

Niveles de madurez de la capacidad en tecnologías de información en micro, pequeñas y medianas empresas*

1. Beatriz Helena Díaz-Pinzón

Ph. D. en Ciencias de Gestión
Profesora, Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia
Grupo de Investigación en Sistemas y
Tecnologías de Información en las
Organizaciones (GISTIC)
Rol de la autora: intelectual
bhdiazp@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9634-6297>

3. Juan Carlos Espinosa Moreno

M. Sc. en Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia
Grupo de Investigación en Sistemas y
Tecnologías de Información en las
Organizaciones (GISTIC)
Rol del autor: intelectual
jucespinosamo@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-4906-0798>

2. María Teresa Rodríguez V.

Ph. D. en Ingeniería, Industria y Organizaciones
Docente Ocasional, Universidad Nacional de
Colombia
Bogotá, Colombia
Grupo de Investigación en Sistemas y
Tecnologías de Información en las
Organizaciones (GISTIC)
Rol de la autora: intelectual
mtrodriguezv@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-7196-741X>

Resumen: Múltiples modelos de madurez en tecnologías de información (TI) son presentados en la literatura. Algunos han sido validados en pymes y pocos operacionalizan el método para clasificar las organizaciones en niveles de madurez. La mayoría de estos hacen una clasificación general de las organizaciones en un único nivel de madurez. Sin embargo, una organización podría estar en múltiples niveles de madurez a la vez para diferentes criterios de clasificación. Utilizando la capacidad en TI para analizar la madurez tecnológica desde diferentes dimensiones, se aplica un algoritmo de agrupación jerárquico (HCPC) para agrupar 2.470 empresas estudiadas. A partir de esta agrupación, se identificaron cuatro niveles de madurez para cada una de las dimensiones de la capacidad en TI: nivel 1 o de incorporación, nivel 2 o de aprendizaje, nivel 3 o de planeación y control, y nivel 4 o de alineación. Finalmente, se propone un método para clasificar las organizaciones en estos cuatro niveles de madurez para cada una de las dimensiones de la capacidad en TI.

Palabras clave: capacidad en TI, clasificación de capacidad en TI, grupos de similitud, mipymes, modelo de madurez en TI, niveles de madurez en TI.

Citación sugerida: Díaz-Pinzón, B.H., Rodríguez V, M.T., & Espinosa M, J.C. (2022) Niveles de madurez de la capacidad en tecnologías de información en micro, pequeñas y medianas empresas. *Innovar*, 32(84). En prensa. <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n84.100595>

Clasificación JEL: M10, M15, O33.

Recibido: 24/12/2020 **Aprobado:** 08/06/2021 **Preprint:** 01/01/2022

* Este artículo deriva del proyecto de investigación “Informe anual de capacidad de TI en pymes bogotanas”, financiado por la Convocatoria Jesús Antonio Bejarano de la Facultad de Ciencia Económicas, Universidad Nacional de Colombia.

Introducción

La oferta de tecnologías de información (TI) para las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) cada día es más amplia; su uso en las mipymes es una práctica cada vez más generalizada y obligada (Afolayan et al., 2015). El valor de su uso ha sido ampliamente estudiado (Ashrafi & Mueller, 2015; Bi et al., 2015; Correa Ospina & Díaz-Pinzón, 2018; Díaz-Pinzón et al., 2017).

Las mipymes presentan unas características especiales que pueden afectar el uso y aprovechamiento de las TI: desconocimiento frente al ambiente tecnológico (Afolayan et al., 2015), alta dependencia en la actitud de los propietarios/gerentes hacia las tecnologías (Eze & Chinedu-Eze, 2018; Neirotti et al., 2018), restricciones en recursos humanos y financieros (Parker et al., 2015), subutilización de las TI con una visión de su uso más operativo y a corto plazo, en vez de percibirse como un soporte a objetivos estratégicos a mediano y largo plazo (Eze et al., 2019).

Una de las principales causas de fallas en la implementación de sistemas de información en las organizaciones es la falta de preparación organizacional (Suh et al., 2017). Para una mipyme, por sus características particulares, es más difícil ser consciente de su grado de preparación o madurez organizacional.

La literatura académica presenta múltiples modelos de madurez organizacional en relación con las TI (tabla 1), algunos de ellos dirigidos a las pymes (Poeppelbuss et al., 2011), algunos otros haciendo un planteamiento a nivel teórico y sin detallar la operacionalización del método para clasificar las organizaciones en los niveles de madurez planteados. La mayoría de los modelos, a partir de la definición de unos criterios pre establecidos, clasifica a las organizaciones en un único nivel de madurez; sin embargo, una organización podría estar en diferentes niveles de madurez con relación a diferentes aspectos de la organización en su aprovechamiento de las TI.

El constructo de la capacidad en tecnologías de información (ITC) resulta apropiado para este fin, ya que permite ir más allá de las medidas de apropiación de TI relacionadas exclusivamente con la infraestructura y aspectos básicos de uso. Otros recursos, como los bienes de conocimiento relacionados con el capital humano y organizacional, son importantes para la adopción exitosa de TI por parte de las mipymes. Estos bienes empoderan las empresas haciéndolas menos dependientes de una tecnología particular (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2017). Por eso, valorar la difusión del paradigma digital en las empresas únicamente por el grado de extensión de la infraestructura instalada conduce a distorsiones en el análisis (Peirano & Suárez, 2006). Otros aspectos en relación con las capacidades de los recursos humanos son determinantes del grado de

aprovechamiento de las TI y son relevantes para explicar las diferencias de desempeño entre organizaciones (Peirano & Suárez, 2006).

Díaz-Pinzón et al. (2019) identifican seis dimensiones para describir la capacidad en TI: i) infraestructura de TI, ii) conocimiento estratégico en TI, iii) planeación estratégica, iv) relacionamiento interno área de TI, v) conocimiento personal de TI y vi) relacionamiento proveedores de TI. Un análisis del grado de preparación o madurez organizacional desde las dimensiones de la capacidad en TI podría ayudar a tener una visión holística de su situación y, así, permitiría identificar de manera acertada el cuándo y el cómo invertir en TI para aprovechar de una mejor manera sus recursos tecnológicos; de esta manera, se apoya la localización e inversión de recursos particulares que, junto con las habilidades de los gerentes, aportan para el desarrollo de capacidades (Schriber & Löwstedt, 2015).

El valor de las TI para una organización está relacionado con cómo estas desarrollan sus recursos de TI para desarrollar su capacidad en TI (Ashrafi & Mueller, 2015; Bi et al., 2015; Lyver & Lu, 2018; Raymond et al., 2018). Para ello, se debe ser consciente de su realidad en cuanto a sus recursos en TI y su capacidad en TI. El propósito de este estudio es ofrecer a las mipymes una manera de evaluar su madurez en TI a través de las dimensiones de la capacidad en TI establecidas en el modelo definido por Díaz-Pinzón et al. (2019), a partir de la identificación de unos niveles de madurez para cada dimensión de la capacidad en TI y de la presentación de un método de clasificación en estos niveles.

Revisión de la literatura y antecedentes

Modelos de madurez en TI

La madurez en TI está asociada a la evolución de las organizaciones en relación con características de la infraestructura técnica y su gestión (Ragowsky et al., 2012), el grado de su adopción y difusión (Ekuobase & Olutayo, 2016), su uso estratégico y la habilidad de los empleados en su uso (Suh et al., 2017). Múltiples modelos de madurez han sido desarrollados en diferentes áreas de investigación, especialmente en desarrollo de software, adopción de TI y gestión de conocimiento (Poeppelbuss et al., 2011). La tabla 1 presenta modelos generales de madurez de TI, identificando los métodos y criterios de clasificación utilizados.

Tabla 1.

Modelos de madurez de TI.

Modelo (autor)	Criterios de clasificación	Método de clasificación	Teoría base	Tipo de empresa
Nolan (1973)	Tareas de control, tareas de organización y tareas de planeación.	Evaluación de las actividades realizadas en la organización para cada grupo.	Stage theories	No específica
Benbasat et al. (1980)	Gastos en hardware, experiencia y uso de SI, ubicación jerárquica SI, capacidad usuario, rol de los gerentes, objetivos formalizados, presupuesto SI, evaluación del SI, planeación del SI, control SI y portafolio mixto SI.	Evaluación entre un rango dentro de unas empresas menos maduras y unas empresas más maduras para cada criterio.	Procesos de Nolan	No específica
Nolan (1979), Nolan y Koot (1992)	Usuarios, gestión, recursos y portafolio de aplicaciones	Evaluación y comparación de los procesos asociados a cada grupo.	Stage theories	No específica
Raho et al. (1987)	Operación TI, restricciones organizacionales, temas educación, percepción del usuario, tasa de cambio tecnológico, falta de apoyo dirección, políticas existentes, seguridad de los datos.	Clasificación según los problemas experimentados con la integración de las TI en la organización.	<ul style="list-style-type: none"> • Asimilación y difusión de tecnología • Modelos de McFarlan y McKenney • Modelo de innovación de Rogers 	No específica
Huff et al. (1988)	Aplicación y conexión con: operaciones del área de TI, planeación y control, soporte TI, entrenamiento área de TI, personal de TI y usuarios.	Grado de madurez de la aplicación e interconectividad de las aplicaciones con otros elementos. Propuesta teórica.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación y adopción de las TI • Procesos de Nolan 	No específica

Galliers y Sutherland (1991)	Estrategia, estructura, sistemas, personal, estilo TI, competencias y cultura.	Valoración de cada empresa por estado y por criterio.	7 S	No específica, características de grande
Karimi et al. (1996)	Modo de planeación en TI, modo de control en TI, organización de las TI e integración de las TI.	Instrumento de 21 ítems para medir el progreso de cada empresa	Revisión de la literatura	Grandes y pymes
Holland y Light (2001)	Uso estratégico de las TI, sofisticación organizacional, penetración del sistema ERP, visión estratégica de las TI, implementación de lecciones.	Cuestionario, entrevistas semiestructuradas. Ranking de empresas de 1 a 24 de acuerdo con el nivel de madurez. No clústeres específicos pero el análisis los lleva a tres etapas.	Galliers y Nolan	Diferentes tamaños
Knol y Stroeken (2001)	Estrategia, tecnología, organización	Evaluación de escenarios	Difusión de innovaciones de Rogers	pymes
Pham (2010)	Infraestructura, aplicaciones, recursos Humanos y políticas en TI.	Cuestionario, pesos y cálculo de un índice de madurez.	Modelo de madurez KM	pymes
Ragowsky et al. (2012)	Habilidad de personal TI y no TI para maximizar la utilización de las TI.	Entrevistas con cio y percepción de usuarios.	Perspectiva del usuario	Grandes
Garbarino Alberti et al. (2012)	Gobierno de TI, toma de decisiones, estructura de TI, valor de TI, riesgos y seguridad de TI, servicios de TI. Para cada uno de estos criterios se definen las características en cada nivel	Entrevistas a directores (generales, financieros, de departamento y de TI) en pymes. Para clasificar la empresa en un nivel determinado se evalúa si esta cumple con todos los atributos del nivel.	Marcos de buenas prácticas y estándares internacionales para el Gobierno de TI como: COBIT, Val IT, ITIL, ISO 38500, CalderMoir y MOF	pymes

Doherty et al. (2013) Carcary et al. (2015)	35 capacidades de gestión de TI agrupadas en cuatro macrocapacidades: gestión del presupuesto de TI, gestión de la capacidad de TI, gestión de TI hacia el valor del negocio, gestión de TI como un negocio.	Cuestionario en línea y entrevistas a stakeholders en TI y en el negocio para evaluar el estado actual y el deseado en cuanto a la gestión y aprovechamiento de las TI en la organización.	RBV	Grandes y pymes
Dyerson et al. (2016)	Estrategia de TI, procesos de TI, gestión de proyectos de TI y complejidad tecnológica.	Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario online. Para el análisis se realizó un análisis de componentes principales y un análisis de clúster.	RBV	pymes
Suh et al. (2017)	Percepción de los gerentes de la gestión de su SI según las 4 etapas de su implementación.	Evaluación cuantitativa (1-7) para cada etapa.	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno de TI • Modelo de Peterson 	Grandes y pymes
Díaz-Pinzón et al. (2017)	Contribuciones de las TI en las organizaciones.	Propuesta teórica	Beneficios de las TI	No específica
(Cataldo et al. 2020)	Patrón de adopción de software.	Análisis de clúster	RBV	pymes

Nota. SI: sistemas de información; ERP: sistema de planeación de recursos empresariales; KM: gestión del conocimiento; RBV: visión de la organización basada en recursos; COBIT: objetivos de control para tecnología de información y tecnologías relacionadas; Val IT: valor empresarial: gobierno de las inversiones en tecnologías de la información; ITIL: biblioteca de infraestructura de tecnologías de información; MOF: marco de operaciones de Microsoft.

Fuente: elaboración propia con base en los autores citados.

Uno de los primeros y más usados modelos de madurez es el de Nolan (1973, 1979) y Nolan y Koot (1992), quienes definen cuatro y seis etapas de madurez en la gestión de las TI (1er y 2do modelo, respectivamente). En la primera propuesta, se plantea clasificar las organizaciones de acuerdo con el nivel de desarrollo de las tareas asociadas al control, a la organización y a la planeación de las TI. En la segunda propuesta, los criterios de clasificación corresponden a los procesos de crecimiento asociados a los usuarios, a la gestión, a los recursos y a las aplicaciones informáticas. Por otro lado, Benbasat et al. (1980), usando once criterios, clasifica las organizaciones en dos grandes grupos: empresas maduras y menos maduras.

Basados en teorías de adopción y difusión de las TI, Raho et al. (1987) y Huff et al. (1988) proponen cuatro y cinco fases de madurez, respectivamente. Ambos proponen unos criterios de clasificación basados en la integración y la interconectividad de las aplicaciones con otros elementos al interior de la organización.

A partir de criterios relacionados con la estrategia de TI, la estructura del área de TI, las aplicaciones informáticas, el perfil del personal de TI, el “estilo” del área de TI, las competencias del personal de TI y la cultura informática de la organización, Galliers (1991) propone seis fases de madurez en TI de las organizaciones. Por otro lado, Karimi et al. (1996) evalúan el progreso de TI en las organizaciones a partir del grado de planeación en TI, el control de las TI, la organización de las TI y la integración de las TI.

Posteriormente, se encuentran modelos específicos a empresas o tecnologías. Holland y Light (2001) proponen un modelo de tres estados de madurez en el uso de sistemas ERP basado en criterios de uso estratégico de las TI, sofisticación organizacional, penetración del sistema ERP, visión estratégica de las TI y lecciones aprendidas en la implementación. Por su parte, Knol y Stroeken (2001) y Pham (2010) proponen cinco niveles/fases de madurez para pymes, así como tres criterios de clasificación: estrategia, tecnología y organización; Pham (2010) basa su propuesta de clasificación según criterios como la infraestructura, las aplicaciones, el recurso humano y las políticas en TI.

Dentro de los modelos más recientes se encuentran el modelo *Organizational IT Maturity* (OITM) (Ragowsky et al., 2012), el marco de referencia en madurez de sistemas de información (Suh et al.,

2017), el marco de madurez de capacidad en TI (Carcary et al., 2015; Doherty et al., 2013) y el modelo de madurez de adopción de TIC (Cataldo et al., 2020). El primer modelo se basa en el *Capability Maturity Model* (CMM) y enfocado en criterios de clasificación relacionados con el rol de personal (TIC y no TIC) y su capacidad para crear valor a partir del uso de las TI. La segunda propuesta está basada en el gobierno de TI y enfoca los criterios de clasificación de las empresas de acuerdo con la gestión de los sistemas de información en las diferentes etapas de su implementación. El modelo de madurez de capacidad en TI examina el nivel de desarrollo de las empresas de acuerdo con la gestión que se realiza del presupuesto para las TI, la gestión de la capacidad en TI, la gestión de las TI para dar valor al negocio y, por último, la gestión de las TI como un negocio. En el modelo de adopción de TIC se agrupan las pequeñas empresas según los aplicativos o combinación de aplicaciones que utilizan, evidenciando cuatro etapas de acuerdo con el grado de sofisticación de dichas herramientas.

En los modelos de madurez iniciales predominan los criterios relacionados con la gestión de las TI en actividades como el control, la operación, el presupuesto y la planeación. Los modelos más recientes resaltan la importancia de la estrategia de TI y la alineación con los objetivos del negocio.

Niveles de madurez en TI

Generalmente los modelos de madurez en TI son presentados en forma de “múltiples etapas” que presentan un “camino lógico desde un punto inicial a un estado de madurez objetivo” usando perspectivas de “ciclo de vida y/o formulación de objetivos e implementación para explicar y predecir el desarrollo de capacidades organizacionales” (Poepelbuss et al., 2011, p. 506).

Cuatro grandes grupos de niveles de madurez (tabla 2) son identificados a partir de la revisión de los diferentes modelos de madurez presentados anteriormente.

Tabla 2.

Niveles de madurez de TI.

Modelo	Nivel inicial	Nivel intermedio inferior	Nivel intermedio superior	Nivel superior
Nolan (1973)	Inicio	Contagio	Control	Integración
Benbasat et al. (1980)		Menos maduras		Más maduras

Nolan (1979), Nolan y Koot (1992)	Iniciación	Contagio	Control	Integración	Administración	Madurez
Raho et al. (1987)	Identificación e inversión	Experimentación, aprendizaje y adaptación	Gestión y control			Extensión tecnológica
Huff et al. (1988)	Aislado	Stand-alone	Integración manual	Integración automática		Integración distribuida
Galliers y Sutherland (1991)	Adhocracia	Comienzo de cimientos	Dictadura centralizada	Dialéctica democrática	Oportunidad empresarial	Relaciones armoniosas integratedas
Holland y Light (2001)	Gestión de sistemas heredados		Implementación sistemas ERP			Valor estratégico usando CRM, KMS, SCM
Knol y Stroeken (2001)	No uso de TI	Soporte funciones existentes	Efectividad de la empresa	Soporte de procesos externos y rediseño de procesos externos		Revisión objetivos negocio
Pham (2010)	Inactiva	Básica	Sustancial	Basada en servicios web		Basada en conocimiento
Ragowsky et al, (2012)	Ignorancia	Conciencia	Disposición	Confianza	Aceptación	Responsabilidad
Garbarino Alberti et al. (2012)	Inicial	Repetible	Estandarizado	Gestionado		Optimizado
Doherty et al. (2013) Carcary et al. (2015)	Adhoc	Básico	Intermedio	Avanzado		Optimizado

Dyerson et al. (2016)	Grupo 1 - Uso básico	Grupo 2 - Uso promedio		Grupo 3 - Uso avanzado
Suh et al. (2017)	Planeación de las TI	Implementación de las TI	Operación de las TI	Evaluación de las TI
Díaz-Pinzón et al. (2017)	Nivel uno	Nivel dos	Nivel tres	Nivel cuatro
Cataldo et al. (2020)	No adoptante / Básico	Intermedio		Avanzado

Nota. ERP: sistema de planeación de recursos empresariales; KMS: sistema de gestión del conocimiento; CRM: gestión de las relaciones con los clientes.

Fuente: elaboración propia con base en los autores citados.

Nivel inicial

El primer nivel de madurez hace referencia a la etapa en la que la empresa está comenzando a adquirir e introducir TI en la organización (Galliers & Sutherland, 1991; Nolan, 1973). Se trata principalmente de aplicaciones de ofimática como procesadores de texto y hojas de cálculo (Cataldo et al., 2020). Se automatizan algunos procesos desarrollando o adquiriendo soluciones informáticas (Galliers & Sutherland, 1991; Nolan, 1973). Aún existe un grado de desorganización (Holland & Light, 2001) y aislamiento o falta de interconectividad entre las aplicaciones de la organización (Huff et al., 1988).

A este nivel los usuarios no tienen la capacidad, el conocimiento, ni el interés de participar en el sistema de información (Pham, 2010; Ragowsky et al., 2012); no hay planeación de TI; la alta dirección no se involucra en los temas de TI, y el área de TI está a un nivel operativo dentro de la organización (Benbasat et al., 1980). No hay un soporte formal al usuario para ayudarlo a interactuar y aprender acerca de la tecnología (Huff et al., 1988). No hay políticas ni reglas explícitas en relación con la implementación y uso de las TI en la organización (Pham, 2010).

Nivel intermedio inferior

El nivel intermedio inferior de madurez hace referencia a la etapa en la que las TI empiezan a expandirse en la organización (Nolan, 1973, 1979; Nolan & Koot, 1992), en la mayoría de los casos de manera desintegrada (Huff et al., 1988) y con el fin de cumplir las necesidades de los usuarios (Galliers & Sutherland, 1991). Particularmente, en las pequeñas empresas comienzan a utilizar, además de las aplicaciones de ofimática, software contable y otros utilitarios como, por ejemplo, antivirus y

aplicaciones para la seguridad de la información (Cataldo et al., 2020). Se realizan todavía muchas actividades de integración manualmente (Huff et al., 1988). Por otro lado, el área de TI se encuentra aislada de la organización (Galliers & Sutherland, 1991). Empiezan a definirse reglas y rutinas de estandarización alrededor de la gestión de los sistemas de información (Pham, 2010).

En este nivel, los usuarios empiezan a ser conscientes de la importancia de los sistemas de información como fuente de información de calidad (Ragowsky et al., 2012). El desarrollo de habilidades en los usuarios en relación con temas organizacionales y técnicos es una prioridad organizacional (Pham, 2010; Raho et al., 1987), entendimiento y conocimiento que favorece la apropiación de las TI por parte de los usuarios.

Nivel intermedio superior

Cuando la madurez en el uso de TI alcanza un nivel intermedio superior, las organizaciones realizan una planeación y control formal sobre las prácticas de gestión de los sistemas de información en la organización. La desorganización y multiplicidad de plataformas empieza a disminuir (Holland & Light, 2001); la organización cuenta con procesos automáticos de integración entre aplicaciones (Huff et al., 1988). Las tecnologías de información comienzan a permear la organización (Raho et al., 1987), utilizando aplicaciones más alineadas con las necesidades del negocio particular (Cataldo et al., 2020).

A este nivel, los usuarios comienzan a desarrollar habilidades en la gestión de las TI (Pham, 2010) y a participar activamente en el análisis del sistema; la alta dirección se involucra en los temas de TI (Benbasat et al., 1980). Se desarrolla confianza entre las diferentes áreas de la organización y el área de TI; los usuarios aceptan al personal de TI como interlocutores válidos, ya que son conocedores de sus necesidades (Ragowsky et al., 2012). El área de TI comienza a tener autonomía jerárquica dentro de la organización (Benbasat et al., 1980).

Nivel superior

El nivel superior de madurez hace referencia a la etapa en la que se realiza sistemáticamente una planeación estratégica de los sistemas de información en la organización. Esta planeación es derivada y está alineada con los planes y objetivos de la organización (Benbasat et al., 1980; Nolan & Koot, 1992). Periódicamente se mide el uso, la satisfacción y el valor obtenido de los sistemas de información, con el fin de mejorar dicha planeación (Suh et al., 2017). Las TI son consideradas oportunidades para las organizaciones (Karimi et al., 1996) y usadas para la innovación y la gestión del conocimiento (Pham, 2010).

A este nivel, los usuarios toman la corresponsabilidad del sistema de información, asumiendo su rol en la planeación de los proyectos de TI, en la definición de sus propias necesidades y en el uso de las

TI, al liderar junto con el área de TI y la alta dirección los cambios para mejorar sus procesos e innovar (Ragowsky et al., 2012). El área de TI tiene un rol estratégico en la organización (Huff et al., 1988). Se establecen políticas y rutinas asociadas al uso y la gestión de las TI, así como en relación con el entrenamiento de usuarios (Ragowsky et al., 2012).

La capacidad en TI y sus dimensiones

Se denomina capacidad en TI a la habilidad que tiene una organización para movilizar sus recursos de TI en combinación con otros recursos y capacidades (Bharadwaj, 2000). Este constructo se origina desde la RBV, siendo esta la perspectiva más utilizada para su estudio (Brosig et al., 2020). Los efectos de la ITC han sido ampliamente estudiados encontrando efectos positivos sobre la agilidad, el desempeño operativo y financiero, la competitividad y la innovación de las organizaciones (Ashrafi & Mueller, 2015; Choi, 2019; Kim et al. 2011; Lu & Ramamurthy, 2011; Raymond et al., 2018; Wiesboeck, 2018). Por eso, se espera que, al mejorar la madurez en su ITC, las empresas logren generar beneficios en el uso de las TI.

Se han identificado aspectos físicos, organizacionales y humanos como dimensiones constitutivas de la ITC (Kim et al., 2011). Los aspectos físicos se refieren a la infraestructura de TI en la que se incluyen el software, hardware, redes, servidores, etc., utilizados en la empresa. Otros aspectos son de tipo organizacional, como la planeación estratégica de las TI, la calidad de las relaciones al interior y exterior de la organización y aspectos de gestión y rutinas relacionadas con las TI. Los aspectos humanos se centran en el conocimiento tanto de las TI como de las posibilidades que estas pueden brindar al negocio.

Particularmente, Díaz-Pinzón et al. (2019) establecen seis dimensiones: infraestructura de TI, conocimiento estratégico en TI (CE), planeación estratégica (PE), relacionamiento interno con el área de TI (RI), conocimiento del personal de TI (CP) y relacionamiento con proveedores de TI (RE). Estas dimensiones se agrupan en cuatro categorías: la capacidad de cohesión organizacional del área de TI, la capacidad estratégica en TI, la capacidad de infraestructura tecnológica de TI y la capacidad de relacionamiento externo. Además de incluir la diversidad de aspectos involucrados en la obtención de beneficios desde las TI, estas dimensiones se establecen en el contexto de mipymes en un país en desarrollo, por lo que constituye un marco adecuado para plantear un modelo de madurez de TI con base en la ITC y enfocado en mipymes.

Metodología

La recolección de los datos utilizados en la investigación se realizó mediante la aplicación del cuestionario de evaluación de las dimensiones de la ITC desarrollado y validado por Díaz-Pinzón et al. (2019). El instrumento evalúa la dimensión de conocimiento estratégico identificando qué tanto conoce

la empresa sobre innovaciones en TI y si consideran que tienen habilidades para aplicar y gestionar las TI. En cuanto a la planeación estratégica, se evalúa si la empresa realiza planeación de las tecnologías y la participación del gerente en esta actividad. En la dimensión de conocimiento del personal de TI, se examina qué tanto el personal que gestiona o da soporte a las TI conoce la organización, sus metas y procedimientos. Se indaga también sobre la calidad de las relaciones entre los usuarios y la gerencia con las personas encargadas de las TI en la empresa, así como la calidad de las relaciones con los proveedores de TI. Finalmente, en cuanto a la infraestructura, se examina el presupuesto y la inversión en TI, el uso de recursos de interconexión y actividades hacia el cliente basadas en TI como el comercio electrónico.

El cuestionario se aplicó de manera presencial en 490 mipymes y a través de Internet en 1.980 mipymes para un total de 2.470 empresas encuestadas. Teniendo en cuenta el número de empleados, el 91,17% de las empresas en la muestra corresponde a microempresas (hasta diez empleados); el 7,09%, a pequeñas empresas (entre 11 y 50 empleados), y el 1,74% restante, a empresas medianas (entre 51 y 200 empleados). En cuanto a los sectores, la mayoría de las empresas participantes en el estudio pertenecen al sector de comercio, siendo 1.610 empresas que corresponden al 65,18% de la muestra; el 24,25% se ubica en el sector de servicios con 599 empresas; en el 10,57% restante participan los sectores de construcción (5,91%), manufactura (3,97%) y agroindustria (0,69%).

Una vez recolectada la información, se realizó la agrupación de las empresas, identificando los niveles de madurez de su ITC y se desarrolló un algoritmo clasificador basado en la agrupación realizada.

Agrupación de las mipymes por niveles de madurez

Para segmentar las mipymes se utiliza una técnica de agrupación sobre la muestra de 2.470 mipymes para identificar el nivel de madurez por cada una de las dimensiones de la capacidad en TI validadas por Díaz-Pinzón et al. (2019). Inicialmente, se realizó una revisión sobre el conjunto de datos para revisar la cantidad de datos faltantes, los cuales se describen en la tabla 3. En los casos donde no se tenía ninguna respuesta en la dimensión, se decidió eliminar el registro del análisis para la dimensión particular; cuando se presentaron datos faltantes en algunas variables, se realizó imputación de datos empleando modelos de regresión logística y máxima verosimilitud (Medina & Galván, 2007).

Tabla 3.

Clasificación de las empresas en cada uno de los grupos identificados.

Clúster\ Dimensión	Uno	Dos	Tres	Cuatro	NS	No aplica	Número de mipymes con

							respuestas completas
Conocimiento estratégico en TI	674	486	536	367	407	0	2470
Planeación estratégica	677	550	463	328	451	1*	2469
Conocimiento personal TI	8	23	148	152	53	2086**	384
Relacionamiento interno área de TI	4	9	138	211	22	2086**	384
Relacionamiento proveedores de TI	59	125	171	143	121	1851***	619
Infraestructura de TI	1316	482	323	349	0	0	2470

Nota. *No responde; **No tiene personal de TI; ***No tiene relación con proveedores de TI.

Fuente: elaboración propia.

Una vez se completaron los datos, se procedió a reducir las dimensiones mediante el método de las componentes principales y las correspondencias múltiples: i) componentes principales para las variables binarias (dimensión de infraestructura) y ii) correspondencias múltiples para las variables categóricas (otras cinco dimensiones), que transforman el conjunto original de variables en uno de menor dimensión, de tal manera que se construyen nuevas variables que no tengan correlación entre ellas y permitan realizar una clasificación donde no se presenten problemas de colinealidad en los datos (Peña, 2002).

Posteriormente, se hizo una agrupación sobre estas variables independientes, utilizando un algoritmo jerárquico de agrupación (HCPC)¹; para evaluar cada dimensión, se incluyeron las empresas que contestaron completamente las preguntas de la dimensión correspondiente, dado que las incompletas fueron imputadas. Siguiendo las indicaciones planteadas por Husson et al. (2010), se realizaron los siguientes pasos:

¹ El software empleado fue R y la librería FactoMineR.

1. Reducir las dimensiones de las variables para eliminar correlaciones entre las variables y problemas de colinealidad.
2. Realizar un agrupamiento jerárquico, empleando en este caso el método de Ward, con el que se busca minimizar la diferencia entre cada observación y un punto representativo de cada grupo, conocido como *centroide*, que se calcula con alguna medida de tendencia central de los datos, como el promedio, la mediana, entre otros. Esto se realiza de forma iterativa empezando con cada individuo (empresa en este caso), como un clúster, hasta llegar a agrupar todas las observaciones en uno solo, lo que se puede representar en un diagrama de árbol como los que se observan en la figura 1.
3. Una vez creado el árbol con base en el método de Ward, se procede a definir un punto de corte donde, de acuerdo con las agrupaciones de los datos, se busca una división óptima de grupos en términos de la variación dentro y entre los grupos. La idea es que cada clúster sea poco variable por dentro, mientras que entre clústeres la variación sea muy alta.
4. Una vez definido el número de clúster con base en el agrupamiento jerárquico, se realiza el algoritmo *k-means*, que requiere que se defina *a priori* el número de clúster para segmentar el conjunto de datos. Una vez indicado el número de clúster, el algoritmo realiza un conjunto de iteraciones particionando en cada una de ellas los datos, hasta que se consiga que los centroides (promedio de las variables de cada clúster) no presenten cambios.
5. Finalmente, se realiza una descripción de los clústeres de acuerdo con el comportamiento de las variables dentro de cada uno.

La figura 1 muestra el dendograma referente a la agrupación jerárquica de cada una de las dimensiones. Para las dimensiones evaluadas en escala de likert (CE, PE, CP, RI y RE) el algoritmo propuso cuatro grupos o clústeres. Posterior a la definición del número de grupos se utilizó el método de partición *k-means*, segmentando las empresas del estudio para cada dimensión (tabla 3).

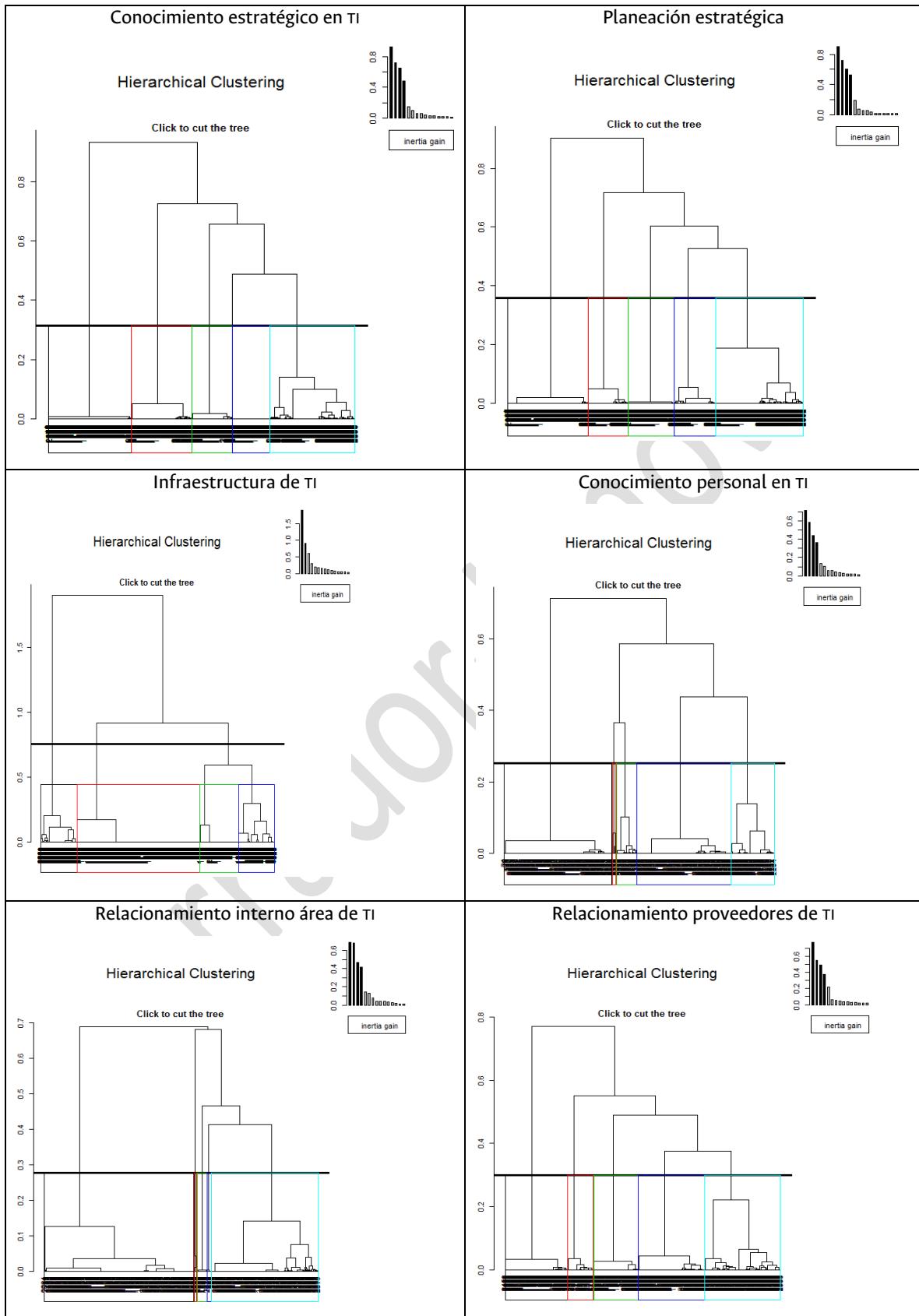


Figura 1. Dendrograma para las seis dimensiones de capacidad en TI. Fuente: elaboración propia.

Generación de un clasificador de empresas en los niveles de madurez

Con el objetivo de generar un modelo predictivo que permita clasificar mipymes en uno de los grupos identificados previamente, se realizan dos actividades principales: entrenamiento y evaluación. Los porcentajes de datos para entrenamiento y evaluación no se pueden definir de una manera específica, es decir, no existe un algoritmo o método que especifique la cantidad de datos que se debe emplear para entrenar o evaluar. Frecuentemente, se emplea entre el 60% y 80% de los datos para entrenar, y el restante para evaluación, pero esta es una medida empírica.

En este caso, se tomó el 70% de los datos de cada dimensión² como base de entrenamiento para definir un conjunto de parámetros que permitan clasificar posteriormente un nuevo conjunto de datos. Esto se hizo usando el algoritmo de las máquinas de vectores de soporte (SVM)³. Para la evaluación, se tomó aproximadamente el 30% restante de los datos para calcular la precisión del método empleado.

Finalmente, se clasificaron las empresas de la muestra en los grupos identificados y se compararon con los resultados de la segmentación. Para medir la precisión que se obtiene al realizar la clasificación se han propuesto en la literatura varias medidas tales como las siguientes: matriz de confusión (confusion matrix), exactitud (precisión), sensibilidad (recall), precisión (accuracy), puntaje F (f1-score). En general, se puede observar que se presentaron medidas de ajuste altas en términos de precisión. Los valores obtenidos se encuentran por encima del 95% (* MERGEFORMAT; tabla 4), indicando que el algoritmo es capaz de clasificar la gran mayoría de empresas nuevas en sus niveles de madurez de acuerdo con el comportamiento de la muestra observada en este estudio. Además de la precisión, otras medidas como la sensibilidad y el f1-score también presentaron valores altos, que permiten evaluar la calidad del modelo en términos de empresas bien clasificadas, teniendo en cuenta que hay grupos con mayor número de empresas y esto podría inducir a problemas por desbalance en los datos (Goutte & Gaussier, 2005). Sin embargo, se observa que en general los valores son altos (cercanos a 1), concluyendo que el modelo es adecuado para clasificar las empresas de acuerdo con su madurez en TI por dimensiones.

Tabla 4.

Matriz de confusión.

² Estos porcentajes fueron seleccionados al azar mediante números pseudoaleatorios.

³ Lenguaje de programación: Python. Parámetros para la máquina de vectores: kernel: gaussiano, y parámetro de regularización C: 1.0. Seleccionados por validación cruzada.

Dimensiones	Accuracy (train):	Accuracy (test)	Confusion Matrix (test)	Classification report (test)*				
				precisión n	recall	f1-score	support	
Conocimiento estratégico en TI	0,98377 7520278	0,97580 6451613	[[203 0 0 0 0] [1 143 2 0 0] [0 1 158 1 1] [0 0 3 108 0] [0 7 2 0 114]]	1,0	1,00	1,00	1,00	203
				2,0	0,95	0,98	0,96	146
				3,0	0,96	0,98	0,97	161
				4,0	0,99	0,97	0,98	111
				9,0	0,99	0,93	0,96	123
				avg / total	0,98	0,98	0,98	744
Planeación estratégica	0,97334 8783314	0,95827 7254374	[[199 3 2 0 0] [0 158 5 0 2] [0 0 138 1 0] [0 0 3 96 0] [1 10 4 0 121]]	precisión n	recall	f1-score	support	
				1,0	0,99	0,98	0,99	204
				2,0	0,92	0,96	0,94	165
				3,0	0,91	0,99	0,95	139
				4,0	0,99	0,97	0,98	99
				9,0	0,98	0,89	0,93	136
				avg / total	0,96	0,96	0,96	743
Conocimiento personal TI	0,95880 1498127	0,91452 991453	[[1 2 0 0 0] [0 5 0 0 2] [0 1 42 1 1] [0 0 145 0] [0 0 2 0 14]]	precisión n	recall	f1-score	support	
				1,0	1,00	0,33	0,50	3
				2,0	0,62	0,71	0,67	7
				3,0	0,93	0,93	0,93	45
				4,0	0,98	0,98	0,98	46
				9,0	0,82	0,88	0,85	16
				avg / total	0,92	0,91	0,91	117
Relacionamiento interno área de TI	0,98496 2406015	0,93220 3389831	[[1 0 0 1 0] [0 2 1 0 0] [0 0 42 0 0] [0 0 262 0] [0 0 4 0 3]]	precisión n	recall	f1-score	support	
				1,0	1,00	0,50	0,67	2
				2,0	1,00	0,67	0,80	3
				3,0	0,86	1,00	0,92	42
				4,0	0,98	0,97	0,98	64
				9,0	1,00	0,43	0,60	7
				avg/tot al	0,94	0,93	0,93	118

Relacionamiento proveedores de TI	0,96983 7587007	0,95744 6808511	[[18 0 0 0 0] [2 35 0 0 1] [0 0 52 0 0] [0 0 142 0] [0 3 1 0 33]]	precisio	recall	f1-	suppor
				n		score	t
				1,0	0,90	1,00	0,95
				2,0	0,92	0,92	0,92
				3,0	0,96	1,00	0,98
				4,0	1,00	0,98	0,99
				9,0	0,97	0,89	0,93
				avg/tot	0,96	0,96	0,96
Infraestructura de TI	0,99884 2592593	0,99460 916442	[[395 0 0 0 0] [0 145 0 0 0] [0 0 97 0 0] [4 0 0 101]]	precisio	recall	f1-	suppor
				n		score	t
				1,0	0,99	1,00	0,99
				2,0	1,00	1,00	1,00
				3,0	1,00	1,00	1,00
				4,0	1,00	0,96	0,98
				avg/t	0,99	0,99	0,99
				otal			742

Nota. *En este reporte, el clúster uno fue llamado “1”; dos, “2”; tres, “3”; cuatro, “4”, y NS, “9”.

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Como resultados del estudio, se identifican cuatro niveles de madurez en el aprovechamiento de las TI en el contexto de las mipymes y se genera un método de clasificación a partir del constructo multidimensional de ITC.

Niveles de madurez de la capacidad en TI

A partir de la agrupación jerárquica realizada (figura 1), se obtienen cinco grupos o clústeres propuestos por el algoritmo para cada una de las dimensiones propuestas (salvo para la dimensión de infraestructura para la cual se obtienen cuatro grupos). La tabla 3 presenta la agrupación de las empresas del estudio para cada dimensión. Cada dimensión tiene la misma cantidad de individuos (2.470), pero no todos fueron segmentados con el algoritmo k-means. Para tres de las dimensiones se tiene una categoría “No aplica”, que hace referencia a las empresas que presentan ausencia de proveedores o de encargados de las TI en su organización. La categoría “NS” corresponde a las respuestas asociadas a “no sabe”. Las categorías etiquetadas como NS y “No aplica” (tabla 3) no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar la segmentación, por lo cual solo se tendrán en cuenta los cuatro grupos rotulados como uno, dos, tres y cuatro.

A partir de lo anterior, se tienen cuatro niveles de madurez de la capacidad de TI en mipymes (correspondientes a los grupos uno, dos, tres y cuatro), para cada dimensión de la capacidad en TI (figura 2).

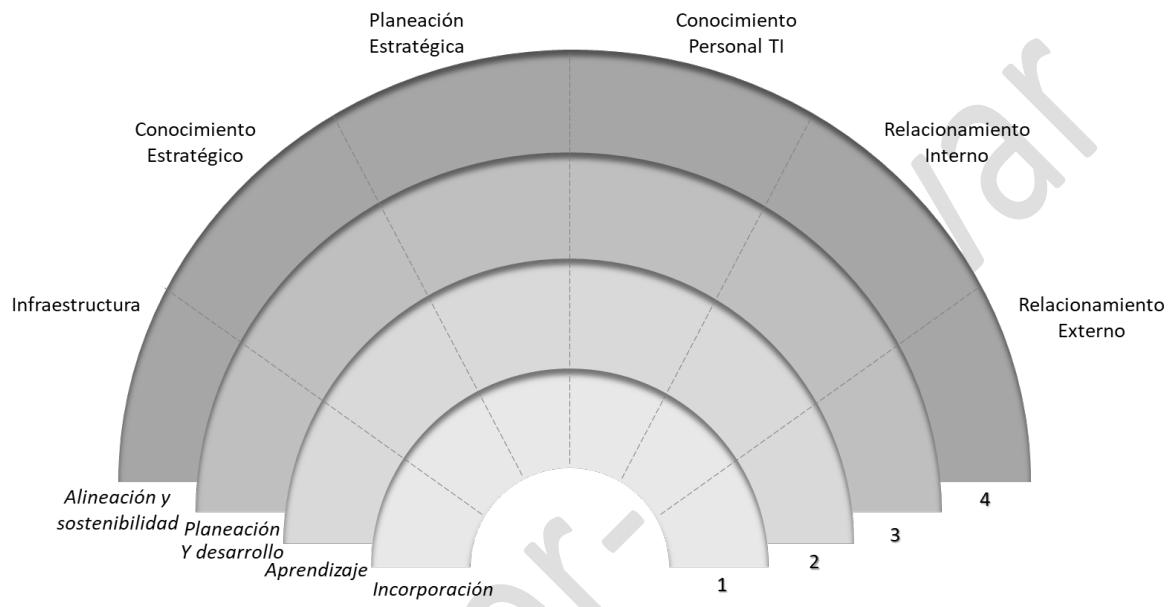


Figura 2. Niveles de madurez de la capacidad de TI. Fuente: elaboración propia.

Cuando la empresa presenta sus dimensiones clasificadas en nivel 1, encontramos que las tecnologías de información están en etapa de *incorporación*. Por eso, no se evidencia inversión en TI ni uso de herramientas como Internet para su negocio, siendo su infraestructura de TI mínima. Consecuentemente, no se identifican personas en la organización a cargo de la gestión de las TI, así como tampoco relaciones establecidas con proveedores de TI. No existe una visión clara acerca de cómo aprovechar las TI para el negocio.

En el nivel 2, las mipymes clasificadas se caracterizan por que, aunque hay inversión para la adquisición de TI, sus equipos no están interconectados ni se utiliza Internet como medio de relacionamiento con clientes y proveedores; su infraestructura es, entonces, desarticulada. El personal a cargo de actividades de gestión de las TI es escaso, con poco conocimiento de las necesidades de la organización, por lo que no tiene claridad sobre la aplicabilidad organizacional de las TI. La relación con los proveedores de TI es limitada y puntual en la atención esporádica de requerimientos específicos. La organización está en fase de *aprendizaje* a nivel técnico y organizacional.

Una vez automatizada la operación de la organización y el personal consciente de su importancia, la organización está preparada para hacer una adecuada *planeación y desarrollo* de las TI (*nivel 3*). Las mipymes clasificadas en este nivel presentan un desarrollo creciente de sus TI, un entendimiento de las particularidades organizacionales y de la aplicación de las TI a partir de estas características. El personal encargado de TI y el resto del personal de la mipyme están dispuestos a trabajar en equipo y planear una estrategia de TI de manera conjunta. En las empresas en que no hay personal TI, esto se representa en la capacidad y conocimiento del gerente de la organización, o algunos de los otros miembros de esta, para asumir un rol importante en la planeación estratégica de las TI.

Una particularidad de las mipymes pertenecientes al *nivel 4* está asociada a la *alineación estratégica y la sostenibilidad*. Estas mipymes se caracterizan por su visión estratégica con relación a las TI, presentan habilidad para aprovechar las tecnologías de información en concordancia con los objetivos y planes globales de la organización. La planeación estratégica de las TI es el resultado de un trabajo cooperativo entre la gerencia, el área de TI (o del que asuma el rol) y las áreas del negocio.

La clasificación de las empresas se realiza para cada una de sus dimensiones, por lo que una misma organización puede situarse en diferentes niveles de acuerdo con el estado de cada dimensión. En la tabla 5 se describen las características de las mipymes para cada nivel y para cada dimensión de la capacidad en TI.

Con respecto a la *infraestructura de TI*, en un primer nivel las organizaciones no presupuestan ni invierten en TI contando con una mínima infraestructura; a medida que avanzan en su capacidad de TI se evidencia inversión en TI, interconexión de su infraestructura y uso de Internet como canal de ventas o de relacionamiento con sus proveedores, lo que lleva, en un nivel superior, a contar con las TI en un rol estratégico.

La madurez organizacional en cuanto a la *relación con los proveedores de TI* se evidencia prácticamente inexistente en un primer nivel; en un segundo nivel, los contactos con el proveedor son ocasionales según se requiera una adquisición o soporte, en los últimos niveles las relaciones se fortalecen en el largo plazo, creando lazos de confianza hacia establecer el proveedor como un socio estratégico.

La madurez organizacional en relación con el *conocimiento organizacional del personal de TI* y el *conocimiento estratégico de TI* está determinada por el conocimiento y la aplicación del conocimiento en la implementación estratégica de las TI. En un primer nivel, primará un desconocimiento organizacional y del uso de las TI, según sea el caso. Un segundo nivel de madurez corresponde a un conocimiento parcial en relación con las necesidades organizacionales y de TI; un tercer nivel de madurez implica un entendimiento organizacional y de TI que permita planear y desarrollar el uso de las TI en la organización.

Finalmente, en un cuarto nivel la organización podrá aplicar el conocimiento organizacional y de las TI para poder implementar estratégicamente las tecnologías de la información en la organización.

Tabla 5.

Niveles de madurez en función de las seis dimensiones de la capacidad en TI.

Dimensiones capacidad TI	Capacidad de cohesión organizacional del área de TI		Capacidad estratégica		Infraestructur a	Relación con proveedores de TI
	Conocimiento personal TI	Relación TI y otras áreas	Conocimiento estratégico	Planeación estratégica		
Niveles de madurez de la capacidad TI						
Nivel 1 Incorporación	Desconocimien to de la organización	No relacionamiento personal TI y no TI	Desconocimien to del uso de las TI	Improvisació n	Mínima	Inexistente
Nivel 2 Aprendizaje	Falta de claridad necesidades de la organización	Relación débil	Falta de claridad del uso de las TI	Planeación limitada	Desarticulada	Relación esporádica
Nivel 3 Planeación y desarrollo	Entendimiento organización	Trabajo en equipo	Entendimiento del uso de las TI	Plan general de TI	En desarrollo	Relaciones de confianza
Nivel 4 Alineación y sostenibilidad	Habilidad para implementar TI estratégicamen te	Sinergia gerencia, área TI y áreas de negocio	Habilidad para implementar TI estratégicamen te	Planeación alineada	Soportando procesos estratégicos	Proveedor TI como socio estratégico

Fuente: elaboración propia.

La madurez organizacional de las relaciones entre las áreas de la organización y el área de TI, o de las personas que asumen esta función en la organización, está determinada por el grado de sinergia que tiene la gerencia, el personal/área de TI y las demás áreas de la organización. El primer nivel corresponde a la inexistencia de una relación colaborativa entre el personal de TI y el personal no TI de la organización; el segundo nivel presenta una relación de colaboración débil. El tercer nivel de madurez hace referencia a la existencia de un trabajo en equipo entre las diferentes áreas de la organización, incluyendo el personal de TI. Finalmente, el nivel cuarto de madurez representa la presencia de una sinergia entre la

gerencia, el área de TI y las diferentes áreas de negocios que permitirán aprovechar de manera estratégica las tecnologías de la información.

La madurez organizacional en relación con la *planeación estratégica de la organización* representa la rigurosidad en la elaboración y ejecución de planes estratégicos asociados al uso y aprovechamiento de las TI en las organizaciones. El primer nivel de madurez corresponde a una improvisación en la incorporación y en el uso de las tecnologías de la información; el segundo nivel presenta una planeación estratégica en TI limitada. El tercer nivel de madurez se caracteriza por la planeación en TI de manera general y en algunos casos no alineada con la estrategia de la organización. Finalmente, el nivel cuarto de madurez refleja la realización de planeación estratégica hacia la incorporación, uso y aprovechamiento de las TI en la organización de acuerdo con los objetivos estratégicos de esta.

Método de clasificación de mipymes

Como resultado del estudio, se genera y evalúa un modelo predictivo para poder clasificar mipymes en los niveles de madurez de la capacidad en TI. En la diagonal de la matriz de confusión (tabla 4) se encuentran las empresas que presentan un mejor ajuste en su ubicación mostrando unos porcentajes de clasificación superiores a 85%.

Este modelo predictivo podrá ser usado para clasificar cualquier mipyme a partir de dos actividades principales (figura 3). Lo primero será hacer una evaluación de la capacidad de TI de la mipyme a partir del instrumento de capacidad en TI validado por Díaz-Pinzón et al. (2019). Posteriormente, se deberá usar la base entrenada y el algoritmo para clasificar la nueva mipyme en uno de los grupos (niveles de madurez) identificados para cada dimensión de la capacidad de TI.

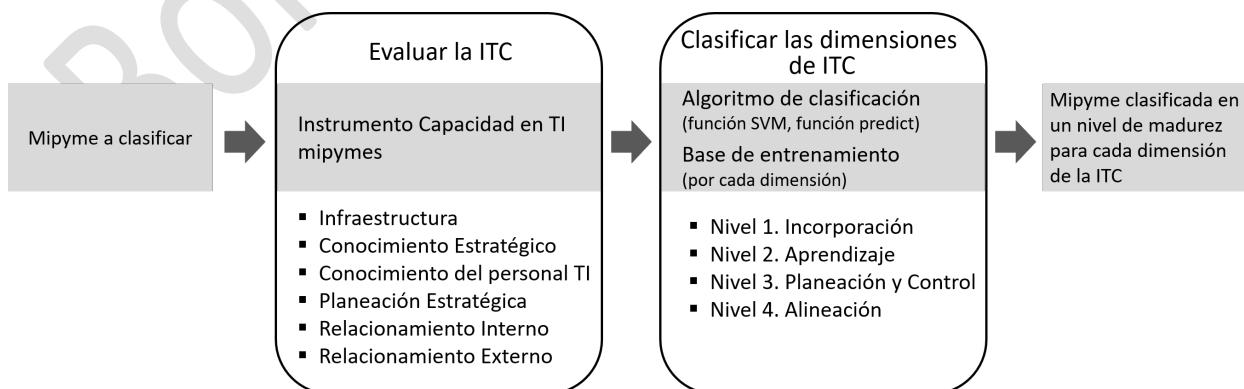


Figura 3. Método de clasificación de mipymes. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones y discusión

En este artículo se presenta el desarrollo de un modelo de madurez en TI, específicamente para mipymes, utilizando como marco la capacidad en TI. La evaluación de la madurez de TI de una mipyme no debería estar asociada a una sola característica de la organizacional (por ejemplo, infraestructura). Múltiples dimensiones han sido identificadas como determinantes de la capacidad de TI de una mipyme en Colombia (Díaz-Pinzón et al., 2019): conocimiento organizacional del personal de TI; capacidad de relacionamiento entre el personal encargado de las TI y el resto del personal de la organización; conocimiento estratégico en TI de la organización; capacidad de planeación estratégica en TI; capacidad de relacionamiento con proveedores de TI y la infraestructura. Los niveles de madurez de TI identificados en la presente investigación son *multidimensionales* y están asociados a estas seis dimensiones.

Algunas de estas dimensiones han sido incluidas y evaluadas en otras propuestas de modelos de madurez como la infraestructura de TI, la planeación estratégica y el conocimiento del personal de TI. El nivel de sofisticación de la infraestructura y el portafolio de aplicaciones puede llevar a diferenciaciones y mejoras en el desempeño financiero, particularmente en el contexto de las mipymes (Benbasat et al., 1980; Cataldo et al., 2020; Karimi et al., 1996; Knol & Stroeken, 2001; Nolan & Koot, 1992; Pham, 2010). La planeación de las TI y su alineación estratégica es uno de los principales aspectos estudiados para evidenciar la madurez en el aprovechamiento de las TI (Carcary et al., 2015; Doherty et al., 2013; Dyerson et al., 2016; Galliers & Sutherland, 1991; Holland & Light, 2001; Huff et al., 1988; Suh et al., 2017). El personal de TI tiene también un papel importante en la ITC de las organizaciones; incluye su conocimiento técnico, pero también su conocimiento del negocio (Galliers & Sutherland, 1991; Huff et al., 1988; Pham, 2010; Ragowsky et al., 2012). Cabe anotar que en las mipymes no es común contar con un departamento de TI como tal, siendo frecuente que algunos empleados asuman funciones relacionadas con la gestión de las TI. El modelo de madurez que presentamos resalta adicionalmente aspectos menos abordados como la calidad de las relaciones tanto al interior de la organización como hacia el exterior con los proveedores de TI. Particularmente, las relaciones con los proveedores de TI adquieren gran importancia en el contexto de la pequeña empresa, apoyando el entrenamiento en TI, el soporte técnico y la definición de requerimientos (Ghobakhloo & Tang, 2015).

Una mipyme puede estar en un nivel diferente de madurez para cada una de las dimensiones de la capacidad en TI. Estos niveles de madurez son los siguientes: nivel 1, incorporación de las TI en la organización; nivel 2, aprendizaje tecnológico y organizacional; nivel 3, planeación y desarrollo, y nivel 4, alineación y sostenibilidad. Esos niveles de madurez son *dinámicos*. A través del tiempo, una organización

podrá estar en diferentes niveles de madurez para una misma dimensión de la capacidad en TI y no necesariamente para “avanzar”, sino también para “retroceder”.

De la misma manera, la clasificación en los diferentes niveles de madurez es *relativa* al momento en que se mide y dependerá del conjunto de datos utilizado para su análisis. Identificamos, entonces, como limitación de este estudio la dependencia del modelo con respecto a la base de datos de muestra; en este caso, la mayoría de las empresas encuestadas corresponden a microempresas y los sectores predominantes fueron el de comercio y el de servicios. Para superar esta limitación, la base de conocimiento utilizada podrá entrenarse constantemente, incluyendo así nuevas realidades asociadas a la tecnología, al tamaño organizacional e, incluso, al sector al que pertenece la mipyme.

El mecanismo de valoración y clasificación usado y presentado en este artículo permitirá a una mipyme autoevaluarse constantemente de acuerdo con sus realidades y las realidades de su contexto. El aprovechamiento de las TI será mayor en la medida en que una mipyme tenga una conciencia de su situación real en relación con estas seis dimensiones de la capacidad en TI y pueda compararse con sus pares. Por otro lado, es fundamental que, a través de estos mismos mecanismos, el Ministerio de las Tecnologías de la Información pueda entender y evaluar permanentemente el estado de las mipymes colombianas con relación a su madurez tecnológica a la luz de estas seis dimensiones, logrando de esta manera implementar programas para fortalecer el aprovechamiento de las TI, enfocados en las particularidades y realidades de las micros, pequeñas y medianas empresas.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no manifiestan conflictos de intereses institucionales ni personales.

Referencias bibliográficas

- Afolayan, A., Plant, E., White, G., Jones, P., & Beynon-Davies, P. (2015). Information technology usage in SMEs in a developing economy. *Strategic Change*, 24(5), 483-498.
<https://doi.org/10.1002/jsc.2023>
- Ashrafi, R., & Mueller, J. (2015). Delineating IT resources and capabilities to obtain competitive advantage and improve firm performance. *Information Systems Management*, 32(1), 15-38.
<https://doi.org/10.1080/10580530.2015.983016>
- Benbasat, I., Dexter, A. S., & Mantha, R. W. (1980). Impact of organizational maturity on information system skill needs. *MIS Quarterly*, 4(1), 21-34. <https://doi.org/10.2307/248865>
- Bharadwaj, A. (2000). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 24(1), 169-196.
<https://doi.org/10.2307/3250983>

- Bi, R., Davison, R. M., & Smyrnios, K. X. (2015). IT and fast growth small-to-medium enterprise performance: An empirical study in Australia. *Australasian Journal of Information Systems*, 19, S247-S266. <https://doi.org/10.3127/ajis.v19i0.1012>
- Brosig, C., Westner, M., & Strahringer, S. (2020). Revisiting the concept of IT capabilities in the era of digitalization. En IEEE 22nd Conference on Business Informatics (CBI) (pp. 84-93).
<https://doi.org/10.1109/CBI49978.2020.00017>
- Carcary, M., Doherty, E., & Thornley, C. (2015). Business innovation and differentiation: Maturing the IT capability. *IT Professional*, 17(2), 46-53. <https://doi.org/10.1109/MITP.2015.18>
- Cataldo, A., Pino, G., & McQueen, R. J. (2020). Size matters: The impact of combinations of ICT assets on the performance of Chilean micro, small and medium enterprises. *Information Technology for Development*, 26(2), 292-315. <https://doi.org/10.1080/02681102.2019.1684870>
- Choi, B. (2019). The role of firm size and IT capabilities in open and closed innovation. *Asia Pacific Journal of Information Systems*, 29(4), 690-716. <https://doi.org/10.14329/apjis.2019.29.4.690>
- Correa Ospina, M., & Díaz-Pinzón, B. (2018). Capacidad en tecnologías de la información y desempeño organizacional: un estudio en el contexto colombiano. *Innovar*, 28(69), 99-116.
<https://doi.org/10.15446/innovar.v28n69.71699>
- Díaz-Pinzón, B. H., Rodríguez, M. T., & Espinosa, J. C. (2019). Modelo de capacidad en tecnologías de información en mipymes colombianas. *Innovar*, 29(74), 45-56.
<https://doi.org/10.15446/innovar.v29n74.82094>
- Díaz-Pinzón, B. H., Gómez Medina, J. S., García González, J. D., Melo Román, H. A., & Sanabria Villamizar, F. E. (2017). Contribución de las iniciativas de tecnologías de la información en las organizaciones: una revisión de la literatura. *Innovar*, 27(66), 41–55.
<https://doi.org/10.15446/innovar.v27n66.66710>
- Doherty, E., Carcary, M., Downey, U., & Laughlin, S. M. (2013). Enhancing IT capability maturity-development of a conceptual SME framework to maximise the value gained from IT. En 7th European Conference on Information Management and Evaluation, ECIME 2013 (pp. 25-33). Innovation Value Institute, National University of Ireland Maynooth (NUIM).
- Dyerson, R., Spinelli, R., & Harindranath, G. (2016). Revisiting IT readiness: An approach for small firms. *Industrial Management & Data Systems*, 116(3), 546-563. <https://doi.org/10.1108/IMDS-05-2015-0204>
- Ekuobase, G. O., & Olutayo, V. A. (2016). Study of Information and Communication Technology (ICT) maturity and value: The relationship. *Egyptian Informatics Journal*, 17(3), 239-249.
<https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.12.001>

- Eze, S. C, & Chinedu-Eze, V. C. (2018). Examining information and communication technology (ICT) adoption in SMEs: A dynamic capabilities approach. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(2), 338-356. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2014-0125>
- Eze, S. C., Chinedu-Eze, V. C., & Bello, A. O. (2019). Determinants of dynamic process of emerging ICT adoption in SMEs – Actor network theory perspective. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 10(1), 2-34. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-02-2018-0019>
- Galliers, R. D., & Sutherland, A. R. (1991). Information systems management and strategy formulation: The 'stages of growth' model revisited. *Information Systems Journal*, 1(2), 89-114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.1991.tb00030.x>
- Garbarino Alberti, H., Ayala, S., & Carrillo Verdún, J. (2012). *IT strategic alignment maturity model for SMEs case study: Uruguay* [Ponencia]. 38th Latin America Conference on Informatics (CLEI 2012), Montevideo, Uruguay. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2012.6427214>
- Ghobakhloo, M., & Tang, S. H. (2015). Information system success among manufacturing SMEs: Case of developing countries. *Information Technology for Development*, 21(4), 573-600. <https://doi.org/10.1080/02681102.2014.996201>
- Goutte, C., & Gaussier, E. (2005). A probabilistic interpretation of precision, recall and F-Score, with implication for evaluation. En D. E. Losada, & J. M. Fernández-Luna (Eds.), *Advances in Information Retrieval* (pp. 345-359). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-31865-1_25
- Holland, C. P., & Light, B. (2001). A stage maturity model for enterprise resource planning systems use. *ACM SIGMIS Database*, 32(2), 34-45. <https://doi.org/10.1145/506732.506737>
- Huff, S. L., Munro, M. C., & Martin, B. H. (1988). Growth stages of end user computing. *Communications of the ACM*, 31(5), 542-550. <https://doi.org/10.1145/42411.42417>
- Husson, F., Josse, J., & Pagès, J. (2010). *Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: Why would we need to choose for visualizing data?* [Reporte técnico]. Agrocampus Ouest. http://www.sthda.com/english/upload/hcpc_husson_josse.pdf
- Karimi, J., Gupta, Y. P., & Somers, T. M. (1996). Impact of competitive strategy and information technology maturity on firms' strategic response to globalization. *Journal of Management Information Systems*, 12(4), 55-88. <https://doi.org/10.1080/07421222.1996.11518101>
- Kim, G., Shin, B., Kim, K., & Lee, H. (2011). IT capabilities, process-oriented dynamic capabilities, and firm financial performance. *Journal of the Association for Information Systems*, 12(7), 487-517. <https://doi.org/10.17705/1jais.00270>
- Knol, W. H. C., & Stroeken, J. H. M. (2001). The diffusion and adoption of information technology in small- and medium-sized Enterprises through IT scenarios. *Technology Analysis & Strategic Management*, 13(2), 227-246. <https://doi.org/10.1080/09537320123815>

- Lu, Y., & Ramamurthy, K. (2011). Understanding the link between information technology capability and organizational agility: An empirical examination. *MIS Quarterly*, 35(4), 931-954.
<https://doi.org/10.2307/41409962>
- Lyver, M. J., & Lu, T. J. (2018). Sustaining innovation performance in SMEs: Exploring the roles of strategic entrepreneurship and IT capabilities. *Sustainability*, 10(2), 442.
<https://doi.org/10.3390/su10020442>
- Medina, F., & Galván, M. (2007). *Imputación de datos: teoría y práctica*. CEPAL.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4755/1/S0700590_es.pdf
- Neirotti, P., Raguseo, E., & Paolucci, E. (2018). How SMEs develop ICT-based capabilities in response to their environment: Past evidence and implications for the uptake of the new ICT paradigm. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(1), 10-37. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2016-0158>
- Nolan, R. L. (1973). Managing the computer resource: A stage hypothesis. *Communications of the ACM*, 16(7), 399-405. <https://doi.org/10.1145/362280.362284>
- Nolan, R. L. (1979). Managing the crises in data processing. *Harvard Business Review*, 57(2).
<https://hbr.org/1979/03/managing-the-crises-in-data-processing>
- Nolan, R. L., & Koot, W. (1992). Nolan stages theory today: A framework for senior and IT management to manage information technology. *Holland Management Review*, 31, 1-24.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *Key issues for digital transformation in the G20*. <https://www.oecd.org/internet/key-issues-for-digital-transformation-in-the-g20.pdf>
- Parker, C., Burgess, S., & Al-Qirim, N. (2015). A review of studies on information systems and SMEs in high ranked IS journals (2000-2014). *Australasian Journal of Information Systems*, 19, S153-S173.
<https://doi.org/10.3127/ajis.v19i0.1219>
- Peirano, F., & Suárez, D. (2006). TICs y empresas: propuestas conceptuales para la generación de indicadores para la sociedad de la información. *Journal of Information Systems & Technology Management*, 3(2), 123-142. <https://doi.org/10.4301/S1807-17752006000200003>
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. McGraw-Hill; Interamericana de España.
- Pham, Q. T. (2010). Measuring the ICT maturity of SMEs. *Journal of Knowledge Management Practice*, 11(1), 1-24. <http://www.tlainc.com/article223.htm>
- Poeppelbuss, J., Niehaves, B., Simons, A., & Becker, J. (2011). Maturity models in information systems research: Literature search and analysis. *Communications of the Association for Information Systems*, 29. <https://doi.org/10.17705/1cais.02927>
- Ragowsky, A., Licker, P. S., & Gefen, D. (2012). Organizational IT Maturity (OITM): A measure of organizational readiness and effectiveness to obtain value from its information technology.

Information Systems Management, 29(2), 148-160.

<https://doi.org/10.1080/10580530.2012.662104>

Raho, L. E., Belohlav, J. A., & Fiedler, K. D. (1987). Assimilating new technology into the organization: An assessment of McFarlan and McKenney's model. *MIS Quarterly*, 11(1), 47-57.

<https://doi.org/10.2307/248824>

Raymond, L., Uwizeyemungu, S., Fabi, B., & St-Pierre, J. (2018). IT capabilities for product innovation in SMEs: A configurational approach. *Information Technology & Management*, 19(1), 75-87.

<https://doi.org/10.1007/s10799-017-0276-x>

Schriber, S., & Löwstedt, J. (2015). Tangible resources and the development of organizational capabilities. *Scandinavian Journal of Management*, 31(1), 54-68.

<https://doi.org/10.1016/j.scaman.2014.05.003>

Suh, H., Chung, S., & Choi, J. (2017). An empirical analysis of a maturity model to assess information system success: A firm-level perspective. *Behaviour & Information Technology*, 36(8), 792-808.

<https://doi.org/10.1080/0144929X.2017.1294201>

Wiesboeck, F. (2018). *Thinking outside of the IT capability box* [Ponencia]. Americas Conference on Information Systems 2018: Digital Disruption (AMCIS 2018), Munich, Alemania.