar si se necesita un actor más ágil ej. <i>Technology Broker</i>.
13 13.1	Con: N.A. Res: 3, 4, 5	Con: N.A. Res: 1, 4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - Las decisiones sobre tecnología tienen un impacto alto, pues se está negociando una decisión a largo plazo con la capacidad de transformar el negocio; no es meramente un activo. Por tanto, al negociar se debe tener una visión prospectiva, y no tipo 'commodity' (costo, tiempo de entrega, calidad). - Deben existir mecanismos ágiles y diferenciales para la contratación de soluciones tecnológicas novedosas. Estos mecanismos deben concebir que existe probabilidad de fallo. - Se requieren capacidades humanas diferenciales para la negociación tecnológica a lo largo de toda la cadena de abastecimiento (ingenieros, abogados, compradores, etc.).

No.	Contradice (Con) / Respalda (Res) Principios	Elementos	Aportes
14	Con: N.A.	Con: N.A.	<ul style="list-style-type: none"> - No necesariamente las capacidades deben estar al interior de la empresa. Mientras se desarrollan las capacidades se pierde tiempo; pensar en 'brokers tecnológicos' que ayuden en casos puntuales. - Una de las capacidades clave resulta ser el dominio del inglés. - La negociación tecnológica considera la decisión de comprar/transferir/desarrollar. Se deben contar con premisas que soporten esta decisión. Incluye definir en qué tecnología quiero ser pionero o seguidor (estrategia tecnológica). - La organización debe contar con acceso a herramientas de valoración tecnológica.
14.1	Res: 3, 4, 6	Res: 1, 3, 4, 5	<ul style="list-style-type: none"> - La gestión tecnológica es global, más los análisis deben ser particulares, teniendo en cuenta el entorno. Se debe evaluar el impacto de la implementación sobre los sistemas existentes. - Las personas deben sentirse como parte de la toma de decisión, involucrándolas oportunamente. Los equipos deben combinar personas de diferentes miradas. - Se debe implementar tanto gestión del cambio (personas), como manejo del cambio (activos). - Debe existir un balance entre el proceso sistemático (control) y el empoderamiento de las personas (cultura de innovación). La asimilación debe fluir en las personas, más se requiere encausarla. - Se necesita que exista una evaluación Ex-Post (métricas). - La asimilación tecnológica debe ser oportuna, incluso desde años atrás que llegue la tecnología. - Definir muy bien quiénes van a recibir el conocimiento para que sea efectiva su transferencia.
15	Con: N.A.	Con: N.A.	<ul style="list-style-type: none"> - Contar con un proceso de gestión tecnológica permite tener un mejor control sobre el conocimiento que se genera. - Se deben caracterizar los conocimientos, tanto los que se tienen como los que no, definir aquellos claves, y priorizar su gestión. - Resulta valioso concentrar ciertas capacidades en un centro de excelencia (CoE). - Se resalta el valor de la universidad empresarial como plataforma de aprendizaje. - Implementar herramientas de gestión del conocimiento novedosas y diversas.

Nota. Elaboración propia.

ANEXO C. Descripción proceso gestión tecnológica

Tabla 28. Tareas del proceso de gestión tecnológica

Tareas/pasos	Descripción
Fase: identificación	
Detalle de la Necesidad/Problema/Oportunidad (NOP)	<p>Consiste en profundizar en el entendimiento de la necesidad, problema u oportunidad que se busca atender o capturar, desde el punto de vista técnico, económico, social, ambiental, normativo y de riesgos, identificando y obteniendo la información clave, para realizar análisis confiables. Se identifican las alertas para tener en cuenta, y acotar los elementos que se quieren abordar con el desarrollo de la iniciativa.</p> <p>El objetivo es entender de manera clara la NOP, y al contar con información más confiable, proponer alternativas de solución acorde con lo requerido, aumentando así la probabilidad de éxito.</p>
<i>Entendimiento con el área de Negocio</i>	Identificar y contactar las diferentes áreas del Negocio impactadas/beneficiadas por la NOP, para que sus expertos contribuyan al entendimiento de las dificultades/oportunidades según su experticia. Al finalizar esta tarea debe ser posible expresar la NOP en términos de requerimientos técnicos claros y medibles, llevando a lo mínimo posible las descripciones cualitativas.
<i>Consulta fuentes</i>	buscar información con entidades, proveedores, terceros, expertos y fuentes secundarias que permitan esclarecer el entendimiento de la NOP.
<i>Cuantificación valor de la NOP</i>	<p>Se cuantifica el valor (costo o beneficio que se está dejando de percibir) debido a la NOP identificada; se enuncian cualitativamente los daños potenciales de no actuar (multas, pérdida de imagen, materialización de riesgos, afectación a infraestructura).</p> <p>Con esto se busca observar de manera tangible el valor que se genera o destruye, y así determinar la viabilidad, desde las diferentes perspectivas de valor de la organización, de una posible solución.</p>
Vigilancia específica	<p>Conocer el estado del arte y/o desarrollo actual en el mercado sobre la temática, tecnología, proceso, producto, o equipos específicos a tratar, que contribuyan a atender la NOP. Adicionalmente, se busca conocer los precios de mercado y proveedores disponibles para una posible provisión.</p> <p>Con esta tarea se busca conocer opciones de solución a la NOP y obtener suficiente información y argumentos para realizar una priorización y posterior selección de la tecnología (tecnología, proceso, producto, o equipos específicos).</p>
<i>Definición de la temática a investigar</i>	Definir el alcance de la vigilancia y sus etapas.
<i>Definición de fuentes de información</i>	Definir las fuentes estratégicas de suministro de información.
<i>Búsqueda y análisis de información</i>	Se realiza búsqueda de información de acuerdo con las fuentes definidas y se procede a analizarla. Siempre y cuando sea posible, se deben priorizar las diferentes tecnologías encontradas.
<i>Documentación y socialización información</i>	<p>Realizar informe con los resultados obtenidos de la búsqueda y análisis.</p> <p>Realizar socialización de los resultados con los interesados.</p>

Tareas/pasos	Descripción
Fase: Análisis	
Análisis de alternativas	Se valora el impacto, los recursos requeridos y la agregación de valor de las posibles alternativas de solución identificadas en la vigilancia, y de acuerdo con estos resultados se priorizan dichas alternativas. Se busca asegurar el desarrollo de la alternativa de solución más costo-efectiva que satisfaga las necesidades.
<i>Definición de alternativas</i>	Cruzar la información obtenida en el detalle de la NOP con los de la vigilancia específica para listar las alternativas que se consideran viables (en este punto del desarrollo), con el fin de valorarlas y llegar a la selección de la más conveniente. Es importante en esta etapa hacerse preguntas sobre el nivel de riesgos que implicaría la implementación de las nuevas tecnologías intrínsecas a cada alternativa de solución, con el fin de observar la pertinencia de continuar con la fase de valoración o descartar algunas alternativas desde este momento.
<i>Determinación de elementos críticos</i>	se identifican todos los componentes necesarios que hacen parte de la solución y se determina cuáles son los elementos críticos.
<i>Evaluación de impactos riesgos, recursos y agregación de valor</i>	Valoración cuantitativa/cualitativa de los impactos, riesgos y recursos requeridos por cada una de las alternativas identificadas.
<i>Priorización</i>	Con el apoyo de herramientas para toma de decisiones, se evalúan y ordenan las alternativas en orden de mayor conveniencia para la atención de la NOP. Se debe seleccionar la herramienta de acuerdo con la complejidad de la iniciativa, desde las más simples (ej. beneficio/costo), hasta las más estructuradas (ej. Costo-riesgo-desempeño). Según sea el nivel de complejidad de la herramienta seleccionada, será el nivel de información requerido. Puede darse el caso que se decida desarrollar más de una alternativa.
Definición escenario de prueba	A partir de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) se debe definir, si para el nivel de madurez, y los riesgos asociados, se requiere la implementación de un escenario de prueba. Estos escenarios pueden ser: pruebas de concepto (PoC), proyectos piloto (PP), pruebas en sitio, pruebas de laboratorio, entre otros. Bajo cualquiera de estos escenarios es importante definir las hipótesis e indicadores a validar.
Planeación desarrollo	Planeación detallada para la ejecución de la iniciativa. se define el alcance, la estrategia, estimación y plan de costos y presupuesto, estimación de tiempos y definición de cronograma, estimación de recursos, identificación de interesados, identificación de restricciones y riesgos y sus planes de gestión, entre otros.
<i>Definición estrategia desarrollo</i>	Se determina la estrategia para el desarrollo de la iniciativa tecnológica, y a partir de allí se hace su planeación. Si bien para el sector explotador tecnológico el mecanismo más común y eficiente es la transferencia tecnológica desde los desarrolladores tecnológicos, es posible que en algunos casos sea necesario adelantar procesos de I+D+i en codesarrollo con otras entidades. Dado el sector específico, se espera que estos casos sean muy específicos, y de ser requeridos, inicien desde niveles de despliegue o desarrollo elevado (ej. TRL > 6).
<i>Identificación de interesados y establecimiento equipo base</i>	Identificación de las personas o grupos involucrados en la iniciativa. Se identifican los interesados, que tendrán diferente grado de favorabilidad hacia la iniciativa, como: proveedores, patrocinadores, líder, desarrolladores, comunidades, apoyos técnicos, entre otros; así mismo se identifican las necesidades de estos.

Tareas/pasos	Descripción
	Finalmente, se establece un equipo base con miembros de las dependencias identificadas como interesados, con el fin que durante la ejecución de la iniciativa se brinde soporte desde las diferentes ópticas que intervienen en la implementación de la solución (equipo multidisciplinario).
<i>Definición de alcance y restricciones</i>	Se delimita el alcance de la iniciativa, se definen principales entregables, etapas, y las restricciones que se deben tener en cuenta para su desarrollo. Identificar de manera general las adaptaciones que pueden implicar la implementación de la solución. Se define estrategia de provisión, ejemplo: contratación, alquiler, intercambio, préstamo, entre otros.
<i>Elaboración cronograma</i>	Estructuración de actividades en forma secuencial, las cuales tienen sus tiempos respectivos. Se definen las actividades necesarias para desarrollar la iniciativa, se asigna una duración, y se organizan de forma secuencial definiendo la relación entre estas (predecesoras y sucesoras). Por la naturaleza de este tipo de iniciativas, el cronograma definido es un estimado y podrá sufrir ajustes durante el desarrollo de la iniciativa.
<i>Estimación de recursos y medios de financiación</i>	Se obtiene la información con el fin de estimar los recursos necesarios para desarrollar la iniciativa. Se estima la cantidad de recursos humanos necesarios para la ejecución de las actividades que componen la iniciativa, así como la cantidad de materias primas, equipos, horas de asesoría, entre otros. Dentro de esta tarea es necesario definir cuáles serán las fuentes de financiación de la iniciativa, explorando la posibilidad de acceder a mecanismos de cofinanciación (ej. Convocatorias, fondos, beneficios tributarios, etc.)
<i>Valoración de escenarios de prueba y masificación</i>	Se realiza la valoración de la iniciativa planeada, tanto para el escenario de prueba como para la posible masificación de la tecnología en un periodo de evaluación. Para esto es necesario la definición de las inversiones necesarias para el desarrollo de la iniciativa planeada, acompañadas del flujo de ejecución en el tiempo. (incluye costos y gastos), al igual que los beneficios esperados. Se determina el presupuesto total de la iniciativa, su flujo de ejecución, estimación de costos por actividades, impuestos, pólizas, entre otros.
<i>Gestión de riesgos</i>	Análisis integral de los riesgos que implican los cambios asociados al desarrollo de la iniciativa. Se identifican los riesgos, se estiman los impactos, se clasifican, y se elabora un plan de mitigación y seguimiento para estos, así como medidas necesarias en caso de que se materialicen. Para el caso de iniciativas de innovación tecnológica este paso resulta clave, dado el elevado nivel de incertidumbre que se tiene sobre la tecnología misma, como de su interacción con un entorno novedoso.
<i>Formalización de acuerdos</i>	Oficializar los principales acuerdos de la iniciativa entre los patrocinadores. Se define y documenta entre otros, la información de alto nivel: líder de la iniciativa, justificación, alcance, objetivos, riesgos principales, entregables, recursos, restricciones, presupuesto, fecha inicio y fecha fin probable.
Fase: Adquisición	
Integración	Previo a la implementación de la solución, se realizan los ajustes necesarios dentro de los sistemas, procesos y/o tecnologías existentes, así como de la tecnología por introducir, permitiendo así que se cuente con los recursos y entorno propicio. El éxito de las implementaciones de soluciones tecnológicas novedosas depende directamente de la correcta orquestación que se logre entre estas y el entorno existente.

Tareas/pasos	Descripción
<i>Análisis y validación de condiciones para el funcionamiento</i>	Identificar funcionalidades de los elementos que componen la solución, sus características, analizar y validar sus condiciones de funcionamiento en el entorno de la organización tal que se pueda lograr el objetivo esperado.
<i>Adecuación de características de funcionamiento</i>	Realizar las adecuaciones necesarias de acuerdo con las validaciones de funcionamiento y características analizadas. Realizar el diseño de la solución ajustada; este puede ser técnico o involucrar cambios de procesos. Para ello, se debe incluir una arquitectura tecnológica que involucre todos los elementos del sistema y sus interrelaciones con otros sistemas, procesos y/o aplicaciones.
Provisión	Materializar la estrategia de provisión para que la empresa tenga la experiencia más costo-eficiente que le permita adquirir la información requerida para el análisis de la tecnología, validar su funcionamiento y comprobar posibles beneficios. El esquema de provisión seleccionado debe tener en cuenta consideraciones específicas sobre la transferencia tecnológica entre el fabricante y la empresa, según se requiera.
<i>Detallar estrategia de provisión</i>	Revisar, ajustar de ser necesario, y detallar la estrategia de provisión: contrato de compra, alquiler, intercambio, préstamo, entre otros. Un punto clave resulta ser la selección del esquema de contratación a implementar. Los esquemas convencionales (ej. Compraventa por licitación) no resultan ser los más adecuados, toda vez que en este tipo de transacciones no es posible contar con la información necesaria desde las etapas tempranas; se deben evaluar mecanismos flexibles que permitan realizar ajustes del alcance, adaptar los requerimientos según sea el avance, etc.
<i>Planear provisión</i>	Estimar los recursos, tiempo, definir actividades con responsables, y llevar a cabo aquellas necesarias para desarrollar la provisión.
<i>Negociación</i>	Adelantar el proceso de negociación tecnológica con el(los) proveedor(es). En esta etapa se deben definir, entre otras, las estrategias de transferencia tecnológica a ser implementadas a través de la adquisición.
<i>Ejecutar la provisión</i>	Realizar las acciones necesarias para materializar la estrategia de provisión.
Fase: Explotación	
Asimilación	Se prepara a las personas antes y durante el uso de la tecnología, se realiza acompañamiento y se complementan las necesidades adicionales y ajustes en el proceso que se requieran. Con esto se busca facilitar la asimilación de la nueva tecnología, garantizando que la dimensión personas se habilita para el incorporar el cambio tecnológico.
<i>Identificación de actividades requeridas para la apropiación</i>	Se levantan las necesidades de las personas para la correcta apropiación de la tecnología, entendiendo los cambios que traerá consigo, además se definen los medios y/o herramientas para facilitar dicha apropiación, como pueden ser: información escrita o multimedia sobre el cambio tecnológico, capacitaciones presenciales o virtuales, entre otros.
<i>Planeación de actividades</i>	Revisar, ajustar y reestructurar de ser necesario las actividades definidas para la apropiación en planeación y su cronograma de desarrollo.
<i>Ejecución actividades de asimilación</i>	Llevar a cabo las actividades planeadas, garantizando que se entregue la información y/o las personas se expongan a las experiencias prácticas necesarias para la apropiación de la nueva tecnología.
<i>Seguimiento a la implementación de la tecnología</i>	Vigilar por medio de observación directa la implementación de la nueva tecnología en el día a día, y sus resultados a través del tiempo.

Tareas/pasos	Descripción
<i>Retroalimentación y ajustes para la prueba y/o masificación de la tecnología</i>	Recopilar por parte de las personas impactadas por la nueva tecnología y que han sido público objetivo de las actividades de apropiación, la retroalimentación que permita la mejora de la asimilación tecnológica y la atención de las posibles necesidades no cubiertas aplicables a la prueba y/o masificación del uso de la tecnología.
Implementación	Se realiza la entrada en operación de la solución tecnológica de acuerdo con lo definido en el subproceso planeación con el fin de validar las hipótesis que fueron planteadas y adquirir el conocimiento necesario que facilite la toma de decisión en torno a la masificación de la solución.
<i>Preparación para la implementación</i>	Se construyen y/o complementan elementos tales como indicadores o métricas para validar los beneficios esperados de la tecnología. Se garantizan las adecuaciones locativas requeridas y se establecen los tiempos definitivos de implementación, entre otros.
<i>Explotación de la tecnología</i>	Se realiza la explotación de la solución tecnológica dentro del ambiente de la organización.
<i>Acompañamiento funcionamiento de la tecnología</i>	Se observa el funcionamiento de la tecnología, y se recopila la información requerida para la medición de los indicadores y posterior validación de las hipótesis o supuestos iniciales, y en caso de ser necesario se realizan los ajustes técnicos para tal fin.
Fase: Evaluación	
Validación de hipótesis	Se adelanta la comparación entre los objetivos de la iniciativa con los resultados obtenidos en la asimilación/implementación de la tecnología. A partir de los resultados, cualitativos y cuantitativos obtenidos, se establecen las conclusiones sobre el comportamiento de la iniciativa. A través de esta comparación, con la información disponible y su incertidumbre asociada, se logra tomar la mejor decisión sobre la viabilidad de continuar con la implementación de la solución tecnológica (masificación/aceleración).
<i>Definición de métodos y herramientas</i>	Se establecen las metodologías y herramientas que se van a utilizar para realizar las comparaciones y evaluaciones requeridas. En función de la información disponible se pueden llegar a utilizar herramientas más complejas, que permiten obtener resultados más concluyentes.
<i>Ejecución de mediciones y análisis</i>	Ejecutar las mediciones de variables e indicadores definidos y desarrollar un análisis profundo de los resultados que permitan valorar los objetivos e indicadores previstos desde la etapa de planeación, con el fin de determinar los resultados de la iniciativa.
Fase: Cierre	
Documentación	De acuerdo con el análisis realizado (evaluación), se detallan las conclusiones y recomendaciones para elaborar el informe final que se comunica a los involucrados. En esta tarea se recopilan todos los aprendizajes (lecciones aprendidas) en relación con la ejecución del proceso de gestión tecnológica como tal, y se ofrecen sugerencias para mejoras del proceso. La documentación de la iniciativa permite a la organización la protección del conocimiento producido durante su ejecución, generando así ventajas competitivas.
<i>Análisis del cumplimiento de objetivos</i>	El análisis realizado deberá arrojar la respuesta a preguntas como: ¿Se cumplieron las hipótesis que se habían definido sobre el funcionamiento de la tecnología? ¿Qué beneficios adicionales y/o dificultades se encontraron en la implementación de la tecnología?

Tareas/pasos	Descripción
<p><i>Definición de recomendaciones</i></p>	<p>¿Qué nuevos riesgos se identificaron en la implementación de la tecnología que deben ser tenidos en cuenta en la posible masificación?</p> <p>El análisis realizado deberá arrojar la respuesta a preguntas como: ¿se debe acelerar/masificar la implementación de esta tecnología? (sí/no) De ser el caso, ¿de qué forma se debe realizar la aceleración/masificación? ¿Es necesario ampliar el tiempo de análisis?</p> <p>Si se ha desarrollado e implementado infraestructura física, herramientas informáticas, o cualquier tipo de activos, ¿cuál será el destino final de estos?</p>
<p><i>Cierre gestión de riesgos</i></p>	<p>Se debe hacer un cierre de la gestión de riesgos de la iniciativa, documentando los resultados de la implementación del plan de mitigación, nuevos riesgos identificados/atendidos, y los principales aprendizajes sobre esta gestión. En caso de recomendar una implementación masiva de la solución, este cierre será el punto de partida para la gestión de riesgos de la masificación.</p>
<p><i>Construir informe final de conclusiones y recomendaciones</i></p>	<p>Documentar los resultados de los análisis. En esta tarea se elaboran, de ser pertinente, la generación de productos de conocimiento externalizables como: publicaciones académicas, ponencias, webinars, artículos de revistas, etc.</p>
<p><i>Recomendación</i></p>	<p>Con esta tarea se da el cierre definitivo a la iniciativa planteada, comunicando a los interesados las conclusiones y recomendaciones finales. Con esta tarea se divulga de manera concreta las recomendaciones a los interesados sobre la iniciativa, con lo cual se logra minimizar la posibilidad de ejecutar acciones en perjuicio de los negocios, o tener reprocesos sobre el mismo tema. Adicionalmente, se realiza un cierre formal a la iniciativa, reduciendo la posibilidad de tener 'iniciativas perpetuas' que nunca ofrecen resultados concretos a la organización. Finalmente, se obtiene una evaluación propia del proceso, lo cual es fundamental dentro del ciclo de mejoramiento continuo. Dentro de las recomendaciones se debe determinar si el conocimiento adquirido dentro del proceso es sujeto a algún tipo de protección, y/o tiene potencial de difusión con carácter comercial.</p>
<p><i>Socialización de resultados y conclusiones</i></p>	<p>Realizar la reunión de socialización con los interesados.</p>
<p><i>Evaluación de comercialización/protección</i></p>	<p>La organización debe definir si la producción de conocimiento, tanto explícito como implícito, es objeto de algún tipo de protección y/o comercialización. En el primer caso es posible que se apliquen mecanismos sencillos como la divulgación académica y sectorial, o se requieran procesos formales de protección de propiedad intelectual. En el segundo caso, de encontrarse algún tipo de potencial general, se deberá detonar una iniciativa específica con el fin de evaluar las oportunidades de negocio frente a la comercialización del conocimiento generado.</p>
<p><i>Recolección de lecciones aprendidas</i></p>	<p>Recolección y documentación de las sugerencias (lecciones aprendidas) sobre la aplicación del proceso de gestión tecnológica en la iniciativa específica, con el fin de incluirlas dentro del ciclo de mejora continua, y ajustar lo que aplique.</p>
<p>Realimentación y seguimiento al proceso</p>	<p>Seguimiento al grado de cumplimiento de los objetivos e hipótesis planteados, así como al alcance, costo y tiempo durante el desarrollo de la iniciativa, identificando las posibles desviaciones con respecto a lo planeado y proponiendo ajustes. Con esta tarea se busca garantizar el cumplimiento de los objetivos de la iniciativa, el uso eficiente de los recursos disponibles, y obtener alertas tempranas en cuanto si seguir o terminar la iniciativa.</p>

Nota. Elaboración propia.

ANEXO D. Modelo de interacción sistémico para la gestión tecnológica de empresas de servicios públicos (ajustado)

Tabla 29. Principios modelo para la gestión tecnológica (ajustado)

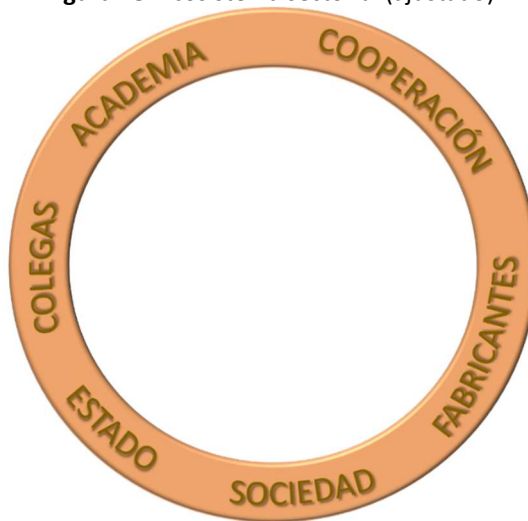
No.	Principio original	Principio ajustado
1	El capital tecnológico, como recurso base de las organizaciones, está representado en el conocimiento que permite el desarrollo de capacidades para obtener nuevos y mejores productos, procesos y servicios.	La base tecnológica (sistemas tecnológicos) de las organizaciones es el recurso base que permite el desarrollo de capacidades para obtener nuevos y mejores productos, procesos y servicios, y en torno a esta debe realizarse una adecuada gestión que promueva su uso de manera eficiente.
2	La tecnología debe encajar dentro de la estrategia global de la empresa, tanto de forma estructurada y formal (<i>top-down</i>), como de manera natural (<i>bottom-up</i>).	La tecnología debe encajar dentro de la estrategia global de la empresa, tanto de forma estructurada y formal (<i>top-down</i>), como de manera natural (<i>bottom-up</i>).
3	Las personas que constituyen la organización resultan ser elemento clave como dinamizadores del flujo de conocimiento tecnológico.	El capital humano organizacional debe ser el elemento dinamizador del flujo de conocimiento tecnológico, y con ello promover su crecimiento.
4	Se requiere el desarrollo de procesos sistemáticos y formalmente estructurados que permitan atender de manera adecuada los riesgos -dado el nivel de incertidumbre asociado-, logrando así un uso eficiente de los recursos.	Se requiere el desarrollo de procesos sistemáticos y formalmente estructurados que permitan atender de manera adecuada los riesgos -dado el nivel de incertidumbre asociado-, logrando así un uso eficiente de los recursos.
5	La toma de decisiones en torno al capital tecnológico de la organización implica un análisis de balanceo (<i>trade-off analysis</i>) entre los intereses de los diversos implicados.	La toma de decisiones en torno a la base tecnológica de la organización requiere implementar análisis integrales de balanceo (<i>trade-off analysis</i>) entre los diversos intereses que se involucran, tanto a nivel interno como externo, considerando costos, beneficios y riesgos asociados.
6	Una perspectiva sistémica aporta una visión integral sobre la gestión de la tecnológica en las organizaciones.	La gestión tecnológica en las organizaciones debe ser estructurada desde una perspectiva sistémica (<i>system thinking</i>), considerando que, i) opera de manera interconectada con la gestión estratégica y procesos operativos, ii) los problemas de gestión tecnológica dependen del contexto (interno y externo) y varían con el tiempo iii) estos problemas se deben plantear a través de relaciones de causa y efecto, de tal forma que las soluciones se centren en las causas fundamentales y no en los síntomas, iv) la gestión tecnológica debe ser entendida desde diversas dimensiones, desde la tecnología misma, requieren verse integradas constituyendo un 'sistema de

No.	Principio original	Principio ajustado
		sistemas' (<i>systems of systems -SoS-</i>), y v) la capacidad tecnológica de las empresas no es estática; la gestión tecnológica evoluciona a través de transformaciones propiciadas tanto por motivaciones internas (recurso tecnológico), como por estímulos desde el exterior (mercados, clientes, desarrollo tecnológico).

Principio ajustado.

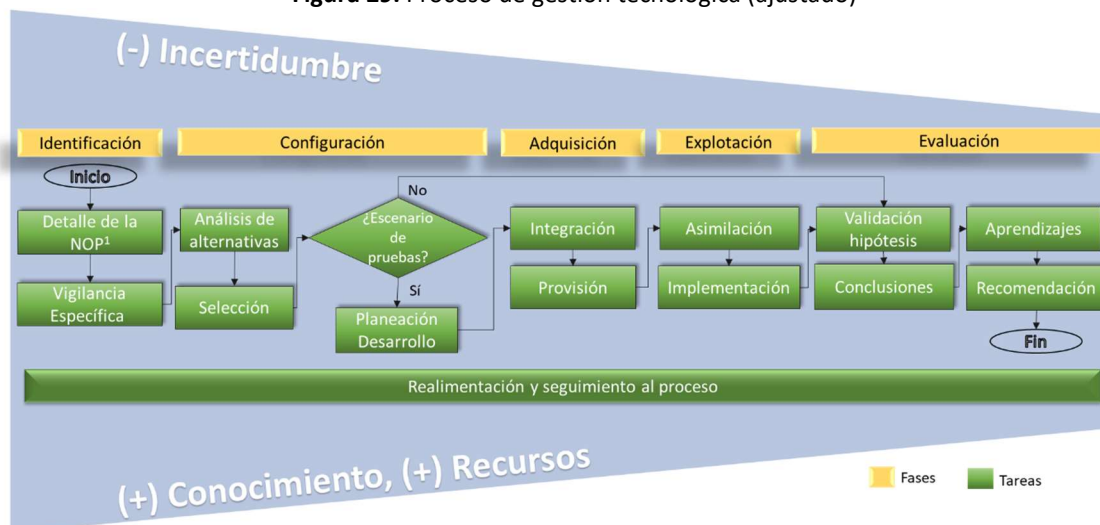
Nota. Elaboración propia.

Figura 28. Ecosistema sectorial (ajustado)



Nota. Elaboración propia.

Figura 29. Proceso de gestión tecnológica (ajustado)



1. NOP: Necesidad, oportunidad o problema.

Nota. Elaboración propia.