



Revista Politécnica

ISSN: 1900-2351

ISSN: 2256-5353

rpolitecnica@elpoli.edu.co

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Colombia

Quintero-Ramírez, Santiago; Madrigal-Benítez, Douglas Alejandro;
Aguillón-Gómez, Juliette Vanessa; Escobar, Jhon Fredy
ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN UN SISTEMA
REGIONAL AEROESPACIAL LOCALIZADO MEDIANTE UN MODELO PLS -SEM
Revista Politécnica, vol. 19, núm. 37, 2023, Enero-Junio, pp. 57-82
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a5>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607874723005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN UN SISTEMA REGIONAL AEROSPACIAL LOCALIZADO MEDIANTE UN MODELO PLS -SEM

Santiago Quintero-Ramírez¹, Douglas Alejandro Madrigal-Benítez², Juliette Vanessa Aguillón-Gómez³, Jhon Fredy Escobar⁴

¹Ph.D Ingeniería Industria y Organizaciones, Corporación Clúster Aeroespacial Colombiano, Pasante Posdoctoral, Medellín, Colombia, Santiago.quintero1972@gmail.com

²Estudiante de Maestría en Gestión de la Tecnología, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Antioquia, Colombia, douglasalejandro.madrigal@upb.edu.co

³Especialista en gestión de la innovación y la tecnología, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Antioquia, Colombia, juliette.aguillon@upb.edu.co

⁴Ph.D en Administración, Corporación Universitaria Remington, Profesor /grupo de investigación Mundo Internacional/Facultad de Ciencias Empresariales, Medellín, Colombia, jhon.escobar@uniremingiton.edu.co

RESUMEN

Se realizó el análisis de las capacidades de innovación tecnológica (CIT) de un Sistema Regional de Innovación Aeroespacial (SRIA), a través de un modelo PLS-SEM. El modelo concibe que las CIT inciden en el aprendizaje tecnológico del sistema. La metodología utilizada configuró un instrumento que fue puesto a prueba con las empresas asociadas SRIA, seguido, se procedió a validar la consistencia y fiabilidad del sistema de medición y evaluación de las CIT, a través del coeficiente alfa de cronbach's para, finalmente, refinar a partir de la aplicación PLS SEM, apartando las variables que no fueron representativas para el sistema. Se concluye que el conjunto de variables seleccionadas, consolida un constructo que facilita la medición y evaluación y otorga información de los niveles de desarrollo de las CIT en el periodo de observación y de la incidencia del aprendizaje tecnológico evidenciado en la acumulación de las CIT del SRIA.

Palabras clave: Capacidades de innovación tecnológica, Sistema regional de innovación, Industria Aeroespacial

Recibido: 17 de diciembre de 2022. Aceptado: 15 de enero de 2023
Received: December 17, 2022. Accepted: January 15, 2023



ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION CAPABILITIES IN A LOCALIZED REGIONAL AEROSPACE SYSTEM USING A PLS -SEM MODEL

ABSTRACT

The analysis of the technological innovation capabilities (TIC) of a Regional Aerospace Innovation System (RAIS) was carried out through a PLS-SEM model. The model conceives that TIC influence the technological learning of the system. The methodology used configured an instrument that was tested with RAIS partner companies, followed, the consistency and reliability of the TIC measurement

and evaluation system was then validated, through the cronbach's alpha coefficient and, finally, refined through the PLS SEM application, removing the variables that were not representative for the system. It is concluded that the set of variables selected consolidates a construct that facilitates measurement and evaluation and provides information on the levels of TIC development in the observation period and the incidence of technological learning evidenced in the accumulation of TIC in the RAIS.

Keywords: Technological innovation capabilities, Regional innovation system, Aerospace Industry, Technological learning.

Cómo citar este artículo: Quintero-Ramírez, S., Madrigal-Benítez, D. A., Aguillón-Gómez, J. V., Escobar, J. F. (2023). "Análisis de las capacidades de innovación tecnológica en un sistema regional aeroespacial localizado mediante un modelo PLS -SEM" Revista Politécnica, 19(37), 57-82. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a5>

1. INTRODUCCIÓN

Las capacidades de innovación tecnológica (en adelante CIT) desarrollan habilidades para utilizar eficazmente los conocimientos tecnológicos y organizacionales para la innovación en las organizaciones [1]. Estas habilidades no son inherentes al conocimiento que posee la firma, sino al uso de y competencia de su uso que se le dé a dicho conocimiento para desarrollar, producir e invertir para la innovación [2]. Las CIT presentan similitud con otros conceptos que se han desarrollado a la luz de la teoría basada en los recursos [3] como el esfuerzo tecnológico [4], la capacidad tecnológica [5] – [10] y la adaptación a los cambios tecnológicos para satisfacer las necesidades actuales y futuras [11] – [13].

Enfoques recientes en el contexto de las organizaciones [1], [14], [15], [16], así como trabajos seminales que consideran las CIT como un factor clave de la ventaja competitiva, consideran que las CIT facilitan y respaldan la estrategia de innovación tecnológica en la firma [17] – [23], además han centrado su objetivo, en precisar y delimitar las CIT para evaluar el desempeño de la firma, a través de los procesos de aprendizaje [2], [20], [24] - [27], asociados a la construcción de una base mínima de conocimientos, esenciales para ejercer la actividad innovadora para responder de manera eficiente al entorno.

Actualmente, la industria aeroespacial en Colombia realiza innovaciones tecnológicas por excelencia, su transferencia tecnológica es clave como tractora de inversión extranjera directa orientada a la investigación y el desarrollo tecnológico [28]. El grado de madurez de las CIT que actualmente evidencian algunas firmas e instituciones de la industria aeroespacial colombiana, es clave para el desempeño del sector, sin embargo, se evidencian restricciones a la hora de construir y acumular las CIT con problemáticas como: inexistencia de convenios formales, falta de organización, falta de experiencia en la gestión de contratos tecnológicos y el desconocimiento de las funciones tecnológicas al interior de las empresas que conforman los diferentes clúster empresariales de carácter localizado que hacen parte de los Sistemas Regionales de Innovación Aeroespacial (en adelante SRIA) en Colombia. El clúster aeroespacial colombiano localizado en el Departamento de Antioquia (CAESCOL), ha evidenciado en algunos estudios, baja capacidad de las empresas que le componen para hacer uso del conocimiento técnico y así superar barreras para transferir y/o apropiar tecnología. Desde dicha perspectiva, se ha identificado que la industria aeroespacial, para su crecimiento, requiere del fortalecimiento de las CIT que permitan articular de manera organizada el SRIA, y para ello es fundamental tener métodos e indicadores internacionales que permitan medir y evaluar las CIT [29] de los diferentes actores que hacen parte del SRIA, al igual que se debe conocer, cuáles son las competencias medulares que generan ventajas competitivas al sector y cómo se está especializando a nivel regional las empresas asociadas a CAESCOL, a través de la interacción entre actores (firmas que exploran, explotan e intermedian), con base en las señales que demanda el entorno competitivo.

Siendo la industria aeroespacial una de las apuestas productivas y competitivas de Colombia y en particular el SRIA de Antioquia, ¿cuál es el modelo de medición y evaluación de las CIT para evaluar el desempeño y mejorar y fortalecer la competitividad de los diferentes actores que componen el SRIA de Antioquia? Desde dicha perspectiva, un modelo de medición y evaluación de las CIT, ayudaría a establecer variables que ayuden en las políticas y estrategias de especialización, además de fortalecer las competencias modulares y la competitividad del SRIA en Antioquia. Desde tal perspectiva, el objetivo fundamental de este artículo, fue analizar las CIT del SRIA, a través de un Modelo PLS SEM, donde se concibe que las capacidades y los recursos inciden en el aprendizaje tecnológico del SRIA.

Para tal fin, se presenta en el apartado dos, el marco teórico y referencial que hace alusión a las CIT como un elemento clave de cualquier SRIA y los métodos de análisis multivariante de segunda generación con mínimos cuadrados parciales, seguido en el apartado tres, se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de un modelo PLS SEM en tres fases: la primera fase realiza un análisis preliminar de las características de los datos, la segunda fase, señala como se seleccionaron las variables e indicadores y, por último, en la última fase, se evidencian como se realizaron los análisis de las relaciones entre las variables y la definición de constructos según el modelo conceptual. Por último, en el apartado cuatro y cinco se presentan los análisis de los resultados y las conclusiones, las cuales evidencian que un sistema de medición y evaluación de las CIT, permite identificar los diferentes niveles de desarrollo de las CIT de las firmas que componen el SRIA en una línea de tiempo sugerida. Adicionalmente, los constructos definidos a partir de la interacción entre las variables responden al modelo teórico planteado por algunos autores y reportados en la literatura especializada.

2. MARCO TEÓRICO o REFERENCIAL

Las capacidades tecnológicas como elemento clave de los SRI: Los modelos de medición y evaluación de las CIT y los diferentes enfoques de los sistemas de innovación son resaltados en la literatura, por la existencia de diferentes y múltiples problemas metodológicos en cuanto a la medición y evaluación de las capacidades [30], en particular en los Sistemas Regionales de Innovación. Desde dicha perspectiva, la literatura revela que un Sistema Regional de Innovación, está constituido por tres subsistemas asociados estos a las funciones de los sistemas de innovación (Generación, Difusión y/o Intermediación y Explotación del conocimiento), que a su vez están compuestos por actores o agentes que emergen, se adaptan, compiten y cooperan entre ellos [31] en una nación o en una región. Para que las relaciones sean sistémicas entre estos agentes, se debe desarrollar cierto grado de relacionamiento operativo y de gestión [32]. Los actores de un Sistema Regional de Innovación pueden ser caracterizados y analizados desde sus funciones asociadas a sus CIT. Sin embargo, medir dichas capacidades sigue siendo aún un reto para los diferentes sectores industriales y sus actores o agentes que componen el sistema

La perspectiva de sistemas ha sido ampliamente adoptada para estudiar el fenómeno de la innovación y sus sistemas de conocimiento, dada la importancia de las interacciones entre los actores que integran los sistemas de innovación, que cumplen las funciones de creación, difusión y uso del conocimiento tecnológico. Tales funciones son esenciales para que un sistema pueda ser considerado como un sistema de innovación [33]. Estos propósitos son alcanzados a través de las CIT aportadas por estos actores que interactúan y conforman el sistema, quienes en última instancia buscan suplir las necesidades de un entorno competitivo [34], [35]. Estas capacidades son las que permiten tipificar y diferenciar a cada agente, haciéndoles heterogéneos. Las capacidades que se requiere combinar para un proceso de innovación que implique generación, difusión y uso del conocimiento son:

- Capacidades de Investigación y Desarrollo Experimental (Cap I+D)
- Capacidades de Difusión y de intermediación (Cap DI)
- Capacidades de Apropiación de 4RI para la Producción y Mercadeo (Cap PM)

La combinación de capacidades que posee un actor en un sistema es lo que lo caracteriza y le permite crear innovaciones por sí mismo o interactuando con otros actores del SRI. En particular, para introducir adecuadamente las innovaciones y la transferencia de tecnología, los agentes deben tener una alta capacidad de difusión, esto se logra facilitando la interacción entre la oferta y la demanda y el conocimiento de las necesidades tecnológicas.

El SRI en el que interactúan los actores del clúster aeroespacial de Antioquia, es concebido como un sistema abierto, socialmente construido y ligado a otros sistemas regionales, nacionales y globales dentro de una perspectiva multinivel de gobernanza [36]. Hoy día el factor clave para obtener ventajas competitivas es el conocimiento y las capacidades de innovación que de él se derivan [30], [37], siendo estas últimas un factor clave de especialización de los actores del Sistema Regional de Innovación.

El Método de análisis multivariante de segunda generación con mínimos cuadrados parciales

-PLS-SEM: Los modelos de ecuaciones estructurales (en adelante SEM) se utilizan para establecer la relación de dependencia entre variables. Esto significa que los modelos integran una serie de ecuaciones lineales y establecen cuáles de ellas son dependientes o independientes de otras, debido a que dentro de un modelo se pueden encontrar variables independientes que en otra relación podrían ser dependientes de otras.

El SEM se considera una extensión de varias técnicas multivariantes de regresión múltiple, principalmente el análisis factorial y el análisis de rastro. Esta técnica incluye el análisis de la estructura de covarianza, el análisis de la variable latente, el análisis factorial confirmatorio e, incluso, el análisis relaciones estructurales lineales.

Los SEM permiten, en primer lugar, crear modelos de error de medición que incorporan constructos abstractos e inobservables (variables latentes y variables teóricas inobservables). Modelan la relación entre múltiples variantes predictoras (independientes o exógenas) y variables criterio (dependientes o endógenas). Por lo tanto, trabajan con variables observables o medibles (las que tienen un valor de entrada) y una o varias variables latentes o no observables (las que no tienen valor y pueden utilizarse como concepto), reforzando las correlaciones utilizadas y realizando estimaciones más precisas de los coeficientes estructurales. Hair et al., [38] clasifican los métodos multivariantes o de primera y segunda generación como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de métodos multivariantes.

Técnica	Principalmente exploratorio (predictiva)	Principalmente confirmatorio (probatorias o explicativa)
Técnicas de primera generación	Análisis de conglomerados, análisis factorial exploratorio, escalamiento multidimensional	Análisis de varianza, regresión logística, regresión logística múltiple, análisis factorial confirmatorio.
Técnicas de segunda generación	PLS-SEM	CB-SEM

Fuente: Hair, Risher, Sarstedt y Ringle (2018). [38]

Como se ha mencionado, el PLS-SEM es un método para el análisis de relaciones complejas entre variables que permite explicar los datos observados y el análisis predecible como elementos relevantes en la investigación científica. En segundo lugar, el PLS- SEM se desarrolló para reflejar las condiciones teóricas y empíricas de las ciencias sociales y del comportamiento. Según Hair et al., [38], la técnica PLS puede utilizarse tanto para la investigación explicativa (confirmatoria) como

para la exploratoria (predictiva). Por ello, debido a la naturaleza de la presente investigación, se elige el PLS-SEM como el modelo ideal para la representación de las relaciones entre las variables estudiadas.

En resumen, el SEM permite proponer el tipo y la dirección de las relaciones que se espera encontrar entre las diversas variables contenidas, permitiendo estimar los parámetros que vienen especificados por las relaciones propuestas teóricamente. También se define como una modelización confirmatoria ya que el interés fundamental es confirmar, a través del análisis de la muestra, las relaciones propuestas entre las variables del estudio.

3. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el municipio de Rionegro, donde se encuentra asentado el aeropuerto José María Córdova, que sirve a Medellín y su área metropolitana; sin embargo, dado el impacto del dicho aeropuerto la cobertura de la investigación fue de alcance regional, la muestra utilizada fue de 17 empresas que componen el SRIA conocido como Clúster aeroespacial de Colombia CAESCOL.

Fases de la metodología: Se desarrolló un modelo PLS-SEM a través de tres fases, evaluado mediante el software “medición de las capacidades tecnológicas para la innovación”. La fase I realizó el análisis preliminar de las características de los datos, la fase II, seleccionó las variables e indicadores y la fase III, finaliza con el análisis de las relaciones entre las variables y la definición de constructos según el modelo conceptual (ver figura 1). Para el análisis preliminar de los datos se tuvo en cuenta la muestra completa obtenida a través de la herramienta (app desarrollada)¹ y se evaluó que no fueran normales dado que facilita su modelamiento con PLS-SEM que, además, es capaz de manejar insuficiencia de datos y acomoda los constructos medidos formativamente [39]

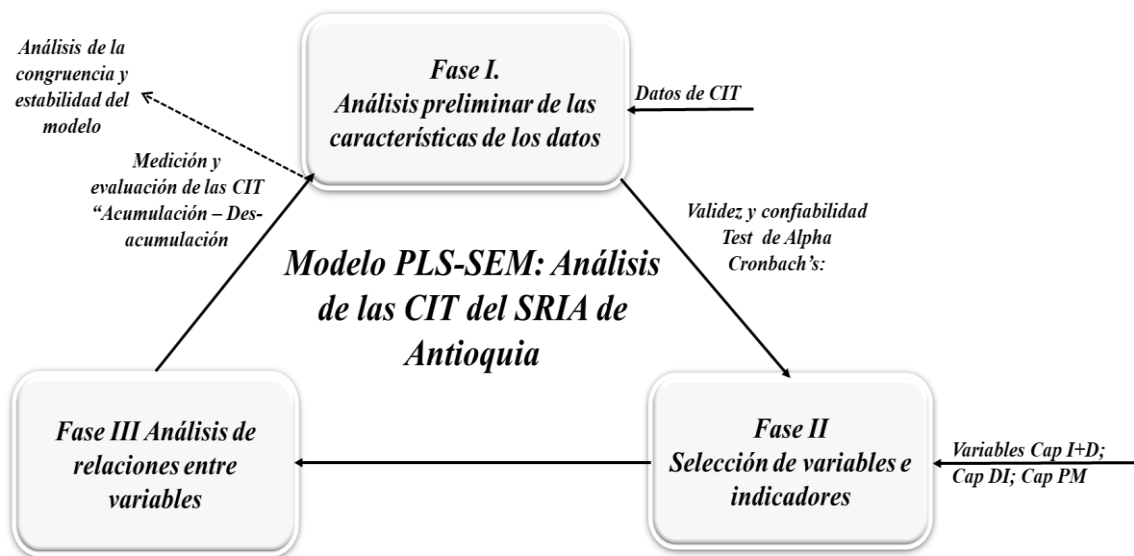


Figura 1. Metodología para la construcción de un modelo PLS-SEM
Fuente: elaboración propia de los autores.

¹ App registrada en la SIC como herramienta para consolidar la información de las CTI del SRIA. Para más detalles ver enlace web: <https://capacidades.bubbleapps.io/version-test>

Fase I: se seleccionó un sistema de variables a partir de los estudios más relevantes reportados de la literatura especializada. Para la evaluar el nivel de las CIT se siguieron los trabajos realizados por Lall [12][40] y Dutrénit [41] así: CIT avanzadas, CIT intermedias y CIT básicas. Es de anotar que esta fase inicia previa revisión de la literatura especializada de los diferentes modelos y variables que miden las CIT en la industria y en particular, en el sector aeroespacial.

Esta fase realizó un primer acercamiento al diagnóstico y caracterización de los actores que componen el SRIA, además, se identificaron los actores generadores de conocimiento con capacidades en Investigación y Desarrollo del sistema como, por ejemplo: instituciones de educación superior (IES) que desarrollan temas relacionados con la industria aeroespacial (ingenierías, software, electrónica entre otros) reconocidos en el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para 2019. De igual forma, se identificaron los actores reconocidos por el SNCTel de MINCIENCIAS para el 2020 como laboratorios y centros de I+D que realizan y desarrollan trabajos con la industria aeroespacial. Para los explotadores se tuvo en cuenta aquellas empresas grandes, medianas, pequeñas asentadas en la zona de influencia del clúster en inmediaciones del aeropuerto José María Córdoba en reportes oficiales al 2020 y cercanos a la industria aeroespacial. Luego de tener dicho inventario de actores, se procedió a caracterizar el SRIA de acuerdo con la función que desempeña cada actor así:



Figura 2. Caracterización de las CIT de un SRIA de acuerdo con sus competencias.

Fuente: Tomado de (Quintero Ramirez & Ramirez Giraldo, 2018)

- **Función de Generación (CIT de Investigación y Desarrollo):** Se realizó una evaluación del grado de madurez de las CIT asociadas a las variables y factores de Investigación básica pura, orientada, aplicada y desarrollo experimental como, por ejemplo: patentes, modelos de utilidad, nuevos desarrollos, publicaciones, además de otras variables reconocidas y reportadas por índices o la literatura especializada que dan cuenta de la función de generación de nuevo conocimiento y tecnologías.
- **Función de Difusión (CIT de difusión, vinculación):** Se identificaron las instituciones que desarrollan funciones de intermediación y que tienen el rol de habilitadores de manera directa o por delegación de alguna del nivel nacional, regional o departamental para los SRI en estudio.

- **Función de Uso (CIT de apropiación para la producción y de mercadeo):** Se realizó una consulta a las cámaras de comercio (Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño y Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, que tienen influencia en la zona estudiada, para identificar las empresas que se encuentran asentadas en el territorio; empresas que hacen parte del Clúster Aeroespacial Colombiano (Caescol) y al Centro Nacional de Tecnologías Aeronáutica (Aeroclúster).

Fase II: En esta fase, se señala e ilustra el número de variables seleccionadas (ver tabla 2) según las capacidades de innovación aportadas por los actores que interactúan y conforman el sistema [34], [35], son asociadas al Modelo de Congruencia Sistémica propuesto por Nadler y Tushman [42], [43]. Los autores proponen que la gestión de la organización se realiza mediante directrices corporativas y a través de las personas.

El modelo se ajustó para estimar el grado de las CIT. Además, el modelo cuenta con cuatro dimensiones: i) dimensión formal, relacionan la estructura y relaciones jerárquicas, así como los procesos que se adoptan para que se ejecuten las tareas en una organización; ii) dimensión informal, están directamente relacionados con la cultura y el ambiente institucional; iii) dimensión tecnológica, relaciona las tecnologías de proceso, máquinas y equipos para transformar las entradas en salidas “herramientas y métodos de trabajo”. A pesar de que la propuesta original de Nadler y Tushman describen las “tareas”, para este trabajo se adoptó la propuesta de la Universidad de Michigan, en el sentido de rescatar y enfatizar el contenido tecnológico, reemplazando “tareas” por “tecnología”; iv) dimensión de recurso humano, describe el conocimiento, la experiencia, las habilidades requeridas, las necesidades, las preferencias y las expectativas de reconocimiento e incentivos.

Estas variables fueron evaluadas dentro de una línea de tiempo para medir su evolución durante los periodos: actual, hace tres años y hace 5 años; de manera que se incluyen inicialmente 195 variables, más los indicadores resultantes del ejercicio de calcular el grado de madurez de las capacidades de las empresas con base en la escala definida por Lall [12] en la misma línea de tiempo.

Tabla 2: Número de variables de las CIT asociadas al Modelo de Congruencia Sistémica.

Agente	CIT	Dimensiones			
		Organización Formal (OF)	Organización Informal (OI)	Recursos Humanos (RH)	Tecnología (TI)
Explorador	Investigación	6	2	2	3
	Desarrollo	5	2	2	3
Intermediario	Difusión	4	2	3	2
	Vinculación	3	3	2	1
Explotador	Apropiación	2	2	2	4
	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Fase III: Construcción del modelo de medición y evaluación de las CIT. Para entender y analizar los procesos y sus relaciones, los clústeres se abordan como Sistemas de Innovación de carácter sectorial localizados, donde el funcionamiento de la red de las organizaciones de la cadena dependen de las interacciones para importar, modificar y difundir nuevas tecnologías ofrecidas por los actores desde sus diferentes funciones como lo son la generación, difusión y uso del conocimiento, las cuales son fundamentales para que se den los procesos de acumulación de las CIT y aprendizaje tecnológico [44]. Las CIT son definidas como la habilidad que posee un actor para hacer uso de los recursos con el fin de realizar alguna actividad [45], sin embargo, la comprensión

de estas relaciones o interacciones no son fáciles de analizar a causa de la heterogeneidad de los actores que componen un SRIA.

De acuerdo con lo anterior es importante conocer el nivel de las capacidades de los actores del SRIA para comprender sus funciones, relaciones e interacciones entre los distintos actores y su entorno, para esto se asociaron las CIT al modelo sistémico de congruencia organizacional propuesto por Nadler & Tushman [42] y sus cuatro dimensiones así:

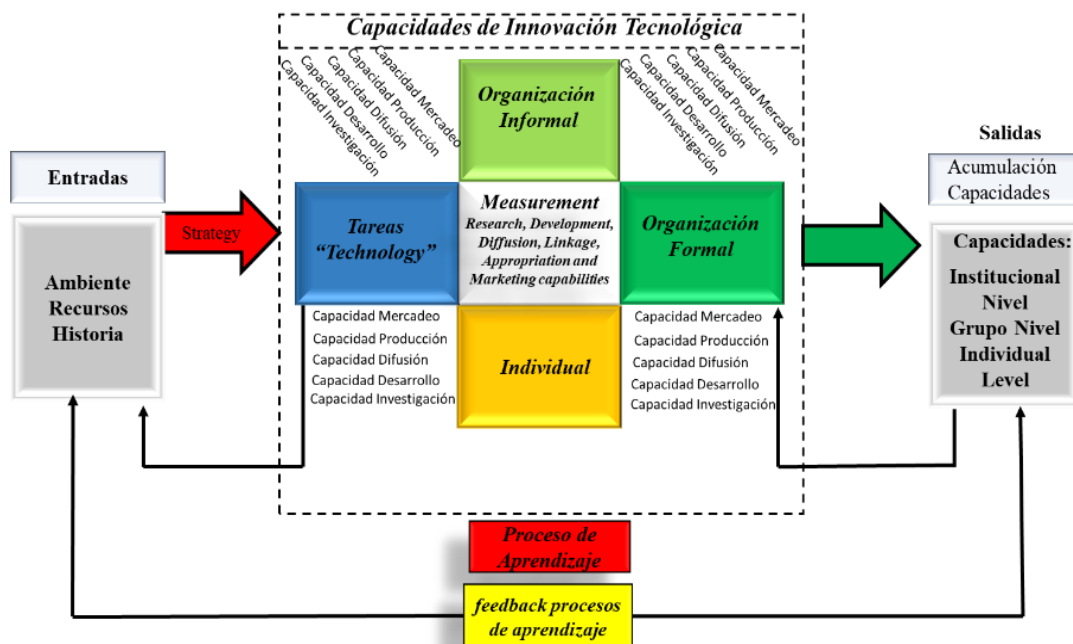


Figura 3. Modelo de Congruencia Sistémica de la Organización.
Fuente: Adaptado de (Nadler & Tushman, 1980)

A cada dimensión se le asocian variables de las CIT más relevantes que dan cuenta de las funciones del SRIA como se observa en la figura 3. Dichas variables fueron evaluadas para cada capacidad del sistema asociadas al modelo de Congruencia Sistémica de la Organización. Las variables fueron cuantificadas a través de escala de Likert y clasificadas siguiendo los trabajos de Lall [12] y Quintero [30], [34], [35] así: Básicas (0.0 a 2,99); Intermedias (3.0 a 5,99) y Avanzadas (6.0 a 9.0).

Finalmente, para obtener un análisis dinámico de las CIT, se propuso levantar data en tres momentos temporales: nivel de la capacidad actual, tres (3) y cinco (5) años atrás.

3.1. Validación del sistema de medición.

La metodología de esta fase fue básicamente descriptiva, por tanto, se fundamenta en una prueba piloto con los actores del SRIA con la validación de expertos que hacen parte del sistema. En esta etapa se buscó examinar la solidez conceptual, teórica y procedimental de la propuesta y la factibilidad de obtener resultados exitosos.

El procedimiento de la prueba piloto realizada a los actores del clúster del SRIA, describe el estado actual de las CIT de las empresas analizadas, además de la construcción de un perfil con relación a sus funciones de generación, difusión y uso del conocimiento y la tecnología.

A través de la aplicación de alfa de Cronbach, se evalúa la validez y confiabilidad del sistema de medición con los datos recopilados con los expertos del Clúster Aeroespacial de Antioquia.

Con los datos recopilados en el piloto, se realizó el cálculo de varianzas así:

Ecuación 1.

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$$

Donde,

- k es el número de ítems.
- S_i^2 es la varianza del ítem i.
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados.

Para el ejercicio, se tiene un $k= 195$, correspondiente a las preguntas realizadas a los empresarios, utilizando la escala de Likert. Como muestra se calculó la varianza sobre las respuestas obtenidas hasta el momento.

Se evalúa la validez y confiabilidad del sistema de medición con los datos recopilados a través de la aplicación del alfa de Cronbach, que dio como resultado un alfa (α) = 0.978, demostrando que las pruebas y escalas que se han construido o adoptado para la investigación son adecuadas para su propósito [46]

Finalmente, para el análisis de relaciones entre las variables y definición de constructos según el modelo conceptual, se determina que cada capacidad en línea de tiempo y según las dimensiones en el Modelo de Congruencia Sistémica, se ven representadas de acuerdo con el constructo que se señala en la figura. 2.

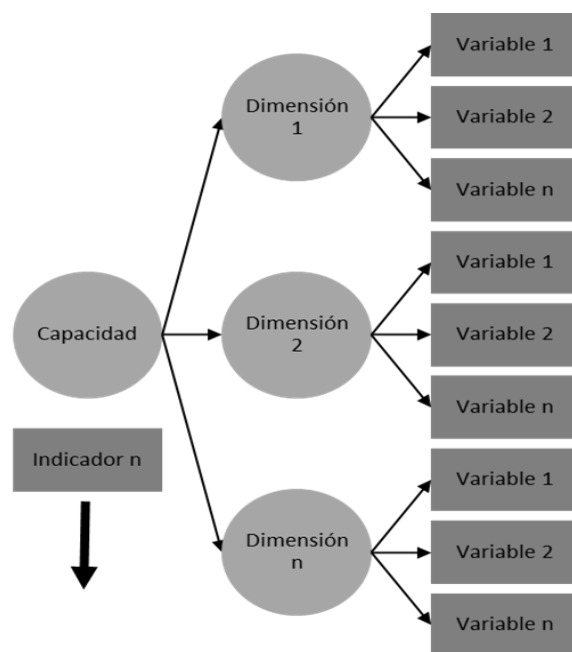


Figura. 2: Composición reflectiva entre capacidad, dimensiones y sus variables.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

La relación entre la capacidad, las dimensiones y sus respectivas variables es reflectiva, facilitando la explicación a cada una de ellas; sin embargo, cada capacidad está relacionada en una línea de tiempo (actual, tres años y cinco años atrás) consigo misma de manera formativa.



Figura 3. Composición formativa de las capacidades consigo misma.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del modelamiento para cada una de las CTI, donde se simplifican (excluyen) las dimensiones que para cada capacidad representaban valores constantes y que no permitían el cálculo de las matrices invertidas para la capacidad en general. De la misma manera, se eliminan las variables que en el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo no satisfagan los criterios de calidad del modelo y los coeficientes de regresión parcial.

Capacidad de Investigación. En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, no se presentaron simplificaciones en las dimensiones planteadas (ver figura 4), como resultado de todos los cálculos realizados, los cuales permitieron la obtención de los coeficientes de regresión parcial (coeficiente Path).

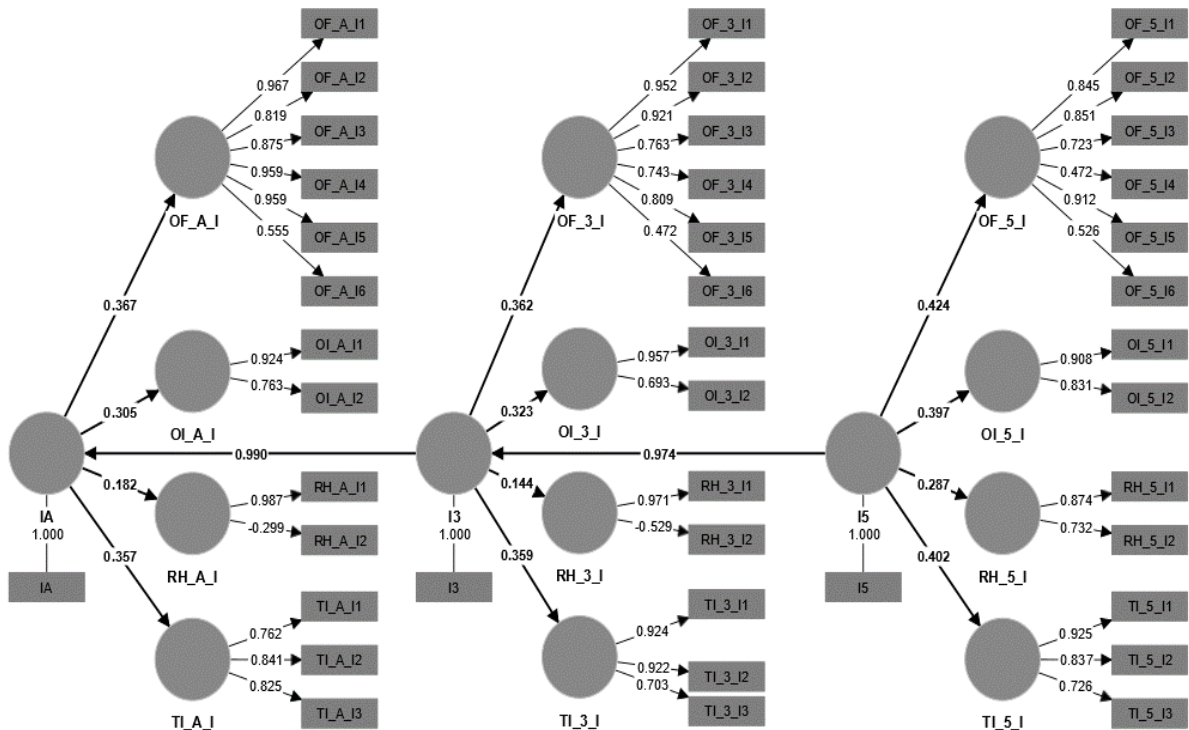


Figura 4. Composición capacidad de Investigación y resultados del modelo PLS-SEM.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 3. Resultado R^2 ajustado.

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
I3	0.948	0.945
IA	0.980	0.978
OF 3 I	0.131	0.069
OF 5 I	0.180	0.121
OF A I	0.135	0.073
OI 3 I	0.104	0.040
OI 5 I	0.158	0.097
OI A I	0.093	0.028
RH 3 I	0.021	-0.049
RH 5 I	0.083	0.017
RH A I	0.033	-0.036
TI 3 I	0.129	0.067
TI 5 I	0.162	0.102
TI A I	0.128	0.065

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Sin embargo, en el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo, conocido como criterio de calidad, no se consigue obtener para una de las variables de la dimensión del modelo de congruencia (Recurso Humano “RH_n_I2”) el valor que satisface el modelo (ver figura 5), por lo que se realizó una nueva corrida sin esta variable. Como resultado, para la capacidad de investigación de acuerdo al criterio de calidad R^2 ajustado, se conservan las variables así:

Tabla 4. Número de variables resultantes para la capacidad de investigación.

Agente	CIT	Dimensiones			
		Organización Formal (OF)	Organización Informal (OI)	Recursos Humanos (RH)	Tecnología (TI)
Explorador	Investigación	6	2	1	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Capacidad de Desarrollo. En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, se simplifican las dimensiones de Organización Informal (OI) y Recursos humanos (RH), ya que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de regresión parcial (coeficiente Path) con las dimensiones de Organización Formal (OF) y Tecnología (TI).

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo del criterio de calidad y los coeficientes de regresión parcial (coeficiente Path), logró obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo como lo señala la figura 8, por lo que no se hace necesario simplificar más el modelo. Como resultado, se obtiene que la capacidad de Desarrollo conserva las variables como se señala en la tabla 4.

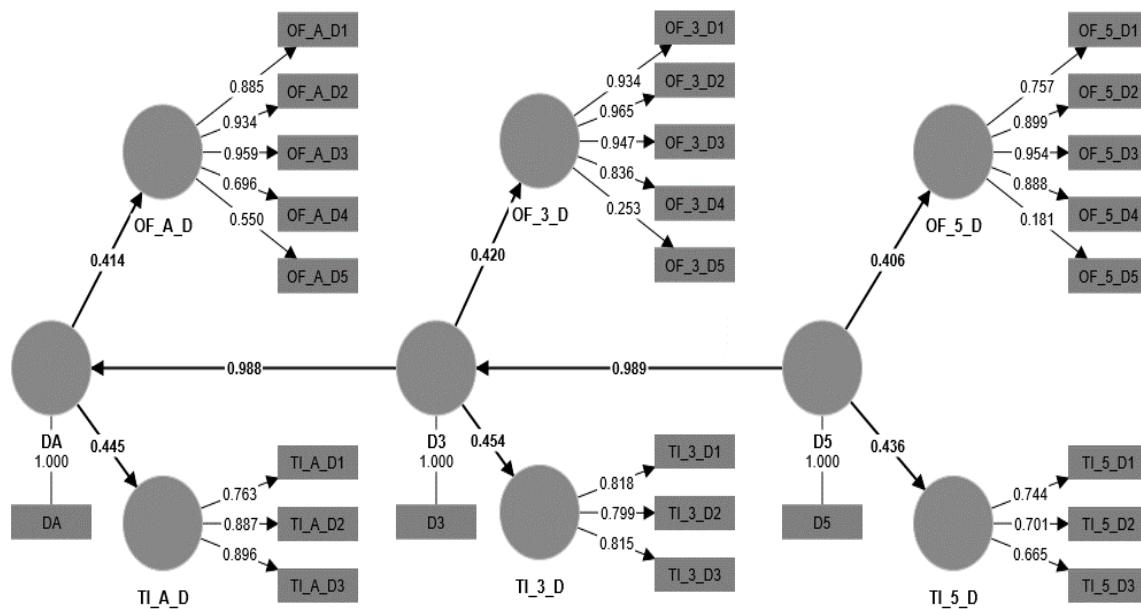


Figura 5. Composición capacidad de Desarrollo y resultados del modelo PLS-SEM.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 5. Resultado R² ajustado.

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
D3	0.978	0.976
DA	0.977	0.975
OF 3 D	0.177	0.118
OF 5 D	0.165	0.105
OF A D	0.171	0.112
TI 3 D	0.206	0.149
TI 5 D	0.190	0.132
TI A D	0.198	0.140

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 6. Número de variables finales para la capacidad de desarrollo.

Agente	CIT	Dimensiones			
		Organización Formal (OF)	Organización Informal (OI)	Recursos Humanos (RH)	Tecnología (TI)
Explorador	Desarrollo	5	0	0	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Capacidad de Difusión. La validación de los resultados para el constructo, simplifico las dimensiones de Organización Formal (OF) e Informal (OI) como se señala en la figura 10, debido a que los cálculos no lograron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de regresión parcial con las dimensiones de Recursos humanos (RH) y Tecnología (TI), como se observa en la figura 10.

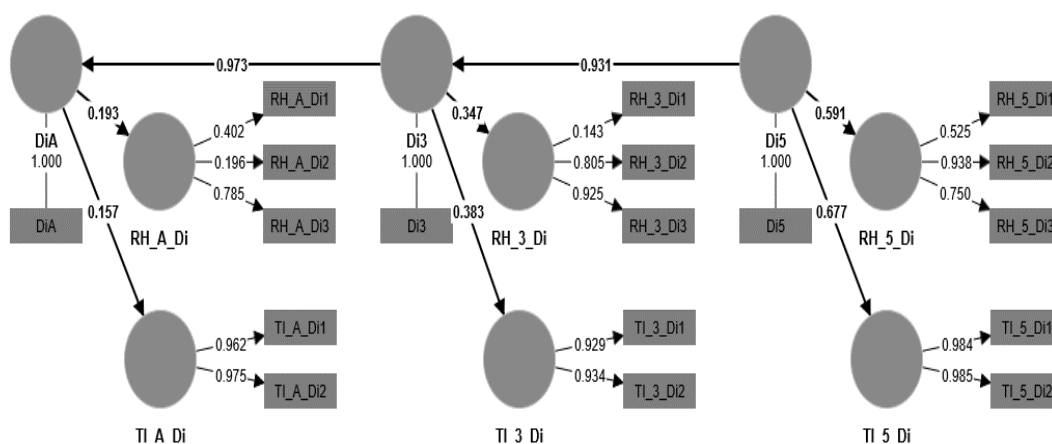


Figura 6. Composición capacidad de Difusión y resultados del modelo PLS-SEM.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 7. Resultado R^2 ajustado

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
Di3	0.868	0.858
DiA	0.946	0.943
RH 3 Di	0.121	0.058
RH 5 Di	0.349	0.303
RH A Di	0.037	-0.031
TI 3 Di	0.146	0.086
TI 5 Di	0.458	0.419
TI A Di	0.025	-0.045

Fuente: Elaboración propia de los autores.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo de criterio de calidad, se logra obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo como lo señala la figura 12, excepto para una de las variables de la dimensión de Recurso Humano, que finalmente, fue simplificada (RH_n_Di1). Como resultado, para la capacidad de Desarrollo, se conservan las variables como se señala en la tabla 5 a continuación.

Tabla 8. Número de variables finales para la capacidad de difusión

Agente	CIT	Dimensiones			
		Organización Formal (OF)	Organización Informal (OI)	Recursos Humanos (RH)	Tecnología (TI)
Intermediario	Difusión	0	0	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Capacidad de Vinculación. En la validación de los resultados para el constructo, se simplifica la dimensión de Recursos Humanos como se observa en la figura 13, ya que los cálculos no pudieron ser realizado y solo fue posible la obtención de los coeficientes de regresión parcial (coeficiente Path) con las demás dimensiones.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisficieron el modelo como lo señala la figura 14. Como resultado, para la capacidad de Desarrollo, se conservan las variables como lo señala la tabla 6.

Tabla 9. Número de variables finales para la capacidad de vinculación

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Intermediario	Vinculación	3	3	0	1

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

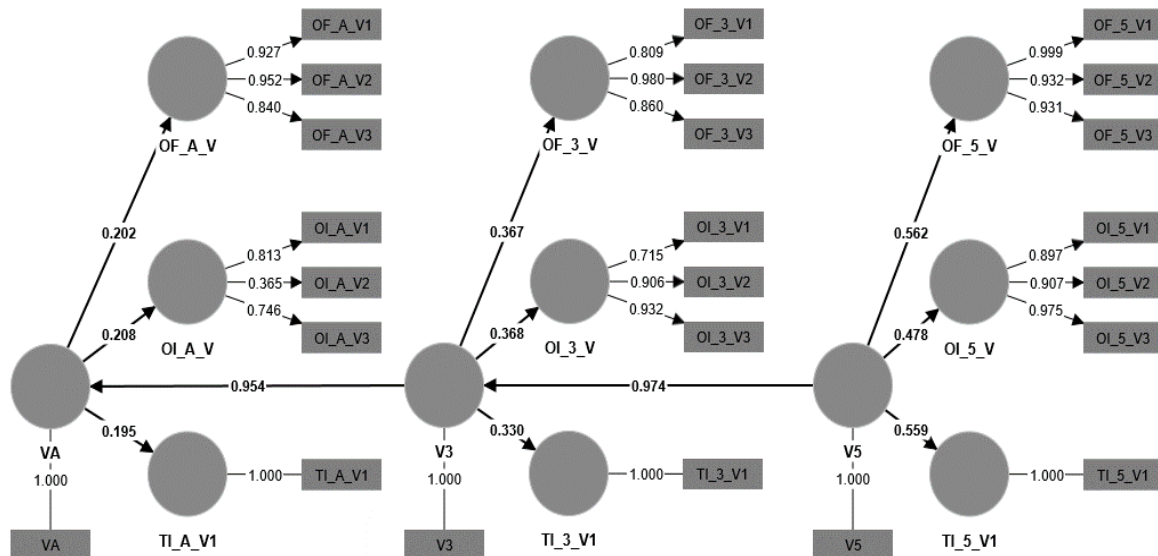


Figura 7. Composición capacidad de Vinculación y resultados del modelo PLS-SEM.

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 10. Resultado R² ajustado.

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
OF 3 V	0.135	0.073
OF 5 V	0.315	0.266
OF A V	0.041	-0.028
OI 3 V	0.136	0.074
OI 5 V	0.229	0.174
OI A V	0.043	-0.025
TI 3 V	0.109	0.045
TI 5 V	0.313	0.264
TI A V	0.038	-0.030
V3	0.948	0.944
VA	0.910	0.904

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Capacidad de Apropiación. En la validación de los resultados para el constructo, se simplifica la dimensión de Organización formal (OF) como se evidencia en la figura 16, debido a que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de Path con las demás dimensiones como lo muestra la figura 17.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo o criterio de calidad, se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (ver figura 17), excepto para una de las variables de la dimensión del Recurso Humano (RH_n_A1), que finalmente fue simplificada.

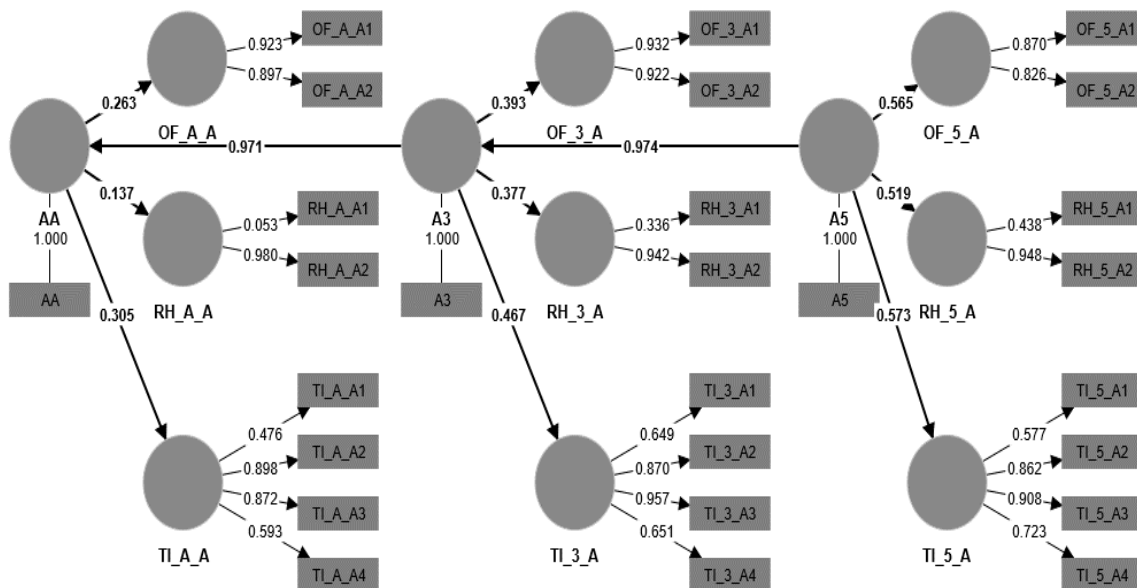


Figura 8. Composición capacidad de Apropiación y resultados del modelo PLS-SEM.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 11. Resultado R^2 ajustado

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
A3	0.949	0.946
AA	0.943	0.938
OF 3 A	0.154	0.094
OF 5 A	0.320	0.271
OF A A	0.069	0.003
RH 3 A	0.142	0.081
RH 5 A	0.269	0.217
RH A A	0.019	-0.051
TI 3 A	0.218	0.162
TI 5 A	0.328	0.280
TI A A	0.093	0.028

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Como resultado, para la capacidad de apropiación de 4RI para la producción, se conservan las variables como se señala en la tabla 6.

Tabla 12. Número de variables finales para la capacidad de apropiación.

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explotador	Apropiación	2	0	1	4

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Capacidad de Mercado. En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, no se presentan simplificaciones en las dimensiones planteadas como se señala en la figura 19, ya que todos los cálculos pudieron ser realizados y permitieron la obtención de los coeficientes de Path (ver figura 20).

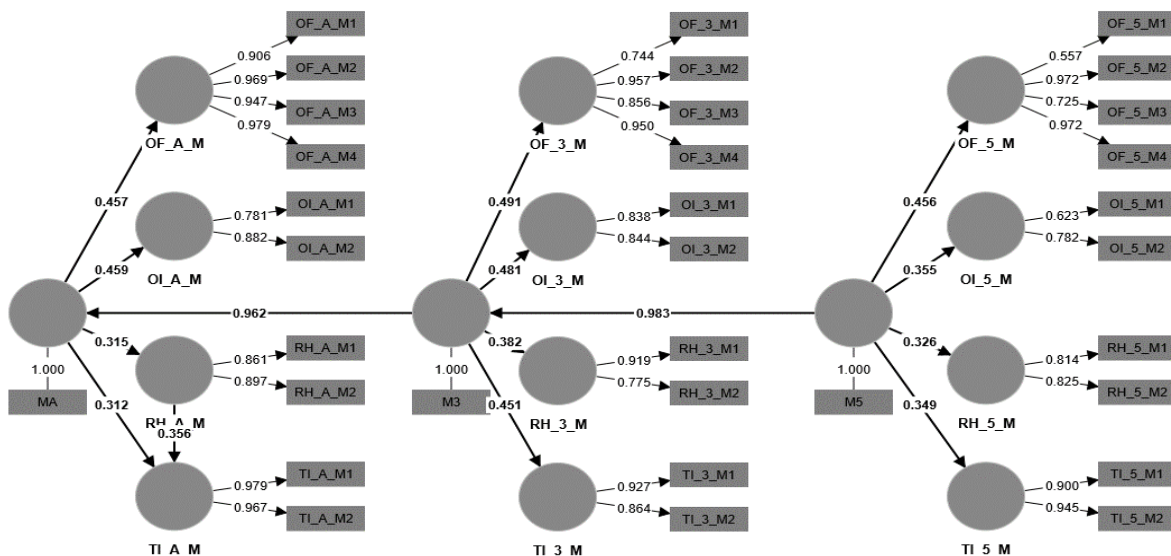


Figura 9. Composición capacidad de Mercado y resultados del modelo PLS-SEM

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 13. Resultado R² ajustado

Variable	R Cuadrado	R cuadrado-ajustada
M3	0.967	0.965
MA	0.926	0.921
OF_3_M	0.241	0.187
OF_5_M	0.208	0.151
OF_A_M	0.209	0.152
OI_3_M	0.232	0.177
OI_5_M	0.126	0.064
OI_A_M	0.211	0.154
RH_3_M	0.146	0.085
RH_5_M	0.106	0.042
RH_A_M	0.099	0.035
TI_3_M	0.203	0.147
TI_5_M	0.122	0.059
TI_A_M	0.295	0.186

Fuente: Elaboración propia de los autores.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo del criterio de calidad, se consiguió obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo como se puede evidenciar en la figura 20. Como resultado, para la capacidad de mercadeo, se conservan las variables como se señala en la tabla 7.

Tabla 14. Número de variables finales para la capacidad de mercado.

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explotador	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Una vez finalizado el modelo PLS-SEM y simplificado el número de variables según el análisis de constructos y aplicación de los criterios de calidad, se reduce el sistema en 13 variables.

Tabla 15. Número de variables según las CTI ajustado luego de aplicar PLS-SEM

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explorador	Investigación	6	2	1 (-1)	3
	Desarrollo	5	0 (-2)	0 (-2)	3
Intermediario	Difusión	4	2	0 (-3)	2
	Vinculación	3	3	0 (-2)	1
Explotador	Apropiación	2	0 (-2)	1 (-1)	4
	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

5. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación, fue presentar una propuesta metodológica para analizar las CTI de un SRIA a través de un modelo de PLS SEM, de manera que se pudiera validar su consistencia y fiabilidad para el sistema de medición y evaluación de las CTI de las firmas que interactúan en el sistema pertenecientes a CAESCOL, para tal fin, se diseñó un conjunto de variables asociadas al modelo de congruencia sistémica propuesto por Nadler y Tushman (1980) el cual permitió asociar las CTI a las dimensiones propuestas por dichos autores, además de la construcción del modelo y sus constructos, se realizó un ejercicio a través del diseño y construcción de una app, la cual permitió levantar la data de las diferentes variables en diferentes periodos.

Los resultados obtenidos metodológicamente, permitieron simplificar el conjunto de variables inicialmente planteadas para el modelo, se concluye que el sistema de medición y evaluación de las CTI desarrollado, permitió identificar los diferentes niveles de desarrollo de las CTI de las firmas que componen CAESCOL, así como el conjunto de empresas que componen el SRIA de Antioquia en una línea de tiempo sugerida. Adicionalmente, los constructos definidos a partir de la interacción entre las variables responden al modelo teórico planteado por algunos autores y reportados en la literatura especializada.

El modelo teórico junto con el instrumento desarrollado “app” para levantar los datos, proporcionan una mejor visualización de cada firma y del SRIA en conjunto, además, dicha información puede ser utilizada para observar el comportamiento de las CTI de las firmas y sus dinámicas de aprendizaje tecnológico en el SRIA, de igual forma, proporciona a los tomadores de decisión de políticas y estrategias (a nivel estatal y empresarial) un panorama más objetivo para observar patrones de comportamiento que ayuden a mejorar el comportamiento y desempeño del sistema.

La aplicación del PLS SEM se desarrolló como un modelo confirmatorio, que permitió validar los postulados teóricos en cuanto a la relación y evolución de las capacidades y, para el caso particular del SRIA depurar algunas variables, permitiendo para futuros ejercicios una economía en la realización de evaluaciones similares para el sector aeroespacial.

La investigación proporciona un punto de partida para la validación en casos de estudio en otros SRIA de Colombia de carácter localizado, como casos comparativos en el comportamiento de las CTI y el aprendizaje tecnológico, además, futuras propuestas de medición y evaluación de las CTI con modelos de análisis más dinámicos que permitan simular políticas y estrategias para observar y comprender mejores comportamientos, que ayudan con el desempeño innovador de estos sistemas.

Por último, se concluye que el modelo y sus dimensiones y variables asociadas a un instrumento o app que permita la recolección de data, facilita una mejor comprensión de los sistemas regionales de innovación y las firmas que los componen a partir de los patrones de acumulación o desacumulación en el tiempo de sus CTI, necesarias estas para responder eficientemente a un entorno cada vez más complejo, de igual forma, el poder observar los niveles de las capacidades en diferentes periodos de tiempo, ayudan a entender aún mejor como es el proceso de aprendizaje tecnológico, sus patrones y los tipos de especialización del sistema.

AGRADECIMIENTOS.

Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el marco del desarrollo de pasantías posdoctorales de la Convocatoria No. 891 de 2020 para el fortalecimiento de Vocaciones y Formación en CTel para la reactivación económica en el marco de la post-pandemia 2020 y al Clúster Aeroespacial Colombiano CAESCOL como entidad receptora. Además, al Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación de la Universidad Pontificia Bolivariana, quien facilitó el despliegue y desarrollo de las tesis de maestría de dos de los autores del documento.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no presentan conflictos de interés financiero, profesional o personal que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

6. APÉNDICE

Tabla A1: Listado de variables y nomenclatura correspondiente para la elaboración de constructos

	Nomenclatura		
	<u>Actual</u>	<u>Hace 3 años</u>	<u>Hace 5 años</u>
INVESTIGACIÓN	IA	I3	I5
Organización Formal	OF_A_I	OF_3_I	OF_5_I
¿El actor presenta un proceso para la gestión de la investigación?	OF_A_I1	OF_3_I1	OF_5_I1
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de investigación?	OF_A_I2	OF_3_I2	OF_5_I2
¿Cuenta con mecanismos de búsqueda de financiación para el desarrollo de la investigación?	OF_A_I3	OF_3_I3	OF_5_I3
¿Qué porcentaje de las ventas invierte el actor en investigación?	OF_A_I4	OF_3_I4	OF_5_I4
¿Qué mecanismos conoce y utiliza el actor para proteger los resultados de sus investigaciones?	OF_A_I5	OF_3_I5	OF_5_I5
¿Ha participado en proyectos de investigación en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	OF_A_I6	OF_3_I6	OF_5_I6
Organización Informal	OI_A_I	OI_3_I	OI_5_I
¿Se tiene una cultura creativa que incentive las nuevas ideas para la investigación?	OI_A_I1	OI_3_I1	OI_5_I1
¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la formulación de proyectos de investigación?	OI_A_I2	OI_3_I2	OI_5_I2
Recurso Humano	RH_A_I	RH_3_I	RH_5_I
Experiencia del área de investigación en el sector	RH_A_I1	RH_3_I1	RH_5_I1
Nivel de formación de los empleados	RH_A_I2	RH_3_I2	RH_5_I2
Tecnológico	TI_A_I	TI_3_I	TI_5_I
¿Realiza vigilancia tecnológica?	TI_A_I1	TI_3_I1	TI_5_I1
¿Cuenta con equipos tecnológicos (maquinaria, software etc.) para la investigación?	TI_A_I2	TI_3_I2	TI_5_I2

¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de investigación?	TI_A_I3	TI_3_I3	TI_5_I3
DESARROLLO	DA	D3	D5
Organización Formal	OF_A_D	OF_3_D	OF_5_D
¿Cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios?	OF_A_D1	OF_3_D1	OF_5_D1
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de desarrollo experimental?	OF_A_D2	OF_3_D2	OF_5_D2
¿La Organización invierte en el desarrollo experimental?	OF_A_D3	OF_3_D3	OF_5_D3
¿Presenta un modelo para gestionar los proyectos de desarrollo experimental antes de salir al mercado?	OF_A_D4	OF_3_D4	OF_5_D4
¿Ha participado en proyectos de desarrollo en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	OF_A_D5	OF_3_D5	OF_5_D5
Organización Informal	OI_A_D	OI_3_D	OI_5_D
¿Están empoderados los directores o jefes de producción para el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos?	OI_A_D1	OI_3_D1	OI_5_D1
¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la realización del desarrollo experimental?	OI_A_D2	OI_3_D2	OI_5_D2
Recurso Humano	RH_A_D	RH_3_D	RH_5_D
¿El equipo encargado del desarrollo es multidisciplinario?	RH_A_D1	RH_3_D1	RH_5_D1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de desarrollo?	RH_A_D2	RH_3_D2	RH_5_D2
Tecnológico	TI_A_D	TI_3_D	TI_5_D
¿La organización cuenta con herramientas y técnicas para gestionar el desarrollo de los nuevos productos/servicios?	TI_A_D1	TI_3_D1	TI_5_D1
¿Cuántos desarrollos de productos o procesos se han generado y/o implementado al año?	TI_A_D2	TI_3_D2	TI_5_D2
¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de desarrollo de nuevos productos/servicios?	TI_A_D3	TI_3_D3	TI_5_D3
DIFUSIÓN	DiA	Di3	Di5
Organización Formal	OF_A_Di	OF_3_Di	OF_5_Di
¿Identifica e integra la demanda para difundir su conocimiento?	OF_A_Di1	OF_3_Di1	OF_5_Di1
¿Identifica e integra la oferta para difundir su conocimiento?	OF_A_Di2	OF_3_Di2	OF_5_Di2

¿Utiliza metodologías para transferir su conocimiento?	OF_A_Di3	OF_3_Di3	OF_5_Di3
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie los roles de cada miembro para la difusión?	OF_A_Di4	OF_3_Di4	OF_5_Di4
Organización Informal	OI_A_Di	OI_3_Di	OI_5_Di
¿El actor realiza derrames de conocimiento?	OI_A_Di1	OI_3_Di1	OI_5_Di1
En relación con la difusión del conocimiento y tecnología, considera	OI_A_Di2	OI_3_Di2	OI_5_Di2
Recurso Humano	RH_A_Di	RH_3_Di	RH_5_Di
¿Cuál es la formación académica de las personas encargadas de hacer difusión?	RH_A_Di1	RH_3_Di1	RH_5_Di1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de difusión?	RH_A_Di2	RH_3_Di2	RH_5_Di2
¿Cuánta experiencia tiene haciendo difusión en el sector?	RH_A_Di3	RH_3_Di3	RH_5_Di3
Tecnológico	TI_A_Di	TI_3_Di	TI_5_Di
¿Cuenta la organización con instrumentos que le permiten realizar análisis comparativo y competitivo del sector?	TI_A_Di1	TI_3_Di1	TI_5_Di1
¿Adquiere capital (conocimiento y tecnología) externo?	TI_A_Di2	TI_3_Di2	TI_5_Di2
VINCULACIÓN	VA	V3	V5
Organización Formal	OF_A_V	OF_3_V	OF_5_V
¿Qué métodos utiliza para que se origine la colaboración?	OF_A_V1	OF_3_V1	OF_5_V1
¿Se posee normas que permitan la coordinación, cooperación y reciprocidad?	OF_A_V2	OF_3_V2	OF_5_V2
¿Qué tipo de contrato de colaboración utiliza para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	OF_A_V3	OF_3_V3	OF_5_V3
Organización Informal	OI_A_V	OI_3_V	OI_5_V
Para el desarrollo de nuevos productos y/o servicios (DNP), el actor se apoya y mantiene constante comunicación	OI_A_V1	OI_3_V1	OI_5_V1
¿Qué espacios de reunión para interactuar con otros actores del sistema propicia?	OI_A_V2	OI_3_V2	OI_5_V2
¿Cuál es el marco institucional en el que interactúa?	OI_A_V3	OI_3_V3	OI_5_V3
Recurso Humano	RH_A_V	RH_3_V	RH_5_V
¿Cuánta experiencia tiene haciendo vinculación en el sector?	RH_A_V1	RH_3_V1	RH_5_V1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de vinculación?	RH_A_V2	RH_3_V2	RH_5_V2

Tecnológico	TI_A_V	TI_3_V	TI_5_V
¿Usa herramientas colaborativas para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	TI_A_V1	TI_3_V1	TI_5_V1
APROPIACIÓN	AA	A3	A5
Organización Formal	OF_A_A	OF_3_A	OF_5_A
¿Tiene algún método para el análisis del seguimiento de la producción de los nuevos productos y servicios?	OF_A_A1	OF_3_A1	OF_5_A1
¿Cuál es el porcentaje de inversión en innovación de proceso?	OF_A_A2	OF_3_A2	OF_5_A2
Organización Informal	OI_A_A	OI_3_A	OI_5_A
¿Existe una cultura para trabajar en equipo en los procesos de producción y desarrollo?	OI_A_A1	OI_3_A1	OI_5_A1
¿La organización participa en el diseño o mejoramiento de procesos de la empresa mediante el relacionamiento con otras organizaciones?	OI_A_A2	OI_3_A2	OI_5_A2
Recurso Humano	RH_A_A	RH_3_A	RH_5_A
El nivel de formación de los empleados en el área de producción	RH_A_A1	RH_3_A1	RH_5_A1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de apropiación de nuevas tecnologías?	RH_A_A2	RH_3_A2	RH_5_A2
Tecnológico	TI_A_A	TI_3_A	TI_5_A
En cuanto a las tecnologías de gestión aplicadas al proceso, el actor u organización ha implementado en el último año	TI_A_A1	TI_3_A1	TI_5_A1
En cuanto a la tecnología adquirida para la producción, en los últimos 10 años	TI_A_A2	TI_3_A2	TI_5_A2
¿Ha adoptado tecnología para la mejora o desarrollo de procesos en los últimos años?	TI_A_A3	TI_3_A3	TI_5_A3
¿Usa tecnologías 4RI en la producción de productos/servicios?	TI_A_A4	TI_3_A4	TI_5_A4
MERCADO	MA	M3	M5
Organización Formal	OF_A_M	OF_3_M	OF_5_M
¿Invierte en el lanzamiento de nuevos productos/servicios?	OF_A_M1	OF_3_M1	OF_5_M1
¿Cuenta con proceso de gestión de mercadeo y ventas?	OF_A_M2	OF_3_M2	OF_5_M2
¿Tiene definido un sistema de marketing mix (precio, producto, plaza y promoción)?	OF_A_M3	OF_3_M3	OF_5_M3
¿Cuál ha sido la participación en las ventas de nuevos productos en la organización?	OF_A_M4	OF_3_M4	OF_5_M4

Organización Informal	OI_A_M	OI_3_M	OI_5_M
¿Se tiene la tolerancia al riesgo de introducir innovaciones radicales?	OI_A_M1	OI_3_M1	OI_5_M1
¿Existe una cultura para trabajar en equipo con los clientes y consumidores de sus productos?	OI_A_M2	OI_3_M2	OI_5_M2
Recurso Humano	RH_A_M	RH_3_M	RH_5_M
¿Cuánta experiencia tiene haciendo mercadeo de nuevos productos?	RH_A_M1	RH_3_M1	RH_5_M1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de mercadeo de nuevos productos?	RH_A_M2	RH_3_M2	RH_5_M2
Tecnológico	TI_A_M	TI_3_M	TI_5_M
¿Realiza inteligencia competitiva?	TI_A_M1	TI_3_M1	TI_5_M1
¿Realiza prospectiva de mercados?	TI_A_M2	TI_3_M2	TI_5_M2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

REFERENCIAS

- [1] Hanaysha, J. R., Al-Shaikh, M. E., Joghee, S., & Alzoubi, H. M. (2022). Impact of innovation capabilities on business sustainability in small and medium enterprises. *FIIB Business Review*, 11(1), 67-78. <https://doi.org/10.1177/231971452110422>
- [2] Westphal, L. E., Kim, L., & Dahlman, C. J. (1985). Reflections on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability BT - International Technology Transfer (N. Rosenberg & C. Frischak (Eds.)). Praeger.
- [3] Camisón, C., & Villar-López, A. (2014). Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance. *Journal of Business Research*, 67(1), 2891–2902. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.06.004>
- [4] Lall, S. (1987). *Learning to Industrialize: The Acquisition of Technological Capability by India*. Palgrave Macmillan (Ed) UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-18798-0>
- [5] Bell, M. (1984). 'Learning' and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. In *Technological Capability in the Third World* (pp. 187–209). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-17487-4_10
- [6] Bell, M., & Scott-Kemmis, D. (1985). Technological Capacity and Technical Change: Case Studies'. Report on a study of technology transfer in the manufacturing industry in Thailand.
- [7] Bell, M., Ross-Larson, B., & Westphal, L. E. (1984). Assessing the performance of infant industries. *Journal of Development Economics*, 16(1–2), 101–128. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(84\)90103-2](https://doi.org/10.1016/0304-3878(84)90103-2)
- [8] Katz, J. M. (1984). Domestic technological innovations and dynamic comparative advantage.

Journal of Development Economics, 16 (1–2), 13–37. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(84\)90100-7](https://doi.org/10.1016/0304-3878(84)90100-7)

[9] Katz, J. M. (1986). Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana: el caso de la industria metalmecánica, Buenos Aires, Comisión económica para América Latina y el Caribe-CEPAL.

[10] Katz, J. M. (Ed.). (1987). Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-07210-1>

[11] Adler, P. S., & Shenhar, A. (1990). Adapting Your Technological Base: The Organizational Challenge. *Sloan Management Review*, 32(1), 25–37.

[12] Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20(2), 165–186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)

[13] Lall, S. (1993). Understanding Technology Development. *Development and Change*, 24(4), 719–753. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1993.tb00502.x>

[14] Pei, J., Zhong, K., Li, J., Xu, J., & Wang, X. (2022). ECNN: evaluating a cluster-neural network model for city innovation capability. *Neural Computing and Applications*, 34(15), 12331–12343. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06471-z>

[15] Sultana, S., Akter, S., & Kyriazis, E. (2022). How data-driven innovation capability is shaping the future of market agility and competitive performance?. *Technological Forecasting and Social Change*, 174(8), 121260. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121260>

[16] Jalil, M. F., Ali, A., & Kamarulzaman, R. (2022). Does innovation capability improve SME performance in Malaysia? The mediating effect of technology adoption. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 23(4), 253–267. <https://doi.org/10.1177/14657503211048967>

[17] Ernst, D., Ganiatsos, T., & Mytelka, L. (1998). Technological Capabilities and Export Performance: Lessons from East Asia. London, Cambridge University Press.

[18] Guan, J. C., Yam, R. C. M., Mok, C. K., & Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 971–986. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.054>

[19] Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, (9), 737–747. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5)

[20] Kim, L. (1997). Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning (Harvard Business Review Press).

[21] Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>

[22] Yam, R. C. M., Guan, J. C., Pun, K. F., & Tang, E. P. Y. (2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: Some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123–1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>

[23] Chen, Q., Wang, C.-H., & Huang, S.-Z. (2020). Effects of organizational innovation and technological innovation capabilities on firm performance: evidence from firms in China's Pearl River Delta. *Asia Pacific Business Review*, 26(1), 72–96. <https://doi.org/10.1080/13602381.2019.1592339>

-
- [24] Dahlman, C. J., Ross-Larson, B., & Westphal, L. E. (1987). Managing technological development: Lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, 15(6), 759–775. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(87\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0305-750X(87)90058-1)
- [25] Yang, L., & Liu, H. (2020). How to improve the technological innovation capability of latecomer firms: An integrated perspective. *E3S Web of Conferences*, 214, 02041. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021402041>
- [26] Hobday, M. (1997). The technological competence of European semiconductor producers. *International Journal of Technology Management*, 14(2-4), 401-414. <https://doi.org/10.1504/IJTM.1997.001721>
- [27] Tarighi, S., Shavvalpour, S., & Sobhanifard, Y. (2021). The Impact of Technological Learning on Generating and Managing Technical Change Through Mediating Role of Technological Capabilities: The Case of EOR in Iran. *IEEE Transactions on Engineering Management*. doi:10.1109/TEM.2021.3111020.
- [28] Salazar Ospina, F. A. (2015). Propuesta de diseño de un bróker tecnológico de conocimiento, que fortalezca la industria aeroespacial en Antioquia.
- [29] OECD/Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities (4th ed.). Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264304604
- [30] Quintero, S., Giraldo, D. P., & Garzon, W. O. (2022). Analysis of the Specialization Patterns of an Agricultural Innovation System: A Case Study on the Banana Production Chain (Colombia). *Sustainability*, 14(14), 8550. <https://doi.org/10.3390/su14148550>
- [31] Holland, J. H. (2004). El orden oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad. Fondo de cultura económica.
- [32] Mostafavi, A., Abraham, D. M., DeLaurentis, D., & Sinfield, J. (2011). Exploring the dimensions of systems of innovation analysis: A system of systems framework. *IEEE Systems Journal*, 5(2), 256-265. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2011.2131050>
- [33] Carlsson, B., Holmén, M., Jacobsson, S., Rickne, A., & Stankiewicz, R. (2002). The analytical approach and methodology. In *Technological Systems in the Bio Industries* (pp. 9-33). Springer, Boston, MA.
- [34] Quintero Ramírez, S., & Giraldo Ramírez, D. P. (2018). El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basada en agentes. Universidad Pontificia Bolivariana.
- [35] Quintero Ramírez, S., Ruiz Castañeda, W., Giraldo Ramírez, D., Vélez Acosta, L., Marín Sánchez, B., Cubillos Jiménez, S., & Cárdenas Garcés, A. (2019). Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia. Medellín. UPB, Colciencias, Universidad Nacional.
- [36] Asheim, B. T., & Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research policy*, 34(8), 1173-1190. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.013>
- [37] Robledo, J., Gomez, F. A., & Restrepo, J. F. (2008). Relación entre Capacidades de Innovación

Tecnológica y Desempeño Empresarial en Colombia. Primer Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación.

[38] Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European business review*, 31(1), 2-24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>

[39] Sarstedt, M., Ringle, C. M., Smith, D., Reams, R., & Hair Jr, J. F. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *Journal of family business strategy*, 5(1), 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.01.002>

[40] Lall, S. (2001). Competitiveness Indices and Developing Countries: An Economic Evaluation of the Global Competitiveness Report. *World Development*, 29(9), 1501–1525. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00051-1)

[41] Dutrénit, G. (2000). *Learning and Knowledge Management in the Firm: From Knowledge Accumulation to Strategic Capabilities*. Edward Elgar Publishing.

[42] Nadler, D. A., & Tushman, M. L. (1980). A model for diagnosing organizational behavior. *Organizational Dynamics*, 9(2), 35-51. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(80\)90039-X](https://doi.org/10.1016/0090-2616(80)90039-X)

[43] Nadler, D., Tushman, M., Tushman, M. L., & Nadler, M. B. (1997). *Competing by design: The power of organizational architecture*. Oxford University Press.

[44] Lundvall, B.-Å. (2004). *The economics of knowledge and learning*.

[45] Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 76(1), 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00141-4)

[46] Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48(6), 1273-1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>