Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

para el desarrollo del sector de las

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC

2017-2022

Documento: Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)

Versión: 1.0

Fecha: Julio 2016

Preparado por: Ángela Carrillo, PhD
Mario Sánchez, PhD
Jorge Villalobos, PhD

Colaboradores: Mario Valencia (Colciencias – Programa TIC)
Emiro Tovar (Colciencias – Programa TIC)
Eduardo Pinzón (Colciencias – Programa TIC)
David Santiago Palomares (Colciencias – Programa TIC)
Galo Tovar (Colciencias)
Iván Montenegro (Colciencias)
María Isabel Mejía (Ministerio de las TIC)
Hugo Sin Triana (Ministerio de las TIC)
Eduardo Fajardo (Ministerio de las TIC)

Referencias principales:

Plan Nacional de Ciencia y Tecnología ETIC (2004-2010)
Plan Nacional de Ciencia y Tecnología ETIC – Consorcio ETI, 2013.
Plan Estratégico de Mercadeo y Ventas para el Sector de Tecnologías de la Información – Consorcio ETI, 2013.
Consejo Nacional de beneficios tributarios (CNBT). Acuerdo 01 de 2011. Junio/2011
Manuales de Frascati y Oslo de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE)
EAFIT-INFOSYS, Brecha de Talento Digital, 2013.
Fedesoft / MinTIC, Caracterización de la Brecha de Telento Digital en Colombia, 2015.
Fedesoft / SENA / MinTIC, Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia, 2015.
Fedesoft, Estudio de Salarios del Sector de Software y TI de Colombia, 2015.
Departamento Nacional de Planeación (DNP), Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2015-2025.
Departamento Nacional de Planeación (DNP), Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Junio 2015.
MinTIC, Plan Vive Digital 2014-2018.
Corporación Colombia Digital, Medición de Brecha Digital Regional, 2014.
Colciencias / MinTIC, Capacidades Nacionales en TIC, 2016.
Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, Línea Base de Indicadores I+D+i de TIC, 2015.
Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, Línea Base de Indicadores I+D+i de TI, 2016.
Cámara de Comercio de Bogotá, Análisis de brechas de capital humano para el Cluster de Software y TI en Bogotá, 2016.
ACM Computing Classification System. ACM 2012.
Horizon 2020. Official Journal of the European Union. Diciembre 2013.
2016 IBM Guide to Retail Technology Trends. IBM. 2016.
IEEE CS 2022 Report. Febrero 2014.

COLCIENCIAS
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación

Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

para el desarrollo del sector de las

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC

2017-2022

JULIO 2016

Capítulos

1 Introducción 7

2 Estructura del ecosistema nacional TIC 11

2.1 Cadena de valor del ecosistema nacional TIC 13

2.2 Dimensiones y actores del ecosistema TIC 21

2.3 Monitoreo e indicadores 23

3 Situación actual del Ecosistema TIC 43

3.1 Empresas TIC 46

3.2 Formación 63

3.3 Investigación 87

3.4 Entidades del estado 120

3.5 Referentes internacionales 126

3.6 Asociaciones y gremios 140

3.7 Análisis Sobre la Cadena de Valor 146

4 Análisis de tendencias, oportunidades y capacidades 157

4.1 Análisis de tendencias tecnológicas 160

4.2 Análisis de los campos estratégicos de aplicación 185

4.3 Análisis de capacidades del ecosistema TIC 209

4.4 Referencias 234

5 Lineas Orientadoras 235

5.1 Líneas orientadoras para la investigación 237

5.2 Líneas orientadoras para la innovación 243

5.3 Líneas orientadoras para la transferencia tecnológica 246

5.4 Líneas orientadoras para desarrollo tecnológico 250

6 Plan estratégico 255

6.1 Fundamento estratégico 257

6.2 Plan estratégico 263

7 Gobierno del plan 295

7.1 Visión global del esquema de gobierno del plan 297

7.2 Descripción de las etapas 298

1

Capítulo

Introducción

1. Introducción

1 Introducción

Este documento presenta el "Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Sector TIC 2017-2022". Siguiendo la línea establecida por sus antecesores, este plan no será un documento dirigido únicamente para Colciencias, ni se limitará a darle lineamientos a la entidad para influir en los actores que trabajan en el área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Por el contrario, el plan reconoce la existencia de un ecosistema TIC en el que confluyen actores con objetivos e intereses muy diferentes, pero cuyo éxito y crecimiento está ligado al de los demás actores. Por este motivo, en primer lugar, el plan identifica los actores que participan en el ecosistema, sus características y sus capacidades. A continuación, el plan propone acciones, para cada uno de los actores, que no sólo conducen a su propio beneficio sino que también contribuyen al fortalecimiento del ecosistema entero. Colciencias, como ente rector del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, juega un rol de la máxima importancia dentro del ecosistema y por esto, una parte importante de las acciones que se proponen quedan bajo la responsabilidad de la entidad. Sin embargo, otros actores, y especialmente el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) y el recientemente creado Tanque de Pensamiento TIC, tienen también roles importantes dentro del plan y hacia ellos están dirigidas varias de las acciones. Dentro del alcance del presente documento, se incluye una metodología de trabajo que podrá utilizarse para su propia actualización bajo la guía de Colciencias y del Tanque de Pensamiento, así como para su seguimiento.

Este trabajo surge de la necesidad de tener un análisis y un plan actualizados, que combinen una línea base de actores y capacidades (incorporando la última información disponible), y la necesidad de plantear acciones que estén acordes a la realidad política, industrial, económica y científica del país y que estén alineadas con los desarrollos tecnológicos más recientes. Para esto, el trabajo estudia los participantes del ecosistema TIC, y especialmente a las empresas, grupos de investigación, investigadores y en general todo el talento en TIC e identifica las capacidades actuales a través de la medición de resultados y productos en lugar de hacerlo sólo a través de indicadores de volumen. En particular se tuvieron en cuenta los modelos de medición de la producción de nuevo conocimiento e innovación establecidos por Colciencias para la clasificación de grupos de investigación y se incluyó el impacto como criterio de medición.

La información utilizada para cuantificar el estado actual del ecosistema corresponde a la síntesis de la información que varios de los principales actores del ecosistema han recogido recientemente con metodologías y enfoques diversos. Por este motivo parte de la contribución de este plan es también un modelo de indicadores que alinea los informes preparados por entidades como MinTIC, Fedesoft, Colciencias y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, entre otros, con el objetivo de facilitar la unificación de las clasificaciones, la cual puede ser usada en las siguientes versiones de los estudios.

Este trabajo aporta además la identificación y descripción de líneas orientadoras para la investigación, innovación, transferencia tecnológica y el desarrollo tecnológico en el contexto específico de nuestro país. Estas líneas orientadoras son el fruto de un análisis que cruza dos aspectos principales. Por un lado, está el estudio de las más importantes tendencias tecnológicas identificadas por los referentes naturales del ecosistema a nivel mundial y nacional, las cuales plantean

oportunidades para la creación de nuevo conocimiento y productos innovadores. Este trabajo tiene una complejidad inherente a la falta de uniformidad y precisión en el uso de muchos términos. En algunos casos debido a que hay términos que son extremadamente amplios, como Ingeniería de Software o Cloud Computing. En otros casos, debido a que hay tendencias cuyos nombres se han vuelto de uso común sin estar perfectamente definidas como por ejemplo Big-Data e Internet de las Cosas. Para poder organizar la terminología y tener elementos comparables, este trabajo adoptó la taxonomía propuesta por la asociación profesional más importante en el campo de la informática y las ciencias de la computación, la Association for Computer Machinery - ACM, con las ventajas y limitaciones que esta pueda tener. A lo largo de todo el proceso de análisis se realizaron operaciones de normalización en las que términos y campos imprecisos o de muy alto nivel se llevaron a la terminología de ACM.

El segundo aspecto del análisis cubrió las políticas y lineamientos gubernamentales dirigidos a la resolución de los principales problemas del país y el aprovechamiento de oportunidades, los cuales se encuentran plasmados en el Plan Nacional de Desarrollo vigente y en diversos estudios elaborados por actores del ecosistema TIC. Finalmente se analizaron las brechas existentes, dadas las capacidades del ecosistema, para aprovechar las oportunidades de investigación e innovación que plantean las tendencias tecnológicas y atacar los problemas que aquejan a nuestro país, y se seleccionó un conjunto de líneas como prioritarias. Esto no quiere decir que el país deba ignorar el resto de líneas, sino que en las líneas identificadas se pueden esperar resultados más rápidamente y con mayor impacto ya sea porque hay capacidades que apoyen esas áreas o porque en el país hay una demanda urgente de resultados.

Este documento está dividido en siete capítulos con el siguiente contenido. En el capítulo 2 se presenta el ecosistema nacional TIC, con su cadena de valor, sus actores y relaciones, y el modelo de indicadores asociado. En el capítulo 3 se hace un análisis completo de la situación actual del ecosistema, consultando y cruzando todas las fuentes de información disponibles. Este capítulo termina con un análisis DOFA, que se plantea sobre los eslabones de la cadena de valor del ecosistema. En el capítulo 4 se hace un análisis de las tendencias tecnológicas tanto mundiales como nacionales, un análisis de necesidades y oportunidades del país así como de capacidades y niveles de madurez de los actores asociados con los eslabones de I+D+i del ecosistema. En el capítulo 5 se plantean las líneas orientadoras del plan (priorizadas y clasificadas en investigación, innovación, transferencia tecnológica y el desarrollo tecnológico), que reflejan el resultado de los análisis del capítulo anterior. En el capítulo 6 se presenta el Plan Estratégico, su misión, su visión, su fundamento estratégico, las 21 estrategias con sus respectivas acciones estratégicas y los 10 programas de I+D+i incluidos. Por último, en el capítulo 7, se presenta el esquema de gobierno del plan, que se debe mantener actualizado y debe reaccionar a las oportunidades y a los retos que vayan apareciendo tanto a nivel nacional como internacional.

2

Capítulo

Estructura del Ecosistema Nacional TIC

2. Estructura del ecosistema nacional TIC

2. 1 Cadena de valor del ecosistema nacional TIC

2.1.1 Visión global

2.1.2 Catálogo de eslabones

2.1.3. Modelo de un eslabón misional

2.1.2. Talento humano para la cadena de valor

2.2 Dimensiones y actores del ecosistema TIC

2.3 Monitoreo e indicadores

2. Estructura del ecosistema nacional TIC

Este capítulo introduce la estructura del Ecosistema Nacional TIC. La sección 2.1 presenta el Ecosistema desde el punto de vista de su cadena de valor e identifica los diferentes eslabones en los que puede descomponerse esta cadena. La sección 2.2 introduce los principales actores del Ecosistema y presenta una descomposición en dimensiones que será utilizada durante el resto del documento. Finalmente la sección 2.3 se ocupa de la problemática del monitoreo del ecosistema, identifica las fuentes de información existentes para medir su estado actual y propone un modelo de indicadores que cubra todas las preocupaciones importantes para los actores del ecosistema.

2.1 Cadena de valor del ecosistema nacional TIC

Un elemento fundamental para poder analizar un ecosistema y plantear una estrategia de evolución es definir con claridad los actores que participan y el mapa de producción de valor. La cadena de valor es una estructura dividida en eslabones, unos misionales y otros de soporte, cada uno con un objetivo bien definido, que explica la manera en que los distintos actores participan en el logro de unos objetivos comunes. Un actor del ecosistema puede participar en más de un eslabón, desarrollando distintos tipos de tareas y produciendo valor hacia los demás en forma de productos (en el sentido más amplio del término) o servicios. El valor se interpreta de manera diferente en cada eslabón, y se refiere a algo que le sirve a los demás eslabones para cumplir con su propio objetivo.

2.1.1 Visión global

La cadena de valor del ecosistema nacional TIC muestra la manera en que se integran las cadenas de valor de los distintos actores que participan. La cadena de valor que se propone para el ecosistema está dividida en 8 eslabones, 5 misionales y 3 de soporte, tal como se muestra en la figura 2.1.a. Los eslabones misionales son los encargados de alcanzar los objetivos del ecosistema, definidos a través de una visión, mientras los eslabones de soporte tienen la responsabilidad de proveer el talento humano, orientar al ecosistema y facilitar su adecuado funcionamiento.

Figura 2.1.a
Cadena de valor del ecosistema nacional TIC

Los eslabones misionales están divididos en dos ciclos (inicial y final), como aparece en la figura 2.1.a., en los cuales el valor fluye de izquierda a derecha.

Todos los eslabones mantienen una permanente interacción con actores externos y, a través de esta relación, fluye también valor desde y hacia el ecosistema.

El flujo de valor, tanto interno como externo, produce en algunos casos un beneficio económico, dependiendo del tipo de producto y servicio que un actor provea. El término mercado se refiere al conjunto de actores internos (mercado interno) y externos (mercado externo) dispuestos a pagar por un producto o servicio. El flujo de valor del ecosistema se resume en la figura 2.1.b.

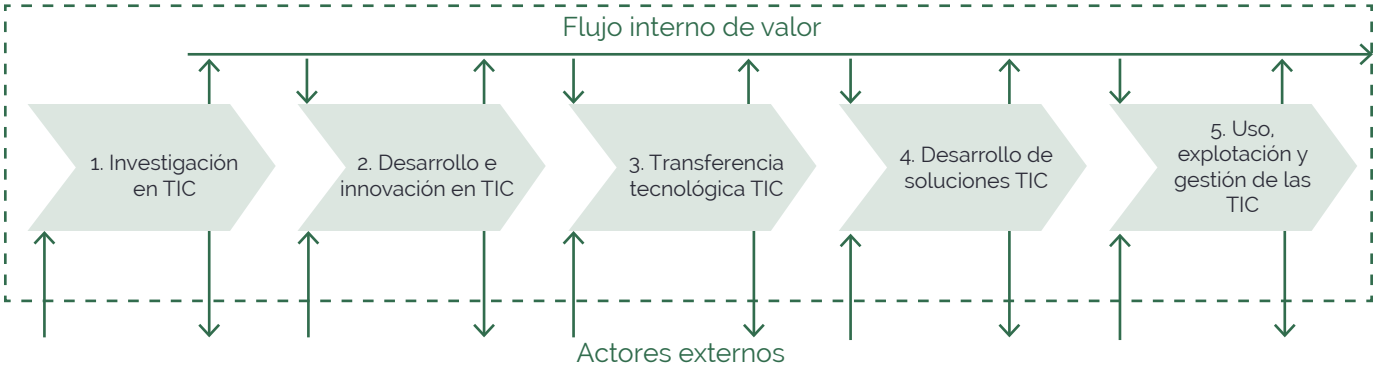


Figura 2.1.b
Flujo de valor interno y externo del

2.1.2 Visión global

En esta sección se presenta la ficha técnica de cada uno de los eslabones de la cadena de valor del ecosistema nacional TIC. Solo se detalla un nivel, pero el planteamiento permite posteriores refinamientos de la jerarquía. De cada eslabón se presenta su objetivo global, los sub-eslabones que lo componen, una explicación de la manera como produce valor, los principales actores involucrados y los puntos de vista del ecosistema con los que está relacionado, los cuales se introducen en la sección 2.2 de este documento.

Investigación en TIC

Tabla 2.1
Investigación en TIC

1. Investigación TIC	**1.1 Investigación básica TIC** **1.2 Investigación aplicada TIC** **1.3 Desarrollo experimental TIC**	Objetivo: • Crear nuevo conocimiento en TIC (como objeto de estudio) y con TIC (como habilitador y medio), teniendo como marco de referencia el conocimiento ya existente a nivel mundial. • La investigación la realizan los grupos de investigación del país, bajo el liderazgo de talento TIC con formación doctoral. • El valor se produce mediante la elaboración de productos de investigación, de acuerdo con la clasificación de Colciencias.
Actores principales: Instituciones de educación superior, centros de investigación		Dimensiones: Investigación Referentes internacionales

Desarrollo e innovación en TIC

Tabla 2.2
Desarrollo e innovación en TIC

2. Desarrollo e innovación en TIC	**2.1 Aplicación nuevo conocimiento TIC** **2.2 Aplicación nuevas tecnologías TIC** **2.3 Desarrollo de productos innovadores**	Objetivo: • Crear valor a partir de la aplicación de nuevo conocimiento TIC y/o de la aplicación novedosa (en cualquier campo del saber) de tecnologías TIC que estén en fase de maduración. Aunque la innovación es algo que se encuentra en todos los eslabones de la cadena de valor, este eslabón se concentra en ayudar a introducir en el ecosistema el nuevo conocimiento TIC y las nuevas tecnologías TIC, en las que se vean oportunidades para los distintos actores del ecosistema. • El valor se produce mediante la construcción de productos novedosos basados en TIC, la formalización de nuevos procesos TIC o la difusión de los conocimientos y habilidades necesarios para el uso de nuevas tecnologías TIC.
Actores principales: Instituciones de educación superior, centros de investigación, incubadoras de empresas, aceleradoras, parques tecnológicos, empresas TIC, empresas de otro sectores		Dimensiones: Investigación Referentes internacionales

Transferencia tecnológica en TIC

Tabla 2.3
Transferencia tecnológica en TIC

3. Transferencia tecnológica en TIC		Objetivo: • Llevar valor al ecosistema facilitando el uso y apropiación de nuevas tecnologías TIC, que ya han logrado su madurez a nivel mundial. Una tecnología es madura cuando existen productos comerciales sólidos que la soportan. • El valor se produce mediante la apropiación y transferencia de conocimiento, construcción de prototipos, creación de reportes y de recomendaciones, entre otros.
Actores principales: Instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico, centros de formación tecnológica, empresas proveedoras de tecnología		Dimensiones: Formación Empresas y agrupaciones TIC Referentes internacionales

Desarrollo de soluciones TIC

Tabla 2.4
Desarrollo de soluciones TIC

4. Desarrollo de soluciones TIC	**4.1 Creación de contenidos** **4.2 Desarrollo de aplicaciones** **4.3 Desarrollo de infraestructura**	Objetivo: • Crear valor a través de la construcción de soluciones usando las TIC. Estas soluciones incluyen la creación de contenidos, el desarrollo de aplicaciones y el desarrollo de infraestructura TIC (hardware y software).
	4.4 Servicios TIC para soluciones TIC **4.5 Herramientas TIC**	Objetivo: • Crear valor a través de la prestación de servicios TIC, para la construcción de soluciones TIC. Esto incluye, entre otras, las actividades de análisis, especificación, diseño, planeación y asesoría. • Crear valor mediante la construcción o adaptación de herramientas TIC.
Actores principales: Instituciones de educación superior, centros de investigación, incubadoras de empresas, aceleradoras, parques tecnológicos, empresas TIC		Dimensiones: Empresas y agrupaciones TIC Entidades del estado Sectores y empresas

Uso, explotación y gestión de las TIC

Tabla 2.5
Uso, explotación y gestión de las TIC

5. Uso, explotación y gestión de las TIC	**5.1 Comercialización de las TIC** **5.2 Uso adecuado de las TIC**	Objetivo: • Permitir y asegurar el adecuado aprovechamiento y explotación económica de las soluciones TIC existentes. Esto incluye todas las actividades de comercialización de productos y servicios TIC, hacia mercados internos y externos, lo mismo que las actividades de entrega de valor y servicios de soporte. • Asegurar el uso adecuado de las soluciones TIC por parte de las personas y organizaciones.
	5.3 Gobierno y gestión de las TIC	Objetivo: • Crear valor mediante la administración adecuada de los componentes TIC (hardware y software), incluyendo las actividades de gestión de servicios y gobierno.
	5.4 Infraestructura TIC	Objetivo: • Crear valor mediante la puesta a disposición del ecosistema de la infraestructura TIC necesaria para soportar los productos y servicios que se ofrecen.
Actores principales: Empresas TIC, empresas, instituciones del estado		Dimensiones: Empresas y agrupaciones TIC Entidades del estado Sectores y empresas

Talento humano TIC para el ecosistema

Tabla 2.6
Talento humano TIC para el ecosistema

6. Talento humano TIC para el ecosistema	**6.1 Formación primaria y secundaria** **6.2 Talento técnico y tecnológico TIC** **6.3 Talento profesional TIC** **6.4 Talento profesional avanzado TIC** **6.5 Talento en investigación TIC** **6.6 Ciudadanos digitales**	Objetivo: • Crear y mantener actualizado el talento humano que necesita el ecosistema. • Permitir que las personas dedicadas a las TIC puedan tener una evolución adecuada de sus habilidades y conocimientos, para facilitar su desempeño profesional con buenas condiciones salariales y su progreso. • El talento TIC se crea usando seis eslabones de nivel 2, que van desde la formación básica en los colegios, hasta la formación avanzada de investigadores.
Actores principales: Instituciones de educación superior, colegios, centros de formación técnica y tecnológica, empresas TIC, empresas proveedoras de tecnología, redes y asociaciones (REDIS, etc.)		Dimensiones: Formación Referentes internacionales

Monitoreo y gobierno del ecosistema

Tabla 2.7
Monitoreo y gobierno del ecosistema

7. Monitoreo y gobierno del ecosistema	**7.1 Monitoreo del ecosistema** **7.2 Marcos de referencia y reglamentación** **7.3 Incetivos y fomento** **7.4 Asociaciones, gremios, grupos**	Objetivo: • Observar, evaluar, reglamentar, financiar, coordinar y guiar en general el ecosistema TIC. • Este eslabón se divide en cuatro eslabones de nivel 2, que hacen referencia al monitoreo de la actividad del ecosistema (observar, medir, interpretar y difundir), a la definición de marcos de referencia que guíen a los actores y de reglamentaciones que definan su manera de actuar, a los incentivos que deben introducirse al ecosistema para que funcione mejor y, finalmente, al manejo que se debe dar a las asociaciones de actores, con el propósito de facilitar la colaboración entre ellos y contar además con interlocutores representativos.
Actores principales: Instituciones del estado (MINTIC, Colciencias, Observatorios, Ministerio de Educación, Ministerio de Industria y Comercio, etc), organizaciones privadas (Fedesoft, CCIT, ACIS, etc.)		Dimensiones: Empresas y agrupaciones TIC Entidades del estado Referentes internacionales

Relaciones externas del ecosistema

Tabla 2.8
Relaciones externas del ecosistema

8. Relaciones externas del ecosistema	**8.1 Normatividad para sector TIC** **8.2 Imagen del sector TIC** **8.3 Uso extensivo de las TIC**	Objetivo: • Manejar las relaciones externas del ecosistema con el país y con el resto del mundo. Para esto se cuenta con tres eslabones de nivel 2: el primero busca que la normatividad nacional e internacional sea favorable para el ecosistema TIC, la segunda tiene como objetivo asegurarse de que el país reconoce en las TIC el valor y las oportunidades que representan y, la tercera, busca que las TIC se utilicen de manera adecuada como habilitador de soluciones en todos los sectores y como aceleradores de la operación.
Actores principales: Instituciones del estado (MINTIC, Colciencias, Ministerio de Educación, etc.), organizaciones privadas (Fedesoft, CCIT, ACIS, etc.)		Dimensiones: Empresas y agrupaciones TIC Entidades del estado

2.1.3 Modelo de un eslabón misional

Cada uno de los eslabones misionales de la cadena de valor tiene un objetivo bien definido, y es responsable de producir valor al ecosistema incorporando elementos (productos) de los eslabones anteriores o del exterior y transformándolos o creando elementos nuevos (productos) de mayor valor. Los actores que participan en el eslabón desarrollan distintas tareas que permiten esta transformación. Los productos que se obtienen son de diferente tipo en cada uno de los eslabones. En la figura 2.1.c se muestra el modelo de creación de valor de un eslabón misional.

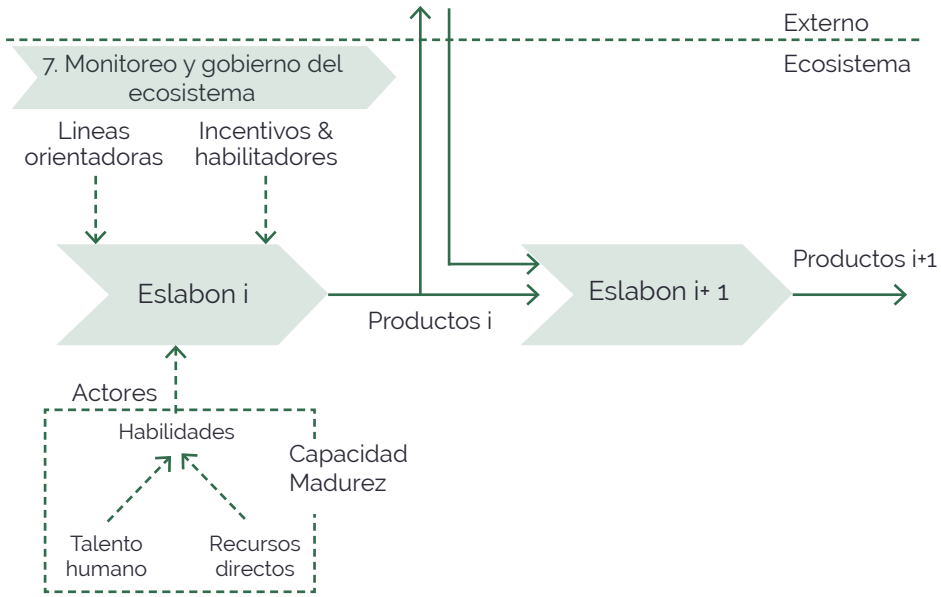


Figura 2.1.c
Modelo de flujo de valor entre eslabones

Para llevar a cabo sus tareas los actores requieren ciertas habilidades (capabilities) que son las destrezas necesarias para desarrollarlas. Las habilidades las implementan los actores del ecosistema, que utilizan para esto personas y recursos. Una habilidad tiene una capacidad (capacity) que se refiere al volumen y calidad de los actores, al talento humano con que cuentan, a los recursos dedicados a implementar la habilidad y a los distintos modelos que utilizan (de negocio, operativos, de logística, financieros etc.).

Una de las habilidades importantes de un eslabón es la de detectar, estudiar e incorporar los productos (internos o externos) que son útiles para cumplir con su objetivo. Esto implica una actividad permanente de monitoreo y evaluación.

La madurez de una habilidad incluye todos aquellos factores que aseguran una adecuada relación esfuerzo-resultado. Por ejemplo, organización, experiencia, disponibilidad de infraestructura y recursos, masa crítica de talento humano,

sostenibilidad, adaptabilidad, relacionamiento y reconocimiento interno y externo, asociatividad, ventajas competitivas, bilingüismo, procesos bien definidos y repetibles, gestión con indicadores de resultados, entre otros.

Los recursos directos hacen referencia a los elementos necesarios para implementar una habilidad, incluyendo infraestructura, recursos financieros, software especializado, etc.

Debido al alto grado de independencia de los actores del ecosistema, no existe un control directo sobre ellos sino solo un control indirecto sobre su funcionamiento y logros. Para esto, desde el eslabón de "Monitoreo y gobierno del ecosistema" se producen una líneas orientadoras que definen el norte global del ecosistema y un conjunto de incentivos (financieros, fiscales, de apoyo, etc.), de direccionadores (marcos de referencia, reglamentación, etc.) y de habilitadores (cambios en la normativa, ayudas a la asociatividad, etc.) que buscan lograr un ecosistema eficiente y focalizado (ver figura 2.1.c).

2.1.4. Talento humano para la cadena de valor

Para el adecuado funcionamiento y evolución del ecosistema, es necesario contar con un flujo permanente de nuevo talento humano, con distintos perfiles profesionales y niveles de formación. Es importante que las personas dedicadas a las TIC tengan una carrera profesional que pueda evolucionar al ritmo de los cambios tecnológicos y que el ecosistema los integre y sea capaz de reconocer su trabajo por medio de condiciones salariales adecuadas.

Eslabón	Talento TIC	Otros talentos
1. Investigación TIC	• Doctores TIC • Maestros TIC • Investigadores en formación • Jóvenes investigadores	• Doctores en otros dominios • Otros profesionales
2. Desarrollo e innovación en TIC	• Doctores TIC • Maestros TIC • Especialistas TIC • Ingenieros TIC	• Doctores en otros dominios • Otros profesionales
3. Transferencia tecnológica en TIC	• Doctores TIC • Maestros TIC • Especialistas TIC • Ingenieros TIC	• Otros profesionales

Tabla 2.9
Talento humano para la cadena de valor

Eslabón	Talento TIC	Otros talentos
4. Desarrollo de soluciones TIC	• Doctores TIC • Maestros TIC • Especialistas TIC • Ingenieros TIC • Técnicos TIC • Tecnólogos TIC	• Diseñadores • Otros ingenieros
5. Uso, explotación y gestión de las TIC	• Maestros TIC • Especialistas TIC • Ingenieros TIC • Técnicos TIC • Tecnólogos TIC	• Otros profesionales • Otros ingenieros • Ciudadanos digitales
6. Talento humano TIC para el ecosistema	• Doctores TIC • Maestros TIC • Especialistas TIC • Ingenieros TIC • Técnicos TIC • Tecnólogos TIC	• Otros profesionales

2.2 Dimensiones y actores del ecosistema TIC

La cadena de valor permite entender la forma en la que el valor se crea y fluye entre los diferentes actores del ecosistema de forma que se entregue a la sociedad el valor que esta requiere (en forma de empleo, riqueza, bienestar, etc.). Sin embargo, la estructura de la cadena de valor no es un reflejo de la estructura del ecosistema: por ejemplo, hay actores que participan en más de un eslabón. Resulta entonces conveniente estudiar el ecosistema también desde el punto de vista de su estructura siguiendo las divisiones naturales.

El ecosistema TIC puede dividirse entonces en 6 dimensiones principales que agrupan actores que tienen roles y objetivos similares. Además, estas 6 dimensiones tienen fuertes relaciones entre ellas, de tal forma que el éxito de los actores dentro de una dimensión depende fuertemente de actores tanto en esa misma dimensión como en las otras dimensiones. Las 6 dimensiones con sus objetivos principales y tipos de actores principales son las siguientes:

Dimensión de Formación. En esta dimensión aparecen todos los actores relacionados con la formación del Talento Humano en TIC (incluyendo la formación de investigadores). Dentro de estos actores los principales son las Instituciones de Educación Superior (IES) que ofrecen programas formales en todos los niveles (técnico, tecnológico, profesional, maestría, especialización, y doctorado) y los estudiantes mismos que tras recibir sus títulos pasan a enriquecer la dimensión de investigación y la dimensión de las empresas TIC. El objetivo principal de los actores de esta dimensión es entonces formar el talento que requiere el ecosistema. Con respecto a la cadena de valor, los actores dedicados a formación participan principalmente en el eslabón de Talento Humano y producen el talento requerido por todos los otros eslabones.

Dimensión de Investigación. Esta es la dimensión que agrupa a los actores relacionados principalmente con la producción de nuevo conocimiento. En Colombia estos actores se agrupan en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y los principales de ellos son los Grupos de Investigación, que están asociados a Instituciones de Educación o a Centros de Investigación, y los Investigadores. Es posible que algunos de estos actores también realicen actividades dirigidas a la creación de innovaciones y al desarrollo tecnológico, pero el principal objetivo debe ser la investigación entendida como la generación de nuevo conocimiento tanto fundamental como aplicado.

Desde el punto de vista de la cadena de valor, los actores que pertenecen a la dimensión de investigación participan principalmente en el eslabón de Investigación en TIC, aunque también pueden participar en el de Desarrollo e Innovación en TIC y en el de Transferencia Tecnológica en TIC. Aunque recientemente los grupos de investigación están realizando cada vez más actividades relacionadas con estos dos últimos eslabones, su objetivo principal debería estar en el eslabón de Investigación. Por otra parte, los Centros de Investigación y especialmente los Centros de Desarrollo Tecnológico deberían participar más en el segundo y tercer eslabón y ayudar así a que el nuevo conocimiento llegue a la sociedad y las empresas en forma de productos innovadores que puedan ser explotados.

Dimensión de Empresas TIC. Esta es la dimensión en la que aparecen las empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos y servicios TIC. Algo que debe ser claro es que en esta dimensión aparecen únicamente las empresas que declaran de forma oficial que sus actividades están centradas en TIC. Por lo tanto se excluyen a empresas que utilizan TIC como soporte a sus negocios o que incluso desarrollan sus propias soluciones TIC (por ejemplo bancos, aseguradoras, universidades, etc.). El principal motivo para dejar a estas empresas por fuera es que resulta prácticamente imposible conseguir información para entender su comportamiento con respecto a la producción de valor TIC.

Dentro de la cadena de valor, las empresas TIC aparecen principalmente en los eslabones que están dentro del ciclo final (Desarrollo de Soluciones TIC y Uso, explotación y gestión de las TIC), aunque también hay algunas (pocas) empresas que participan en Desarrollo e Innovación en TIC y en el de Transferencia Tecnológica en TIC.

Dimensión de Asociatividad. Dentro de esta dimensión aparecen actores de diferentes tipos cuyo objetivo es potenciar las actividades de los otros actores a través de estrategias de asociación,. Estos actores incluyen agremiaciones, asociaciones, clústers, cámaras de comercio, parques tecnológicos, incubadoras y aceleradoras. En la cadena de valor el rol de las asociaciones está repartido en varios puntos. Por ejemplo, las agremiaciones están relacionadas con el talento

humano y velan por fortalecerlo. Por otro lado, los parques tecnológicos apoyan tanto el ciclo final de la cadena, como el desarrollo de innovaciones y la transferencia tecnológica.

Dimensión del Estado. El estado tiene evidentemente un rol central para el funcionamiento del ecosistema puesto que a través de incentivos y leyes es capaz de regular, influenciar y transformar a todos los otros actores. Sin embargo, no todas entidades del estado tienen el mismo nivel de influencia sobre el Ecosistema TIC. Las más relevantes son el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional, y Colciencias, y su influencia en la cadena de valor se da desde el eslabón de Monitoreo y gobierno hacia todos los otros eslabones.

Dimensión de Referentes Internacionales. Finalmente en esta dimensión se agrupan actores que aunque no son colombianos tienen una influencia importante dentro del ecosistema. Dentro de esos los más importantes son las multinacionales que producen tecnología con impacto global, las universidades y centros de investigación líderes en el mundo, y ACM e IEEE que son las agremiaciones profesionales más importantes en el mundo para el área TIC.

El impacto de los referentes internacionales se puede ver sobre toda la cadena de valor. Por ejemplo, para el eslabón de formación las agremiaciones profesionales entregan una serie de recomendaciones sobre la estructura de los currículos incluyendo taxonomías completas de habilidades y conocimientos. En el eslabón de Uso, Explotación y Gestión de las TIC los referentes internacionales también son de suma importancia, puesto que muchas veces la comercialización que hacen las empresas TIC de nuestro ecosistema es de productos que vienen de multinacionales.

2.3 Monitoreo e indicadores

Como se vio en las secciones anteriores, el Ecosistema TIC está compuesto por un conjunto de actores con características y objetivos muy diferentes, que están regulados y que deben responder a diversos grupos de interés. Esto hace que sea muy difícil monitorear efectivamente el ecosistema para poder identificar oportunamente problemas incipientes u oportunidades de mejoramiento.

Actualmente el monitoreo del ecosistema es irregular, desconectado y parcial. Por una parte, hay sólo unos pocos actores que hacen monitoreo permanente de los aspectos que les interesan, pero para la mayoría de los temas el monitoreo se hace a través de proyectos que levantan información puntual en un momento específico. Esto hace difícil tener una línea de tiempo completa y poder apreciar con precisión el impacto de la implementación de algunas políticas públicas. Por otro lado, el monitoreo está siendo realizado por entidades que trabajan independientemente y que se concentran únicamente en los temas que son de su interés. Aunque esto no es necesariamente malo, hace falta que estos indicadores se integren para que se pueda apreciar correctamente el flujo de valor que hay entre todos los actores del ecosistema y se pueda medir el impacto de las decisiones importantes. A manera de ejemplo, en este momento sería difícil estudiar la relación entre un descenso en la tasa de deserción de los estudiantes TIC, la mejora en los niveles de formación de los profesores de las IES, y el incremento en la calidad del talento humano percibida por sus empleadores.

2.3 Monitoreo e indicadores

Los motivos por los cuales esta integración es difícil son tanto de forma como de fondo. Por una parte, la recolección y publicación de información no se hace de forma estandarizada y esto hace muy complicado relacionar información proveniente de diferentes fuentes. Por otro lado, las definiciones sobre las que se basan las métricas y la estructura misma de la información varían dependiendo de quién realice la medición. El caso más claro es la definición misma del alcance de las tecnologías TIC: dependiendo de la institución que haga la medición pueden estar o no incluidos aspectos como telecomunicaciones y electrónica. Afortunadamente estos problemas están empezando a ser solucionados a través del uso de la plataforma para publicación de datos abiertos del estado (Open Data) y la adopción de metodologías de medición bien estructuradas que incluyen fichas técnicas precisas para todos los indicadores. A partir de este primer paso se hace posible empezar la discusión para establecer definiciones claras que sean de utilidad para todos los que hacen el monitoreo y deben tomar decisiones.

Las siguientes son las principales fuentes de información que existen actualmente para conocer el estado del ecosistema. Debe notarse que no todas estas fuentes tienen la misma naturaleza: mientras que algunas se basan en sistemas de información que se actualizan con una cierta periodicidad, otras son documentos que una vez publicados no vuelven a ser actualizados.

Colciencias – ScienTI: este es el sistema de información que tiene Colciencias para registrar toda la información sobre grupos de investigación, investigadores y productos. Es un sistema en línea pero tiene el problema de que suele tener información desactualizada y sólo se actualiza en fechas cercanas a las re-clasificaciones de grupos.

Colciencias – ScienTI: este es el sistema de información que tiene Colciencias para registrar toda la información sobre grupos de investigación, investigadores y productos. Es un sistema en línea pero tiene el problema de que suele tener información desactualizada y sólo se actualiza en fechas cercanas a las re-clasificaciones de grupos.

Colciencias – SIGP: es el sistema de información que tiene Colciencias para la administración de proyectos y convocatorias. Es un sistema en línea que tiene una gran cantidad de información de utilidad para hacer monitoreo, pero normalmente se utiliza únicamente para realizar trámites relacionados con las convocatorias y la gestión de los proyectos.

Colciencias – Publindex: es el índice de publicaciones manejado por Colciencias. La granularidad llega sólo hasta el nivel de las revistas y no de los artículos y tiene el problema de que tiene "competencia" directa en índices internacionales.

Scopus e ISI/Thompson Reuters: estos son índices de revistas y conferencias que en principio sirven para diferenciar las "buenas" publicaciones de las que son menos importantes o tienen menor impacto. Además de tener la información de las revistas organizadas por impacto, cuartiles y temáticas, Scopus también tiene información sobre los artículos publicados en cada una de ellas. Más aún, la información sobre los artículos que está disponible en Scopus es mucho más

completa que la que está disponible en el sistema Scienti; sólo le faltan algunos detalles locales como los grupos de investigación asociados a cada publicación. Sin embargo, Scopus tiene el problema de que el acceso es restringido y costoso, por lo cual sólo instituciones que puedan pagar por este acceso pueden aprovechar su información.

Colciencias – Becas: además de los sistemas anteriormente mencionados, Colciencias tiene información sobre becarios de sus convocatorias, las cuales están dirigidas a la formación de investigadores. Esta información no está disponible para consulta del público en general.

Colfuturo – Becas: como administrador de los recursos de varias de las convocatorias de Colciencias y en general como gestor de las relaciones con estudiantes, Colfuturo debe tener información bastante completa sobre los becarios y los programas que estén cursando. Esta información no está disponible para consulta del público en general.

ICETEX: al igual que Colfuturo, ICETEX también tiene una parte de la información sobre becarios que se hayan beneficiado de sus créditos. Esta información no está disponible para consulta del público en general.

MinTIC – Talento Digital: al igual que Colfuturo e ICETEX, el ministerio hace también administración de las becas Talento Digital, por lo cual debería tener la información relativa a esas becas. Esta información no está disponible para consulta del público en general.

MEN – SNIES: este es el sistema de información del Ministerio de Educación Nacional sobre los programas de educación superior. Sin embargo, la información disponible se limita a aspectos prácticos puntuales sobre los programas y no tiene información sobre la gestión y entrega de los programas: por ejemplo, no tiene información sobre estudiantes, calidad, deserción, etc.

MEN – Observatorio Laboral: este es el sistema de información de Ministerio de Educación Nacional que fue construido especialmente para los aspirantes que desean ingresar a un programa de educación superior. Este sistema tiene información relativa a los programas que incluye entre otros salarios, empleabilidad, número de graduados, e indicadores de deserción. Dentro de todas las fuentes disponibles, este es el sistema de información que ofrece los mecanismos de consulta más poderosos puesto que se basa en una bodega de datos real y ofrece una interfaz de consulta avanzada, interactiva y flexible.

Registro Nacional de Derechos de Autor: es administrado por la Dirección Nacional de Derechos de Autor y es el lugar donde se hace el registro de la producción de obras literarias, musicales, audiovisuales y artísticas, entre otros. Este registro es de importancia para el ecosistema TIC porque también cubre los productos basados en software y los pone a la par de obras literarias. Esto es clave para entender el funcionamiento del ecosistema por dos motivos. Por una parte, el registro de derechos de autor protege la propiedad intelectual del autor del software pero sólo a nivel de forma. Esto quiere decir que las ideas detrás del software no están protegidas y por lo tanto aspectos innovadores podrían ser reimplementados por otras empresas. Por el otro lado, el registro sólo busca proteger la innovación a nivel de forma (de ahí la similitud con las obras literarias). Esto quiere decir que no es competencia de la Dirección Nacional de Derechos de Autor pronunciarse sobre el nivel de innovación de una pieza de software que se registre ante ellos.

SIPI – Sistema de Propiedad Intelectual: por su parte, la Superintendencia de Industria y Comercio tiene un nuevo

sistema llamado SIPI – Sistema de Propiedad Intelectual que sirve para hacer el registro de todo tipo de activos de propiedad intelectual. Dentro de estos, los más relevantes para el sector son las patentes: aunque en Colombia la ley no permite patentar software, recientemente ha hecho posible permite patentar innovaciones basadas en software. A diferencia de cuando se hace el registro de productos ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, cuando se hace el registro de una patente (o un secreto industrial o similares) lo que se está buscando es proteger la innovación y no la forma.

OCyT – Líneas base de Indicadores TIC y TI: Recientemente, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología estableció una alianza con la iniciativa de I+D+i del MinTIC para construir líneas base de indicadores para el sector TIC y para el sector TI, que cubran un espectro amplio de la realidad del ecosistema. Dentro de los objetivos de este proyecto no está el levantamiento de datos primarios, sino la consolidación de información existente en fuentes especializadas. Únicamente para algunos aspectos, como la inversión en I+D+i, se realizaron encuestas para levantar información que no existía de ninguna otra forma.

Estas líneas base constituyen un primer paso para el establecimiento de un sistema de monitoreo sólido: por una parte, definen claramente el alcance de lo que se quiere medir a través de fichas técnicas de indicadores bien definidos, y por otra parte identifican valores iniciales contra los cuales pueden empezar a compararse los cambios y la evolución en el ecosistema. El reto ahora para el observatorio es continuar la realización de mediciones periódicas para mantener los indicadores actualizados. Además deben asegurar que la recolección de información se haga siempre de la misma forma para que se puedan estudiar la evolución del ecosistema. Además, el observatorio tiene el reto de hacer que la información que hace parte de las líneas base sea mucho más útil, presentándola no sólo a través de documentos y tablas, sino también a través de herramientas que permitan el acceso a los datos fuente y la realización de consultas ad hoc.

Observatorio TI – MinTIC / Fedesoft: de manera paralela, la iniciativa FITI del MinTIC ha estado construyendo de la mano de Fedesoft un observatorio centrado específicamente en la industria del software. Este observatorio ha producido ya algunos documentos (Estudio de Caracterización de la Industria TI, Estudio de caracterización ocupacional del sector de Teleinformática, Software y TI en Colombia, Estudio de Salarios) en los que una parte muy importante de la información ha sido recogida por Fedesoft a través de encuestas a sus afiliados.

DANE: dentro de sus funciones habituales el DANE recoge información sobre todo tipo de empresas en el país, pero además realizan periódicamente estudios sectoriales. Un ejemplo es la "Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios" que recolecta información periódicamente sobre el sector TIC. El problema con esta información es que es de muy alto nivel y no se recolecta teniendo en cuenta las necesidades específicas del sector, sino las necesidades de recolección de información del DANE que son mucho más generales. Los resultados de las encuestas se publican en documentos de presentan los resultados y análisis mas no los datos fuente.

DIAN: al igual que el DANE, la DIAN también recoge información sobre las empresas TIC a muy alto nivel. Por ejemplo, la DIAN tiene información sobre ventas, exportaciones y actividades basadas en los códigos CIIU que describen las actividades de las empresas. Desafortunadamente estos códigos son de muy alto nivel y no permiten diferenciar con claridad la multitud de actividades diferentes que realizan las empresas TIC. Otro problema adicional es que la entrega

de información por parte de la DIAN es complicada y lenta debido a la sensibilidad de la información que manejan y los requisitos de confidencialidad que deben respetar.

Cámaras de Comercio: finalmente las cámaras de comercio recogen también información sobre sus afiliados y en algunos casos (como en la Cámara de Comercio de Bogotá) hacen periódicamente estudios sectoriales que incluyen el sector TIC.
Como se puede ver, las fuentes de información que podrían utilizarse para monitorear el ecosistema son muy variadas, tienen diferentes intereses y niveles de madurez, y tienen problemas varias naturalezas. El primer problema es sencillamente que hay demasiadas fuentes y no hay todavía buenos agrupadores que consoliden la información de forma más o menos permanente. Los observatorios TIC y TI van en esa dirección, pero todavía les hace falta establecer mecanismos que permitan recolectar, organizar, y consultar la información de manera fácil para que los esfuerzos requeridos no sean demasiado altos.

Un segundo problema es que no todas las fuentes se pueden consultar actualmente con facilidad: mientras que en algunos casos cualquier ciudadano puede consultar la información en línea, en otros es necesario utilizar mecanismos administrativos para poder obtener la información. Se requiere entonces que las entidades abran sus datos y que se establezcan mecanismos poderosos y abiertos para poder acceder a la información y permitir así que todos los tomadores de decisiones tengan acceso a información actualizada y de calidad. La iniciativa de datos abiertos del estado debería contribuir a solucionar esta problemática.

El siguiente problema es, como se había mencionado, la falta de estandarización en las definiciones: por ejemplo la definición del alcance del sector es un problema, así como la clasificación de las actividades que realizan las empresas TIC. En este sentido, mientras que la DIAN clasifica las actividades de forma muy gruesa, entidades como Fedesoft que entienden realmente el sector hacen una clasificación muchísimo más detallada de las actividades que realizan las empresas.

Finalmente hay un problema con las fuentes de información y es que hay aspectos del ecosistema para los cuales no se cuentan con datos. Esto hace que cuando es imprescindible conocer uno de estos datos para tomar una decisión se tienen que realizar proyectos específicos de recolección.
Algunos ejemplos de información faltante son:

- Inversión en I+D+i en las empresas (recogida a través de encuestas)
- Información sobre profesores en IES (sólo la tienen las IES)
- Información sobre procesos de actualización de currículos (sólo lo tienen los programas)
- Información sobre impacto de productos de nuevo conocimiento (está en Scopus para los artículos TOP, pero no existe para otros productos)
- Información de salarios (lo tienen las empresas)

Teniendo en cuenta todas estas dificultades, pero también todo lo que se ha avanzado en la estructuración de un modelo conceptual del sector que permita su monitoreo, el resto de la sección presenta un modelo de indicadores para el sector. Estos indicadores representan la síntesis de los indicadores disponibles en todas las fuentes de información mencionadas anteriormente (más de 200 indicadores) y fueron agrupados y organizados de acuerdo a su cercanía para llegar a un número más fácil de controlar (26 indicadores). Sólo se dejaron por fuera indicadores que fueran muy subjetivos y que sólo se pudieran construir a partir de encuestas. Todos los otros indicadores disponibles en las fuentes consultadas se ven reflejados en uno o varios de los indicadores que se presentan a continuación.

Para cada uno se presenta una tabla con la siguiente información:

- Un identificador para el indicador
- Un nombre genérico y amplio que explica lo que mide el indicador
- Una descripción del indicador donde se detalla la intención del indicador
- Las posibles fuentes de información para alimentar el indicador
- Un conjunto de dimensiones que permiten descomponer el indicador para estudiarlo de una forma más detallada.

Por ejemplo, el indicador de Investigadores puede estudiarse descomponiéndolo entre las fuentes de financiación, el área de trabajo y la localización geográfica de los investigadores.

Finalmente cabe aclarar que la descripción de estos indicadores está incompleta en un punto clave: no define con claridad el alcance de cada uno y en particular no resuelve las ambigüedades que existen en la definición del sector. Esta es una tarea de concertación que debe realizarse entre el MinTIC, Colciencias y Fedesoft.

Tabla 2.10
Indicador Investigadores

ID	P001		
NOMBRE	Investigadores		
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la cantidad de investigadores TIC activos en el país quienes se encuentran afiliados a programas de formación de pregrado, maestría y doctorado, o a empresas donde se desarrollan proyectos de investigación. Este indicador permite conocer los investigadores de acuerdo al tipo de financiación, al tipo de afiliación, al área sobre la cual se desempeñan, a las publicaciones realizadas y a sus características demográficas.		
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias – ScienTI, Scopus		
DIMENSIONES	Investigadores	Financiación	Becas
			Convocatoria Colciencias
			Recurso Empresariales
		Afiliación	Programa de Formación
			Empresa
		Área	
		Publicaciones	
		Proporción	
		Sexo	
		Distribución Territorial	
		Rango de Edad	

Tabla 2.11
Indicador Grupos de investigación

ID	P002	
NOMBRE	Grupos de Investigación	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la cantidad de grupos de investigación que desarrollan actividades asociadas. Los grupos se miden de acuerdo a la institución a la cual se encuentran afiliados, a sus publicaciones, a la clasificación OCyT, al área a la cual pertenecen, a la clasificación de Colciencias, al sexo del investigador líder y a entidad territorial a la cual pertenece.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias - ScienTI	
DIMENSIONES	Grupos de Investigación	Institución
		Publicaciones
		Clasificación OCyT
		Área
		Clasificación Colciencias
		Sexo Investigador Líder
		Entidad Territorial
		Proporción

Tabla 2.12
Indicador Proyectos de investigación

ID	P003	
NOMBRE	Proyectos de Investigación	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la cantidad de proyectos de investigación en TIC aprobados por Colciencias. Los proyectos se clasifican de acuerdo a la entidad que los desarrolla, y a su distribución territorial. El indicador también considera la proporción de proyectos en TIC respecto al total de proyectos aprobados.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias - SIGP	
DIMENSIONES	Proyectos de Investigación	Distribución Territorial
		Proporción
		Entidad

Tabla 2.13
Indicador Producción Bibliográfica

ID	P004	
NOMBRE	Producción Bibliográfica	
DESCRIPCIÓN	El indicador mide la producción bibliográfica de los grupos de investigación TIC. Las producciones se clasifican de acuerdo a la institución a la cual se asocian, el grupo de investigación, el tipo de producción, el índice e impacto, las colaboraciones en su realización y las citaciones.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Scopus, Thompson Reuters	
DIMENSIONES	Producción Bibliográfica	Institución
		Grupo de Investigación
		Tipo
		Índice e impacto
		Colaboración
		Citaciones

Tabla 2.14
Indicador Revistas indexadas

ID	P006	
NOMBRE	Revistas Indexadas	
DESCRIPCIÓN	El indicador mide las revistas TI indexadas en Publindex. Su clasificación se realiza de acuerdo a la categoría de la revista, el área y los índices internacionales en las que se encuentra indexada.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias - Publindex	
DIMENSIONES	Revistas Indexadas	Categoría
		Área
		Índices Internacionales

Tabla 2.15
Indicador Financiamiento de la Formación

ID	P007		
NOMBRE	Financiamiento de la Formación		
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide el apoyo financiero brindado a programas de formación en TIC. Estos apoyos se clasifican de acuerdo a su distribución territorial, institución oferente, número de beneficiarios, programa, área y el tipo de beneficio (beca o crédito).		
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias, Colfuturo, ICETEX, Mintic, MEN		
DIMENSIONES	Financiamiento de la Formación	Distribución Territorial	
		Beneficiarios	
		Institución Oferente	
		Programa	
		Área	
		Tipo	Beca
			Crédito

Tabla 2.16
Indicador Propiedad intelectual

ID	P008		
NOMBRE	Propiedad Intelectual		
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los títulos de propiedad intelectual en TI registrados. El indicador toma en cuenta la distribución territorial, el tipo de título y la institución a la cual se encuentra asociada.		
FUENTES DE INFORMACIÓN	Registro Nacional de Derechos de Autor, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica		
DIMENSIONES	Propiedad Intelectual	Distribución Territorial	
		Título	Propiedad Industrial
			Derechos de Autor
			Patente
			Registro de Software (Certificado)
		Institución	Universidad
			Empresa

Tabla 2.17
Indicador Inversión I+D+i

ID	P009	
NOMBRE	Inversión I+D+i	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide el monto invertido en proyectos TIC. Los montos se clasifican de acuerdo a la distribución territorial, la fuente, el monto, la institución a la cual es otorgado y el sector asociado.	
DIMENSIONES	Inversión I+D+i	Distribución Territorial
		Fuente
		Monto
		Institución
		Sector
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias – SIGP, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Encuesta de gasto de I+D del OCyT	
DIMENSIONES	Inversión I+D+i	Distribución Territorial
		Fuente
		Monto
		Institución
		Sector

ID	P010
NOMBRE	Programas de Formación
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los programas de formación TIC de acuerdo a su nivel, distribución territorial, calidad, modalidad y el carácter de la institución en el cual se encuentra. Así mismo, se contempla la proporción de los programas en relación a toda la oferta.
FUENTES DE INFORMACIÓN	MEN -- SNIES

Tabla 2.18
Indicador Programas de formación

DIMENSIONES	Programas de Formación	Nivel	Técnico
			Tecnológico
			Pregrado
			Maestría
			Especialización
			Doctorado
		Distribución Territorial	
		Calidad	
		Proporción	
		Carácter Institución	Público
			Privada
		Modalidad	

Tabla 2.19
Indicador Empresas TIC

ID	P011		
NOMBRE	Empresas TIC		
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide las empresas en el sector TIC. Las empresas se clasifican de acuerdo a su tamaño, la actividad que desempeñan y la calidad (asociada a sus certificaciones y modelos de calidad).		
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de Caracterización de la Industria TI Observatorio TI. Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios, realizada por el DANE.		
DIMENSIONES	Empresas TIC	Tamaño	Microempresa
			Pequeña
			Mediana
			Grande
		Actividad	
		Tiempo Existencia	
		Calidad	Certificaciones
			Modelo de Calidad

Tabla 2.20
Indicador
Talento humano TIC

ID	P012	
NOMBRE	Talento Humano TIC	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los empleados en empresas del sector TIC. Estos se clasifican de acuerdo a la actividad que desempeñan, el tipo de contrato que tienen, el método de selección por el cual fueron contratados, el cargo que desempeña, el salario que reciben y el déficit proyectado.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios, realizada por el DANE	
DIMENSIONES	Talento Humano TIC	Actividad
		Tipo Contrato
		Método Selección
		Sector
		Cargo
		Salario
		Deficit

Tabla 2.21
Indicador
Calidad TIC

ID	P013	
NOMBRE	Calidad TIC	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la calidad del sector TIC a través del número de certificaciones presentes. Estas se clasifican de acuerdo al tipo de certificación, el tamaño de la empresa a la cual se encuentran asociadas, la cantidad de empleados que la poseen, la vigencia de la certificación y su distribución territorial.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de caracterización de la industria TI	
DIMENSIONES	Certificaciones	Tipo
		Tamaño Empresa
		Talento Humano
		Vigencia
		Distribución Territorial

Tabla 2.22
Indicador Estudiantes matriculados

ID	P014		
NOMBRE	Estudiantes Matriculados		
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los estudiantes matriculados en programas de formación en TI. Los estudiantes se clasifican de acuerdo al nivel del programa, el tipo de IES, el área OCDE y características demográficas. También se considera la proporción con los estudiantes matriculados de otras carreras.		
FUENTES DE INFORMACIÓN	MEN – SNIES		
DIMENSIONES	Estudiantes Matriculados	Distribución Territorial	
		Área OCDE	
		Tipo IES	
		Proporción	
		Programa	Técnico
			Tecnológico
			Pregrado
			Maestría
			Especialización
			Doctorado
		Sexo	

ID	P015
NOMBRE	Egresados TIC
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los estudiantes graduados de programas de formación en TIC. Los egresados se clasifican de acuerdo al nivel del programa, el carácter de la institución, la calidad del programa y aspectos demográficos. Se toma en cuenta también la proporción de egresados respecto a otras disciplinas.
FUENTES DE INFORMACIÓN	MEN – Observatorio Laboral

Tabla 2.23
Indicador Egresados TIC

DIMENSIONES	Egresados TIC	Programa	Técnico
			Tecnológico
			Pregrado
			Maestría
			Especialización
			Doctorado
		Distribución Territorial	
		Sexo	
		Carácter Institución	
		Calidad	
		Proporción	

Tabla 2.24
Indicador Ventas TI

ID	P016	
NOMBRE	Ventas TI	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide las ventas del sector TIC con el fin de caracterizar el sector. Las ventas se miden de acuerdo al producto, la línea de negocio, su participación en el PIB y las exportaciones e importaciones.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de Caracterización de la Industria TI Observatorio TI, DIAN	
DIMENSIONES	Ventas TI	Producto
		Línea de Negocio
		PIB
		Exportaciones
		Importaciones

ID	P017
NOMBRE	Estructura Financiera Empresas TI
DESCRIPCIÓN	Este indicador caracteriza la estructura financiera de las empresas TI al medir distintas razones que permiten describirla.

Tabla 2.25
Indicador Estructura financiera empresas TI

FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de Caracterización Observatorio TI, DANE, DIAN, Cámaras de Comercio	
DIMENSIONES	Estructura Financiera Empresas TI	Capital de Trabajo
		Razón Corriente
		Rotación de Cartera
		Margen Bruto
		Margen Operacional
		ROE
		Razón Endeudamiento
		Productividad
		Utilidad

Tabla 2.26
Indicador Beneficios tributarios

ID	P018	
NOMBRE	Beneficios Tributarios	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los beneficios tributarios percibidos debido a la ejecución de actividades conducentes a la innovación en TIC. Los beneficios se clasifican de acuerdo a su distribución territorial, el número de beneficiarios, las solicitudes realizadas, los estatutos legales asociados y la institución que percibe el beneficio. El indicador también considera la cantidad de beneficios asociados a TI con respecto al total de beneficios.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Colciencias, Mintic	
DIMENSIONES	Beneficios Tributarios	Distribución Territorial
		Tipo
		Beneficiarios
		Normatividad
		Solicitudes
		Institución
		Proporción

Tabla 2.27
Indicador Remuneración salarial

ID	P019	
NOMBRE	Remuneración Salarial	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la remuneración salarial en el sector TIC teniendo en cuenta el nivel educativo de los empleados, la distribución territorial, la disciplina y la relación con otros sectores.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio Ocupacional Observatorio TI, 2015	
DIMENSIONES	Remuneración Salarial	Sector
		Nivel Educativo
		Disciplina
		Distribución Territorial

Tabla 2.28
Indicador Deserción

ID	P020		
NOMBRE	Deserción		
DESCRIPCIÓN	Este indicador busca medir el nivel de deserción en los programas de formación en TIC. La deserción se mide de acuerdo al nivel del programa, el tipo de IES y las características demográficas.		
FUENTES DE INFORMACIÓN	MEN -- SNIES		
DIMENSIONES	Deserción	Programa	Técnico
			Tecnológico
			Pregrado
			Maestría
			Especialización
			Doctorado
		Distribución Territorial	
		Sexo	
		Tipo IES	

Tabla 2.29
Indicador Innovación

ID	P021	
NOMBRE	Innovación	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide el nivel de innovación el sector TIC teniendo en cuenta las actividades desempeñadas por las distintas empresas e instituciones. La innovación se mide de acuerdo al número de instituciones y colaboradores, las actividades que desempeñan y el tipo de innovación que desarrollan.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios, realizada por el DANE	
DIMENSIONES	Innovación	Actividad
		Tipo
		Institución
		Colaboradores

Tabla 2.30
Indicador Innovadores

ID	P022	
NOMBRE	Innovadores	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la cantidad de empleados involucrados en actividades de innovación en sus empresas. El indicador toma en cuenta aspectos demográficos, la proporción respecto a otros trabajadores, y el sector en el que se encuentran.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios, realizada por el DANE	
DIMENSIONES	Innovadores	Nivel de Formación
		Área de Formación
		Proporción
		Cargo
		Empresa
		Genero

Tabla 2.31
Indicador Percepción sector TIC

ID	P023	
NOMBRE	Percepción sector TIC	
DESCRIPCIÓN	El indicador mide la percepción de las empresas respecto al sector TI en distintos aspectos como lo es la innovación, las fuentes de información, la situación económica, las barreras	
FUENTES DE INFORMACIÓN	DANE, Encuesta Estudio de caracterización ocupacional del sector de Teleinformática, Software y TI en Colombia, 2015	
DIMENSIONES	Percepción	Importancia Innovación
		Importancia Fuentes de Información
		Situación Económica
		Barreras

Tabla 2.32
Indicador Acceso a fuentes de información

ID	P024	
NOMBRE	Acceso a Fuentes de Información	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la cantidad de empresa que acceden a fuentes de información para realizar actividades de innovación.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Encuesta de Desarrollo e Innovación tecnológica, para manufactura y servicios, realizada por el DANE	
DIMENSIONES	Acceso a Información	Institución
		Proporción

Tabla 2.33
Indicador Mercado TI

ID	P025	
NOMBRE	Mercado TI	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide la situación del mercado TI teniendo en cuenta su nivel de especialización, el gasto que realizan otros sectores en el mercado y la piratería	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de caracterización ocupacional del sector de Teleinformática, Software y TI en Colombia, 2015	
DIMENSIONES	Mercado TI	Nivel Especialización
		Gasto Sectorial
		Piratería

Tabla 2.34
Indicador Recursos TIC

ID	P026	
NOMBRE	Recursos TIC	
DESCRIPCIÓN	Este indicador mide los recursos TIC con los que se cuenta en el sector y las características relacionadas como lo son el costo y la cantidad de recursos, así como su uso.	
FUENTES DE INFORMACIÓN	Estudio de caracterización ocupacional del sector de Teleinformática, Software y TI en Colombia, 2015	
DIMENSIONES	Recursos TIC	Asistencia Técnica
		Servidores
		Transacciones
		Data Centers
		Costo

3

Capítulo

Situación actual del Ecosistema TIC

3. Situación actual del Ecosistema TIC

3.1 Empresas TIC

3.2 Formación

3.4 Entidades del estado

3.5 Referentes internacionales

3.6 Asociaciones y gremios

3.7 Análisis Sobre la Cadena de Valor

3. Situación actual del Ecosistema TIC

Como se ha visto en los capítulos anteriores, el Ecosistema TIC está compuesto por una gran cantidad de actores que, aunque tienen cada uno sus propios intereses, necesitan de los otros para lograr ser exitosos. Las relaciones entre los diferentes actores son bastante complejas y por tanto cualquier esfuerzo por fortalecer o transformar a alguno de ellos, tendrá consecuencias positivas o negativas en los otros actores. Por otra parte, la construcción de un plan para transformar y fortalecer el sector TIC tiene que partir de la base de la situación actual de cada uno de los actores.

En este capítulo se estudian entonces los diferentes elementos que hacen parte del Ecosistema Nacional de TIC, reportando su situación actual, sus relaciones, sus problemas más evidentes y las oportunidades que tienen. La información reportada en este capítulo proviene de tres tipos de fuentes principales. En primer lugar, están fuentes oficiales que son dueños de la información y que son las fuentes más confiables sin tener que ir a los actores mismos. Ejemplos de este tipo de fuentes son Colciencias con sus sistema Scienti y el Ministerio de Educación Nacional con su sistema SPADIES. El segundo tipo de fuentes son documentos e informes elaborados por diferentes actores del Ecosistema en el cual se reportan los resultados de ejercicios de medición. Entre estos se encuentran documentos preparados por el Observatorio Colombiano para la Ciencia y la Tecnología, el Observatorio TIC del Ministerio, y Fedesoft. En estas fuentes, hay además diferentes tipos de información: en algunos casos se encuentra información oficial u obtenida de primera mano, en otros casos se encuentra información estadística completa obtenida a partir de fuentes oficiales y organismos de control (con los problemas de calidad que estos pueden tener), y en otros casos se encuentra información obtenida a través de encuestas, la cual es necesariamente parcial e imprecisa, aunque eso no significa que no pueda ser útil y relevante. Finalmente, hay otras fuentes que son menos estructuradas porque no reportan indicadores sino información general sobre proyectos, tendencias, y necesidades, entre otros.

Además, para cada una de las dimensiones, se presenta una estructura conceptual que identifica los elementos principales de cada una y sus relaciones. Los elementos conceptuales que aparecen en estos modelos, así como las relaciones entre ellos, son entonces los elementos que son interesantes para observar cuando se quiera estudiar el estado del ecosistema o el impacto de alguna acción. Más aún, los indicadores presentados en las secciones anteriores son consistentes con estos modelos conceptuales. Sin embargo, aunque estas estructuras conceptuales son un reflejo de la realidad, desafortunadamente no están aún representadas por completo en los sistemas de información, lo cual hace difícil la recolección de información para conocer el estado del ecosistema, la preparación de indicadores y en general todas las labores de observación. A manera de ejemplo, en la dimensión de formación los profesores son un elemento conceptualmente importante, así como su nivel de formación y los programas con los que está asociado. Sin embargo, obtener esta información es prácticamente imposible puesto que no existe en ningún sistema de información centralizado, público, o fácil de consultar. Estos modelos conceptuales deberían servir entonces

también como punto de discusión para la creación o actualización de sistemas de información que pueda utilizar el ministerio TIC, Fedesoft o los observatorios existentes para medir el estado del Ecosistema.

La presentación de los actores del Ecosistema estará repartida en 6 secciones que corresponden a cada una de las dimensiones:

- Empresas TIC: esta sección está dirigida a la descripción y comprensión de las características actuales más importantes de las empresas del sector TIC en el país.
- Formación en TIC: dentro de esta se estudiarán las IES que son responsables de la formación en TIC a través de programas formales, los programas disponibles en los diferentes niveles y su calidad, la deserción, el número de graduados, y la oferta de formación no formal.
- Investigación: Dentro de esta parte se estudiarán los diferentes actores que hacen parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y se profundizará en los grupos de investigación, los investigadores que trabajan en el área de TIC y la producción de los grupos.
- Entidades del estado: normatividad, regulación y promoción: Esta parte se dedica a revisar el rol que juegan diferentes entidades del estado en la promoción, regulación y control del ecosistema TIC.
- Referentes internacionales: esta sección se dedica a presentar los referentes internacionales más importantes del sector, resaltando el rol que deben jugar.
- Asociaciones y gremios: esta última sección está dirigida a la descripción de las organizaciones que existen en el país para apoyar la creación y el fortalecimiento de las empresas TIC, así como de los profesionales en el área.

El capítulo concluye con un análisis global del estado del Ecosistema y de su relación con la cadena de valor.

3.1 Empresas TIC

Esta sección explora la dimensión del Ecosistema TIC en la cual se encuentran las empresas cuyo objetivo principal es la creación de productos y servicios TIC. Esto deja por fuera del análisis entonces tanto a empresas que utilizan TIC como a empresas que, aunque producen productos TIC, lo hacen especialmente para suplir sus propias necesidades. En este último grupo se encuentran, por ejemplo, bancos, universidades y otras empresas que tienen equipos internos que desarrollan software para atender necesidades puntuales.

Un punto importante con respecto a lo que se discutirá a continuación es la baja calidad de la información sobre las empresas del sector: no existen sistemas de información ni bases de datos especializadas donde se pueda encontrar información de alta calidad y bien estructurada sobre las empresas que hacen parte del ecosistema. Por el contrario, para poder reconstruir una imagen del sector es necesario consultar fuentes no especializadas (como la Dian o las cámaras de comercio) o realizar encuestas directamente a los actores. Esto lleva a una situación en la cual, aunque hay algo de información, no se puede decir que esta sea ni completa ni de alta calidad. El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones conoce el problema y en los últimos años ha realizado actividades encaminadas a

atacar este problema, tales como la realización de un censo para armar el Directorio de Empresas Activas de la Industria del Software y Servicios Asociados con TI. Sin embargo, más que esfuerzos puntuales que resuelvan la situación temporalmente, deberían construirse los elementos que permitan resolver el problema en el largo plazo a través de la recolección permanente de información para la construcción de indicadores y estadísticas.

Modelo conceptual para la dimensión de Empresas TIC

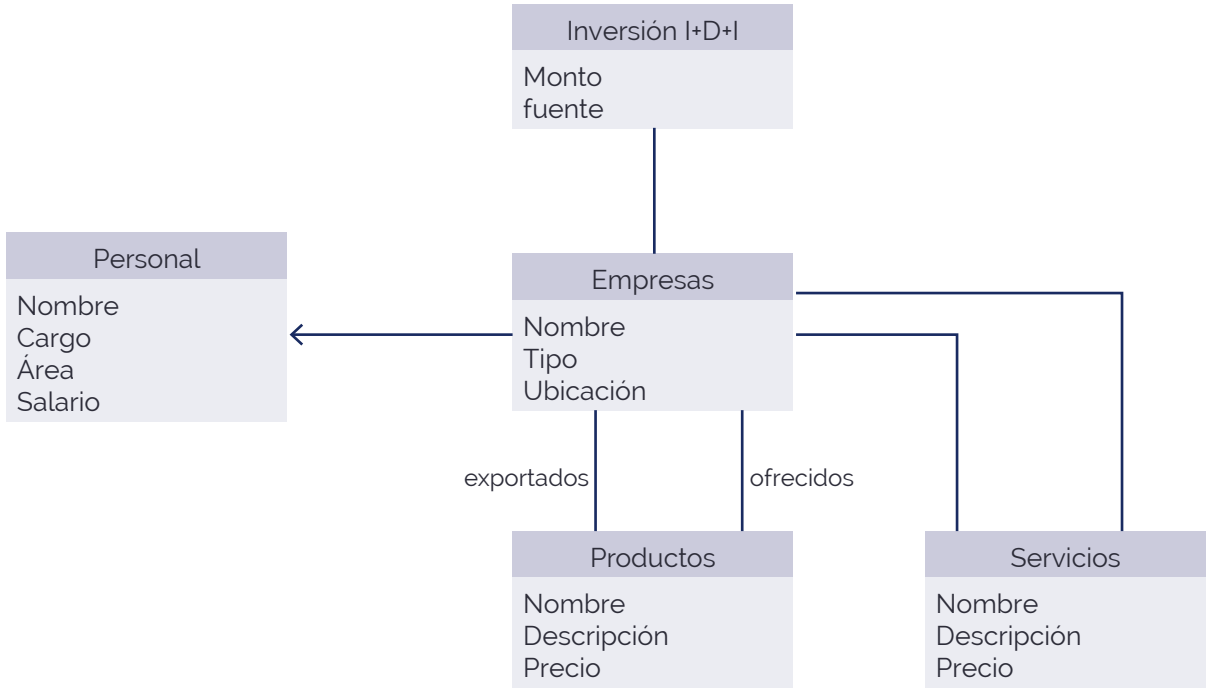


Figura 3.1.a
Modelo conceptual para la dimensión de Empresas TIC

Detalle del modelo conceptual

Tabla 3.1
Detalle del modelo conceptual

ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Empresas	Las empresas son los negocios, compañías y organización que desarrollan actividades en el sector TIC y que ofrecen productos o servicios asociados.
Productos	Los productos ofrecidos por las empresas TIC se asocian al resultado de la producción de la organización. Estos pueden llegar a exportarse a otros mercados.
Servicios	Los servicios en TIC son ofrecidos por empresas del sector TIC a otras empresas del sector o del mercado.
Inversión I+D+i	La inversión I+D+i es el monto destinado por las empresas a actividades de investigación, desarrollo e innovación.
Personal	El personal de las empresas está constituido por los trabajadores que desempeñan distintos cargos en las áreas que constituyen la organización.

Caracterización de las empresas TIC

Aunque conocer el número de empresas en el sector TIC debería ser fácil, en la práctica es difícil determinar con precisión este número. En diversos estudios, las cifras reportadas por el DANE, por MinTIC y por Fedesoft varían hasta en un 50%. El principal motivo para esto es que la definición de qué es una empresa TIC no es absolutamente clara y depende de qué tan específicas sean las actividades que las empresas hayan declarado ante la DIAN y ante las cámaras de comercio. En adelante, en esta sección nos basaremos en la Censo del Directorio de Empresas Activas de la Industria del Software y Servicios Asociados con TI de Colombia que fue realizado por MinTIC en el año 2014. De acuerdo a este censo, en Colombia hay 4016 empresas activas en el sector TIC, de las cuales el 80% se encuentran en el centro del país. De acuerdo a sus ventas, la mayor parte de las empresas que reportaron información (40%) venden menos de 294 millones de pesos anuales y tan sólo el 7% venden más de 3000 millones de pesos. El pequeño tamaño de las empresas también se ve reflejado en el número de empleados: más del 60% de las empresas tienen menos de 10 empleados, y sólo 293 empresas tienen más de 50 empleados. Se trata entonces de un ecosistema compuesto especialmente por pequeñas empresas con las ventajas y desventajas que esto acarrea.

Hallazgo: Las empresas TIC en Colombia son en su mayoría muy pequeñas: sólo 280 empresas reportan ventas por encima de los 3000 millones anuales, y sólo 293 empresas tienen más de 50 empleados.

Tamaño de empresas por ventas

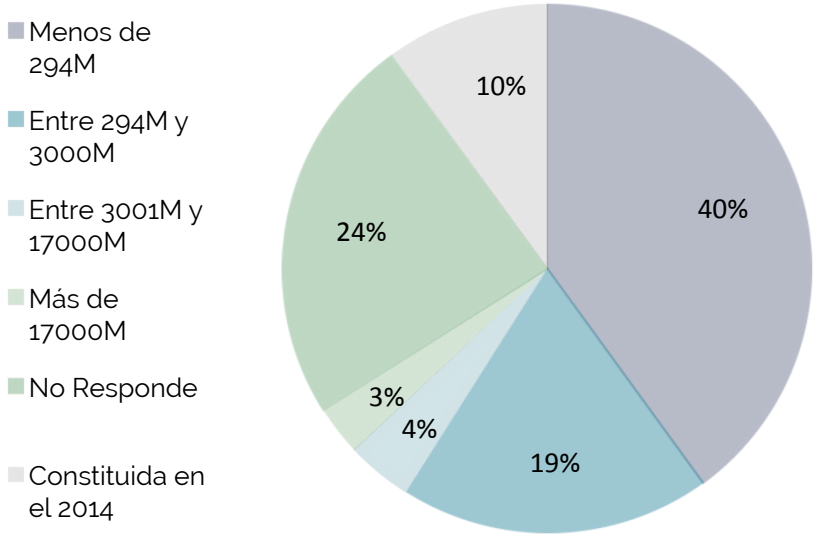


Figura 3.2
Tamaño de empresas por ventas

Gráfica realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Telein-formática, Software y TI en Colombia 2015 ,Sena-Mintic-Fedesof

Tamaño de empresas por número de empleados

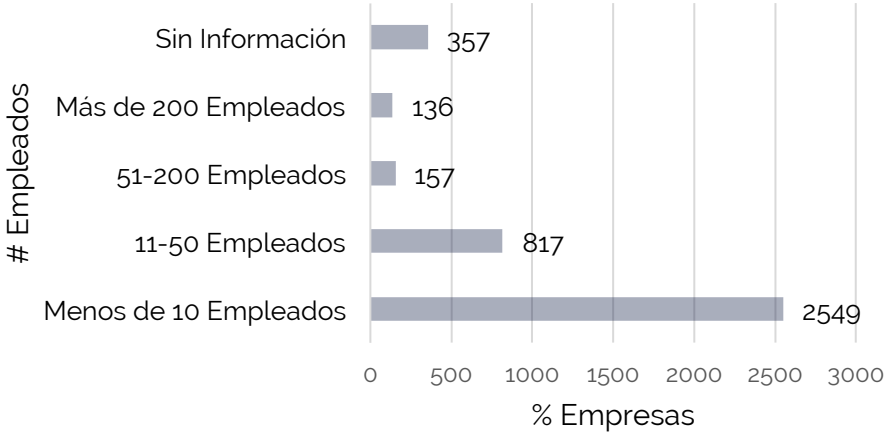


Figura 3.3
Tamaño de empresas por número de empleados

Gráfica realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Telein-formática, Software y TI en Colombia 2015 ,Sena-Mintic-Fedesof

A pesar de las limitaciones relacionadas con el tamaño y el volumen de ventas, las empresas del sector le han apostado a la calidad. La figura XXYY muestra el estado actual de adopción de modelos de calidad en las empresas del sector, incluyendo modelos como CMMI, ITMARK, ISO 9001, ISO 27001 e ITIL. De las empresas encuestadas en el censo de MINTIC, el 56% afirmó tener implementado o estar implementado un modelo de calidad. Este es un indicador excelente y posiblemente sea el resultado de las políticas del Ministerio que recientemente han ofrecido diversos incentivos para la adopción de modelos de calidad en las empresas.

Hallazgo: las empresas TIC, apoyadas por el Ministerio, han hecho una apuesta decidida por la calidad medida a través de la adopción de modelos de calidad.

Adopción de modelos de calidad

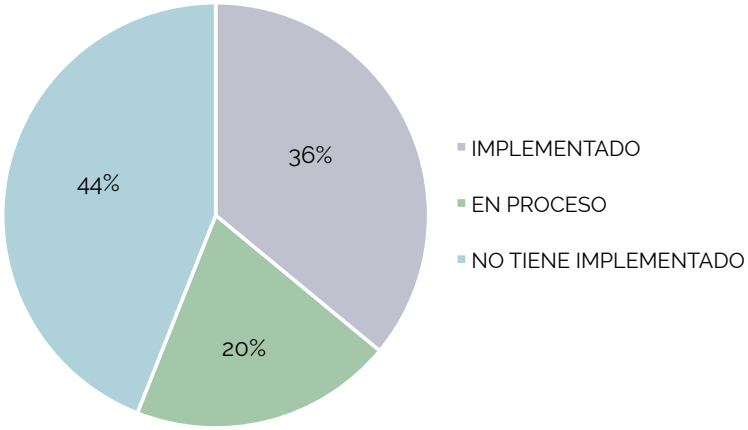


Figura 3.4
Adopción de modelos de calidad

Gráfica realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015 ,Sena-Mintic-Fedesof

Actividades, servicios y productos

Como se mencionaba anteriormente, no es sencillo establecer cuáles son las empresas que hacen parte del sector TIC hacia las cuales debería dirigir el MINTIC sus políticas. La tabla que se encuentra a continuación muestra los códigos CIIU considerados por el Censo de MINTIC de 2014. En esta tabla puede verse que una parte importante de las ventas del sector (47.1%) están representadas por las ventas de hardware y software. Desafortunadamente ni la información disponible, ni la granularidad de los códigos CIIU, permiten distinguir entre estos dos aspectos.

Por otra parte, casi todo el resto de las ventas del sector está representado por servicios relacionados con la informática incluyendo actividades de consultoría y desarrollo. Estos servicios representan menos del 3% del PIB nacional, lo cual puede verse como una oportunidad puesto que hay grandes oportunidades de crecimiento.

Hallazgo: casi la mitad de las ventas del sector están relacionadas con la prestación de servicios, los cuales son susceptibles de verse beneficiados por estrategias que estimulen la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Hallazgo: los servicios tecnológicos siguen representando un porcentaje bajo del PIB del país.

Tabla 3.2
Actividades, servicios y productos

Código CIIU	Descripción	Ventas (En Pesos)	Porcentaje PIB
4651	Comercio al por menor de computadores, equipo periférico y programas de informática	$ 7.427.961.429.000,00	0,928%
4741	Comercio al por menor de computadores, equipos periféricos, programas de informática y equipos de telecomunicaciones en establecimientos.	$ 2.182.914.042.000,00	0,273%
5820	Edición de programas de informática (software). La edición de programas informáticos comerciales: Sistemas operativos, aplicaciones comerciales y otras aplicaciones y juegos informáticos para todas las plataformas.	$ 65.217.027.000,00	0,008%
6201	Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación,análisis, diseño, programación, pruebas).	$ 2.688.420.687.000,00	0,336%
6202	Actividades de consultoría informática y actividades de administración de instalaciones informáticas.	$ 4.731.770.323.000,00	0,591%
6209	Otras actividades de tecnologías de información y actividades de servicios informáticos. Otras actividades relacionadas con tecnologías de la información y las actividades relacionadas con informática no clasificadas en otras partes, tales como: La recuperación de la información de los ordenadores en casos de desastre informático, los servicios de instalación (configuración) de los computadores personales y los servicios de instalación de software o programas informáticos.	$ 988.939.600.000,00	0,123%
6311	Procesamiento de datos, alojamiento (hosting) y actividades relacionadas.	$ 1.831.890.022.000,00	0,229%
6312	Portales Web	$ 72.315.158.000,00	0,009%
6399	Otras actividades de servicio de información n.c.p. Otras actividades de servicio de información no clasificadas en otra parte, tales como: servicios de información telefónica y servicios de búsqueda de información a cambio de una retribución o por contrato.	$ 417.251.215.000,00	0,052%
	Total Ventas	$ 20.406.679.503.000,00	2,548%

Tabla realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

Independientemente de los códigos CIIU, las actividades de las empresas del sector se pueden clasificar más en detalle utilizando la siguiente clasificación de servicios especializados:

- Manejo de centros de datos (data center)
- Desarrollo / fábrica de software
- Mesas de ayuda
- Testing de software
- Infraestructura como servicio
- Consultoría e implementación
- Mantenimiento o soporte de aplicaciones
- Software como servicio
- Plataformas tecnológicas como servicio
- Cloud computing
- Gerencia
- Otros

En la siguiente tabla puede apreciarse como un porcentaje elevado de las empresas ofrece servicios relacionados con manejo de hardware y plataformas (data centers, Infraestructura como servicio - IAAS, cloud computing, plataformas tecnológicas como servicio - PAAS): esto puede ser problemático puesto que la creciente mejora en las comunicaciones y en la oferta de servicios cloud por parte de empresas multinacionales puede hacer que la demanda de estos servicios se vaya del país.

Hallazgo: un porcentaje elevado de los productos y servicios ofrecidos por las empresas TIC está representado por servicios relacionados con infraestructura tecnológica, los cuales se ven directamente amenazados por la competencia extranjera y para los cuales es complicados que las empresas Colombianas ofrezcan valores agregados significativos.

Tabla 3.3
Servicios y productos de empresas TIC

Productos y Servicios Ofrecidos	Cantidad	Participación
Manejo de centros de datos (data center)	851	21,2%
Desarrollo / fábrica de software	772	19,2%
Mesas de ayuda (Otras)	477	11,9%
Testing de software	330	8,2%
Infraestructura como servicio	300	7,5%
Consultoría e implementación	143	3,6%
Mantenimiento o soporte de aplicaciones	143	3,6%
Software como servicio	116	2,9%
Otro ¿Cuál?	115	2,9%
Plataformas tecnológicas como servicio	90	2,2%
Cloud computing	27	0,7%
Gerencia	6	0,1%
(en blanco)	646	16,1%
Total General	4016	

Tabla realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

A continuación, la tabla 3.4 presenta un resumen del tipo de soluciones y servicios ofrecidos por las empresas TIC. Como puede verse, un porcentaje significativo incluye herramientas empresariales y orientadas hacia la gestión empresarial (CRM, ERP, Gerencia, Procesos, RRHH, Producción y operación, ventas). Esto puede verse como algo positivo, puesto que en la mayoría de los casos se trata de soluciones "genéricas" que podrían aplicarse a empresas en cualquier dominio. Por otro lado, un posible problema es que algunos de estos productos estén demasiado especializados en las particularidades de la legislación colombiana, haciendo que sean difíciles de exportar.

Otros productos y servicios interesantes son los que tienen que ver con infraestructura, almacenamiento y seguridad, lo cual es consistente con la oferta de servicios relacionados con hardware según se vio en el análisis basado en los códigos CIIU.

Tabla 3.4 *Soluciones y servicios de empresas TIC*

Tabla realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

Servicios y Soluciones	Porcentaje
CRM	3%
Contabilidad, facturación e inventarios	8%
Gestión Gerencial	3%
Herramientas de desarrollo de software	7%
Desarrollo de aplicaciones móviles	3%
Software de Gestión de procesos	7%
Seguridad Informática	5%
Contact center	2%
Comercio electrónico	4%
Sistemas financieros	5%
Punto de venta	2%
Herramientas de integración	4%
Inteligencia de negocios	4%
Herramientas de escritorio	1%
Data Center	2%
Nómina y Recursos Humanos	4%
Gestión de Producción y Operación	5%
Ventas	4%
Software para gestión y operación del negocio	9%
Comunicaciones	6%
Administración documental y de contenidos	4%
Administración de infraestructura	5%
Infraestructura en la nube	3%

La tabla 3.5 muestra los sectores a los cuales las empresas TIC ofrecen sus servicios. Lo que se puede apreciar es que hay una gran cantidad de sectores atendidos en lugar de haber grandes concentraciones. Esto es definitivamente positivo, puesto que muestra una adecuada diversificación del mercado que permite que el sector sea mucho más resistente a los problemas que puedan presentarse en otros sectores. Por ejemplo, los problemas recientes en la industria petrolera probablemente han afectado, como máximo, sólo al 8% de las empresas. La tabla también muestra que las empresas TIC están apoyando a muchos sectores de la economía nacional, lo cual genera esperanzas de que estos cada vez más logren competir en el gran escenario mundial gracias al uso de tecnologías de información. Finalmente es importante ver que, aunque el gobierno es el principal comprador de tecnología del país, es atendido únicamente por el 3% de las empresas: al igual que en el caso de la minería y los hidrocarburos, esto le da resistencia al entorno en general.

Tabla 3.5
Sectores de empresas TIC

Sectores	Porcentajes
Gobierno	3%
Sector Financiero	3%
Seguros	1%
Logística y Transporte	1%
Comercio	5%
Solidario	5%
Agroindustria	6%
Salud	8%
Turismo	6%
Construcción	4%
Entrenamiento	4%
Inmobiliario	2%
Manufactura	6%
Hidrocarburos-Minería	8%
Educación	5%
Energía	6%
Telecomunicaciones	9%
Servicios Públicos	8%
Software	9%
Autopartes	1%

Tabla realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

Hallazgo: la industria TIC colombiana atiende a una gran cantidad de sectores y por tanto es más resistente a los problemas que puedan tener esos sectores.

Con respecto a la actividad exportadora, la tabla 3.6 muestra el valor en dólares de los productos y servicios exportados en el año 2014. Acá puede verse que porcentualmente las actividades de desarrollo y consultoría tiene una mayor relevancia comparado con las ventas a nivel nacional. También puede verse que no hay prácticamente ninguna actividad exportadora relacionada con servicios de tecnología procesamiento de datos, hosting, alojamiento de sitios web y servicios de telefonía. Esto probablemente ocurre porque los grandes proveedores de estos servicios están fuera de Colombia y manejan volúmenes de ventas que les permiten tener economías de escala fuera del alcance de las empresas de nuestro país. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos para el sector debería ser aumentar su volumen de exportaciones, probablemente no haya posibilidad de competir con proveedores internacionales en este tipo de servicios.

Hallazgo: existe una actividad exportadora en crecimiento relacionada con la consultoría en informática y el desarrollo de sistemas de información.

Tabla 3.6
Valor productos y servicios exportados

Código CIIU	Actividad Económica	Valor FOB	%
4651	Comercio al por menor de computadores, equipo periférico y programas de informática.	1.611.312	9.5
4741	Comercio al por menor de computadores, equipos periféricos, programas de informática y equipos de telecomunicaciones en establecimientos.	6.567.487	38,7
6201	Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas).	3.173.145	18,7
5820	Edición de programas de informática (software). La edición de programas informáticos comerciales: Sistemas operativos, aplicaciones comerciales y otras aplicaciones y juegos informáticos para todas las plataformas.	53.909	0,3
6202	Actividades de consultoría informática y actividades de administración de instalaciones informáticas.	3.861.802	22,8
6209	Otras actividades de tecnologías de información y actividades de servicios informáticos. Otras actividades relacionadas con tecnologías de la información y las actividades relacionadas con informática no clasificadas en otras partes, tales como: La recuperación de la información de los ordenadores en casos de desastre informático, los servicios de instalación (configuración) de los computadores personales y los servicios de instalación de software o programas informáticos.	1.665.386	9,8
6311	Procesamiento de datos, alojamiento (hosting) y actividades relacionadas.	0	0
6312	Portales Web	0	0
6399	Otras actividades de servicio de información n.c.p. Otras actividades de servicio de información no clasificadas en otra parte, tales como: servicios de información telefónica y servicios de búsqueda de información a cambio de una retribución o por contrata.	13.223	0,07
	TOTAL EXPORTACIONES	16.946.264	

Tabla realizada con base en el estudio de caracterización del sector teleinformática, software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

Con respecto a los destinos de las exportaciones, la tabla 3.7 muestra que Estados Unidos es actualmente el destino principal y representa aproximadamente el 25% de las ventas. A continuación se encuentran Ecuador, posiblemente por la cercanía geográfica; y España, el único país de Europa en el tope de la lista. Es posible que las empresas TIC colombianas tengan dificultad para acceder a otros países de la unión europea debido a las limitaciones con el manejo del inglés que presenta la industria.

*Tabla en Miles de Dólares

Tabla 3.7 *Destino exportaciones*

País	Servicios	Trimestre IV-2014	Trimestre I-2015	Trimestre II-2015
Estados Unidos	Servicios de Informática	16.457	16.546	10.827
	Servicios de Telecomunicaciones	12.058	15.063	10.897
España	Servicios de Informática	8.873	5.771	5.998
	Servicios de Telecomunicaciones	6.285	5.812	10.025
Ecuador	Servicios de Informática	8.537	3.111	6.773
	Servicios de Telecomunicaciones	3.542	3.239	3.222
México	Servicios de Informática	4.554	3.618	4.354
	Servicios de Telecomunicaciones	1.380	1.391	2.988
Chile	Servicios de Informática	3.747	2.613	2.756
	Servicios de Telecomunicaciones	-	-	-
Perú	Servicios de Informática	4.251	2.121	2.445
	Servicios de Telecomunicaciones	2.270	2.389	2.377
Venezuela	Servicios de Informática	-	-	-
	Servicios de Telecomunicaciones	1.737	1.200	1.521
Otros	Servicios de Informática	20.266	15.751	14.641
	Servicios de Telecomunicaciones	19.149	12.829	11.335
	Total Informática	66.685	49.531	47.794
	Total Telecomunicaciones	46.421	41.923	42.365
	Total General	113.106	91.454	90.159

Tabla realizada con base en el Estudio de Caracterización del Sector Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015, Sena-Mintic-Fedesof

I+D+i en las empresas TIC

La última parte de esta sección sobre las Empresas TIC está dedicada a observar las inversiones y actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que realizan las empresas del sector TIC. Al igual que para los aspectos anteriores, mucha de la información abajo reportada ha sido recolectada a través de encuestas realizadas a las empresas puesto que ningún sistema de información cuenta con información al respecto. Esto hace que la información sea necesariamente incompleta, aunque permite apreciar las generalidades del comportamiento del ecosistema.

En primer lugar, la Tabla 3.8 muestra la cantidad de empresas del sector TI que han realizado actividades conducentes a la innovación y el tipo de actividad. Aunque los números no son completos (después de todo se basan en un censo no exhaustivo), dan una idea del bajo número de empresas que realizan este tipo de actividades.

Número de empresas de servicios del sector TI que han realizado actividades conducentes a la innovación, según tipo de actividad, 2010 - 2013

Tabla 3.8 *Empresas de servicios del sector TI que han realizado actividades conducentes a la innovación*

Tipo de Actividad	2010	2011	2012	2013
I+D Interna	69	85	30	33
I+D Externa	8	16	1	3
Adquisición de maquinaria y equipo	44	54	6	10
Tecnologías de la información y las comunicaciones	74	89	31	44
Mercadeo de las innovaciones	37	53	9	8
Transferencia de tecnología	18	29	8	10
Asistencia técnica y consultoría	50	65	29	35
Ingeniería y diseño industrial	13	18	2	3
Formación y capacitación especializada	54	69	23	33

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

A continuación, la tabla 3.9 muestra los montos invertidos en actividades de ciencia, tecnología e innovación por parte de instituciones del sector TI. En esta tabla puede verse que los centros de investigación y desarrollo tecnológico típicamente invierten cerca del 5% de lo que invierten los privados. Igualmente, las entidades del gobierno hacen inversiones bastante significativas (los datos completos no se encuentran para el 2014, por lo cual los números son mucho más bajos que para el 2013).

Monto invertido en actividades de CTI por instituciones del sector TI, 2008 - 2014

Tabla 3.9
Monto invertido en actividades de CTI por instituciones del sector TI

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

Tipo de Institución	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Entidades del gobierno	0	0	0	0	8080	5615	0
Centros de investigación y desarrollo tecnológico	528	1903	1584	1225	1424	2531	2588
ONG, asociaciones y agremiaciones profesionales	4	3	4	4	3	3	3
IPSFL al servicio de las empresas	40	39	38	37	36	35	34
Empresas	96608	101100	108518	143879	36557	50012	n.d
Total	97180	103045	110144	145145	46100	58196	2625

Por otra parte, la tabla 3.10 muestra que empresas pertenecientes a otros sectores realizan inversiones en TI como vehículo para la innovación. Como es de esperarse, las empresas más grandes realizan inversiones mucho mayores. Pero además la tabla permite ver que los montos invertidos no son constantes y que, independientemente del tamaño de las empresas, los montos invertidos disminuyeron fuertemente en el año 2012.

Monto invertido en TI, como actividad conducente a la innovación, por empresas de servicios de otros sectores, según tamaño de empresa, 2008 - 2013

*Millones de pesos de 2013

Tabla 3.10
Monto invertido en TI por empresas

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

Tamaño	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pequeña	67.619	34.260	10.388	12.081	14.105	13.411
Mediana	35.144	56.155	23.723	44.790	22.949	32.888
Grande	679.967	451.255	513.109	644.523	249.336	486.393
Total	782.730	541.670	547.220	701.394	286.390	532.692

La tablas 3.11 y 3.12 presentan otra visión de las inversiones en CTI, basada en los beneficios tributarios aprobados por Colciencias. En estas tablas puede verse en primer lugar que las actividades de innovación están concentradas en Bogotá, y que sólo en la región del Valle del Cauca ha habido en algún momento una actividad significativa. Por otra parte también se puede ver que los montos aprobados son muy variables en el tiempo: mientras que en 2011 se aprobaron 451 millones y en 2013 fueron 872 millones, en 2012 fueron 86193 millones. Esta variabilidad muestra bien sea que los esfuerzos de innovación no son constantes o que los incentivos tributarios que se le ofrecen a las empresas por realizar este tipo

de actividades no son suficientemente atractivos para que tengan un impacto permanente. La figura 3.5 muestra el número de empresas que solicitaron beneficios tributarios en 2013 y puede verse que el número es considerablemente bajo (12 solicitudes).

Monto total aprobado para beneficios tributarios en proyectos relacionados con TI, según entidades territoriales, 2008 – 2014

*Millones de pesos de 2013

Tabla 3.11
Monto total para proyectos TI

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

Entidad Territorial	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antioquia	0	0	0	39	155	0	859
Atlántico	0	0	0	0	4.118	0	0
Bogotá D.C	12	1.989	3.000	388	73.510	0	5.761
Cundinamarca	0	285	0	0	0	872	0
Santander	0	0	0	24	0	0	0
Valle del Cauca	0	0	0	0	8.410	0	0
Total	12	2274	3000	451	86193	872	6620

Monto total aprobado para beneficios tributarios enproyectos relacionados con TI, según tipo de beneficio, 2008 - 2014

*Millones de pesos de 2013

Tabla 3.12
Monto total para proyectos TI según beneficio

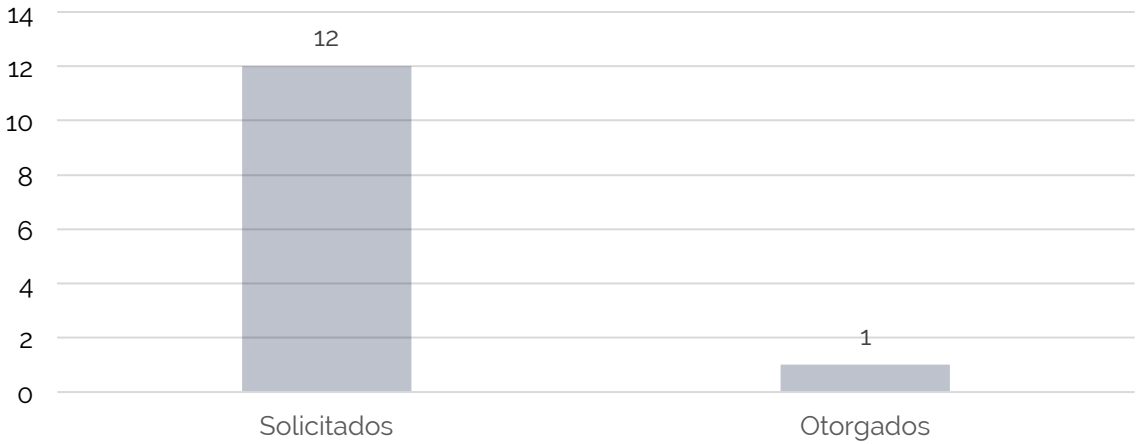
Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

Tipo de Beneficio Tributario	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Deducción por inversión	0	297	3.000	388	86.185	0	6.620
Deducción por donación	0	1.978	0	0	0	872	0
Exención de IVA	12	0	0	62	8	0	0
Total	12	2275	3000	450	86193	872	6620

Número de empresas del sector TI que solicitaron y obtuvieron beneficios tributarios por inversiones en desarrollo científico y tecnológico, 2013

Figura 3.5
Adopción de modelos de calidad

Gráfica realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI



La tabla 3.13 muestra un reflejo de la situación anterior basada en el número de patentes presentadas y concedidas entre 2008 y 2014. Independientemente de las dificultades para obtener patentes en el sector TIC, el número es bastante bajo considerando el número de actores dentro del ecosistema. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que muchas de estas patentes, aunque registradas por actores del ecosistema, pueden estar relacionadas con campos de aplicación como Salud.

Número de patentes de TI presentadas y concedidas, según tipo de patente, 2008-2014

Tabla 3.13
Número de patentes de TI presentadas y concedidas

Tipo de Patente		Patentes de Invención	Patente de Modelo de Utilidad	Total
2008	Presentadas	87	5	92
	Concedidas	6	3	9
2009	Presentadas	59	13	72
	Concedidas	7	3	10
2010	Presentadas	89	11	100
	Concedidas	10	1	11
2011	Presentadas	104	25	129
	Concedidas	19	5	24

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

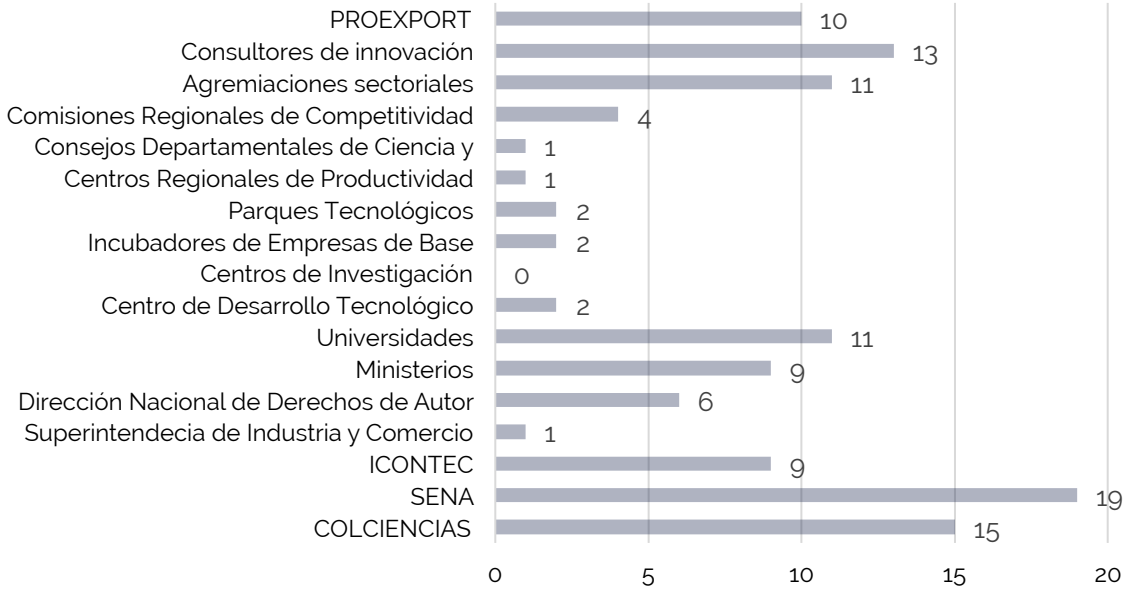
Tipo de Patente		Patentes de Invención	Patente de Modelo de Utilidad	Total
2012	Presentadas	116	27	143
	Concedidas	59	8	67
2013	Presentadas	128	16	144
	Concedidas	110	13	123
2014	Presentadas	144	18	162
	Concedidas	69	8	77

A continuación, la figura 3.6 muestra los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con los cuales se relacionan las empresas TIC para realizar actividades de innovación. Independientemente del número en valor absoluto, lo que se puede ver es que el SENA, Colciencias y las Universidades son los principales actores con los cuales las empresas realizan actividades de innovación. Por otro lado, puede verse que los Centros de Investigación, Centros de Desarrollo Tecnológico, Parques Tecnológicos, y Centros Regionales de Productividad, entre otros, tienen un nivel de actividad bajísimo y con bajo impacto desde el punto de vista de las empresas TIC.

Número de empresas de servicios del sector TI que se relacionan con otros actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) para la realización de actividades conducentes a la innovación del 2012-2013

Figura 3.6
Empresas TI relacionadas con otros actores

Gráfica realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI



Finalmente la Tabla 3.14 presenta los resultados de la encuesta hecha a las empresas sobre los obstáculos para el desarrollo e innovación. En esta tabla puede verse que la falta o escases de importancia y los servicios limitados en el entorno (financiamiento, cooperación, certificación, etc) son considerados como los principales problemas por parte de las empresas.

Número de empresas de servicios del sector TI que consideran importantes los obstáculos para el desarrollo e introducción de sus innovaciones, según tipo de obstáculo y grado de importanciaa, 2008 - 2013

Tabla 3.14 *Número de empresas TI que consideran importantes los obstáculos para sus innovaciones*

Tabla realizada con base en la línea base de indicadores I+D+i de TI

Tipo de Obstáculo	2008-2009		2010-2011		2012-2013	
	Número de Empresas	Grado de Importancia	Número de Empresas	Grado de Importancia	Número de Empresas	Grado de Importancia
Falta o escasez de información	116	1,42	200	2,26	71	1,05
Riesgos del mercado	108	1,22	185	2,11	65	0,96
Servicios limitados en el entorno (financiamiento, cooperación, certificación, etc.)	104	1,42	181	2,3	65	1,15
Acceso a recursos públicos	n.d	n.d	n.d	n.d	16	0,21
Para solicitud u obtención de beneficios tributarios	n.d	n.d	n.d	n.d	20	0,01
Para solicitud u obtención de registros de propiedad intelectual	n.d	n.d	n.d	n.d	34	0,6

Hallazgo: las actividades de innovación y desarrollo en las empresas TIC son bastante limitadas, los montos invertidos varían fuertemente y dependen principalmente de las relaciones con Universidades, Colciencias y con el SENA.

Hallazgo: los Centros de Investigación, Centros de Desarrollo Tecnológico, Parques Tecnológicos, y Centros Regionales de Productividad tienen un impacto muy bajo en la realización de actividades de innovación dentro de las empresas del sector TIC.

3.2 Formación

La formación de profesionales en TIC es una tarea enorme que involucra a múltiples actores pertenecientes a múltiples entidades en diferentes sectores. Se puede decir que este es un ecosistema en sí mismo puesto que hay relaciones importantes entre todos los participantes y porque el éxito del ecosistema mismo depende de que cada elemento cumpla satisfactoriamente con sus responsabilidades. Por ejemplo, para mejorar todos los aspectos que se requieren en este momento (aumento en el número de profesionales, mejora en la calidad y actualización) se requerirán esfuerzos de todos los participantes, desde los colegios hasta las empresas mismas que demandan los profesionales TIC.

Esta sección presenta una visión del estado actual de la dimensión de formación dentro del ecosistema TIC. La presentación de esta sección se concentra únicamente en los puntos más relevantes y problemáticos, en los cuales deberían hacerse intervenciones urgentemente para fortalecer al ecosistema TIC a través de la formación de un mejor talento humano. No pretende ser entonces un análisis exhaustivo puesto que esto requeriría un estudio exclusivo liderado por el Ministerio de Educación Nacional.

La visión del estado de la formación presentada en esta sección se basa principalmente en los datos entregados por el Ministerio de Educación Nacional y especialmente los datos disponibles en los siguientes sistemas.

SNIES - Sistema Nacional de Información de la Educación Superior

"El Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), es un sistema de información que ha sido creado para responder a las necesidades de información de la educación superior en Colombia. En este sistema se recopila y organiza la información relevante sobre la educación superior que permite hacer planeación, monitoreo, evaluación, asesoría, inspección y vigilancia del sector.

Este sistema como fuente de información, en relación con las instituciones y programas académicos aprobados por el Ministerio de Educación Nacional, consolida y suministra datos, estadísticas e indicadores:

- Relevantes: Porque La información responde a las necesidades del sector según los públicos objetivo.
- Confiables: La información es suministrada por la fuente responsable y, es consolidada y validada por el Ministerio de Educación Nacional.
- Oportunos: La información se consolida y divulga en un tiempo establecido."[1]

En este caso, a partir del SNIES se ha obtenido la información sobre los programas activos e inactivos del Núcleo Básico de Conocimiento llamado "Ingeniería de Sistemas, telemática y afines". La información sobre cada programa incluye detalles como la institución a la que pertenece y su carácter académico, la denominación del programa y el título otorgado, el nivel de reconocimiento otorgado por el ministerio, la duración del programa, y el nivel de formación. En algunos casos, también se cuenta con información de costos.

1 Tomado de: ¿Qué es el SNIES? http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-

El principal problema con esta fuente de información es que la responsabilidad del registro recae sobre las IES mientras que el Ministerio cumple una labor de validación y consolidación. Por este motivo, es posible que haya un sub-registro dentro de este sistema, o que haya información levemente desactualizada.

SPADIES - Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior

"El Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior -Spadies- consolida y ordena información que permite hacer seguimiento a las condiciones académicas y socioeconómicas de los estudiantes que han ingresado a la educación superior en el país. De esta manera, permite conocer el estado y evolución de la caracterización y del rendimiento académico de los estudiantes, lo cual es útil para establecer los factores determinantes de la deserción, para estimar el riesgo de deserción de cada estudiante y para diseñar y mejorar las acciones de apoyo a los estudiantes orientadas a fomentar su permanencia y graduación.

El Spadies hace parte del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior —SNIES— y puede entenderse como un módulo particular de este último aplicado al seguimiento especializado de un fenómeno de especial interés del sector como lo es la deserción estudiantil.

El sitio web se desarrolla con el fin de poner a disposición del público la información estadística sobre la deserción y graduación en la Educación Superior en Colombia y sobre las condiciones académicas, socioeconómicas, institucionales e individuales que afectan la permanencia estudiantil." [2]
En este estudio, la información contenida en el SPADIES se ha utilizado únicamente para el análisis de la deserción de los programas en "Ingeniería de Sistemas, telemática y afines". Sin embargo, hay que tener en cuenta que la información sobre deserción es naturalmente imprecisa dado que un estudiante sólo puede ser considerado desertor con plena certeza después de un tiempo relativamente largo.

Observatorio Laboral para la Educación

"El Observatorio Laboral para la Educación es un sistema de información que brinda herramientas valiosas para analizar la pertinencia de la educación a partir del seguimiento a los graduados y su empleabilidad en el mercado laboral. De esta manera, contribuye al mejoramiento de la calidad de los programas académicos ofrecidos. […] Así las cosas, el Observatorio Laboral para la Educación ofrece información estadística sobre el nivel de formación académica de los egresados, sus aportes a seguridad social y los salarios promedio de enganche que reciben. Además, entrega un panorama sobre cuánto tiempo les toma conseguir empleo, las ciudades en las que trabajan y la demanda de egresados que tienen en el mercado laboral una mayor o menor acogida." [3]

El Observatorio Laboral ofrece dos perspectivas. Desde el punto de vista de la oferta académica, integra información sobre programas y sobre graduados proveniente del sistema SNIES; además , presenta información sobre vinculación laboral de los egresados, la cual obtienen a partir de encuestas de seguimiento. Desde el punto de vista de la demanda, la información del observatorio proviene de encuestas realizadas a los empleadores y de estudios sectoriales. Lo anterior significa que, aunque la información que ofrece el Observatorio Laboral es útil para tomar decisiones, no debería tomarse como absolutamente real y precisa.

2 Tomado de: ¿Qué es el SPADIES? http://www.mineducacion.gov.co/sistemas-deinformacion/1735/w3-article-254648.html

3 Tomado de: ¿Quiénes somos? http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-143157.html

Modelo conceptual para la dimensión de formación en TIC

El siguiente es el modelo conceptual de la dimensión de formación, donde pueden apreciarse los elementos principales que deberían ser tenidos en cuenta para entender y monitorear la dimensión.

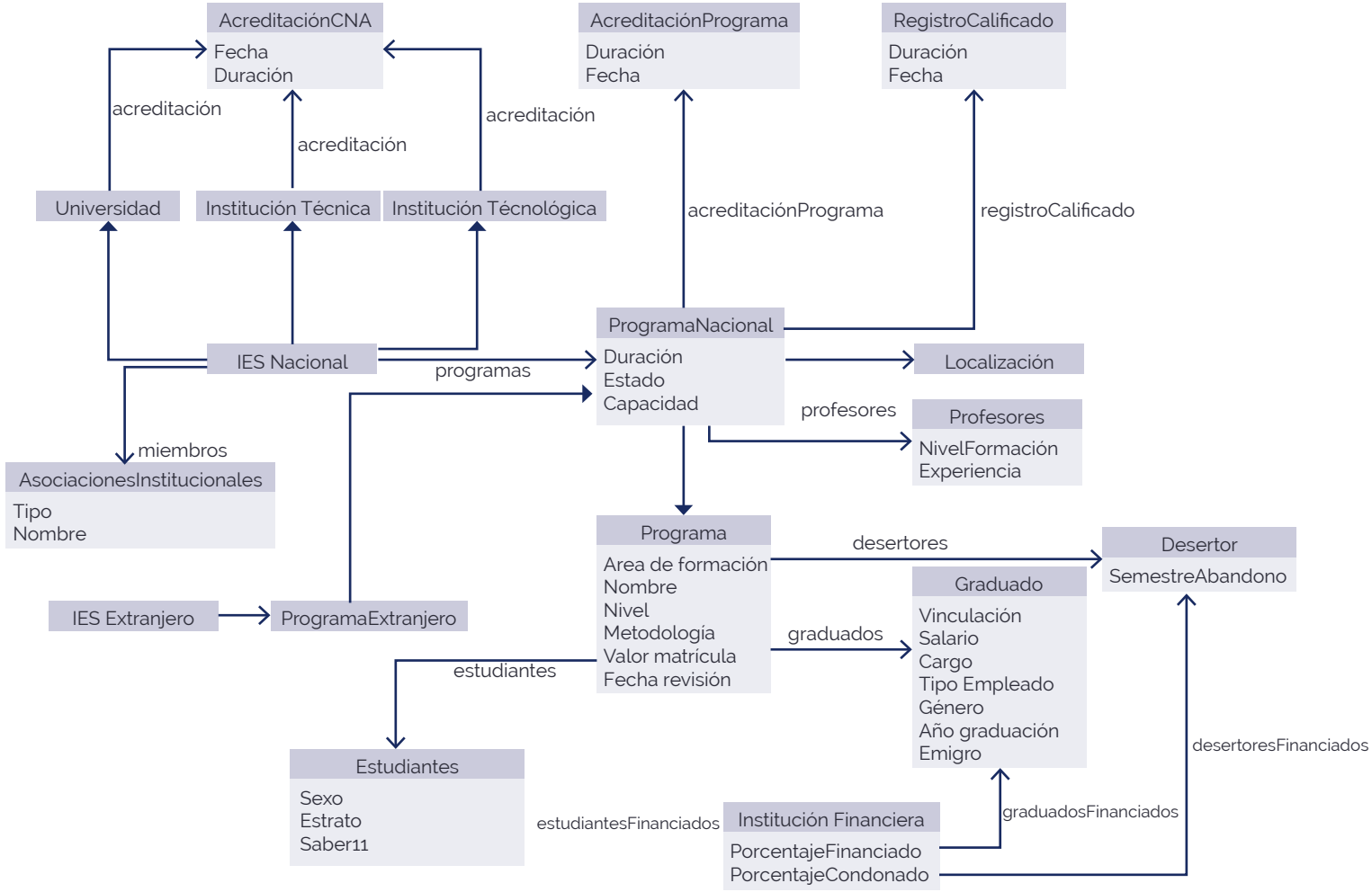


Figura 3.7
Modelo conceptual para la dimensión de formación en TIC

Detalle del modelo conceptual

IES Nacional: Es una institución de educación superior que tiene sede dentro del territorio nacional.
IES Extranjera: Es una institución de educación superior que no tiene sede dentro del territorio nacional.
Universidad: Es una IES que puede ser una Universidad o una Fundación Universitaria y tiene la capacidad de ofrecer programas profesionales.
Institución técnica o tecnológica: Es una IES que ofrece únicamente programas técnicos o tecnológicos.
Asociaciones: Es una agrupación formada con un fin específico en relación a las IES y sus programas académicos y de investigación.
Registro Calificado: Es el reconocimiento que hace el Ministerio de Educación de un programa para que pueda operar.
Acreditación Institucional: Es un reconocimiento otorgado por el Consejo Nacional de Acreditación – CNA a instituciones que demuestren unos estándares sobresalientes de calidad.
Acreditación de Programa: Es un reconocimiento otorgado por el Consejo Nacional de Acreditación – CNA a programas que demuestren unos estándares sobresalientes de calidad.
Programa: Es un conjunto de requisitos y un plan de estudios impartido por una IES y que al final debería llevar a la obtención de un diploma.
Programa Nacional: Es un programa académico ofrecido por una IES Nacional.
Programa Extranjero: Es un programa académico ofrecido por una IES Extranjera.
Localización: Es la ubicación geográfica donde es ofrecido un programa; para un programa a distancia o virtual, la localización no está definida.
Profesor: En el contexto de formación, un profesor es una persona que es empleada por una IES para impartir una determinada cátedra.
Estudiante: Es una persona que está inscrita regularmente en algún programa dentro de alguna IES.
Graduado: Es una persona que cumplió con todos los requisitos de un programa y obtuvo un diploma que lo certifica.

Desertor: Es una persona que abandonó sus estudios. El principal problema con la medición de la deserción es que no hay casi ningún evento que sirva para certificar que un estudiante se convirtió en un desertor.

Institución financiadora: Es una entidad que ofrece mecanismos de financiación para que estudiantes puedan pagar sus matrículas.

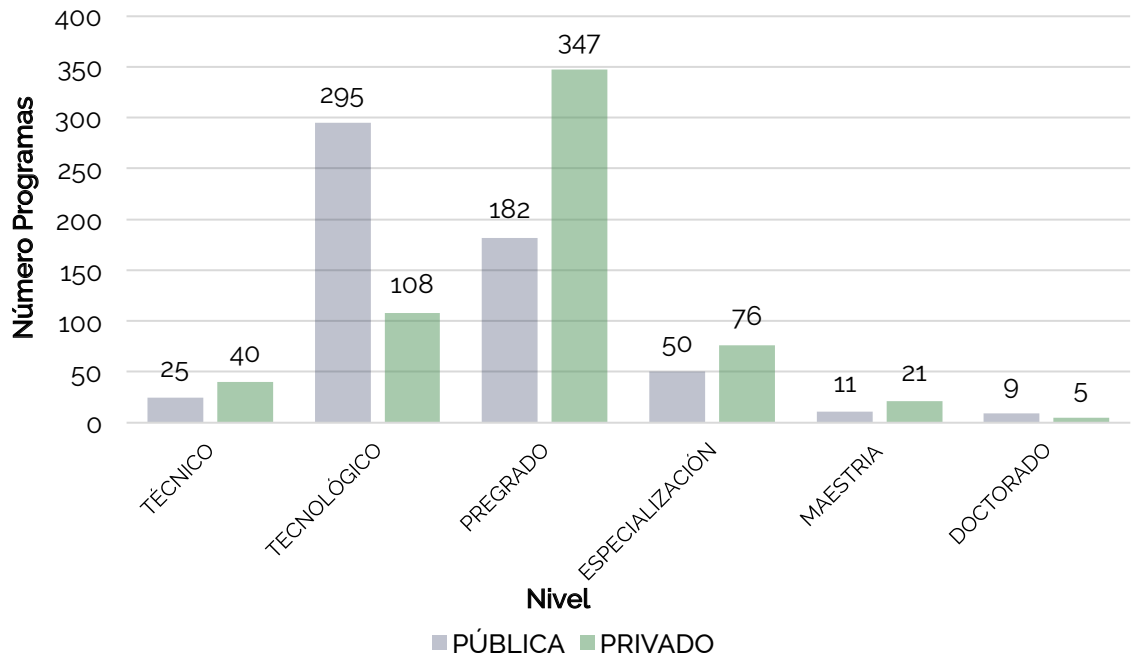
Oferta académica para formación en TIC

La oferta académica actual en el sector TIC es amplia, variada y cubre todos los niveles de formación. Los programas base se encuentran en los niveles técnico, tecnológico y profesional, aunque no es considerable la oferta de programas por ciclos propedéuticos. A nivel de postgrado hay oferta de especializaciones, maestrías y doctorados, aunque en estos últimos dos niveles la oferta es bastante limitada.

Como puede verse en la gráfica, el número de programas ofrecidos es bastante elevado. Por ejemplo, en el nivel de formación profesional, los programas tienen en promedio menos de 200 estudiantes inscritos, teniendo en cuenta las estadísticas de inscripciones y deserción que se presentan en una sección posterior. Esto probablemente tiene un efecto negativo en la calidad de la oferta, como se verá más adelante.

Programas ofrecidos por nivel y carácter institucional

Figura 3.8
Programas ofrecidos por nivel y carácter institucional



Hallazgo: hay un alto número de programas ofrecidos en un número también muy elevado de instituciones.

El otro problema relacionado con la cantidad tan elevada de programas ofrecidos es que estos programas están respaldados por un número de instituciones de educación superior también bastante elevando. Como referencia, en Alemania hay aproximadamente 220 instituciones equivalentes (universidades y fachhochschule) y de estas hay 19 que aparecen entre las mejores 300 universidades del mundo según el Ranking QS. En comparación, en Colombia hay más de 200 instituciones ofreciendo programas de pregrado en TIC, pero sólo 2 de las universidades colombianas aparecen entre las 300 mejores del mundo.

Sin embargo, no todo es negativo: a pesar de no aparecer en los rankings (que se concentran en factores que no necesariamente están relacionados con la calidad de la formación), hay también en Colombia un conjunto de buenas universidades que podrían liderar la transformación del entorno de formación TIC. Estas universidades cuentan con programas modernos reformados recientemente y que en muchos casos están más actualizados que los programas que se siguen en universidades líderes del mundo. Además tienen una planta profesoral con excelente formación académica y que en muchos casos está mejorando a través de la renovación generacional, la adopción de nuevas políticas de vinculación y el requisito obligatorio de contar con un doctorado para poder ser contratado. Finalmente, en el área TIC existe la ventaja de

que las grandes inversiones deben hacerse en talento humano y no en laboratorios o similares, por lo cual se podría decir que algunas universidades están dándole a sus estudiantes (a nivel de pregrado) una formación que no tiene nada que envidiarle a la de las mejores universidades del mundo.

Hallazgo: en Colombia hay instituciones fuertes en el área TIC con programas de calidad y actualizados, acreditaciones internacionales e instituciones aliadas reconocidas a nivel mundial.

Otro aspecto muy relevante con respecto a la oferta de programas tiene que ver con la localización geográfica. Como se ve en la tabla 3.15, la oferta académica se concentra principalmente en Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca. Después de estas regiones, hay una oferta más limitada en Atlántico, Bolívar y el Eje Cafetero, mientras que en el resto del país la oferta es bajísima. Esta situación hace que las personas que habitan en esas regiones y eventualmente están interesadas en cursar un programa TIC deban desplazarse a otras ciudades y, en muchos casos, desarraigarse por completo puesto que en estas mismas ciudades consiguen trabajo con mucha

Tabla 3.15
Oferta de programas por departamento

ANTIOQUIA	4	74	58	15	2	5
ARAUCA	0	0	5	0	0	0
ATLÁNTICO	5	17	21	6	4	0
BOGOTÁ D.C	20	39	80	30	12	5
BOLIVAR	2	10	27	2	1	0
BOYACA	3	21	30	5	0	0
CALDAS	3	13	11	5	2	0
CAQUETA	0	5	3	1	0	0
CASANARE	0	4	9	3	0	0
CAUCA	3	14	15	6	2	1
CESAR	2	9	8	1	0	0
CHOCÓ	0	1	6	1	0	0
CORDOBA	2	5	28	4	0	0
CUNDINAMARCA	1	30	21	3	0	0
GUAINÍA	0	1	1	0	0	0
GUAVIARE	0	4	10	1	0	0
HUILA	0	0	2	0	0	0
LA GUAJIRA	0	11	9	3	0	0
MAGDALENA	1	6	8	9	0	0
META	0	5	13	3	0	0
NARIÑO	0	11	17	3	0	0

NORTE DE SANTANDER	1	13	28	4	0	0
PUTUMAYO	2	3	9	1	0	0
QUINDIO	1	10	9	3	1	1
RISARALDA	1	2	2	0	6	0
SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA	4	30	25	7	0	1
SANTANDER	0	0	0	0	0	0
SUCRE	2	4	12	4	0	0
TOLIMA	4	22	16	2	0	0
VALLE DEL CAUCA	4	37	41	4	2	1
VAUPES	0	0	0	0	0	0
VICHADA	0	2	1	0	0	0

Esta situación contrasta con la realidad tecnológica del país y del mundo: hoy todos los municipios de Colombia tienen Internet y existen mecanismos adecuados para crear programas de formación a distancia de muy alta calidad. Sin embargo, menos del 7% de los programas de formación profesional se imparten en la modalidad a distancia o virtual.

Hallazgo: hay una oferta limitada de programas académicos en varias regiones y hay una muy limitada oferta de formación virtual y a distancia, aunque ya existen mecanismos tecnológicos (software e infraestructura) para llevar educación virtual a esas regiones.

Calidad de la oferta

Actualmente no existe en Colombia un mecanismo estandarizado para medir la calidad de la formación profesional. Cuando fue creado, el examen Saber Pro (antes ECAES) parecía un mecanismo para realizar esta medición, pero en su actual formato no podría ser utilizado como un mecanismo fiable para medir la calidad de los profesionales TI. Dada esta situación, sólo existen dos mecanismos que pueden ser utilizados para estudiar, indirectamente, la calidad de los egresados: la calidad de los programas a través de las acreditaciones, y las encuestas realizadas a empleadores por parte de gremios como Fedesoft.

Actualmente, sólo el 20% de los programas académicos de nivel universitario, el 2,7% de los de nivel tecnológico, y el 3% de los programas del nivel técnico profesional tienen un registro de alta calidad (ver figuras XX-52 y XX-53). Esto hace que, por lo menos en el papel, la inmensa mayoría de programas no tengan la calidad que sería deseable y que probablemente el país necesite.

Distribución de los tipos de registro del MEN según niveles de formación 2015

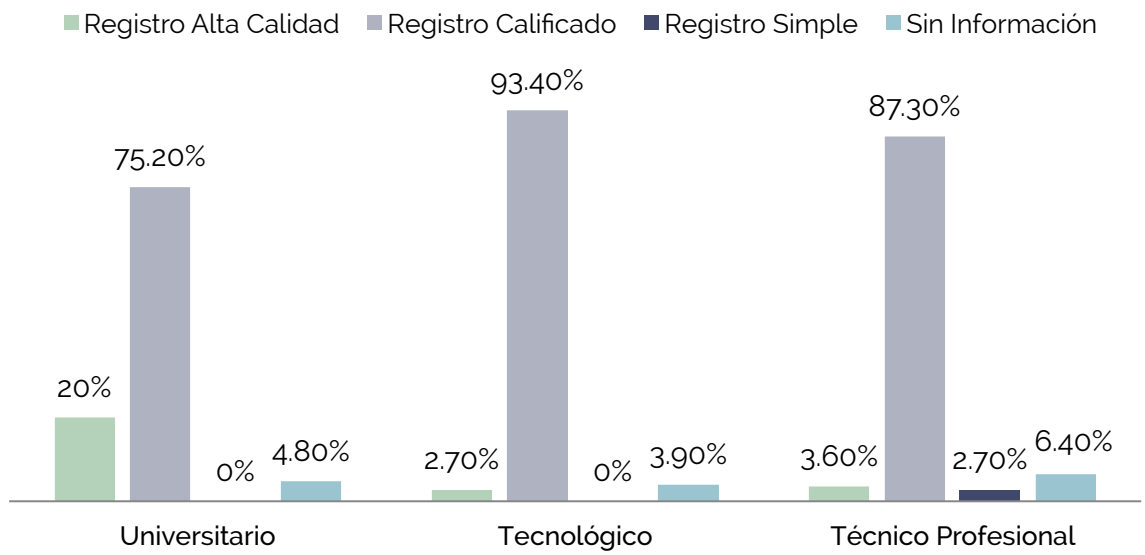


Figura 3.9
Distribución de los tipos de registro del MEN según niveles de formación 2015

Fuente: Sistema Nacional de Información para la Educación Superior SNIES, 2015

Oferta de programas de pregrado de alta calidad por sectores y niveles de formación, 2015

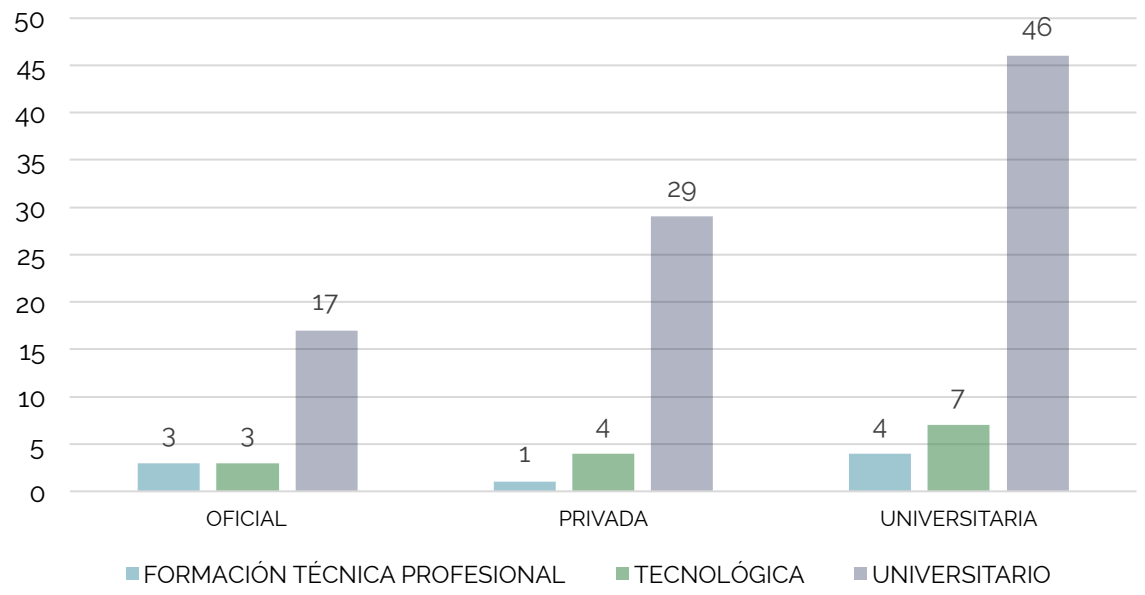


Figura 3.10
Oferta de programas de pregrado de alta calidad por sectores y niveles de formación

Fuente: Sistema Nacional de Información para la

Oferta de programas de pregrado de alta calidad por sectores y niveles de formación, 2015

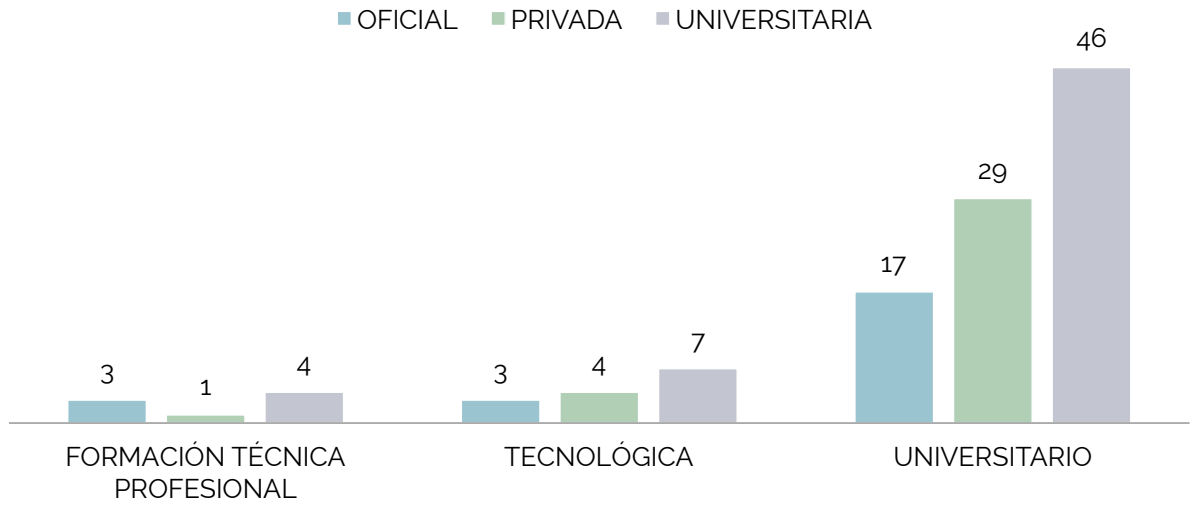


Figura 3.11
Oferta de programas de pregrado de alta calidad por sectores y niveles de formación

Fuente: Sistema Nacional de Información para la Educación Superior SNIES, 2015

Los motivos por los cuales los programas mencionados no tienen un registro de alta calidad pueden ir desde problemas con los programas y profesores, hasta problemas administrativos que no necesariamente tienen un impacto en la calidad de la formación. Sin embargo, no existe evidencia que muestre que los programas académicos son revisados y actualizados frecuentemente, ni tampoco existe un censo que permita concluir que la formación y calidad de los profesores es la adecuada en la mayoría de los casos. Por el contrario, las estadísticas sobre los niveles de formación de los profesores en Colombia, que nos dejan entre los últimos lugares de América Latina en cuanto a porcentaje de profesores con doctorado, sugieren que en el sector TIC se presente la misma situación.

Hallazgo: un pequeño porcentaje de los programas cuenta con acreditaciones de calidad.
Hallazgo: no hay información sobre los profesores que participan en los programas.
Hallazgo: no hay información sobre los programas académicos, ni sus procesos de revisión y actualización.

El otro mecanismo para estudiar la calidad de la oferta de formación en TIC es a través de la realización de encuestas a empleadores. Desafortunadamente, en este aspecto los resultados que se han encontrado tampoco son alentadores. De acuerdo al estudio de Caracterización Ocupacional 2015, hay serias deficiencias en conocimientos por parte del denominado “talento digital”: sólo en 3 de 12 áreas de conocimiento los empresarios le dieron en promedio una nota aprobatoria a sus empleados (ver figura 3.12). Sin embargo, también debe reconocerse que un porcentaje significativo de los evaluados recibió calificaciones suficientes, adecuadas y sobresalientes, lo cual muestra que sí hay talento disponible (ver figura 3.14). Adicionalmente, la misma encuesta indagó también por habilidades (ver figura 3.13) y actitudes (ver figura 3.16) y encontró resultados muchísimo más positivos y alentadores.

Calificación numérica de los conocimientos del talento digital por parte de los empresarios, 2015

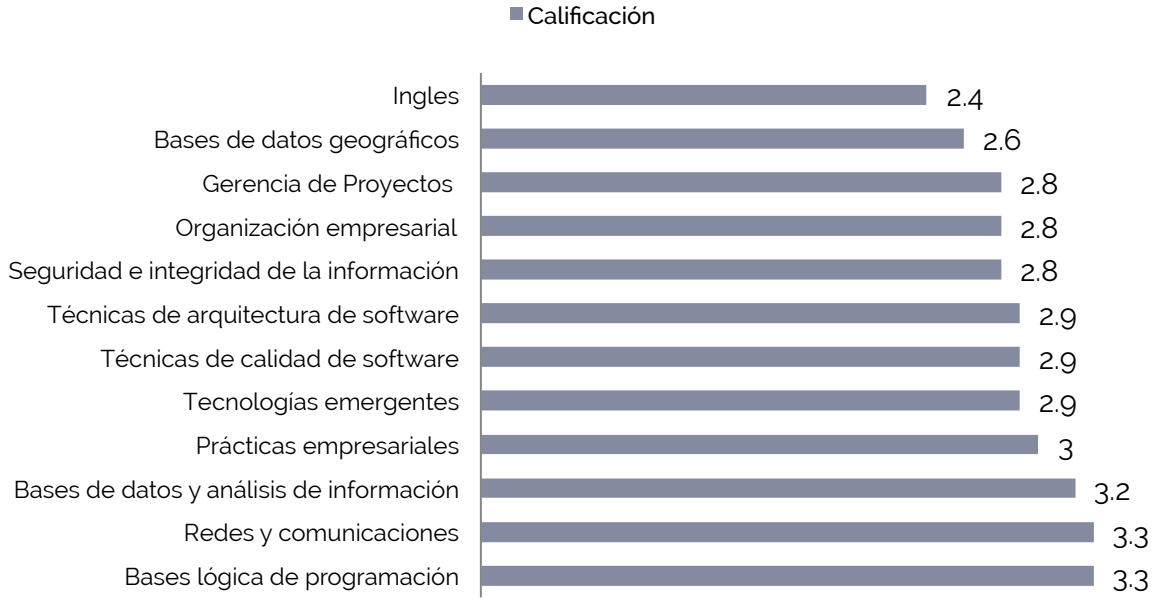


Figura 3.12
Calificación numérica de los conocimientos del talento digital por parte de los empresarios

Fuente: Estudio de Caracterización Ocupacional, 2015

Calificación numérica de las habilidades de talento digital por parte de los empresarios, 2015

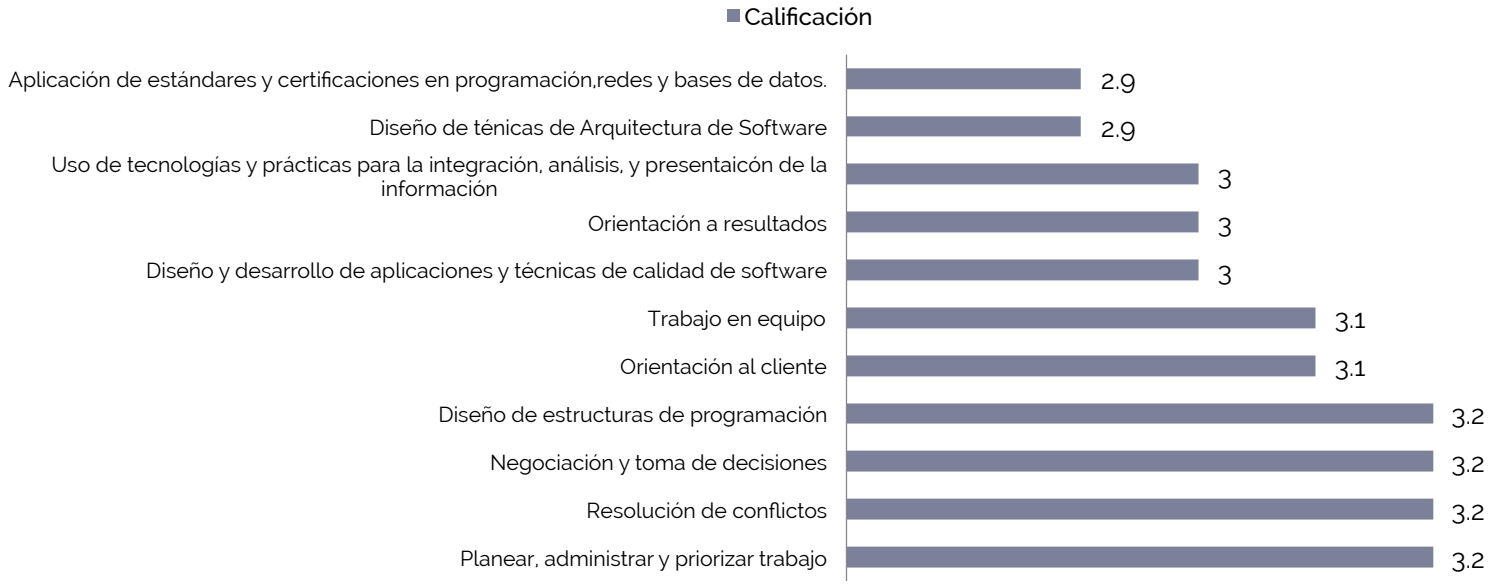


Figura 3.13
Calificación numérica de las habilidades de talento digital por parte de los empresarios

Fuente: Estudio de Caracterización Ocupacional, 2015

Valoración de los conocimientos promedio del talento digital por parte de los empresarios del sector, 2015(%)

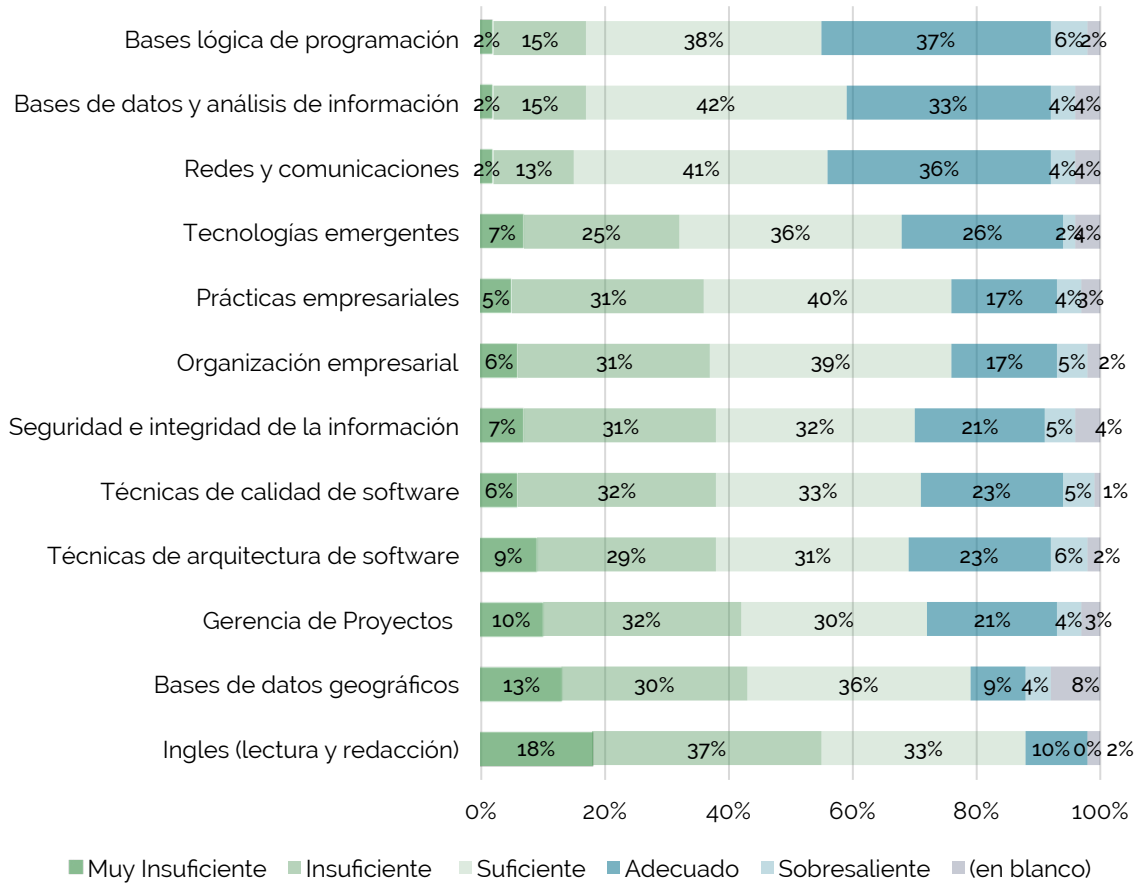


Figura 3.14
Valoración de los conocimientos promedio del talento digital por parte de los empresarios del sector

Fuente: Estudio de Caracterización Ocupacional, 2015

Calificación numérica de las actitudes del talento digital por parte de los empresarios, 2015

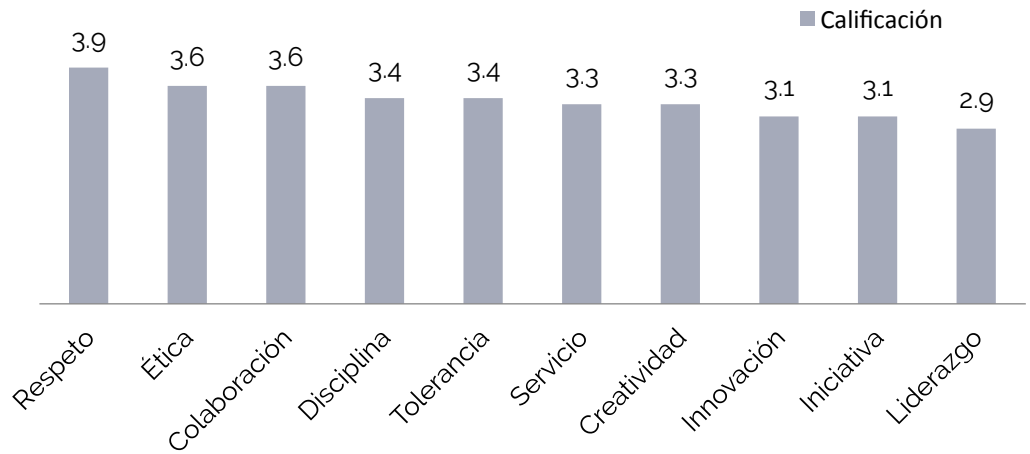


Figura 3.15
Calificación numéricas de las actitudes de talento digital por los empresarios

Fuente: Estudio de Caracterización Ocupacional, 2015

Hallazgo: hay una percepción, entre los empleadores, de deficiencia en los conocimientos del talento digital. Estos incluyen conocimientos como Inglés, Gerencia de proyectos, Organización empresarial, Prácticas empresariales y Técnicas de calidad de software.

Hallazgo: hay una percepción, entre los empleadores, de que hay empleados en el sector TIC que son muy talentosos y tienen unos conocimientos excelentes, pero en promedio la opinión sobre el talento es mucho menos positiva.

Estos puntos pueden ser tomados entonces como evidencia de problemas de calidad en la formación. Sin embargo, al ser opiniones de los empleadores también deben ser analizadas con cuidado especialmente en lo que respecta a falencias en conocimientos actualizados. En muchas ocasiones el interés de los empresarios es contratar empleados que hayan sido ya formados en las últimas tecnologías pero esto no es posible en la mayoría de los casos: por un lado, la actualización de los programas de formación puede tomar más tiempo que el tiempo en que una determinada tecnología puede estar vigente; por otro lado el objetivo de un programa, especialmente en el nivel universitario, debe estar dirigido a la formación de un profesional con las habilidades necesarias para adaptarse a las tendencias, tecnologías y metodologías que vayan surgiendo durante al menos 40 años de ejercicio profesional. Por tanto la formación en habilidades es mucho más importante que la inyección de conocimientos.

Volviendo a los resultados de la encuesta presentada, lo anterior no excusa que debería reforzarse la formación en aspectos de largo plazo, tales como conocimiento del Inglés, Gerencia de proyectos, Organización empresarial, Prácticas empresariales y Técnicas de calidad de software. La revisión general de los programas debería entonces estar orientada a garantizar la adecuada formación en estos aspectos, así como en los que en este momento están siendo bien calificados.

Costos y financiación

Un aspecto importante para considerar relacionada con la oferta tiene que ver con los costos de la formación y las oportunidades de financiación.

En la figura 3.16 se presenta una imagen aproximada de los costos semestrales de programas profesionales en TIC tanto en el sector oficial como en el privado. Esta gráfica es aproximada puesto que la información disponible en el sistema SNIES ni está actualizada ni cubre todos los programas. Sin embargo, la información resulta suficiente para extraer información importante.

En primer lugar, puede verse que la diferencia en los costos entre las universidades privadas y oficiales es bastante alta. Sin embargo, la reducida oferta oficial comparada con la oferta privada hace que muchos interesados en seguir programas TIC tengan que optar por inscribirse en el sector privado. También puede verse que en el sector privado hay una gran diferencia en los costos de los programas que tiene acreditación de Alta Calidad: es natural que estudiar en esas universidades sea más costoso y probablemente eso explique por qué muchos estudiantes opten por inscribirse en universidades de menor calidad.

Costos semestrales de programas profesionales en TIC

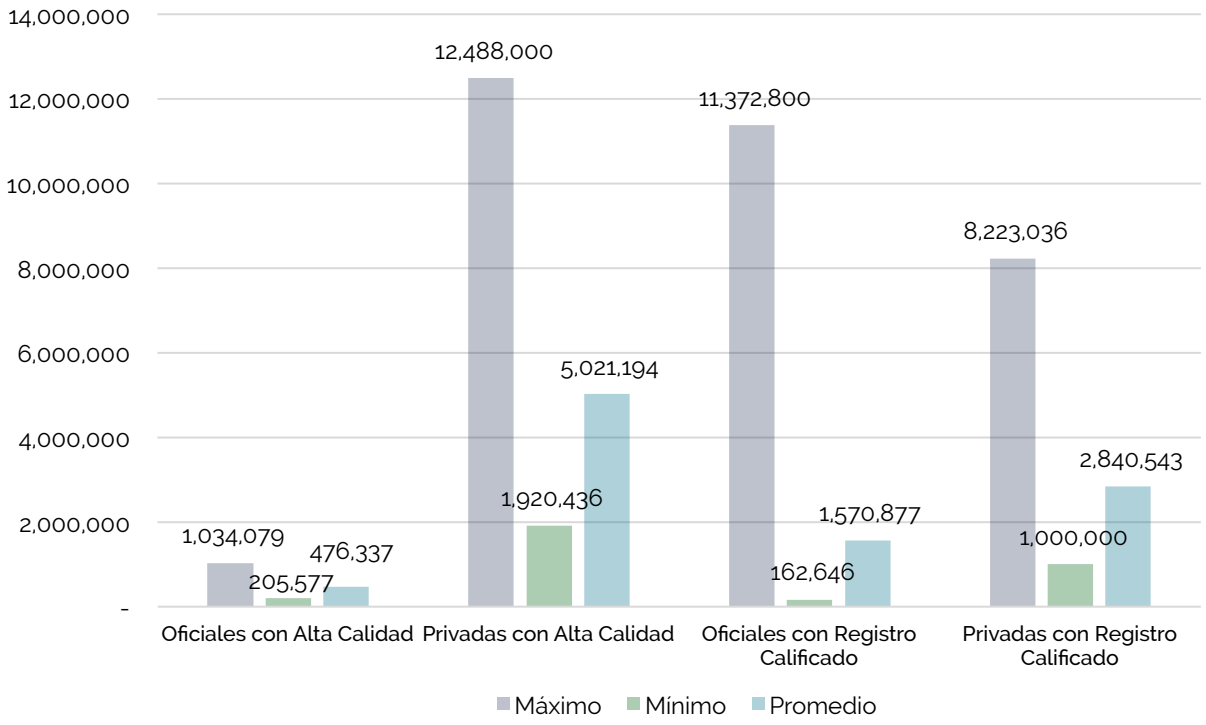


Figura 3.16
Costos semestrales de programas profesionales en TIC

Costo por semestre en programas Universitarios (elaboración propia).

Finalmente, al ver el costo promedio de los semestres puede verse que la inversión de un estudiante para graduarse en una universidad privada con alta calidad es de alrededor de 50 millones de pesos. Eso significa que un graduado tardaría aproximadamente 15 años en pagar por su educación suponiendo que dedique 20% de su salario al pago de la deuda (todo esto suponiendo que el costo de la matrícula no subiera, que su salario se mantuviera igual, y un interés moderado en la deuda). Esto también muestra que muy difícilmente una persona que tenga un trabajo de tiempo completo puede pagarse estudios universitarios en una institución acreditada.

La figura 3.17 muestra la cantidad de estudiantes admitidos en programas profesionales del sector entre el 2002 y el 2013. Esta gráfica muestra que el número está descendiendo, pero además muestra que la cantidad de estudiantes que ingresan es bajo considerando la elevada deserción (de la cual se hablará más adelante).

Hallazgo: el número de estudiantes que ingresan a estudiar programas TI sigue disminuyendo.

Actualmente existen varias alternativas de financiación que posiblemente están generando un impacto positivo en la cantidad de estudiantes inscritos pero que no han sido suficientes para mejorar los números anteriores. Las principales entre estas alternativas son:

- Créditos otorgados por el ICETEX, que han existido desde hace varios años pero que recientemente se han ido ajustando para ser más atractivos y fáciles de acceder y manejar. Estos créditos aplican para todas las carreras.
- Entidades de financiación. Actualmente muchas entidades ofrecen créditos de estudio con unas tasas que los hacen más atractivos que hace 5 años.
- Ser Pilo Paga el programa de Becas del MEN, en el que participan actualmente cerca de 20.000 estudiantes en el todo el país. Aunque no están disponibles estadísticas oficiales, información recopilada directamente de algunas universidades en Bogotá muestra una preferencia de los beneficiarios del programa por programas de Ingeniería de Sistemas. Adicionalmente el programa tiene una característica importante y es que sólo permite la inscripción de los beneficiarios a Universidades con Acreditación de Alta Calidad, lo cual debería contribuir en el mediano plazo a mejorar la calidad general de los graduados.
- Becas de Talento Digital, ofrecidas por el MinTIC. Estas becas, aunque son mucho más restringidas en número que las de Ser Pilo Paga, son exclusivas para el sector TI.

Hallazgo: La existencia de las becas de Talento Digital son muestra del interés del gobierno en fortalecer el ecosistema TIC a partir de la dimensión de formación.

Hallazgo: las fuentes de financiación, especialmente las becas y créditos condonables, no son suficientes considerando el déficit de profesionales en TIC que tiene el país.

Graduados e inserción laboral

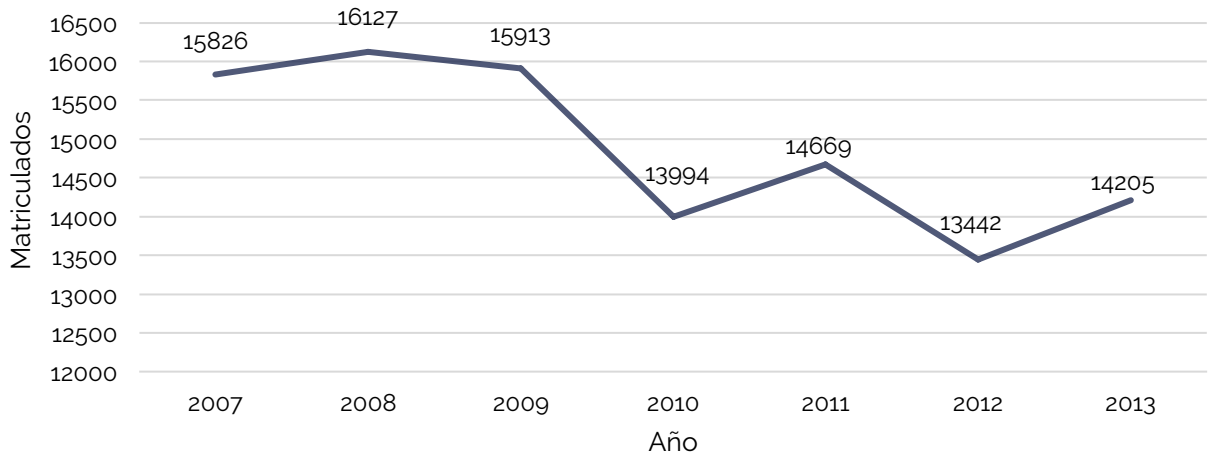
A pesar de la disminución en los admitidos a programas de ingeniería de sistemas y afines, el número de graduados por año ha venido incrementándose consistentemente. Esto puede verse en la figura 3.18, donde se ve que el número anual de graduados creció más del 20% entre el 2011 y el 2013. Las razones para este crecimiento no son claras, pero pueden deberse a la combinación de varios factores:

- Un descenso (lento) en los indicadores de deserción.
- El movimiento de estudiantes entre programas que hace que no aparezcan en las estadísticas de admitidos.
- El regreso de estudiantes que se consideraba que habían desertado.

Inscritos en programas de pregrado

Figura 3.17
Inscritos en programas de pregrado

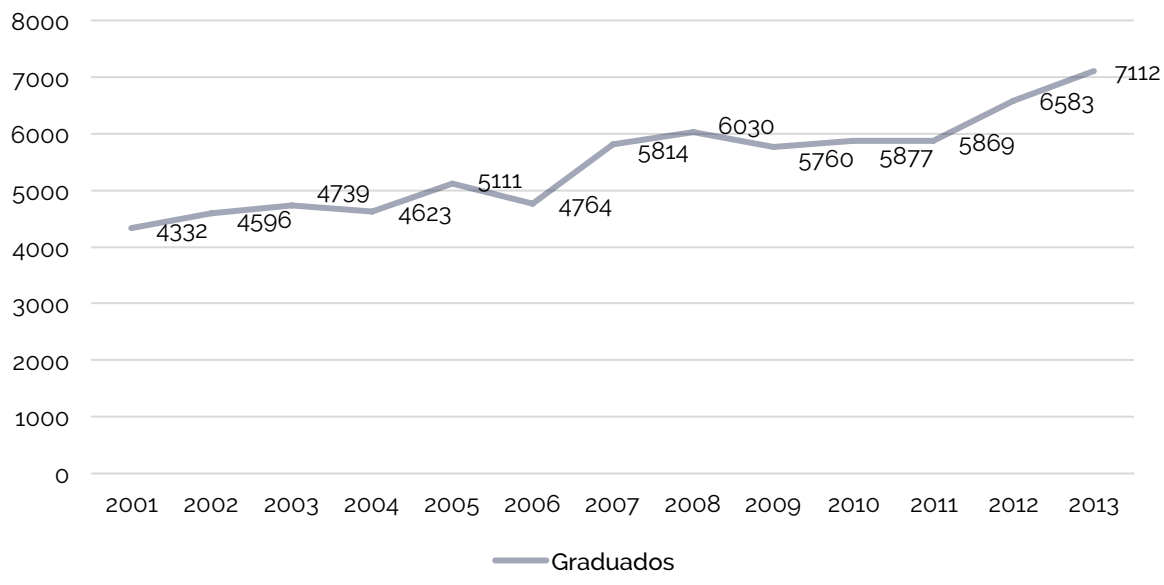
Número anual de estudiantes admitidos a programas profesionales



Número anual de graduados (oferta histórica incremental) de pregrado universitario de Ingeniería de Sistemas y afines TI, 2001-2013

Figura 3.18
Inscritos en programas de pregrado

Fuente: Observatorio Laboral para la Educación

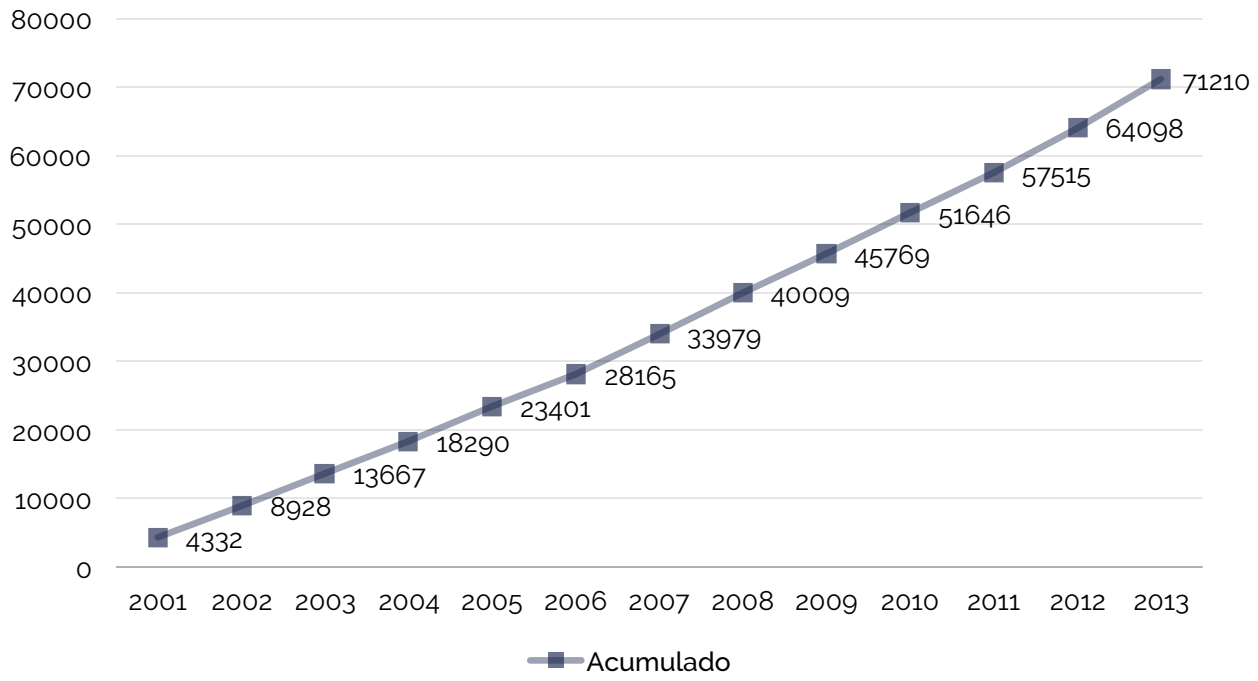


Por otra parte, la figura 3.19 muestra el número acumulado de graduados profesionales TIC entre 2001 y 2013: durante todo este periodo, el crecimiento se ha mantenido bastante constante por lo cual definitivamente no se puede hablar de una crisis. Por otra parte, el número total de graduados profesionales del sector está ya cerca de los 100.000 desde que se tienen registros, lo cual da una idea de la capacidad acumulada del sector.

Número anual de graduados (oferta histórica incremental) de pregrado universitario de Ingeniería de Sistemas y afines TI, 2001-2013

Figura 3.19
Inscritos en programas de pregrado

Fuente: Observatorio Laboral para la Educación



Regresando sobre el tema de la calidad, tiene sentido revisar los datos de graduados por programas: para el último año con cifras disponibles, sólo el 21% de los graduados lo hicieron de una universidad con acreditación de alta calidad, y sólo el 47% lo hizo de un programa con alta calidad. Según los datos del Observatorio TIC (Figura 3.20), sólo el 30% de los graduados en 2013 de programas del subsector de Software y Tecnologías de la Información lo hicieron de un programa con alta calidad. Esto es evidencia grave de un problema de calidad que está afectando, en el mejor de los casos, a la mitad de los estudiantes. Finalmente, las estadísticas muestran también que 17 universidades graduaron en 2013 a la mitad de los profesionales en el sector TIC.

Número anual de egresados del subsector, 2006-2013

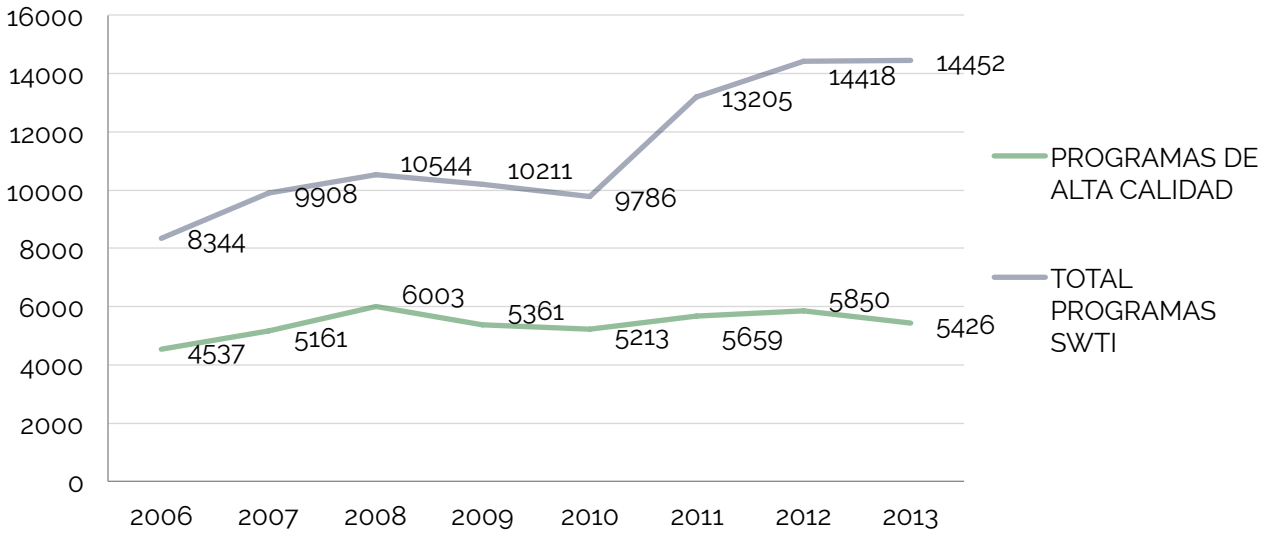


Figura 3.20
Número anual de egresados del subsector

Fuente: Observatorio Laboral para la Educación,2015

Hallazgo: al menos la mitad de los estudiantes se gradúan de programas sin acreditaciones de calidad.

Hallazgo: la intervención directa en pocas universidades podría tener un impacto enorme en la calidad de los graduados debido a la concentración de grados en pocas instituciones.

A partir de los números anteriormente presentados es posible ver que el número de graduados por año por programa es muy bajo (ver figura 3.20). Por ejemplo, el número promedio de graduados por año a nivel universitario es cercano a 32, probablemente divididos en 2 cohortes semestrales de sólo 16 estudiantes. Esto tiene con seguridad un impacto negativo en la calidad de los programas, puesto que las inversiones necesarias para mantener programas de calidad probablemente no se pueden justificar cuando las cohortes son tan pequeñas como lo sugiere el número de graduados.

Graduados 2013 vs programas TIC disponibles

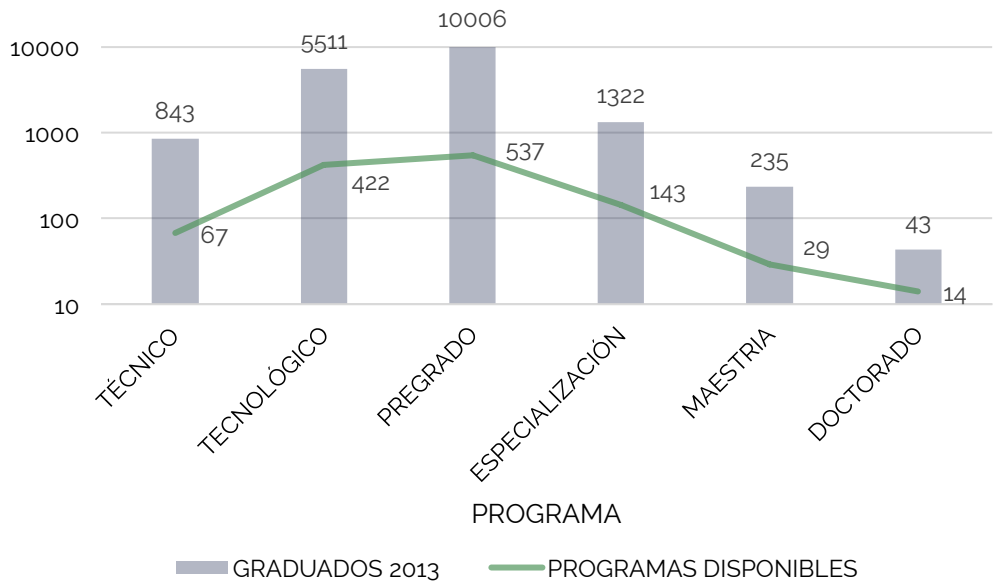


Figura 3.21
Graduados 2013 vs programas TIC disponibles

Fuente: Observatorio Laboral para la Educación,2015

Hallazgo: el número de graduados por programa es muy bajo, especialmente en los niveles técnico, tecnológico y profesional.

Otro aspecto problemático con respecto al número de graduados tiene que ver con la distribución entre los diferentes niveles de formación. La figura 3.22 muestra la forma en lo que los graduados se han distribuido durante los últimos años entre los diferentes niveles de formación. El punto más importante es la desproporción entre el número de graduados en el nivel profesional y el número de graduados en programas técnicos y tecnológicos. En otros países se habla de una distribución de graduados como una pirámide, en la que a medida que se asciende desde los niveles de formación más básicos el número de graduados decrece. Por el contrario, en Colombia el número de graduados a nivel profesional es demasiado grande en comparación con los niveles que deberían estar en la base de la pirámide.

Número de graduados por año por nivel de formación

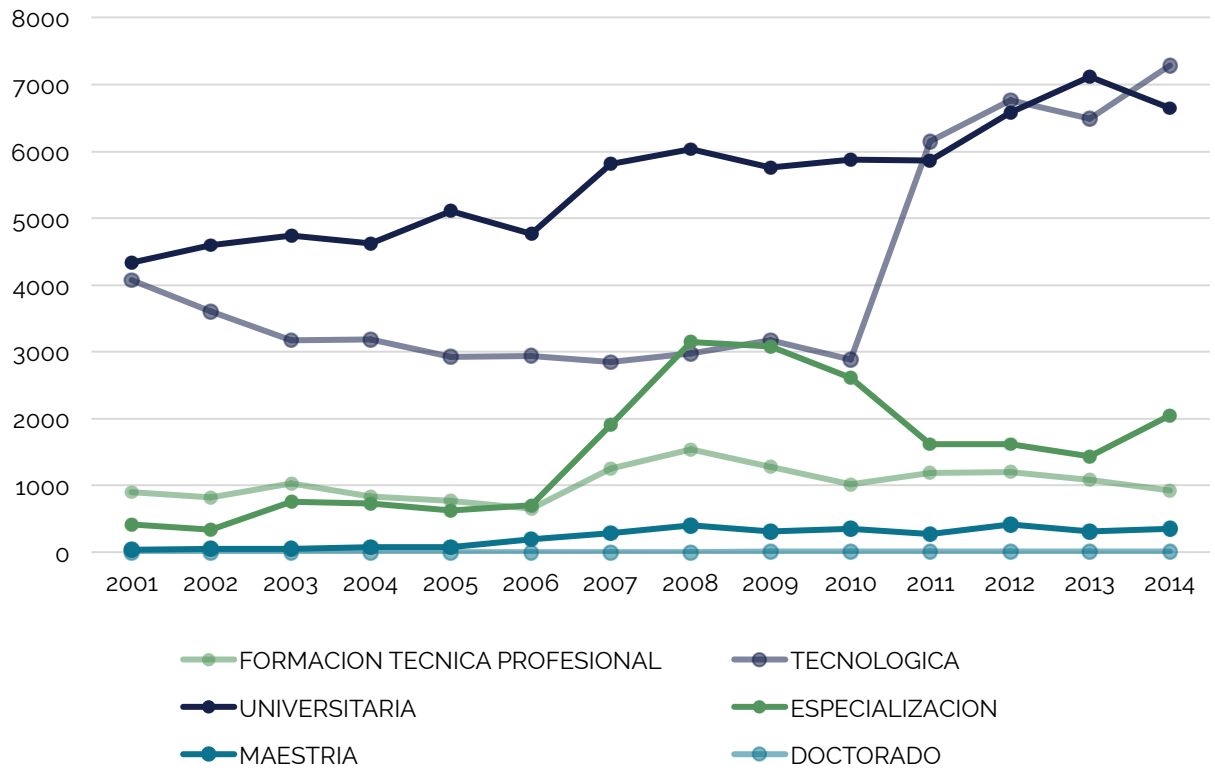


Figura 3.22
Número de graduados por año por nivel de formación – Elaboración propia

Hallazgo: el número de graduados en los niveles técnico y tecnológico es muy bajo comparado con el número de graduados en el nivel profesional.

Otro aspecto interesante para analizar es la concentración de graduados que se da en Bogotá. La figura 3.23 muestra en primer lugar el número total de graduados del sector, desde el nivel técnico hasta el de doctorado, el cual ha venido aumentando. En segundo lugar, la figura muestra también el porcentaje de graduados que se da en Bogotá, cuyo valor ha ido disminuyendo: en el 2014, de los cerca de 17000 graduados sólo el 30% obtuvo su diploma en Bogotá. El hecho de que este porcentaje esté disminuyendo es una señal positiva que muestra que se están fortaleciendo las oportunidades de formación en otras regiones del país.

Graduados por año y porcentaje de graduados en Bogotá

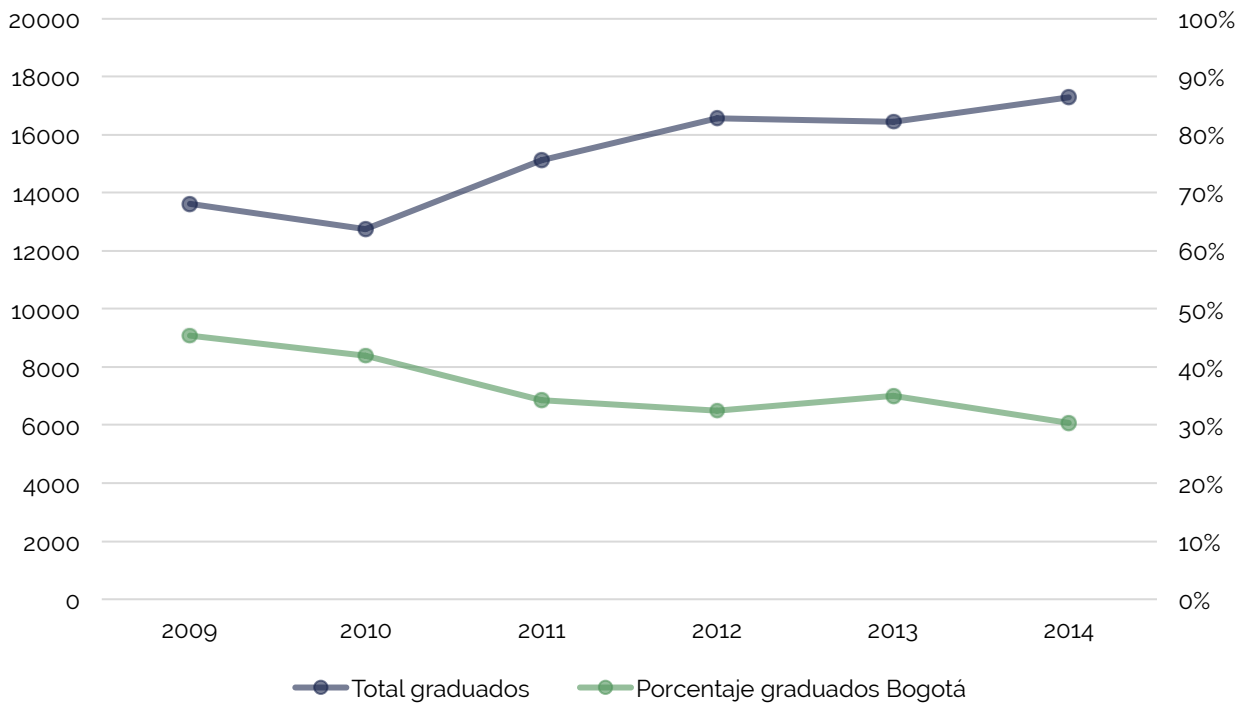


Figura 3.23
Graduados por año en todos los niveles de formación vs. Graduados en Bogotá – Elaboración propia.

Hallazgo: el porcentaje de graduados en Bogotá viene descendiendo en los últimos años pero sigue siendo muy significativo.

Con respecto a los salarios en el sector TIC, Fedesoft hizo un estudio donde analizó, entre otros aspectos, los valores de los salarios de acuerdo a los roles dentro de las empresas así como los tipos de contratos. Entre otros aspectos, se encontró que hay mucha variabilidad en los salarios dependiendo del tamaño de las empresas y del cargo de desempeñado, por lo cual es difícil hacer comparaciones con los graduados de otras áreas. Con respecto específicamente a los recién graduados, la información disponible en el Observatorio Laboral del Ministerio del Trabajo permite apreciar que los salarios de los graduados TIC en 2014 (ver Tabla 3.16) son en la mayoría de los casos mejores que los del promedio de graduados en todas las áreas. Esto se puede apreciar especialmente en el nivel universitario, donde la diferencia entre los graduados TIC y el promedio es de aproximadamente el 12%.

Salarios para graduados 2014 en el área TIC y en todas las áreas.

Tabla 3.16 salarios para g raduados 2014 en el área TIC y en todas las áreas. Elaboración propia.

Nivel academico	Nivel de formacion	TIC	Todas las áreas
Pregrado	Formación técnica profesional	$ 1.297.312	$ 1.293.323
	Tecnológica	$ 1.359.351	$ 1.307.831
	Universitaria	$ 2.507.940	$ 2.237.912
Posgrado	Especialización	$ 3.393.242	$ 3.684.568
	Maestría	$ 4.841.915	$ 4.555.376
	Doctorado	$ 6.573.159	$ 6.429.007

Otro aspecto positivo tiene que ver con la tasa de vinculación: en el sector TIC, el 77.5% de los graduados de los niveles técnicos, tecnológicos y profesionales están vinculados en comparación con el 76.4% de todas las áreas, y el 82% de los profesionales TIC está vinculado en comparación con el 78% de todas las áreas. Aunque los números no son mucho más altos, son un buen indicador sobre la empleabilidad de los graduados TIC y sobre la calidad de sus empleos: los datos de vinculación el Ministerio de Trabajo los obtiene a partir de la información sobre cotizantes a aportes parafiscales.

Hallazgo: los salarios para recién graduados en el área de TIC son similares a los de las otras áreas en los niveles técnicos y tecnológicos, pero son mucho mayores para el nivel profesional.

Deserción

El otro punto problemático con respecto a la formación en TIC tiene que ver con la elevadísima deserción que se presenta. Aunque esta problemática no es exclusiva para el sector TIC, las estadísticas sugieren que en nuestro sector se presenta con mayor intensidad que en otros sectores. La figura 3.24 muestra una comparación entre la deserción en programas TIC contra la deserción global en Colombia para cada uno de los niveles de formación. La gráfica se presenta por semestres, siguiendo la metodología del MEN, donde se puede ver que a medida que avanza el semestre en el que se encuentra el estudiante aumenta la probabilidad de que abandone sus estudios.

La gráfica permite apreciar tres puntos principales. En primer lugar, se puede ver que la deserción en el país es elevadísima en valores absolutos, tanto para el caso TIC como para el caso general. Esta problemática ya está siendo estudiada en otros escenarios puesto que tiene consecuencias económicas muy importantes para el país tanto por la pérdida de oportunidades para los estudiantes que abandonan, como por el desperdicio de recursos que supone formar a una persona que nunca llegue a graduarse.

En segundo lugar, puede verse que en todos los niveles de formación hay una brecha en la probabilidad de deserción entre el sector TIC y el promedio nacional. Hay dos explicaciones para este fenómeno que han sido planteadas anteriormente. La primera tiene que ver con la falta de formalidad

Deserción por periodo en programas TIC vs. deserción general, por nivel de formación

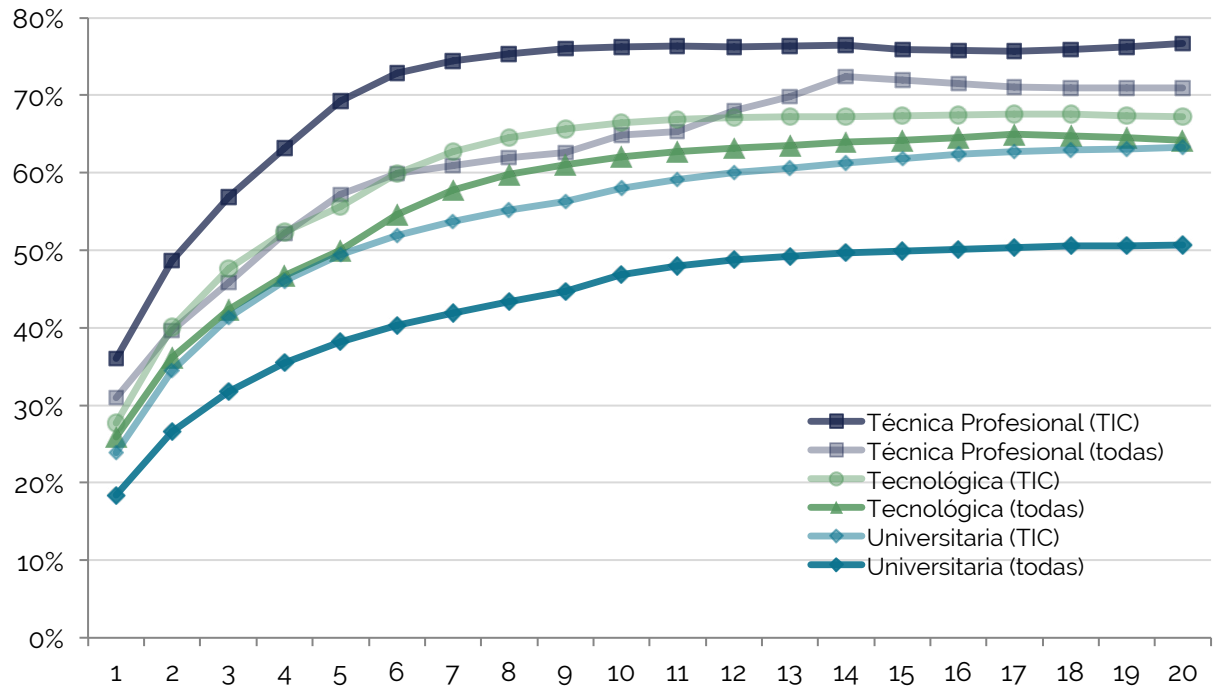


Figura 3.24
Deserción por periodo en programas TIC vs. deserción general

en el sector: como es posible realizar trabajos TIC sin necesidad de tener un diploma, hay estudiantes que abandonan los estudios tan pronto saben lo suficiente para conseguir un trabajo y nunca consiguen terminar sus estudios por falta de tiempo y de motivación. La segunda razón tiene que ver con el perfil socioeconómico de los estudiantes TIC: se dice que cada vez más están siendo atraídas al sector personas en condiciones de mayor vulnerabilidad, lo cual hace más probable su deserción. Esto, sumado al hecho de que puedan conseguir un trabajo sin haberse graduado, genera los preocupantes niveles de deserción mostrados.

En tercer lugar, la gráfica también muestra que la deserción en los niveles técnicos y tecnológicos es mucho más elevada que en el nivel profesional. Esto probablemente está relacionado con los puntos anteriores y muestra una oportunidad muy grande que debería ser atacada para reducir la deserción.

Hallazgo: La deserción en los programas TIC es muy alta, especialmente en los programas técnicos y tecnológicos.

Finalmente, otro factor que puede estar asociado a la deserción es la duración de los programas, que es relativamente larga comparado con la duración de programas similares en otros países. La figura 3.25 presenta un resumen gráfico de la situación de la duración de los programas desde el nivel técnico profesional (nivel 1 en el eje Y) hasta el nivel de doctorado (nivel 6 en el eje Y). La figura permite apreciar que a nivel

técnico la mayoría de programas tienen una duración de 2 o 2.5 años; que a nivel tecnológico la duración típica es de 3 o 3.5 años; que a nivel universitario la duración típica es de 5 años (a pesar de la influencia internacional donde los programas de 4 años están cada vez más difundidos); y finalmente que las especializaciones suelen tener duraciones de 1 año mientras que las maestría suelen durar 2 años. También vale la pena comentar que hay información que aparece en el sistema SNIES pero que no tiene sentido. Por ejemplo, según esa información hay un programa de ingeniería en el país con una duración prevista de 1.5 años.

Hallazgo: la duración de los programas académicos es muy larga comparada con programas similares en otros países.

Duración de los programas académicos

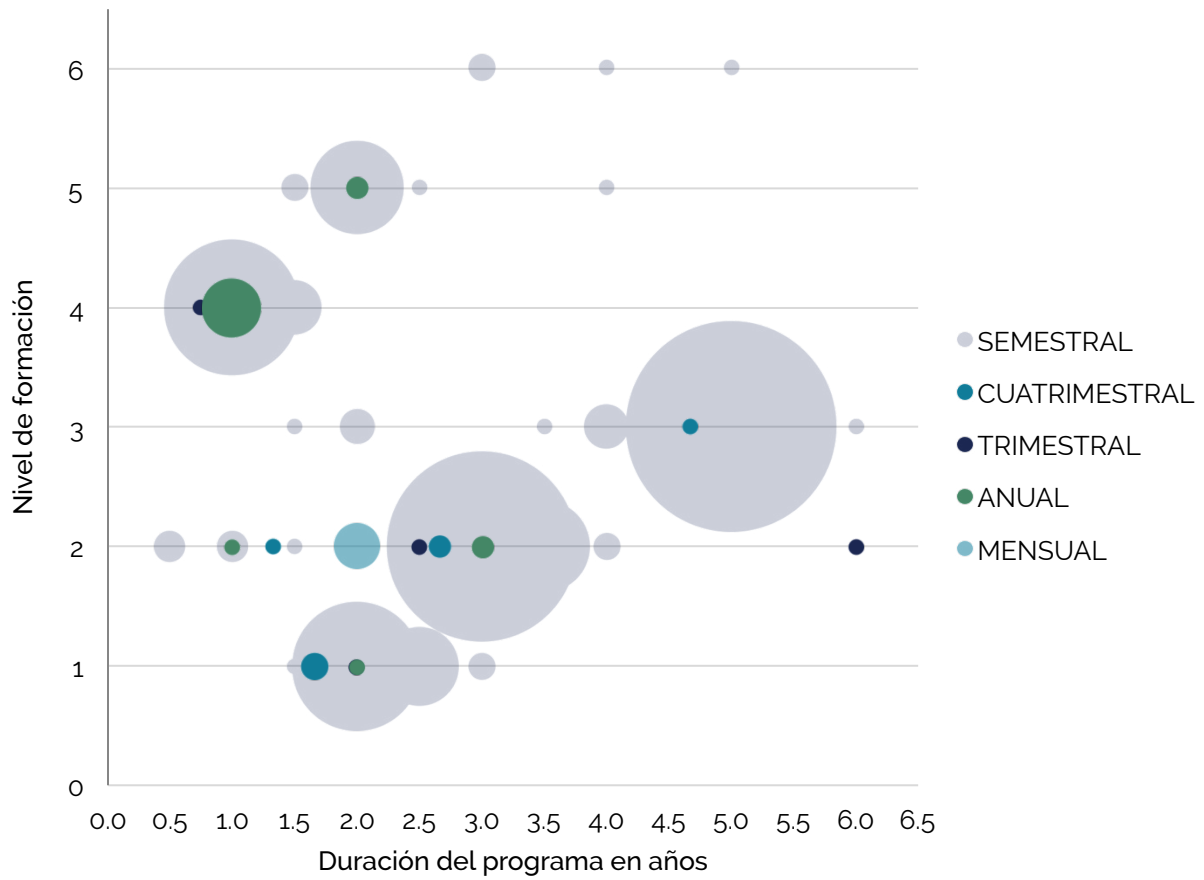


Figura 3.25
Duración de programas académicos
Elaboración propia

Redes y programas

Las IES son las responsables de formar la mayor parte del talento en TIC y por tanto tienen la responsabilidad de mantener la calidad de los programas y de los servicios ofrecidos. Para esto cuentan con el apoyo de asociaciones que agrupan universidades o facultades y que a través de actividades de diverso tipo buscan que el mejoramiento de todos sus miembros. En el sector TIC en Colombia las asociaciones más relevantes son:

- REDIS – La red de Decanos y Directores de Ingeniería de Sistemas, la cual agrupa un número muy importante de las IES que ofrecen programas TIC.
- Sociedad Colombiana de Computación – SCo2, la cual también agrupa IES pero tiene un perfil más orientado hacia la investigación.
- ACOFI, la asociación que agrupa a las facultades de ingeniería en el país.

Desafortunadamente, la influencia de estas asociaciones hacia las instituciones sigue siendo muy baja, por lo que no se han podido convertir en el vehículo de transformación que deberían ser. Idealmente, estas asociaciones deberían permitir el intercambio de información entre instituciones para lograr un mejoramiento significativo en todas ellas y contribuir de esta forma al mejoramiento generalizado de la calidad en el sector.

Hallazgo: Existen redes como REDIS, ACOFI y SCo2 que podrían servir como medio base para la transformación de los instituciones y especialmente de sus programas, pero que no han tenido los resultados esperados.

Adicionalmente, para la definición de sus currículos las IES cuentan con referentes internacionales, principalmente ACM e IEEE Computer Society. Estas dos asociaciones vienen estudiando desde hace más de 35 años las necesidades de formación para profesionales en áreas TIC y han propuesto una serie de lineamientos que todos los programas TIC del mundo deberían al menos considerar. Por ejemplo, en el modelo de ACM hay 5 perfiles profesionales (Ciencias de la Computación, Ingeniería de Software, Ingeniería de Computadores, Sistemas de Información y Tecnologías de Información) que tienen asociados una serie de competencias, habilidades y conocimientos que deberían desarrollarse en estudiantes de estos 5 perfiles. Aunque no es ni indispensable ni deseable que la oferta curricular en TICs en Colombia adopte completamente las recomendaciones de estas asociaciones, sí sería recomendable que la definición de todos los currículos incluyera una análisis de dichas recomendaciones y justificara claramente las decisiones que se tomaran de forma diferente.
Finalmente debe tratarse la problemática de las denominaciones de los programas. En el país existen múltiples denominaciones para los programas de cada uno de los niveles, muchas de las cuales son problemáticas. A nivel Universitario, la mayor parte de los programas tienen denominaciones basadas en la expresión “Ingeniería de Sistemas”. Sin embargo, esta denominación no tiene sentido fuera del país y no corresponde a ninguno de los perfiles profesionales planteados por ACM. Esto no es un problema dentro de Colombia, donde el término es relativamente bien conocido, pero sí lo es cuando deben hacerse trámites en el exterior.

A nivel técnico y tecnológico también hay problemas porque muchos de los programas no cumplen con las reglas establecidas para el registro calificado. “Los programas técnicos profesionales y tecnológicos deben adoptar denominaciones que correspondan con las competencias propias de su campo de conocimiento” (Decreto 1295 de 2010). Esto implica que las denominaciones de estos programas no pueden ser genéricas ni pueden dar pie a confusión con las denominaciones de programas del nivel universitario.

3.3 Investigación

Generalidades

El ecosistema de investigación en TIC está compuesto por todas las entidades y todos los actores cuyos objetivos principales son la generación de nuevo conocimiento y la innovación. Se trata entonces de un subconjunto del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología – SNCT.

Dentro de este ecosistema, Colciencias y MinTIC cumplen un rol de coordinación, control y financiación. Por una parte, Colciencias financia la formación de recursos humanos (principalmente doctores) a través de sus convocatorias y del Fondo Francisco José de Caldas. Por otra parte, Colciencias maneja el ciclo de vida completo de las convocatorias, incluyendo la preparación, divulgación, evaluación de propuestas, y seguimiento a los proyectos financiados. Con respecto a estas actividades, el rol de Colciencias es de la máxima importancia porque es la única entidad responsable de la calidad científica de los proyectos. Por su lado, MinTIC tiene también poder sobre el ecosistema a través de la definición de políticas y planes, y a través de la financiación de convocatorias en líneas específicas.

Según lo definido en el SNCT, la investigación y la innovación son el objetivo y la responsabilidad de los investigadores. Si los investigadores no son productivos, el ecosistema no puede ser productivo. Así que todas las entidades involucradas deben velar para darle a los investigadores las condiciones adecuadas para que realicen sus tareas exitosamente. Esto empieza con darles oportunidades de formación que les permita profundizar sus conocimientos y desarrollar las habilidades necesarias para realizar investigación con los más altos niveles de calidad. A continuación, se requiere también que los investigadores tengan condiciones de trabajo que sean compatibles con sus labores de investigación y especialmente que tengan el tiempo suficiente para dedicarle a estas tareas. Esto también está relacionado con condiciones laborales adecuadas, que le den estabilidad a los investigadores y les permitan también realizar proyectos ambiciosos de mediano y largo plazo, en lugar de proyectos poco innovadores de muy corto plazo. Finalmente, está el hecho de que los resultados de investigación casi nunca son el resultado del trabajo o la genialidad de una sola persona. Por tanto, existe la necesidad de permitir (y financiar) que se armen grupos de trabajo, incluso con perfiles interdisciplinarios, para que haga investigación alrededor de temáticas específicas.

En el SNCT, los grupos de trabajo pueden ser los llamados grupos de investigación, o pueden ser sub-grupos dentro de los grupos de investigación. Los grupos de investigación son entidades registradas ante Colciencias que: 1) deben tener el aval de una institución; 2) agrupan investigadores; 3) declaran un conjunto de líneas de actuación; 4) y tienen una producción registrada. Las instituciones que pueden avalar un grupo de investigación pueden ser de tres tipos. En primer lugar, están las Instituciones de Educación Superior, las cuales tienen actualmente el mayor número de grupos de investigación registrados. En segundo lugar, están los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, los cuales tienen la

obligación de contar con grupos de investigación para hacer parte oficialmente del SNCT.En tercer lugar se encuentran empresas y especialmente sus oficinas de investigación y desarrollo, aunque es muy poco común que se registren grupos que no pertenezcan a los dos primeros grupos. Más adelante en este documento se explorará en detalle la conformación de los grupos, las instituciones a las que pertenecen, sus líneas de actuación y su producción académica.

Uno de los problemas principales del SNCT tiene que ver con la medición de la capacidad, de la madurez y de la producción del ecosistema. Cualquier propuesta de medición estará siempre sujeta a críticas y no se puede esperar encontrar un sistema perfecto. Hoy en día en varios lugares del mundo se sigue investigando sobre el tema, buscando sistemas que permitan establecer buenos incentivos y que permitan medir su efectividad en la creación de capacidades y de resultados. El sistema adoptado por Colciencias y por el SNCT se basa en una clasificación de tipos de productos y por el registro de la producción en el sistema SCienti que deben hacer todos los investigadores. Este registro de productos por investigador es la base para el registro de productos por grupo, que a su vez sirve para hacer una clasificación de los grupos en 5 categorías. Entre las críticas que se le podrían hacer a este sistema están que la clasificación de productos es la misma para todas las áreas del conocimiento desconociendo diferencias importantes entre ellas (por ejemplo, en Colombia es difícil tener una patente en el sector TIC), que la clasificación de productos no siempre está bien alineada con el impacto (real) de los productos de investigación, y que el sistema presenta debilidades que pueden prestarse para que los grupos mejoren artificialmente su clasificación (aunque Colciencias ha implementado mejoras al sistema de clasificación que reducen estos problemas).

Finalmente, y aunque no son estrictamente parte del ecosistema de investigación en TIC, se encuentran un conjunto de referentes internacionales que tienen una amplia influencia en el país. Entre estos se encuentran asociaciones profesionales (ACM, IEEE), centros de investigación de relevancia mundial, y las universidades extranjeras que son líderes en ciertas áreas.

Fuentes de información

La información sobre investigación que se presenta en esta sección proviene en su mayoría de los sistemas de información de Colciencias y en particular de la plataforma Scienti. Esta plataforma es el sistema de investigación que utiliza Colciencias para registrar la información de Investigadores (sistema CVLac), Grupos de Investigación (sistema GrupLac) e Instituciones (sistema InstituLac). Además de los datos de los investigadores, grupos e instituciones mismos, la plataforma Scienti permite manejar la información de productos en un esquema en el que estos primero se registran a nivel de los investigadores para luego ser promovidos a los grupos e instituciones. Aunque la plataforma ha ido mejorando progresivamente con el tiempo, aún tiene varios problemas por resolver. El primero es una pobre usabilidad, la cual hace que investigadores y líderes de grupo tengan que invertir mucho tiempo en el registro de productos y que cometan múltiples errores al hacerlo. El segundo problema es que la calidad de los datos es media en parte por los problemas mencionados, y en parte porque no existen los incentivos adecuados para mantener el sistema y las hojas de vida permanentemente actualizadas. Debido a esto, sólo en el momento de las convocatorias de clasificación de grupos se puede suponer que la información disponible en la plataforma está prácticamente completa.

Modelo conceptual para la dimensión de investigación en TIC

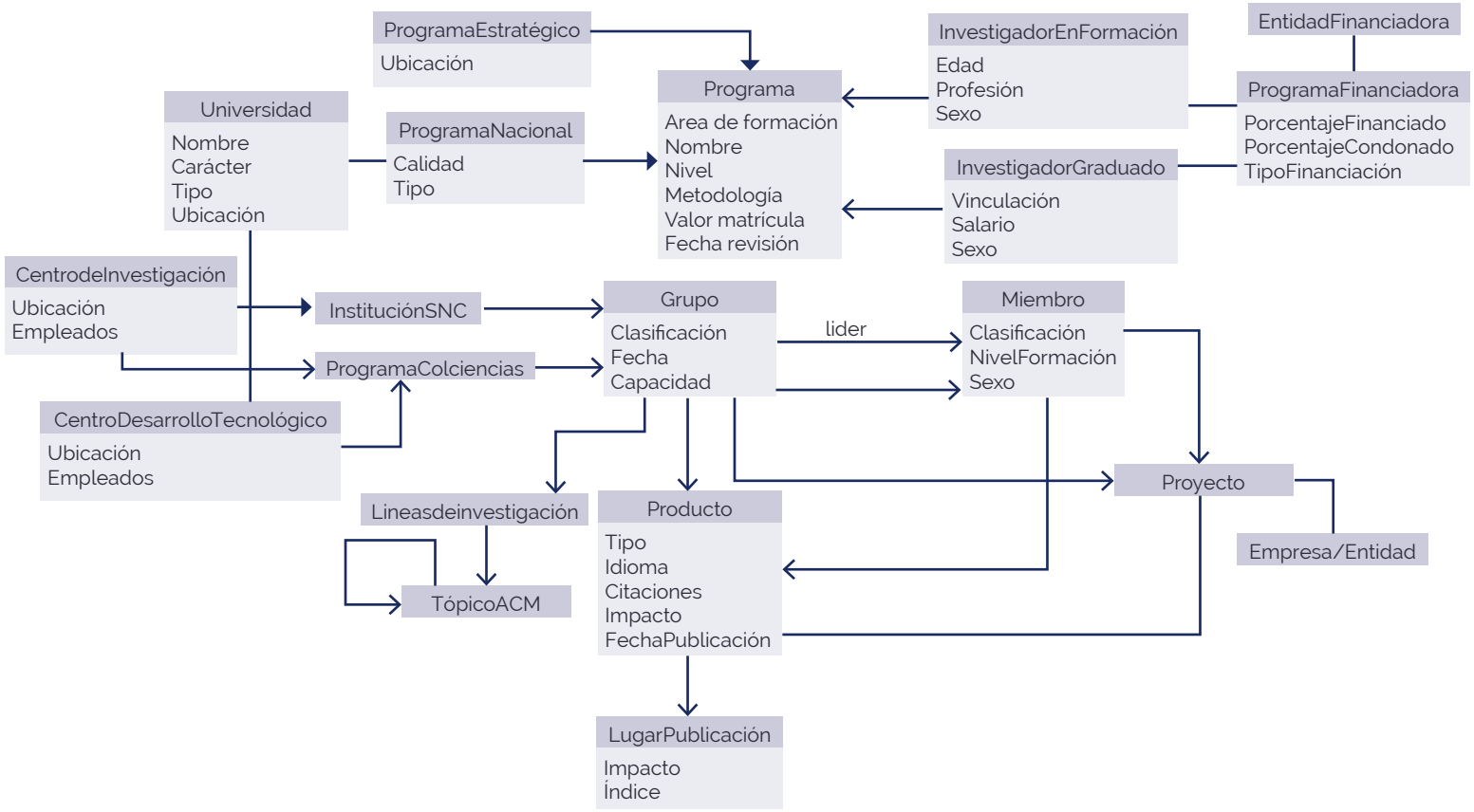


Figura 3.26
Modelo conceptual para la dimensión de investigación en TIC

Detalle del modelo conceptual

Tabla 3.17
Detalle del modelo conceptual

ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Programa	Es un conjunto de requisitos y un plan de estudios impartido por una IES y que al final debería llevar a la obtención de un diploma.
Programa Nacional	Es un programa académico ofrecido por una IES Nacional, dentro del cual se forman investigadores que hacen parte del SNCT.
Programa Extranjero	Es un programa académico ofrecido por una IES Internacional. Son relevantes para la dimensión de investigación en la medida que es dentro de estos programas que se forman una parte importante de los investigadores del país.
Centro de Investigación	Es una organización registrada ante Colciencias cuyo propósito principal es la generación de nuevo conocimiento. Típicamente los Centros de Investigación no son parte de una IES aunque suelen tener lazos estrechos con al menos una Universidad.
Centro de Desarrollo Tecnológico	Es una organización registrada ante Colciencias cuyo propósito principal es facilitar la apropiación social del conocimiento a través del desarrollo de actividades que promuevan la innovación, el desarrollo tecnológico, y la apropiación misma de nuevas tecnologías por parte de empresas y entidades de todo tipo.
Programa Colciencias	Es la forma en la cual Colciencias agrupa las actividades y actores del SNCT, basadas en el campo del conocimiento en el que se enfocan estas actividades y actores.
Grupo	Es una agrupación registrada ante Colciencias y avalada por una IES o un Centro de Investigación o Desarrollo Tecnológico y que tiene como propósito principal la realización de actividades para la generación de nuevo conocimiento.
Universidad	Es una IES que puede ser una Universidad o una Fundación Universitaria y tiene la capacidad de ofrecer programas profesionales.
Línea de Investigación	Tema sobre el cual se realizan investigaciones.
Tópico ACM	Es un tópico identificado en la taxonomía ACM del conocimiento en TIC.
Producto	Un producto de investigación recopila los resultados de las labores de investigación por parte de uno o más grupos.
Lugar Publicación	Revistas, libros o lugares en donde son publicados los productos de un grupo de investigación.
Investigador en Formación	Es una persona que participa activamente en un grupo de investigación pero al mismo tiempo es un estudiante matriculado en un programa de formación. Un investigador en formación no tiene un título de doctor.

Tabla 3.17
Detalle del modelo conceptual

ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Investigador Graduado	Es una persona que participa activamente en un grupo de investigación, que tiene un título profesional pero no un título de doctorado, y que además no está matriculado actualmente en un programa de formación.
Programa Financiador	Es el programa de financiación a través del cual se financian las actividades de formación e investigación de un miembro de un grupo.
Entidad Financiera	Es una entidad que ofrece mecanismos de financiación para que estudiantes puedan pagar por su formación.
Miembro	Investigador que forma parte de un grupo y se dedica al desarrollo de actividades de investigación.
Proyecto	En este contexto, un proyecto de investigación se desarrolla con el aval de Colciencias, tiene una financiación definida y un conjunto de objetivos y entregables.
Empresa / Entidad	Es un participante de un proyecto que no hace parte del SNCT. Cada vez más, los proyectos financiados por Colciencias y MinTIC exigen la participación de Empresas y Entidades para garantizar que los resultados sean aplicables a la realidad y estén dirigidos hacia objetivos reales.

Líneas de investigación

Clasificación de Colciencias

Colciencias utiliza la clasificación de la OCDE, descrita en el manual de Frascati, para organizar las áreas del conocimiento. Esta clasificación originalmente sólo tiene 2 niveles: el nivel de las "grandes áreas", y el nivel de las "áreas". Sin embargo, Colciencias realizó una extensión a esta clasificación e incluyó el nivel de las "disciplinas", con lo cual se gana un poco más de precisión. Sin embargo, incluso con el nivel adicional la clasificación sigue siendo muy general.

La Tabla 3.18 presenta las grandes áreas y las áreas de la clasificación, así como las disciplinas relevantes para el sector TIC. En esta tabla puede verse que las ciencias de la computación aparecen dentro del área "1.B – Computación y ciencias de la información" que se encuentra dentro de Ciencias Naturales. Por otra parte, la disciplina "Ingeniería de sistemas y comunicaciones" aparece dentro del área "2.B Ingenierías Eléctrica, Electrónica e Informática". La clasificación no ofrece ningún elemento adicional para dar más detalles, por lo cual se hace necesario incluir algún otro mecanismo para estructurar mejor el trabajo que se haga dentro del sector ETIC.

Clasificación de áreas del conocimiento de la OCDE

Gran Área	Área	Disciplina
1 Ciencias Naturales	1.A Matemática	
	1.B Computación y ciencias de la información	1B01 Ciencias de la computación
		1B02 Ciencias de la información y bioinformática (hardware en 2.B y aspectos sociales en 5.8)
	1.C Ciencias físicas	
	1.D Ciencias químicas	
	1.E Ciencias de la tierra y medioambientales	
	1.F Ciencias biológicas	
	1.G Otras ciencias naturales	
2 Ingeniería y Tecnología	2.A Ingeniería Civil	
	2.B Ingenierías Eléctrica, Electrónica e Informática	2B01 Ingeniería eléctrica y electrónica
		2B02 Robótica y control automático
		2B03 Automatización y sistemas de control
		2B04 Ingeniería de sistemas y comunicaciones
		2B05 Telecomunicaciones
		2B06 Hardware y arquitectura de computadores
	2.C Ingeniería Mecánica	
	2.D Ingeniería Química	
	2.E Ingeniería de los Materiales	
	2.F Ingeniería Médica	
	2.G Ingeniería Ambiental	
	2.H Biotecnología	
	2.I Biotecnología Industrial	
	2.J Nanotecnología	
	2.K Otras Ingenierías y Tecnologías	
3 Ciencias Médicas y de la Salud		
4 Ciencias Agricolas		
5 Ciencias Sociales		
6 Humanidades		

Tabla 3.18
Clasificación de áreas del conocimiento de la OCDE

Clasificación de ACM

ACM, en su condición de asociación profesional y académica líder en todo el mundo en temas de TI, propuso desde hace años una clasificación de temas en el área. Con el pasar de los años esta clasificación ha sido revisada y complementada. Actualmente está vigente la versión del año 2012.

Esta clasificación cumple varios roles importantes para ACM: en primer lugar, define un lenguaje para que sea compartido por todos los miembros de la asociación, sin importar en qué parte del mundo se encuentren. En segundo lugar, define una taxonomía en la cual es posible identificar temas relacionados y complementarios, y al mismo tiempo define un marco de referencia en el cual se puedan ir agregando nuevos elementos a medida que vayan apareciendo. En tercer lugar, define un sistema de clasificación para las publicaciones relacionadas con cualquiera de las tecnologías de TI. En comparación con la clasificación de Colciencias, la clasificación de ACM es mucho más completa: mientras que en la clasificación de Colciencias hay tres términos para catalogar la investigación en TI, los últimos dos niveles de la clasificación de ACM definen más de 7000 términos. La Tabla 3.19 presenta una versión abreviada de la clasificación de ACM en la cual sólo se han incluido los niveles 1 y 2 de la clasificación. Además, se han eliminado las últimas dos categorías del nivel 1, las cuales definen terminología y tipos de publicaciones que no son relevantes para Colciencias o para Colombia.

Niveles 1 y 2 de la clasificación de ACM

Tabla 3.19 *Niveles 1 y 2 de la clasificación de ACM*

Clasificación de la ACM
1. General and reference
1.1 Document types
1.2 Cross-computing tools and techniques
2. Hardware
2.1 Printed circuit boards
2.2 Communication hardware, interfaces and storage
2.3 Integrated circuits
2.4 Very large scale integration design
2.5 Power and energy
2.6 Electronic design automation
2.7 Hardware validation
2.8 Hardware test
2.9 Robustness
2.10 Emerging technologies
3. Computer systems organization
3.1 Architectures
3.2 Embedded and cyber-physical systems
3.3 Real-time systems
3.4 Dependable and fault-tolerant systems and networks
4. Networks
4.1 Network architectures
4.2 Network protocols
4.3 Network components
4.4 Network algorithms
4.5 Network performance evaluation
4.6 Network properties
4.7 Network services
4.8 Network types
5. Software and its engineering
5.1 Software organization and properties
5.2 Software notations and tools
5.3 Software creation and management
6. Theory of computation
6.1 Models of computation

Tabla 3.19
Niveles 1 y 2 de la clasificación de ACM

Clasificación de la ACM
6.2 Formal languages and automata theory
6.3 Computational complexity and cryptography
6.4 Logic
6.5 Design and analysis of algorithms
6.6 Randomness, geometry and discrete structures
6.7 Theory and algorithms for application domains
6.8 Semantics and reasoning
7. Mathematics of computing
7.1 Discrete mathematics
7.2 Probability and statistics
7.3 Mathematical software
7.4 Information theory
7.5 Mathematical analysis
7.6 Continuous mathematics
8. Information systems
8.1 Data management systems
8.2 Information storage systems
8.3 Information systems applications
8.4 World Wide Web
8.5 Information retrieval
9. Security and privacy
9.1 Cryptography
9.2 Formal methods and theory of security
9.3 Security services
9.4 Intrusion/anomaly detection and malware mitigation
9.5 Security in hardware
9.6 Systems security
9.7 Network security
9.8 Database and storage security
9.9 Software and application security
9.10 Human and societal aspects of security and privacy
10. Human-centered computing
10.1 Human computer interaction (HCI)
10.2 Interaction design
10.3 Collaborative and social computing
10.4 Ubiquitous and mobile computing
10.5 Visualization
10.6 Accessibility
11. Computing methodologies
11.1 Symbolic and algebraic manipulation
11.2 Parallel computing methodologies
11.3 Artificial intelligence
11.4 Machine learning
11.5 Modeling and simulation
11.6 Computer graphics
11.7 Distributed computing methodologies
11.8 Concurrent computing methodologies
12. Applied computing
12.1 Electronic commerce
12.2 Enterprise computing
12.3 Physical sciences and engineering
12.4 Life and medical sciences
12.5 Law, social and behavioral sciences
12.6 Computer forensics
12.7 Arts and humanities
12.8 Computers in other domains
12.9 Operations research
12.10 Education
12.11 Document management and text processing

Líneas de investigación de los grupos

Debido a la limitación que impone la clasificación de la OCDE, dentro del sistema Scienti los grupos de investigación tienen la libertad de describir libremente sus líneas de actuación o de investigación. De esta forma los grupos pueden ser mucho más explícitos que lo que serían si tuvieran que limitarse a usar la clasificación de la OCDE, incluso incluyendo las disciplinas. A modo de ejemplo, la figura 3.27 muestra los términos más populares en las descripciones de las líneas de actuación e investigación de la totalidad de grupos que pertenecen al sector ETIC: la imagen muestra que la mayoría de los términos no sólo no aparecen en la clasificación de Colciencias, sino que además son muchísimo más explícitos en cuanto a los temas de investigación (por ejemplo "Procesamiento digital de imágenes" o "minería de datos").

Términos comunes en las descripciones de los grupos del sector ETIC

Figura 3.27
Términos comunes en las descripciones de los grupos del sector ETIC

La figura anterior hace evidentes varios de los problemas que tiene la declaración de líneas actual:

- Como la declaración se hace en texto libre, los grupos pueden utilizar expresiones equivalentes para referirse a las mismas líneas de investigación, haciendo difícil su análisis automático. Por ejemplo: automática, automatización, automatización de máquinas y automatización industrial y control.
- Las líneas declaradas pueden ser poco precisas y puede ser imposible saber a qué se refieren con precisión sin tener información adicional. Por ejemplo: Diseño de sistemas inteligentes, Internet o e-salud.
- Las líneas declaradas pueden ser muy amplias, haciendo que sea imposible suponer cual es el verdadero enfoque del grupo. Por ejemplo: Ingeniería de Software, Seguridad, Métodos Formales.
- Las líneas declaradas por los grupos muestran una mezcla entre áreas de investigación del sector TIC y áreas de investigación típicamente asociadas con electrónica.

Hallazgo: la declaración de líneas de investigación por parte de los grupos de investigación se hace a través de términos genéricos y no controlados, haciendo difícil la medición de las capacidades del ecosistema.

Grupos e Investigadores

Clasificación de los grupos de investigación

Los grupos de investigación se clasifican en 6 categorías dependiendo de su producción académica. En esta clasificación los grupos con mayor producción se reconocen como A1 y están seguidos de los grupos categoría A, B, C y D respectivamente. Finalmente existe la clasificación RECONOCIDO que se aplica para grupos que han sido registrados pero que no han cumplido los requisitos mínimos para ser clasificados como D.

Actualmente en el sector ETIC hay 360 grupos registrados clasificados de la siguiente forma

Grupos según la clasificación de Colciencias

Clasificación	Número de grupos
A1	26
A	24
B	78
C	100
D	90
RECONOCIDO	42

Tabla 3.20 *Grupos según la clasificación de Colciencias*

Distribución de grupos según su clasificación

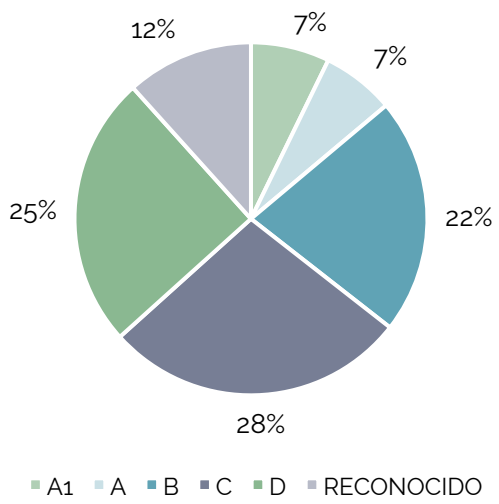


Figura 3.28 *Distribución de grupos según su clasificación*

Como puede verse en la tabla y la figura, apenas el 14% de los grupos de investigación alcanzan los niveles A1 y A.

Hallazgo: hay un problema de madurez del ecosistema puesto que muy pocos grupos logran los niveles superiores de la clasificación.

Hallazgo: hay un conjunto de grupos que pueden considerarse maduros y que podrían utilizarse como campeones que lideren el desarrollo y mejora de grupos clasificados en los bajos niveles.

Número de integrantes en los grupos de investigación

La figura 3.29 muestra la cantidad de integrantes por grupo. En esta gráfica puede verse que hay un número significativo de grupos con más de 40 integrantes. Aunque no se tienen datos precisos para explicar esto, una posibilidad es que en muchos grupos haya integrantes que todavía aparecen reportados a pesar de estar inactivos. Por otro lado, también hay una cierta cantidad de grupos que tienen 10 o menos integrantes: en este caso estudios anteriores han mostrado que los datos reportados deben ser cercanos a la realidad.

Hallazgo: los datos de integrantes activos de los grupos de investigación no son fiables porque no hay ningún mecanismo para distinguir un investigador activo de uno inactivo - los investigadores permanecen activos hasta que el líder de su grupo decide desactivarlos.

La Tabla 3.21 muestra el número promedio de integrantes para cada nivel en la clasificación de grupos. Se puede apreciar entonces que el número de integrantes es un predictor importante de la capacidad de un grupo. Sin embargo, la tabla también muestra que algunos grupos con un alto número de integrantes tienen una clasificación baja. Esto refuerza lo dicho anteriormente: la producción académica en investigación no depende únicamente de los individuos sino que también depende de las condiciones en las que estos puedan trabajar.

Número promedio y máximo de integrantes según clasificación del grupo

Clasificación	Número promedio de integrantes	Máximo
A1	45	132
A	32	70
B	26	109
C	25	132
D	23	87
RECONOCIDO	24	66

Tabla 3.21 *Número promedio y máximo de integrantes según clasificación del grupo*

Niveles de formación de los investigadores

Para complementar el análisis presentado en la sección anterior, la figura 3.30 presenta los niveles de formación de los investigadores registrados en los grupos. Para un porcentaje elevado de estos (37%) no se cuenta con información de formación: podrían estar en cualquiera de los niveles (aunque muy posiblemente se encuentren en el nivel de pregrado o incluso sean estudiantes de pregrado).

La figura muestra que el 33% de los investigadores registrados están en el nivel de maestría o doctorado. Este indicador es razonable, considerando que una parte importante de los investigadores deben ser estudiantes que están realizando su maestría (aparecen registrados en el nivel de pregrado). El problema en el indicador es que sólo el 8% de los investigadores

Cantidad de integrantes por grupo

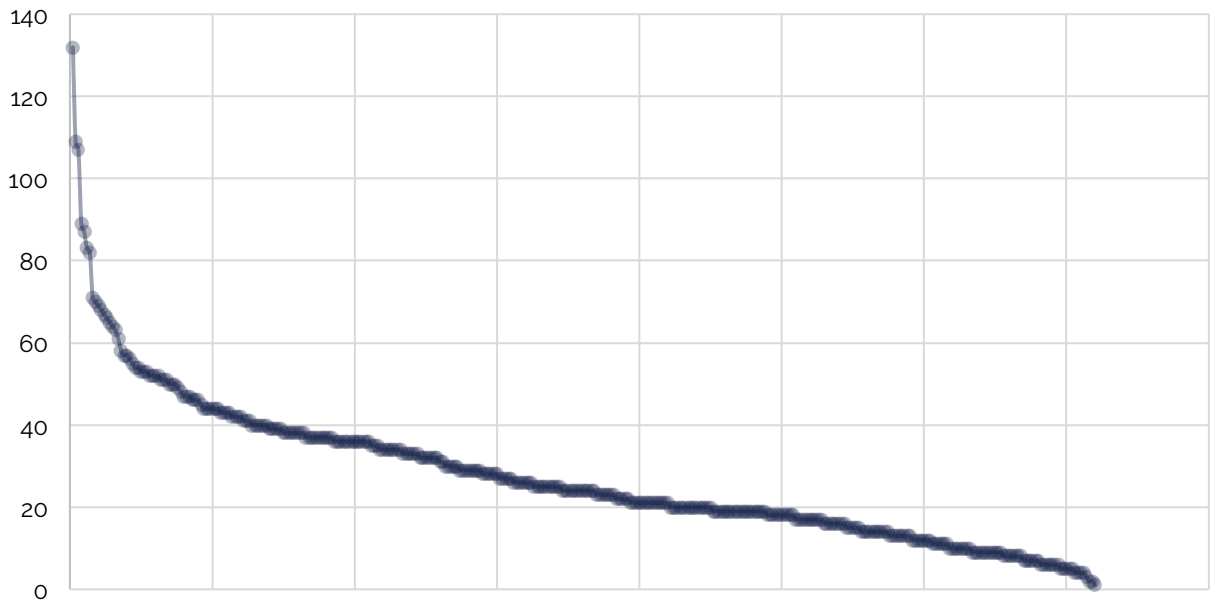


Figura 3.29
Cantidad de integrantes por grupo

Niveles de formación de los investigadores

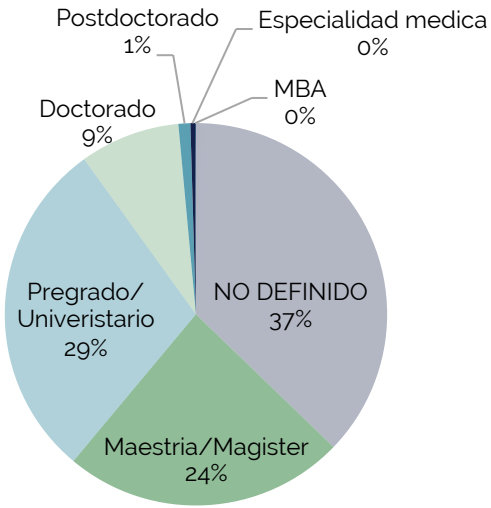


Figura 3.30
Niveles de formación de los investigadores

tiene un título doctoral: esto significa que el ecosistema de investigación está actualmente compuesto principalmente por estudiantes.

Hallazgo: en general, los grupos de investigación tienen pocos doctores (8%); sólo los grupos de las categorías A1 y A tienden a tener un mayor número de doctores, así como de graduados de maestría (posiblemente estudiantes de doctorado).

Grupos por líneas de investigación

Como se mencionó anteriormente, los grupos de investigación declaran dentro del sistema SCienti las líneas de investigación en las cuales concentrarán sus trabajos de investigación. Esa descripción se hace a través de una enumeración libre de temas. En promedio, cada grupo reporta casi 6 líneas de trabajo pero, al hacerlo de forma completamente libre, se generan problemas que hacen muy difícil el procesamiento de esa información y la evaluación de las líneas en las cuales hay capacidades significativas en el ecosistema.

Como estrategia para utilizar esta información y hacer un análisis del ecosistema, se utilizó la clasificación de ACM y se hizo un mapeo manual entre las líneas de investigación declaradas por los grupos y los diferentes tópicos de ACM. Durante la realización de este proceso se encontraron diversos problemas que vale la pena reportar puesto que son un reflejo de la situación del ecosistema.

Grupos por línea ACM y por clasificación

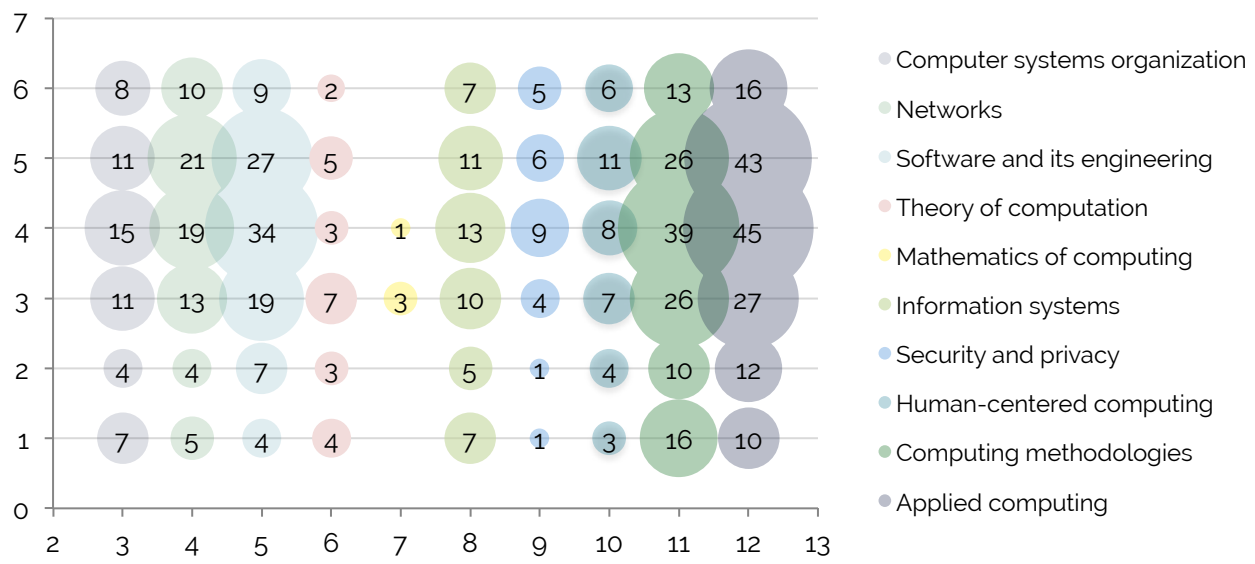


Figura 3.31
Grupos por línea ACM y por clasificación

El primer problema tiene que ver con la granularidad de las líneas: mientras que algunas líneas se declaran con un alto nivel de detalle (por ejemplo, *procesamiento de imágenes médicas y telerradiología*), otras se declaran con un muy bajo nivel (por ejemplo, *ingenieria de software*). Considerando el tamaño de una línea con un nombre así de amplio, es de suponer que esos grupos de investigación deberían ser capaces de especificar mejor sus líneas de trabajo, sin perjuicio de quedar limitados a un campo demasiado estrecho.

Otro problema identificado tiene que ver con la forma en la que están redactadas las líneas. En algunos casos, se trata de descripciones en abstracto (por ejemplo, Control y sistemas inteligentes), mientras que en otros casos el campo de aplicación está bien definido (por ejemplo, Matemáticas aplicadas para el estudio de RNAs y biología computacional). Sería deseable que la definición de las líneas se hiciera de una forma que incluyera consistentemente las dos aproximaciones. De esa forma sería más fácil ubicar expertos no sólo en las tecnologías puntuales, sino también en los campos de aplicación.

El tercer problema identificado tiene que ver con la falta de precisión (por ejemplo, Ciencias de la computación aplicada) y el uso aparente de sinónimos (por ejemplo, Inteligencia Artificial e Inteligencia Computacional). El uso de una clasificación más estructurada en lugar de líneas abiertas evitaría este problema.

Hallazgo: las líneas de investigación declaradas por los grupos son abiertas, tienen diferentes niveles de granularidad y combinan tanto líneas tecnológicas como campos de aplicación.

Finalmente está el problema de la falta de focalización de los grupos: algunos reportan que trabajan en áreas tan amplias y tan disímiles como “Ingeniería de Software”, “Seguridad” y “Sistemas de Información”, haciendo imposible evaluar con precisión la contribución del grupo en cualquiera de esas áreas.

Hallazgo: muchos grupos reportan que trabajan en áreas que son muy disímiles, lo cual sugiere que las actividades del grupo no están bien enfocadas y que realmente no se concentran en temas específicos en los cuales puedan ser considerados expertos.

La figura 3.31 muestra la cantidad de grupos que reportan trabajar en cada una de las grandes líneas de ACM, organizados según la clasificación de grupos. Por ejemplo, hay 4 grupos clasificados A1 que trabajan en “Software and its engineering”, mientras que hay 45 grupos C que trabajan en “Applied computing”. En esta imagen se puede ver que, salvo por el área de “Mathematics of computing”, hay grupos de todos los niveles trabajando en todas las áreas. Otra cosa que puede verse es que hay 5 áreas en las que participan la mayoría de los grupos:

- 12. Applied computing
- 11. Computing methodologies
- 5. Software and its engineering
- 4. Networks
- 3. Computer systems organization

En las siguientes figuras se muestra en mayor detalle en qué temas, dentro de cada una de éstas áreas, se concentran los grupos. Debe tenerse en cuenta que, como cada grupo tiene varias líneas declaradas, cada grupo puede aparecer contabilizado en más de una de las siguientes figuras.

Grupos involucrados en “Computer systems organization”

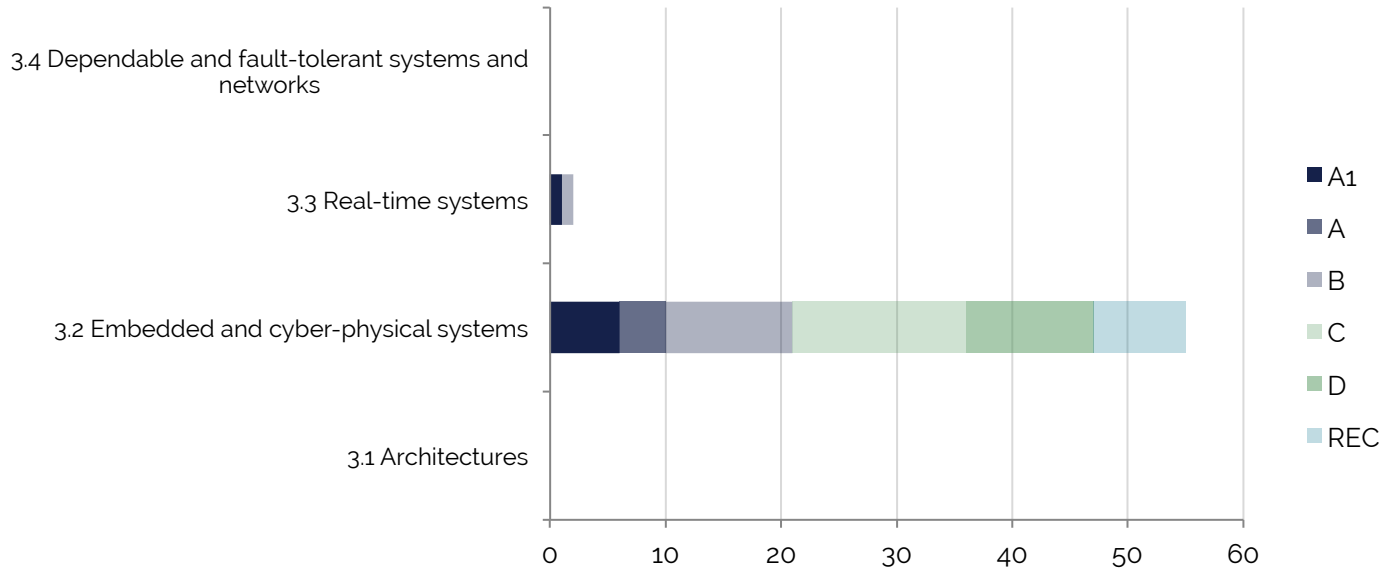


Figura 3.32
Grupos involucrados en “Computer systems organization”

Grupos involucrados en “Networks”

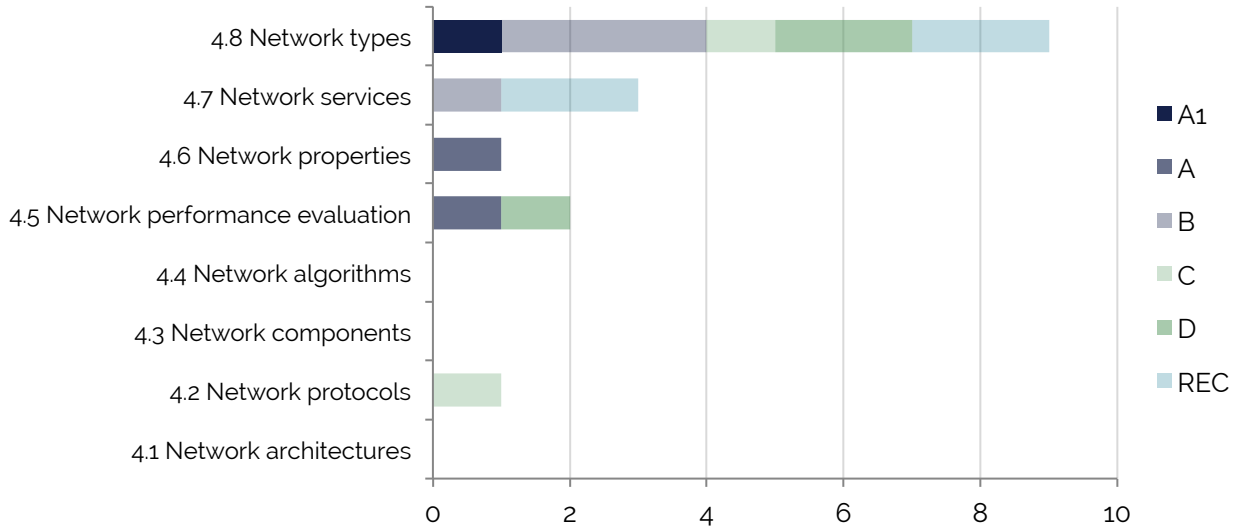


Figura 3.33
Grupos involucrados en “Networks”

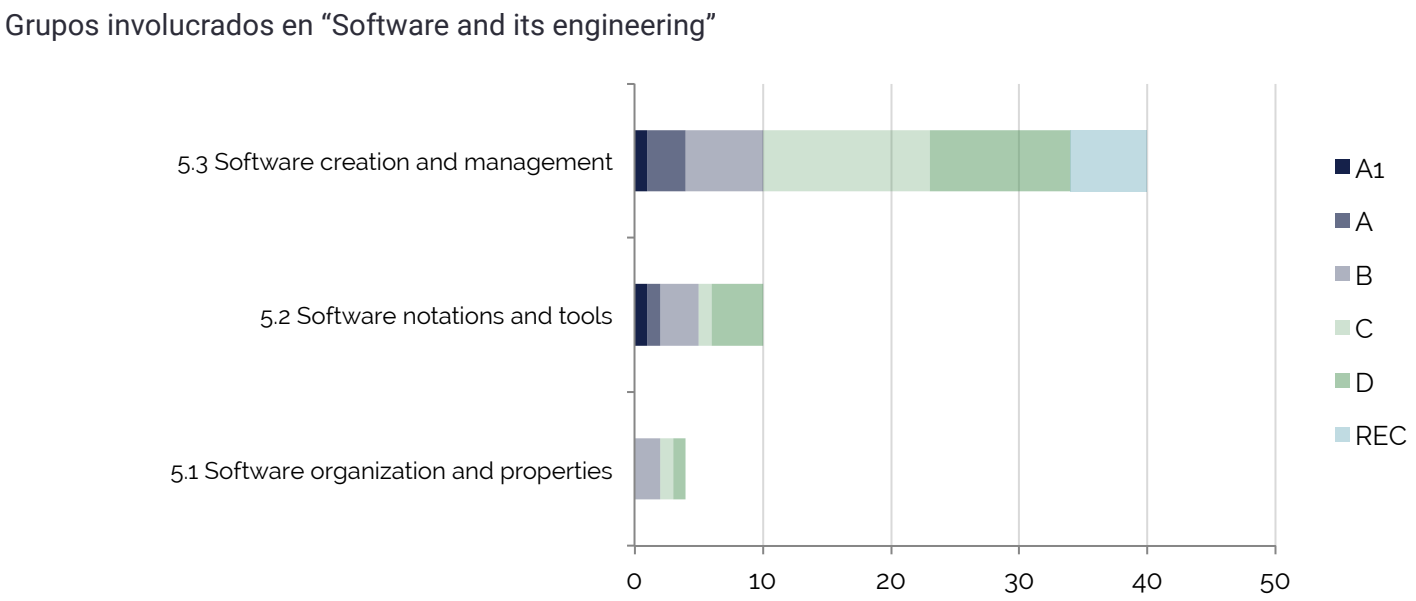


Figura 3.34
Grupos involucrados en “Software and its engineering”

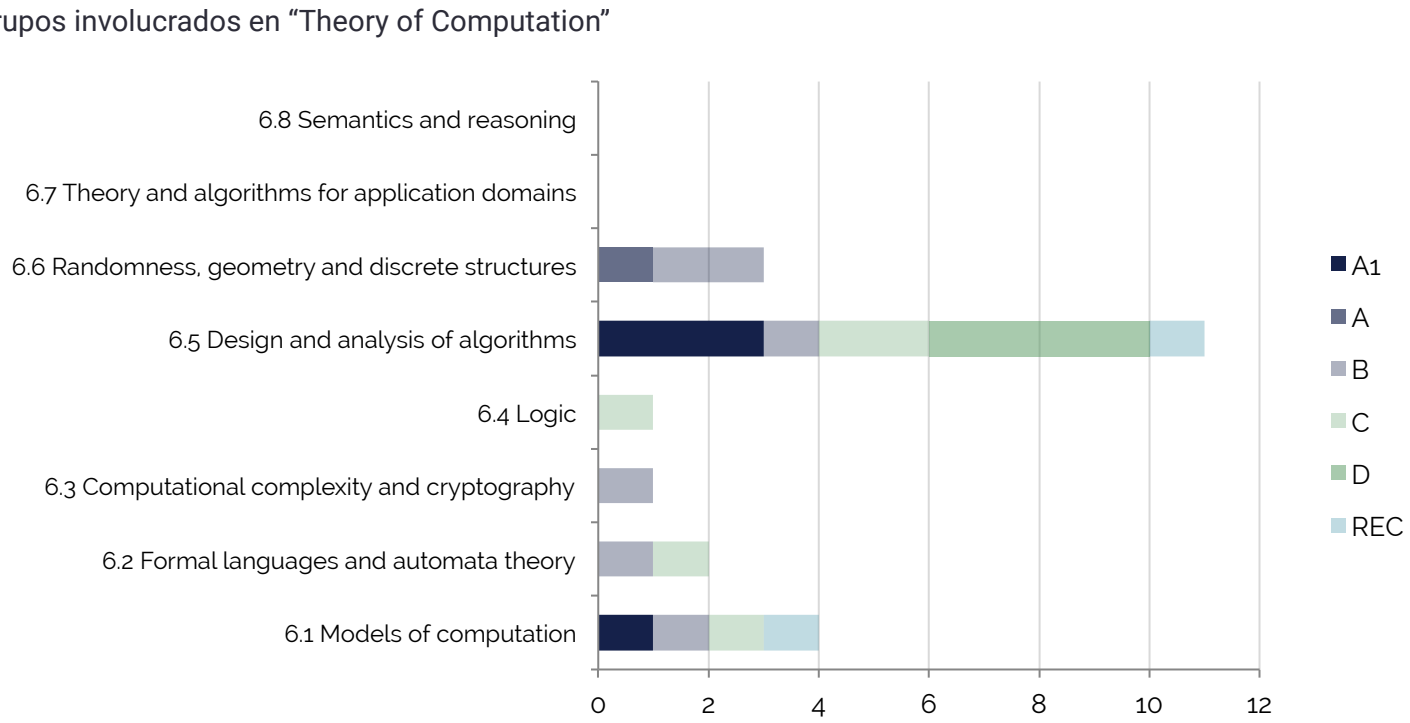


Figura 3.35
Grupos involucrados en “Theory of Computation”

Grupos involucrados en “Mathematics of Computing”

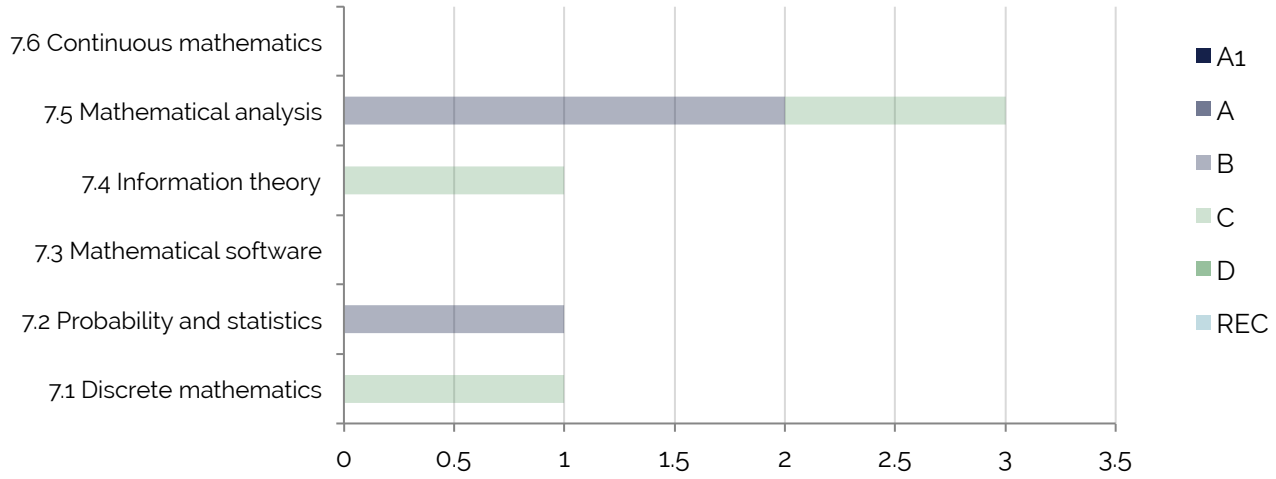


Figura 3.36
Grupos involucrados en ““Mathematics of Computing”

Grupos involucrados en “Information Systems”

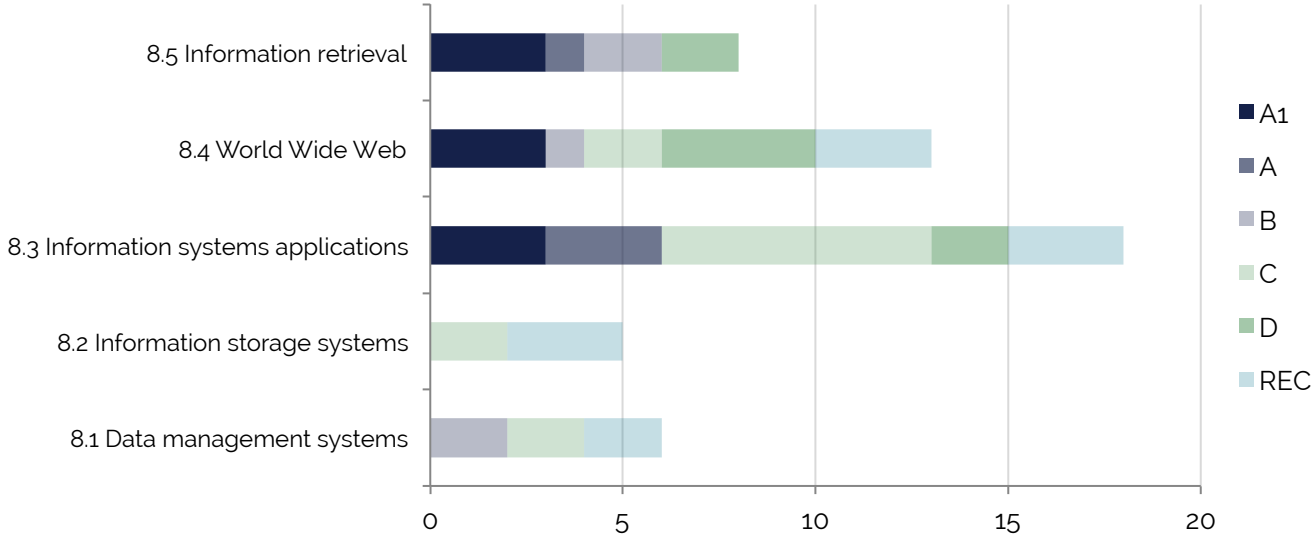


Figura 3.37
Grupos involucrados en “Information Systems”

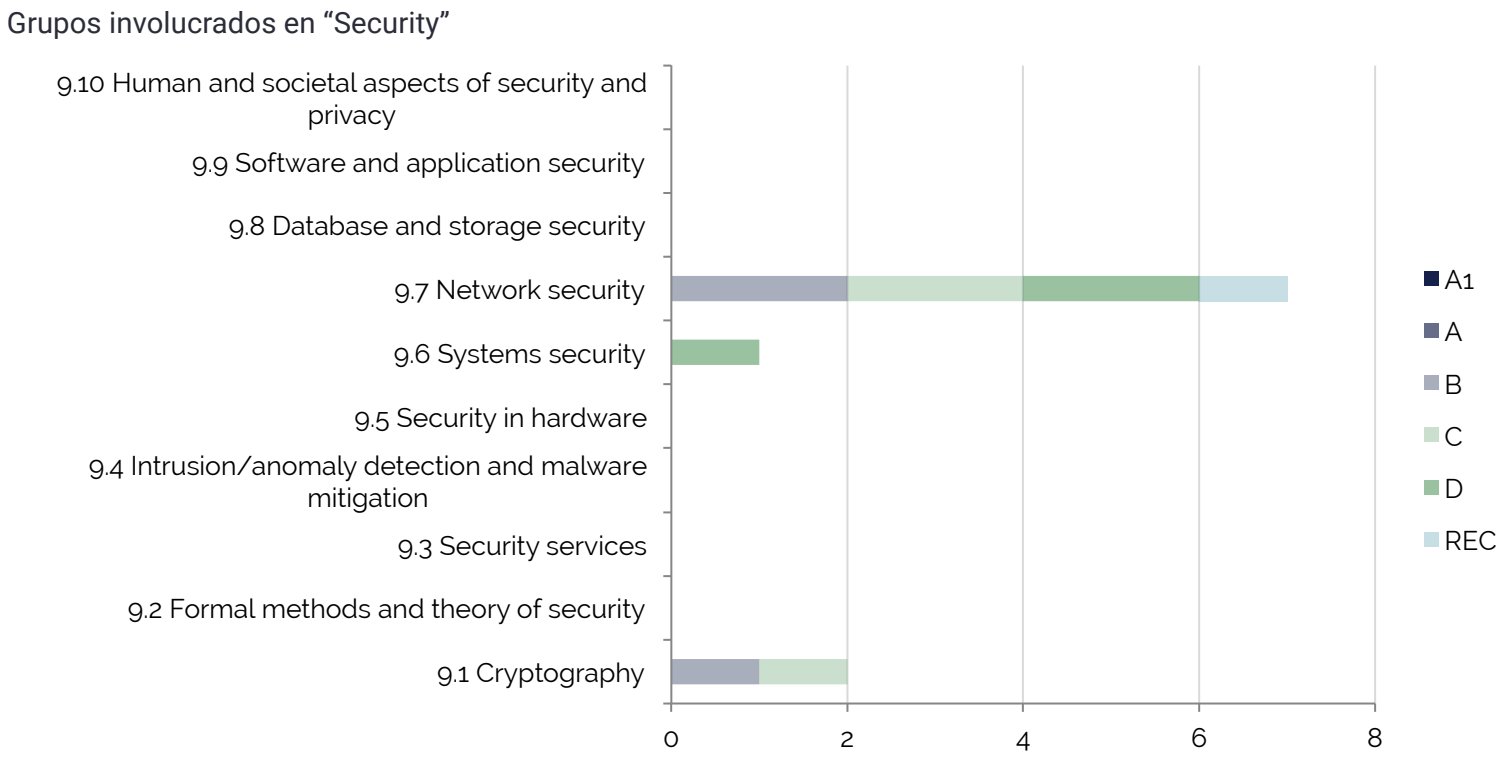


Figura 3.38
Grupos involucrados en "Security"

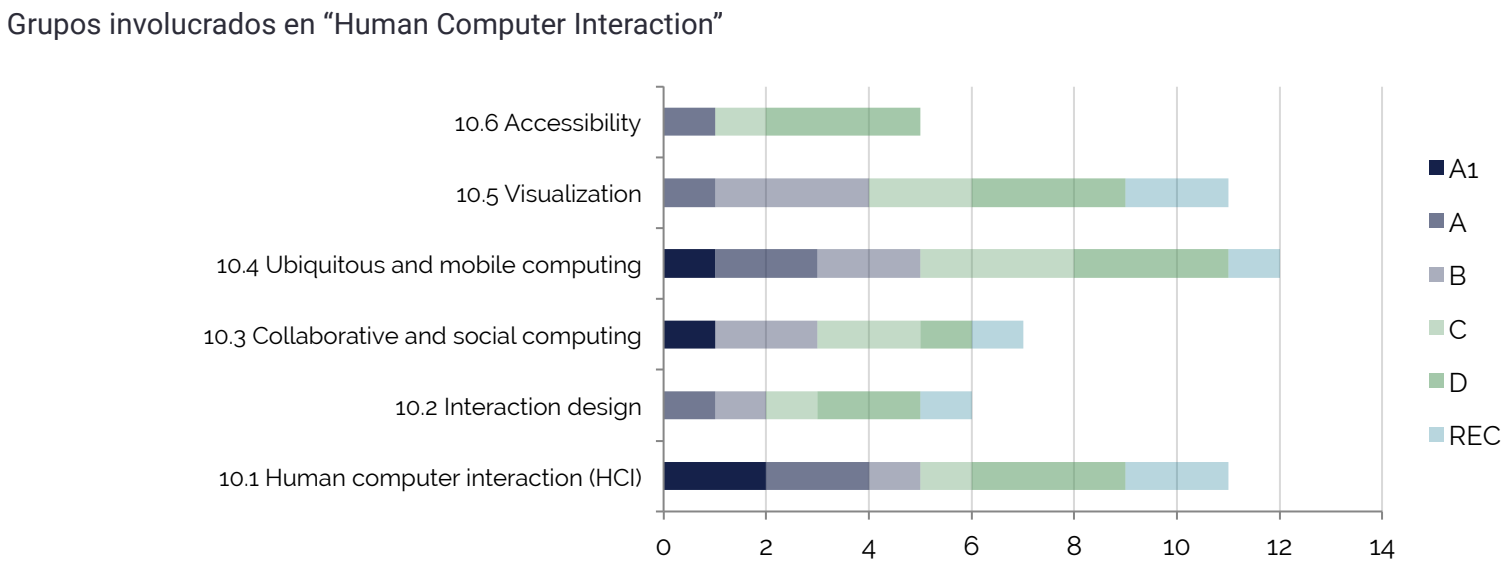


Figura 3.39
Grupos involucrados en "Human Computer Interaction"

Grupos involucrados en "Computing Methodologies"

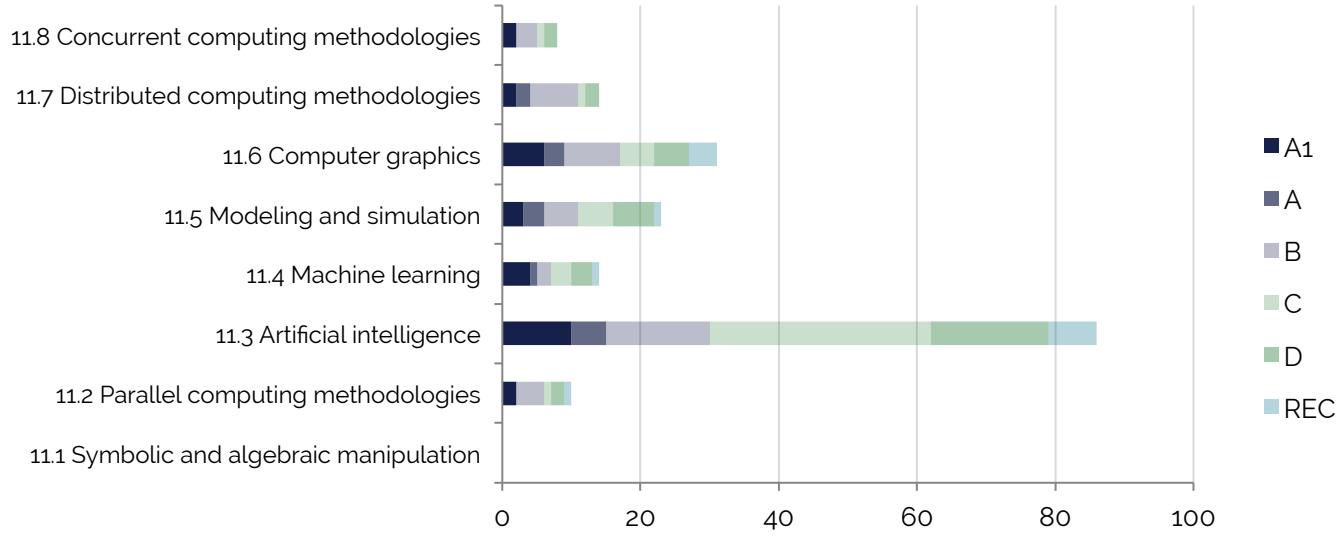


Figura 3.40
Grupos involucrados en "Computing Methodologies"

Grupos involucrados en "Applied Computing"

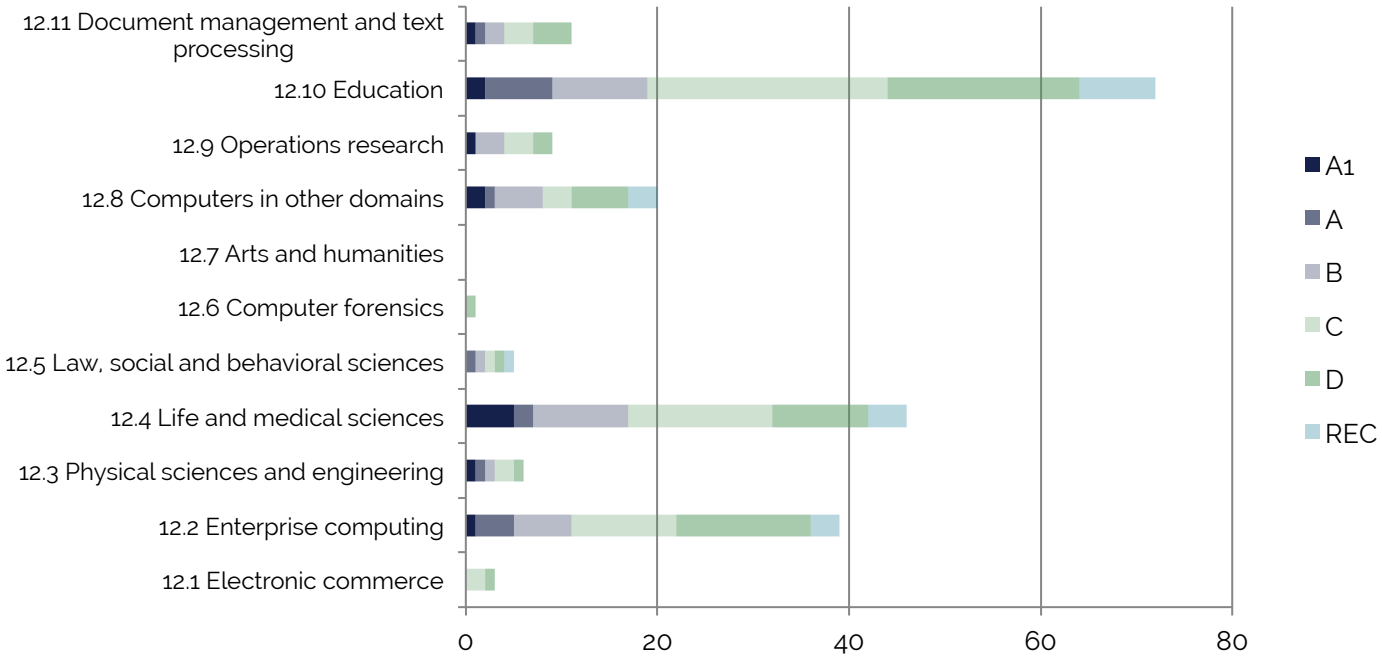


Figura 3.41
Grupos involucrados en "Applied Computing"

Las figuras anteriores han mostrado los temas de interés para los grupos de investigación en el país. Vale la pena resaltar que hay aparentemente un interés muy difundido en el país por temas como la aplicación de las TICS a la educación y a la salud, la inteligencia artificial y la robótica.

Productos

En esta sección se estudian los productos de investigación que son el resultado de las actividades de los grupos. Estos productos son el principal objetivo que persigue el ecosistema de investigación TIC, así como el elemento utilizado para clasificar los grupos de investigación.

Clasificación de los productos de investigación

Para la convocatoria para la clasificación de los grupos de investigación del año 2015, Colciencias ha propuesto la clasificación revisada de productos de investigación que se presenta en la Tabla 5. Esta clasificación está descrita por completa en el documento "MODELO DE MEDICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO O DE INNOVACIÓN Y DE RECONOCIMIENTO DE INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN", publicado por Colciencias en el año 2014.

Hay dos puntos que se deben tener en cuenta con respecto a esta clasificación. En primer lugar, esta clasificación se ocupa únicamente de productos de investigación, los cuales agrupa en 4 categorías: productos relacionados con la generación de nuevo conocimiento; productos relacionados con el desarrollo tecnológico y la innovación; productos relacionados con la apropiación social del conocimiento; y productos relacionados con la formación de capital humano.

En segundo lugar, se debe tener en cuenta que esta clasificación no está perfectamente alineada con la clasificación de productos de investigación que ofrece el sistema SCienti. Por lo tanto es necesario hacer un análisis adicional a la información del sistema para convertir la información a la clasificación de la Tabla 3.22. Por ejemplo, la clasificación de productos distingue entre artículos A1, A2, B y C y artículos D, pero en el sistema SCienti es imposible para un investigador hacer esa distinción. Es Colciencias quien realiza la distinción al momento de hacer el análisis de la información para actualizar la clasificación de los grupos.

Clasificación de Productos de Investigación

Tabla 3.22
Clasificación de Productos de Investigación

Productos resultado de actividades de Generación de Nuevo Conocimiento	
Artículos de investigación A1, A2, B y C	Artículos en revistas indexadas
Artículos de investigación D	Artículos en revistas indexadas
Libros resultado de investigación	Libros que cumplen por lo menos con los requerimientos mínimos de calidad
Capítulos en libro resultado de investigación	Capítulos en libros resultado de investigación que cumplen con los requerimientos mínimos de calidad

Productos resultado de actividades de Generación de Nuevo Conocimiento	
Productos tecnológicos patentados o en proceso de concesión de la patente	Patente obtenida o solicitada por vía PCT o tradicional y Modelo de utilidad.
Variedad vegetal y nueva raza animal	
Productos resultado de actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación	
Productos tecnológicos certificados o validados	Diseño industrial, esquema de circuito integrado, software, planta piloto, prototipo industrial y signos distintivos.
Productos Empresariales	Secreto empresarial, empresas de base tecnológica (spin-off), innovaciones generadas en la gestión empresarial, innovaciones en procesos, procedimientos y servicios.
Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones	Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones, diferenciadas según el ámbito de aplicación (nacional e internacional).
Consultorías científico-tecnológicas e informes técnicos finales	Consultorías científico-tecnológicas e informes técnicos finales.
Productos resultado de actividades de Apropiación Social del Conocimiento	
Participación ciudadana en CTeI	Participación ciudadana o comunidad(es) en proyectos de investigación. Espacio/evento de participación ciudadana o de comunidad(es) en relación con la CTeI.
Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTeI	Programa/Estrategia pedagógica de fomento a la CTI. Incluye la formación de redes de fomento de la apropiación social del conocimiento.
Comunicación social del conocimiento	Estrategias de comunicación del conocimiento, generación de contenidos impresos, multimedia y virtuale
Circulación de conocimiento especializado	Eventos científicos y participación en redes de conocimiento, documentos de trabajo (working papers), boletines divulgativos de resultado de investigación, ediciones de revista científica o de libros resultado de investigación e informes finales de investigación.
Reconocimientos	Premios o distinciones otorgadas por instituciones u organizaciones públicas o privadas que utilizan parámetros de excelencia para reconocer la gestión, la productividad y los aportes y el impacto de la investigación o el desarrollo tecnológico, en un área del conocimiento.

Tabla 3.22
Clasificación de Productos de Investigación

Tabla 3.22
Clasificación de Productos de Investigación

Productos de actividades relacionadas con la Formación de Recurso Humano para la CTeI	
Tesis de Doctorado	Dirección o co-dirección o asesoría de Tesis de Doctorado, se diferencian las tesis con reconocimiento de las aprobadas.
Trabajo de grado de Maestría	Dirección o co-dirección o asesoría de Trabajo de grado de maestría, se diferencian los trabajos con reconocimiento de los aprobados
Trabajo de grado de Pregrado	Dirección o co-dirección o asesoría de Trabajo de grao pregrado, se diferencian los trabajos con reconocimiento de los aprobados.
Proyectos de Investigación y Desarrollo	Proyectos ejecutados por los Grupos de Investigación en calidad de Investigador Principal clasificados de acuerdo a las fuentes de financiación.
Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (ID+I)	Proyectos ejecutados por investigadores en empresas y los proyectos con jóvenes investigadores en empresas.
Proyecto de extensión y responsabilidad social en CTI	Proyectos de extensión, en los que se especifique el tipo de participación del grupo de investigación en el proyecto (proyecto de extensión en CTeI o proyecto de responsabilidad social-extensión solidaria).
Apoyo a programas de formación	Apoyo a la creación de programas o cursos de maestría o de doctorado.
Acompañamientos y asesorías de línea temática del Programa Ondas	Acompañamientos y asesorías de línea temática del Programa Ondas.

Producción por tipo de producto (SCienti)

Como se dijo antes, la producción registrada en SCienti sigue una clasificación diferente a la que propone actualmente Colciencias para la clasificación de grupos. Por esta razón, es posible encontrar productos registrados que no cuentan para la clasificación tales como "Participación en comités de evaluación". La tipología de productos está bien estructurada dentro del sistema SCienti y se ha conservado sin cambios durante más de una década. Gracias a esto ha sido posible recoger un número considerable de productos, algunos de los cuales tienen fechas de creación anteriores incluso a la creación de la plataforma SCienti.

A continuación se presenta el análisis de los productos registrados por los grupos de investigación que hacen parte del programa de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática. Como se verá, estos productos están distribuidos entre casi todas las tipologías de productos disponibles, lo cual es un reflejo de la variedad en los grupos de investigación que, no sólo hacen investigación sobre TICs, sino que también hacen investigación en otros campos usando TICs. La Figura3.42 muestra gráficamente cómo se distribuyen los productos en las diferentes tipologías, mientras que la Tabla 3.23 presenta los datos de forma numérica y agrupados en cada nivel de la clasificación.

Producción registrada por tipo de producto

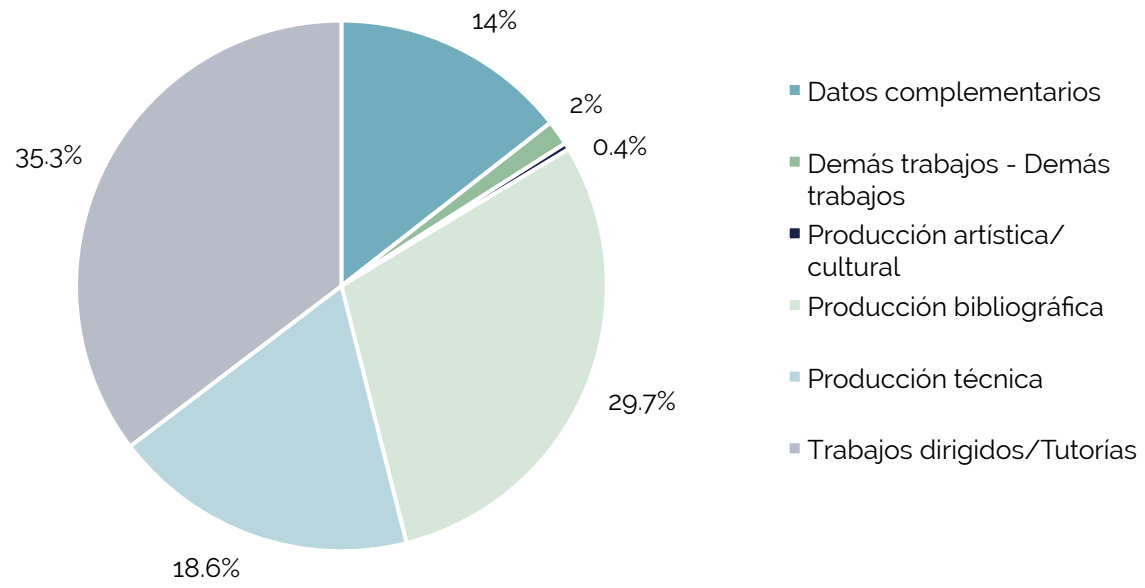


Figura 3.42
Producción registrada por tipo de producto

Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Acompañamientos y asesorías de línea temática del Programa Ondas-Asesoría al Programa Ondas	6
Datos complementarios	11034
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado	8579
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Curso de perfeccionamiento/especialización	434
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Doctorado	168
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Maestría	1209
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Otra	121
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Pregrado	6647
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación	2455

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Otra	121
Datos complementarios - Jurado/Comisiones evaluadoras de trabajo de grado - Pregrado	6647
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación	2455
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Acreditación de programas	123
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Asignación de becas	26
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Concurso docente	255
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Evaluación de cursos	112
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Jefe de cátedra	36
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Otra	1575
Datos complementarios - Participación en comités de evaluación - Profesor titular	328
Demás trabajos - Demás trabajos	1165
Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTel	185
Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTel-Espacios de participación ciudadana	31
Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTel-Estrategia de comunicación del conocimiento	16
Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTel-Estrategias pedagógicas para el fomento a la CTI	138
Participación ciudadana en CTel	8620
Participación ciudadana en CTel-Evento científico	8605
Participación ciudadana en CTel-Participación ciudadana en proyectos de CTI	15
Productos tecnológicos certificados	204
Productos tecnológicos certificados-Patente de invención	144
Productos tecnológicos certificados-Patente modelo de utilidad	60
Producción artística/cultural	307
Producción artística/cultural - Composiciones musicales	16
Producción artística/cultural - Composiciones musicales - Canto	10
Producción artística/cultural - Composiciones musicales - Coral	1
Producción artística/cultural - Composiciones musicales - Otro	5
Producción artística/cultural - Cursos de corta duración	35
Producción artística/cultural - Cursos de corta duración - Especialización	2
Producción artística/cultural - Cursos de corta duración - Extensión extracurricular	17

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Producción artística/cultural - Cursos de corta duración - Otro	4
Producción artística/cultural - Cursos de corta duración - Perfeccionamiento	12
Producción artística/cultural - Obras de artes visual	77
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Cine	2
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Dibujo	4
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Escultura	6
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Instalación	3
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Otro	3
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Pintura	49
Producción artística/cultural - Obras de artes visual - Vídeo	10
Producción artística/cultural - Otra producción artística/cultural	70
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas	16
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas - Coreográfica	1
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas - Literaria	2
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas - Musical	2
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas - Otro	6
Producción artística/cultural - Presentaciones de obras artísticas - Teatral	5
Producción artística/cultural - Presentaciones de radio o TV	91
Producción artística/cultural - Presentaciones de radio o TV - Danza	1
Producción artística/cultural - Presentaciones de radio o TV - Música	1
Producción artística/cultural - Presentaciones de radio o TV - Otro	89
Producción artística/cultural - Sonorización	2
Producción artística/cultural - Sonorización - Música	1
Producción artística/cultural - Sonorización - Otro	1
Producción bibliográfica	22660
Producción bibliográfica - Artículo	15455
Producción bibliográfica - Artículo - Caso clínico	20
Producción bibliográfica - Artículo - Corto (Resumen)	489
Producción bibliográfica - Artículo - Publicado en revista especializada	14730

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Producción bibliográfica - Artículo - Revisión (Survey)	216
Producción bibliográfica - Documento de trabajo (Working Paper)	898
Producción bibliográfica - Libro	4518
Producción bibliográfica - Libro - Capítulo de libro	2634
Producción bibliográfica - Libro - Libro pedagógico y/o de divulgación	142
Producción bibliográfica - Libro - Libro resultado de investigación	1066
Producción bibliográfica - Libro - Otro libro publicado	676
Producción bibliográfica - Otra producción bibliográfica	425
Producción bibliográfica - Otra producción bibliográfica - Epílogo	12
Producción bibliográfica - Otra producción bibliográfica - Introducción	12
Producción bibliográfica - Otra producción bibliográfica - Otra	396
Producción bibliográfica - Otra producción bibliográfica - Prólogo	5
Producción bibliográfica - Otro artículo publicado	1279
Producción bibliográfica - Otro artículo publicado - Periódico de noticias	469
Producción bibliográfica - Otro artículo publicado - Revista de divulgación	810
Producción bibliográfica - Trabajos en eventos (Capítulos de memoria)	32
Producción bibliográfica - Trabajos en eventos (Capítulos de memoria) - Completo	24
Producción bibliográfica - Trabajos en eventos (Capítulos de memoria) - Resumen	8
Producción bibliográfica - Traducciones	53
Producción bibliográfica - Traducciones - Artículo	3
Producción bibliográfica - Traducciones - Libro	27
Producción bibliográfica - Traducciones - Otra	23
Producción técnica	14213
Producción técnica - Cartas, mapas o similares	109
Producción técnica - Cartas, mapas o similares - Aerofotograma	3
Producción técnica - Cartas, mapas o similares - Carta	2
Producción técnica - Cartas, mapas o similares - Mapa	102
Producción técnica - Cartas, mapas o similares - Otra	2
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico	1492

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Acciones de transferencia tecnológica	49
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Análisis de competitividad	5
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Comercialización de tecnología	1
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Desarrollo de productos	24
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Implementación de sistemas de análisis	1
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Informe técnico	499
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Otra	736
Producción técnica - Consultoría Científico Tecnológica e Informe Técnico - Servicios de Proyectos de I+D+I	177
Producción técnica - Contenido Virtual	413
Producción técnica - Contenido Virtual - Aplicativo	36
Producción técnica - Contenido Virtual - Blog	54
Producción técnica - Contenido Virtual - Micrositio	55
Producción técnica - Contenido Virtual - Página web	243
Producción técnica - Contenido Virtual - Portal	25
Producción técnica - Cursos de corta duración dictados	1985
Producción técnica - Cursos de corta duración dictados - Especialización	337
Producción técnica - Cursos de corta duración dictados - Extensión extracurricular	1013
Producción técnica - Cursos de corta duración dictados - Otro	342
Producción técnica - Cursos de corta duración dictados - Perfeccionamiento	293
Producción técnica - Diseño Industrial	123
Producción técnica - Editoración o revisión	407
Producción técnica - Editoración o revisión - Anales	5
Producción técnica - Editoración o revisión - Compilación	11
Producción técnica - Editoración o revisión - Libro	39
Producción técnica - Editoración o revisión - Otro	45
Producción técnica - Editoración o revisión - Revista	307
Producción técnica - Empresa de Base Tecnológica (Spin Off)	29

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Producción técnica - Esquema de circuito integrado	8
Producción técnica - Impresa	743
Producción técnica - Impresa - Boletín	6
Producción técnica - Impresa - Cartilla	19
Producción técnica - Impresa - Manual	718
Producción técnica - Informes de investigación	1062
Producción técnica - Innovación de proceso o procedimiento	274
Producción técnica - Innovaciones generadas de producción empresarial	1
Producción técnica - Innovaciones generadas de producción empresarial - Organizacional	8
Producción técnica - Maquetas	8
Producción técnica - Multimedia	312
Producción técnica - Multimedia - Entrevista	164
Producción técnica - Multimedia - Mesa redonda	4
Producción técnica - Multimedia - Otro	144
Producción técnica - Organización de eventos	1354
Producción técnica - Organización de eventos - Concierto	22
Producción técnica - Organización de eventos - Concurso	92
Producción técnica - Organización de eventos - Congreso	297
Producción técnica - Organización de eventos - Encuentro	298
Producción técnica - Organización de eventos - Exposición	65
Producción técnica - Organización de eventos - Festival	8
Producción técnica - Organización de eventos - Otro	203
Producción técnica - Organización de eventos - Seminario	229
Producción técnica - Organización de eventos - Simposio	58
Producción técnica - Organización de eventos - Taller	82
Producción técnica - Planta piloto	73
Producción técnica - Presentación de trabajo	84
Producción técnica - Presentación de trabajo - Otro	78
Producción técnica - Presentación de trabajo - Ponencia	6

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Producción técnica - Productos tecnológicos	636
Producción técnica - Productos tecnológicos - Base de datos de referencia para investigacion	17
Producción técnica - Productos tecnológicos - Gen Clonado	7
Producción técnica - Productos tecnológicos - Otro	612
Producción técnica - Prototipo	992
Producción técnica - Prototipo - Industrial	950
Producción técnica - Prototipo - Servicios	42
Producción técnica - Reglamento Técnico	7
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación	82
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Ambiental o de Salud	17
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Educativa	9
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Social	5
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica	33
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica - Básica	4
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica - Ensayo	3
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica - Proceso	4
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica - Producto	5
Producción técnica - Regulación, norma, reglamento o legislación - Técnica - Servicio	2
Producción técnica - Softwares	4011
Producción técnica - Softwares - Computacional	3609
Producción técnica - Softwares - Multimedia	327
Producción técnica - Softwares - Otra	75
Proyecto de extensión y responsabilidad social en CTI	1088
Proyecto de investigación y Desarrollo	5693
Proyecto ID+I con formación	1688
Circulación de conocimiento especializado-Red de conocimiento especializado	267
Producto Empresarial - Secreto empresarial	415
Producto Tecnológico- Signos distintivos - Marcas	4
Trabajos dirigidos/Tutorías	26986

Tabla 3.23
Productos registrados por tipo de producto

Tipo de producto	Productos Registrados
Trabajos dirigidos/Tutorías - Iniciación Científica	389
Trabajos dirigidos/Tutorías - Monografía de conclusión de curso de perfeccionamiento/especialización	1198
Trabajos dirigidos/Tutorías - Tesis de doctorado	481
Trabajos dirigidos/Tutorías - Trabajo de conclusión de curso de pregrado	18849
Trabajos dirigidos/Tutorías - Trabajo de grado de maestría o especialidad médica	4102
Trabajos dirigidos/Tutorías - Trabajos dirigidos/Tutorías de otro tipo	1967

Algunas cosas que vale la pena resaltar de lo anterior son:

- En promedio hay cerca de 255 productos registrados por grupo.
- Hay productos clasificados como producción artística o cultural. Esos productos probablemente no sean adecuados para medir la producción de nuevo conocimiento en el área TIC.
- Hay 481 tesis de doctorado registradas. Sería interesante comprobar si esos 481 doctores siguen haciendo parte del SNCT.
- Hay 4011 piezas de software registradas. Sin embargo, es imposible comprobar el nivel de innovación de cualquiera de ellas. Estas piezas de software también representan la mayor parte de la producción técnica de los grupos.
- Hay 204 patentes registradas.

Hallazgo: Los grupos de investigación están registrando en el sistema SCIENTI una gran cantidad de productos que no tienen ningún impacto en su clasificación.
Hallazgo: La presencia de un mayor número de doctores favorece que los grupos sean más eficientes, aunque no son una garantía.
Hallazgo: Hay un número elevado de grupos que tienen una producción baja (menos de 200 productos) a pesar de contar con varios doctores: esta situación debería corregirse mejorando la calidad de las metodologías de investigación y difusión que utilice el grupo.
Hallazgo: Las diferencias entre los grupos tipo C, D y Reconocido no son significativas. Incluso las diferencias entre los grupos A1 y C en cuanto a producción bibliográfica no son muy elevadas: 28 productos vs. 15 productos. La diferencia se tiene que encontrar entonces en la calidad de las publicaciones.

Temáticas de los productos de investigación

Desafortunadamente la plataforma SCienti no tiene mecanismos adecuados para catalogar los productos de investigación de acuerdo a las temáticas que tratan. Como máximo, el sistema permite clasificar un producto dentro de las áreas de conocimiento definidas por la OCDE o en una de las especialidades definidas por Colciencias, pero, como se mostró anteriormente, esta clasificación no es suficiente para conocer en detalle las capacidades del ecosistema. Idealmente, debería poder relacionarse cada producto de investigación con una o varias de las líneas de la clasificación de ACM. Sin embargo, esto no puede hacerse automáticamente.

La figura 3.43 presenta una aproximación a las temáticas de los productos basada en el procesamiento de los títulos. La ilustración utiliza la técnica de los tag clouds para mostrar las palabras clave que aparecen más frecuentemente en los títulos de los productos. El problema que se encontró es que los términos más relevantes (los que tienen una fuente más grande en la imagen) son términos bastante genéricos que no permiten entender a qué línea de investigación podrían pertenecer.

Un detalle importante que puede verse en la ilustración es que la mayoría de los términos están en español, lo cual refleja el hecho de que la mayoría de productos se construyen en español.

Palabras clave en los títulos de los productos bibliográficos

Figura 3.43
Palabras clave en los títulos de los productos bibliográficos

Temáticas ACM de la producción bibliográfica

Mientras que los análisis anteriores se basaron en los datos registrados en el sistema Scienti, a continuación se utiliza información obtenida por Colciencias dentro de un proyecto de vigilancia tecnológica en TI. La información reportada a continuación se basa en búsquedas realizadas en el sistema Scopus utilizando como criterios de búsqueda la temática general y el país de procedencia de la publicación (Colombia). Realizando esta búsquedas se encontraron 2978 productos bibliográficos de los cuales sólo 994 se pudieron relacionar con productos registrados en Scienti.

Scopus es un sistema que indexa tanto revistas como conferencias del máximo nivel en todas las áreas del conocimiento. Al igual que ISI - Web of Knowledge, Scopus goza de reconocimiento mundial y en general se puede considerar que un producto que aparece en Scopus es un producto de calidad que al menos ha tenido algún tipo de validación de pares. La diferencia en la cantidad de productos bibliográficos que aparecen en Scopus y en Scienti puede deberse a varios motivos:

- La producción bibliográfica de los grupos no es de la calidad suficiente para aparecer en Scopus.
- Típicamente los productos toman un tiempo para aparecer en sistema Scopus después de ser publicados.
- La calidad de la información reportada hace que no necesariamente los nombres de los productos sean exactamente iguales en ambos sistemas, por lo cual se vuelven difíciles de relacionar.

Los productos indexados por Scopus se organizan en una clasificación que no es muy detallada. Para poder entender en qué áreas los grupos de investigación en TI están generando productos de alta calidad, se realizó un procesamiento de los datos basado en keywords y en la clasificación de ACM. Las siguientes tablas muestran el número de productos por línea en los niveles 1 y 2 de la clasificación ACM. En el capítulo 4 se hará un análisis de las líneas en las que se enfocan estos productos.

Cantidad de productos reportados en Scopus por cada tópico de nivel 1 en la taxonomía de ACM.

Término ACM	Número de artículos
General and reference	1608
Hardware	434
Computer systems organization	666
Networks	630
Software and its engineering	0
Theory of computation	586
Mathematics of computing	121
Information systems	625
Security and privacy	155
Human-centered computing	83
Computing methodologies	575
Applied computing	1149
Social and professional topics	1664

Tabla 3.24 *Cantidad de productos reportados en Scopus por cada tópico de nivel 1 en la taxonomía de ACM*

Hallazgo: de los 14730 productos reportados como Producción bibliográfica - Artículo - Publicado en revista especializada en Scienti, menos del 7% aparece en Scopus.

Idioma de los productos

Como se ha mencionado en otros puntos de este documento, Colombia y el ecosistema TIC tienen la necesidad de insertarse en el mercado global para poder alcanzar un alto nivel de madurez. Sin embargo, desde el punto de vista de la investigación se tiene que sortear antes el obstáculo del idioma: actualmente, menos del 20% de los productos de investigación registrados en SCienti han sido escritos en inglés (ver figura 3.44). Esto representa un gran problema puesto que mantiene a Colombia apartada de las grandes redes de investigación: para poder pertenecer a ellas es importante que el resto del mundo pueda conocer la calidad de la investigación realizada en el país, pero el frecuente uso del español no permite que esto ocurra. Por ejemplo, en la categoría de artículos publicados en revistas especializadas, que es posiblemente la categoría más importante en cuando a difusión del nuevo conocimiento, apenas el 35% de los productos aparecen escritos en inglés. La información disponible también permite ver que entre mejor sea la clasificación de un grupo, mayor porcentaje de su producción estará escrita en inglés. Es decir, para los grupos clasificados como A o A1, el porcentaje de productos escritos en inglés es mucho mayor que para los grupos clasificados en los niveles inferiores.

Hallazgo: los grupos tienen una producción principalmente en español, lo cual está directamente relacionado con la baja cantidad de productos TOP.

Idioma de productos

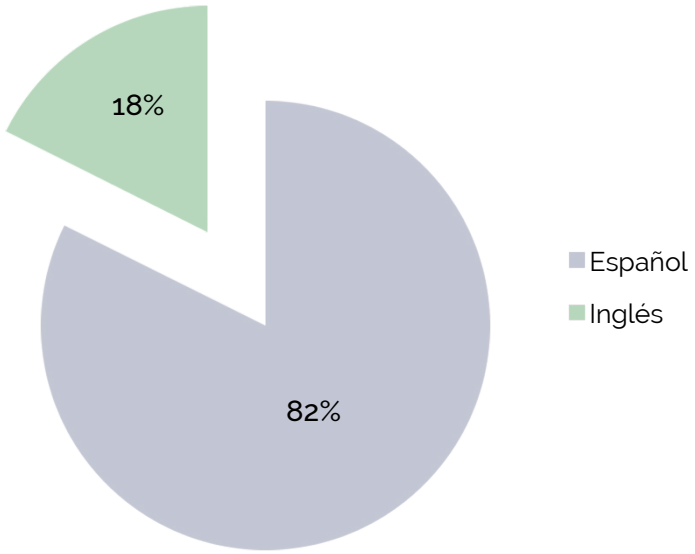


Figura 3.44
Idioma de productos (todos)

Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico – CI+DT

Dentro del SNCT existen dos tipos de centros: los centros de investigación, cuyo objetivo principal es la generación de nuevo conocimiento, y los centros de desarrollo tecnológico, cuyo objetivo principal gira alrededor de la apropiación social del conocimiento, la innovación y el desarrollo de tecnología.

Centros reconocidos y grupos de investigación

Colciencias realiza periódicamente actividades de reconocimiento y seguimiento a los CI+DT. Actualmente hay sólo dos centros reconocidos en el área de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática:

- Centro de Investigación de las Telecomunicaciones – CINTEL
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica e Informática – CIDEI

Estos dos centros tiene cada uno un grupo de investigación asociado: desafortunadamente, estos grupos están clasificados únicamente como RECONOCIDOS y tienen una producción bibliográfica muy baja a pesar de haber sido fundados hace más de 10 años y de tener una producción que ya debería haberles permitido pasar al menos a la categoría D. La conclusión que se puede sacar de esto es que los productos que están generando estos dos centros no representan nuevo conocimiento o no están siendo presentados en los lugares adecuados.

Todo lo anterior es consistente con el informe del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, que publicó en 2013 el "Análisis de los centros autónomos de I+DT desde las áreas de la ciencia y la tecnología". En ese estudio, los autores mostraron la baja producción de los centros, la concentración de la producción en productos de divulgación y especialmente en reportes de consultoría, y la baja eficiencia financiera medida en el costo promedio por producto de investigación. Entre otras razones para estos problemas, los autores mencionan el bajo nivel de formación de los participantes de esos grupos, el cual está relacionado con aspectos como la dificultad para contratar y retener personal altamente calificado.

3.4 Entidades del Estado

Esta sección presenta las entidades del estado que tienen alguna relación con el sector TIC, o dependen de los productos y servicios que el sector TIC les entrega. Dentro del ecosistema se incluyen únicamente aquellas entidades que tienen algún tipo de poder sobre los otros elementos del ecosistema. Estas incluyen, entre otras, a Colciencias, el Ministerio de Comunicaciones y las Tecnologías de Información, el Ministerio de Educación Nacional y algunas Gobernaciones y Alcaldías.

Principales entidades transformadoras

Las siguientes son las entidades transformadoras principales dentro del Ecosistema TIC. El hecho de que sean transformadoras significa que ellas tienen el poder suficiente para introducir cambios en el ambiente que generen a su vez modificaciones en el comportamiento de los otros actores.

Colciencias

Como cabeza del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, Colciencias tiene la responsabilidad de definir programas estratégicos para el desarrollo del país y promover políticas públicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia.

Con respecto al ecosistema TIC, Colciencias tiene el rol de articulador y debe crear sinergias e interacciones entre los diferentes actores que ahí aparecen y que son parte del SNCTI. En particular, Colciencias puede influenciar el comportamiento de los grupos de investigación, estimulando el desarrollo de nuevo conocimiento en de acuerdo a ciertas líneas orientadoras, o aplicado a ciertos sectores de importancia para el país. Adicionalmente, a través del mecanismo de las convocatorias, Colciencias puede estimular cualquier parte de la articulación universidad – empresa – estado, y generar incentivos que favorezcan la creación de nuevo conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación y la transferencia tecnológica.

Finalmente, Colciencias tiene un rol central en la evaluación de productos para el otorgamiento de beneficios financieros, y en la difusión de esos beneficios.

Actualmente Colciencias tiene desplegadas las siguientes estrategias con el objetivo de superar la brecha tecnológica y fortalecer la competitividad del sector (Ref: estudio de caracterización del sector en 2015):

- Alianzas para la innovación
- Apropiación Social del Conocimiento
- Internacionalización de la CTI
- Programa Ondas
- Regionalización de la CTel

Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC

Como cabeza del Ecosistema TIC, el Ministerio tiene una gran cantidad de herramientas para transformar la situación actual. Por una parte, puede definir políticas y planes de largo plazo, y aportar los recursos para que se lleven a cabo. Por otra parte, interactúa con Colciencias para compartir responsabilidades en la elaboración, divulgación, evaluación, asignación, financiación, seguimiento, y cierre de convocatorias. Finalmente, el MinTIC puede lograr modificaciones al marco normativo que permitan la creación de condiciones más favorables para el desarrollo de la industria TIC.

Ministerio de Educación Nacional – MEN

El MEN tiene la responsabilidad ante el Ecosistema TIC de fomentar la formación de los mejores profesionales posibles. Esta responsabilidad no está limitada únicamente a las instituciones de educación superior, sino que también llega a las instituciones de formación básica y media que son las que proveen los estudiantes para las IES. Por lo tanto, las estrategias del MEN para fomentar el crecimiento de profesionales en el área TIC pueden intervenir tanto en las IES como en los colegios e institutos. Con respecto a las IES, el ministerio tienen dos mecanismos básicos de control: el otorgamiento y renovación de registros calificados y

las acreditaciones de calidad. A través de estos dos mecanismos, el MEN puede influir en la calidad de los servicios prestados y la estructura de los currículos, entre otros. Para el caso de las IES públicas, el MEN también tiene un control presupuestal (limitado).

Independientemente del sector que se esté estudiando, los objetivos del MEN son siempre los mismos: darle educación a los colombianos de la mejor calidad para permitirle desarrollar su plan de vida en las mejores condiciones posibles. Esto implica que para el MEN es importante que los estudiantes: tengan alternativas para y escojan un camino de formación acorde a sus intereses, capacidades y necesidades; tengan las condiciones para concluir sus estudios; y reciban una formación que les permita encontrar buenas oportunidades laborales y que les permita continuar formándose y adaptándose durante el resto de sus vidas.

Gobernaciones y alcaldías

Las gobernaciones y las alcaldías ven en el Ecosistema TIC una oportunidad para la creación de empresas y de puestos de trabajo. Por lo tanto, varias de estas entidades han creado planes de desarrollo regionales en los cuales plantean acciones estratégicas para estimular el crecimiento de la industria TIC. Al igual que las entidades mencionadas anteriormente, las gobernaciones, alcaldías, secretarías y asambleas departamentales, entre otros, tienen la capacidad de influir en el ecosistema a través de la creación de estímulos de varios tipos y la modificación del marco normativo, aunque en un menor nivel.

Dada la naturaleza centralizada de Colciencias, el rol de coordinación en las regiones debe asumirlo alguna entidad del orden municipal o departamental.

Planes de desarrollo regionales

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de los sectores Electrónica, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ETIC) estudió los planes regionales de competitividad de los departamentos y regiones de Antioquia, Bogotá y Cundinamarca, Santander, Pacífico, Caribe y Triángulo del Café. Aunque cada uno de estos planes tiene particularidades dirigidas a aprovechar las fortalezas de la región o departamento, tanto los objetivos que persiguen como las estrategias principales son muy similares. A continuación se presentan entonces las 6 iniciativas clave que aparecen en cada uno de los planes estudiados, y que deberían adoptarse a nivel nacional.

- Se busca el fortalecimiento del sector TIC a través de la internacionalización, lo cual parte de la focalización en sectores de clase mundial.
- Se alinean los actores del sector TIC con los actores de los sectores productivos locales buscando la potencialización de las empresas TIC, y la mejora de los sectores de aplicación.
- Aplicar estrategias que faciliten el desarrollo empresarial y fomenten el emprendimiento (clústers, parques, modelos de integración, etc.).
- Fortalecimiento de la investigación y el desarrollo tecnológico, tanto en las empresas como en los centros de investigación, buscando mejorar la competitividad y la transferencia tecnológica. Esto incluye también acciones de sensibilización a la ciencia y la tecnología que tendrán efectos en el largo plazo.
- Desarrollo del talento humano: aumento del número de profesionales, técnicos y tecnólogos en el sector, y mejoras sustanciales en el nivel de inglés (bilingüismo).
- Fortalecimiento de la infraestructura tecnológica (centros de datos, conectividad).

Otras entidades

Además de las anteriores, otras entidades tienen diversos niveles de injerencia y capacidad de transformación en el Ecosistema TIC. Adicionalmente varias de estas tienen funciones de regulación. Estas entidades incluyen:

- Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)
- Agencia Nacional del Espectro (ANE)
- Autoridad Nacional de Televisión (ANTV)
- Superintendencia de Industria y Comercio
- Superintendencia Financiera
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

Incentivos e iniciativas en curso

A continuación presentamos brevemente las principales iniciativas en curso dentro del Estado que están orientadas al fortalecimiento del Ecosistema TIC. El objetivo no es hacer una presentación detallada de información que ya está adecuadamente publicada y reportada en otros lugares. Por el contrario, lo que se busca es mostrar la dinámica actual del Estado y sus Entidades Transformadoras. Las iniciativas abajo listadas se encuentran descritas en el estudio de Caracterización del Sector de Teleinformática, Software y TI en Colombia 2015.

Plan Vive Digital 2014-2018

Es el plan de tecnología para la masificación del uso de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, el uso de Internet y el cierre de la brecha digital. El plan Vive Digital se encuentra dividido en 4 componentes complementarios que apuntan a fortalecer aspectos necesarios para alcanzar los objetivos del plan. Dentro del plan Vive Digital 2010-2014 los mayores esfuerzos se enfocaron en el componente de infraestructura; en el plan actual se están aprovechando las capacidades ya construidas haciendo énfasis en los otros 3 componentes.

1. *Infraestructura:* hace referencia a los componentes tecnológicos físicos para garantizar la conectividad y el acceso. El principal elemento de este componente tiene que ver con lograr que todos los ciudadanos del país tengan los medios para conectarse a Internet y acceder a servicios digitales.

2. *Servicios:* hace referencia a la oferta de servicios digitales que utilizan las capacidades de infraestructura instaladas.

3. *Aplicaciones:* este componente hace referencia a la construcción y difusión de aplicaciones que generen valor agregado para todos los ciudadanos de acuerdo a sus respectivos intereses.

4. *Usuarios:* hace referencia a todas las acciones para lograr la adopción de las tecnologías de la información por parte de los ciudadanos.

Gobierno en línea

Esta es la estrategia de gobierno electrónico para construir un Estado eficiente, transparente y participativo a través del uso de las TICS. La estrategia Gobierno en Línea engloba los siguientes ejes:

1. Carpeta ciudadana
2. Cofinanciación
3. Mapa de ruta
4. Plataformas territoriales
5. Datos abiertos
6. Centros de innovación

7. Sí virtual
8. Autenticación electrónica
9. Programa para la Excelencia en Gobierno Electrónico
10. Urna de Cristal

FITI

FITI, es la estrategia de la Dirección de Políticas y Desarrollo TI y su propósito es contribuir a la transformación de la industria de T.I. en un sector competitivo a través de la dinamización de diferentes líneas de acción que conforman un modelo integral y sistémico.Las líneas que estructuran el programa FITI son las siguientes:

Visión Estratégica del Sector: Dimensión orientada a establecer un norte para la industria TI, a través de estudios y estrategias que orienten a todos los actores involucrados, a trabajar articuladamente bajo la misma dirección.

Investigación, Desarrollo e Innovación: En esta línea de acción se pretende promover ejercicios de investigación, desarrollo e innovación articulando academia, empresa, estado y clusters.

Calidad: Dimensión con la cual se promueve la adopción de modelos de calidad globalmente reconocidos por parte de las empresas que hacen parte de la Industria TI.

Normatividad: Dimensión en la que se trabaja para formular y gestionar la implementación de normas que permitan incentivar a la industria TI, a manera de marco normativo competitivo.

Asociatividad: En esta dimensión se busca fortalecer modelos de colaboración para que se generen sinergias estratégicas que permitan incrementar la competitividad del sector.

Infraestructura: Impulsar el desarrollo de estudios de viabilidad para implementación de infraestructura apta y pertinente a las tendencias, para fomento a la industria TI.

Talento Humano: Dimensión en la que se articulan esfuerzos con la academia y el sector empresarial, para el diseño e implementación de programas de formación ajustados a las necesidades de la industria TI.

Emprendimiento y fortalecimiento empresarial: Implementación de estrategias especializadas para la industria de tecnologías de información que dinamicen la creación de nuevas empresas innovadoras en el sector.

Apps.co

Apps.co es una iniciativa diseñada desde Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y su plan Vive Digital para promover y potenciar la creación de negocios a partir del uso de las TIC, poniendo especial interés en el desarrollo de aplicaciones móviles, software y contenidos.

Apps.co cumple un papel de mediadores y gestores de emprendimiento TIC, para potenciar la generación de capacidades y conocimiento TIC de forma masiva entre los colombianos. Mediante la dinamización de ideas, oportunidades y el apoyo al desarrollo de negocios, Apps.co pretende brindar soluciones TIC que hagan del Estado colombiano líder en manejo y producción de herramientas y aplicaciones digitales así como de emprendimientos en este sector.

Apps.co propicia la generación de ideas y oportunidades a partir de la definición de necesidades en materia TIC para el Gobierno, que van desde aplicaciones específicas hasta software en todos los frentes.

I+D+i

I+D+i es la iniciativa de MinTIC para estimular la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación especialmente en las Empresas TIC. La iniciativa actua a través de proyectos que inyectan recursos en el ecosistema para fomentar actividades de I+D+i.

Los proyectos actuales dentro de la iniciativa I+D+i, además de diferentes convocatorias en temas específicos, incluyen:

1. Nodos de innovación (salud, justicia, arquitectura de TI, ciberseguridad, servicios al ciudadano)

2. Centros de excelencia (Internet de las Cosas, Big-data)

3. Tanque de pensamiento TIC

Programa de Transformación Productiva - PTP

El PTP es un programa del Gobierno Nacional (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) para transformar a la industria colombiana e impulsar el desarrollo de las empresas de 20 sectores estratégicos de la economía nacional, para que compitan y crezcan. Este motor de la política industrial hace parte del. El Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 del Gobierno Nacional estableció que el Programa de Transformación Productiva, creado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en 2008, debería ser administrado por Bancoldex.

El PTP conoce en detalle a las empresas colombianas, propone una respuesta contundente del Estado para que las empresas aprovechen sus oportunidades para competir y crecer. Esto se logra promoviendo un diálogo permanente con los empresarios, sus gremios y con las entidades de gobierno de todas las regiones del país.

La Transformación Productiva es un proceso que permite a los empresarios obtener resultados extraordinarios a partir de pensar diferente y actuar diferente. Este proceso no tiene fin, porque el país requiere estar en constante crecimiento de su economía y empleo.

Colombia se la juega por la Transformación Productiva para fortalecer las empresas colombianas, que son el corazón de la economía del país, y estas a su vez, fortalecen el tejido social de las regiones generando más y mejores empleos. Además, impulsamos la modernización de la industria, llevándola a su encuentro con nuevas tecnologías, encadenamientos productivos y buenas prácticas que garantizan una producción sostenible.

Sectores que trabajan con el PTP

Manufacturas:

1. Cosméticos y artículos de aseo
2. Editorial e industria de la comunicación gráfica
3. Industria de autopartes y vehículos
4. Textiles y confecciones (Hace parte del Sistema Moda)
5. Cuero, calzado y marroquinería (Hace parte del Sistema Moda)
6. Siderúrgico
7. Metalmecánico
8. Astillero

Agroindustria:

9. Hortofrutícola
10. Chocolatería, confitería y sus materias primas
11. Acuícola
12. Carne bovina
13. Lácteo
14. Palma, aceites, grasas vegetales y sus biocombustibles

Servicios:

15. Energía eléctrica, bienes y servicios conexos
16. Software & TI17. Acuícola
17. Tercerización de procesos de negocio BPO&O
18. Turismo de Salud
19. Turismo de bienestar
20. Turismo de Naturaleza

Innpulsa Colombia

Innpulsa Colombia es la institución del Gobierno Nacional, creada en febrero de 2012, para apoyar y promover el crecimiento empresarial extraordinario, es decir, a iniciativas de negocio que puedan crecer de manera rápida, rentable y sostenida. Innpulsa trabaja para fomentar la innovación y el emprendimiento de alto impacto, entendiendo que estas son palancas que permiten dicha clase de crecimiento.

INNpulsa Colombia fue creada para activar el crecimiento empresarial extraordinario teniendo en cuenta que:

1. Tener la aspiración y la decisión de crecer de manera extraordinaria, permite que las empresas vayan más allá, conquisten mercados globales, en vez de apenas sobrevivir.
2. El crecimiento empresarial extraordinario, genera empleos estables y de calidad.
3. A partir de la innovación se reconfiguran mercados, se revolucionan industrias y se valoriza las iniciativas empresariales
4. Colombia están en el puesto 66, entre 144 economías del mundo, en materia de innovación y sofisticación de los negocios.

Innpulsa realiza tres tareas para contribuir al crecimiento empresarial extraordinario:

- Promueve un cambio de mentalidad para superar las barreras en la forma de pensar que impiden más casos de crecimiento empresarial extraordinario.
- Corrige fallas del mercado inyectando recursos donde hacen falta y conectando y activando oferta y demanda.
- Fortalece a los actores en las regiones para que promuevan el crecimiento extraordinario de las empresas en sus territorios.

En 2010, tras analizar 6.178 empresas, se pudo ver que el 4,6% de ellas presentaron crecimientos extraordinarios. Ese mismo 4,6% generó el 75% de la utilidad operativa de toda la muestra.

3.5 Referentes internacionales

En esta sección se estudian los referentes internacionales más importantes bien sea que ya tengan o que puedan tener un impacto significativo en el ecosistema. El estudio incluye las asociaciones profesionales más relevantes, las vitrinas más importantes para los resultados de investigación, las universidades y centros de investigación de mayor reconocimiento, las multinacionales con impacto en el país y las certificaciones de calidad que pueden ser de interés para las empresas del ecosistema.

Asociaciones profesionales

En el contexto del Ecosistema TIC, hay dos asociaciones profesionales internacionales con un impacto fuerte en el país y en el mundo entero: ACM (*http://www.acm.org/*) e IEEE Computer Society (*http://www.computer.org/*) . Ambas sociedades se ocupan de temas similares y tienen un impacto que cubre la formación de profesionales en TIC, la práctica profesional, la realización de eventos y aspectos relacionados con la investigación. Por ejemplo, tanto ACM como Computer Society proponen clasificaciones de temas relacionados con la computación:

1. ACM Computing Classification System: *http://www.acm.org/about/class/2012*
2. IEEE Computer Society – Keywords: *http://www.computer.org/portal/web/publications/acm-taxonomy*

Con respecto a la formación, ambas sociedades han trabajado ampliamente temas relacionados con la denominación de los programas y con la estructura de los currículos (http://www.acm.org/education/curricula-recommendations , http://www.computer.org/portal/web/education/Curricula). Por ejemplo, ACM tiene una propuesta curricular específica para cada uno de los perfiles principales que ellos identificaron:

- Computer Science
- Computer Engineering
- Information Systems
- Information Tecnology
- Software Engineering

Para el caso Colombiano, sería recomendable hacer un análisis y ajuste de los currículos en los que se haga una comparación explícita y sustentada con las estructuras curriculares propuestas por alguna de estas sociedades.

Publicaciones científicas: conferencias y editoriales

La publicación de resultados de investigación en el área TIC tiene una dinámica con particularidades que la hacen diferente a la de otras disciplinas. Por un lado, la rapidez con la que evoluciona la tecnología hace que los ciclos de experimentación y publicación que son normales en otras áreas del conocimiento sean extremadamente largos para el caso de TIC. Por ejemplo, mientras que en el campo de la física un artículo escrito 3 años atrás puede ser considerado parte del estado del arte, en el caso de las TIC un artículo con 3 años de antigüedad puede ser fácilmente obsoleto. Por otro lado, se debe considerar la naturaleza tecnológica de las TICs que las hace diferente de las disciplinas básicas. Desde este punto de vista, la investigación no está dirigida principalmente a la identificación de fenómenos (que se espera que sean replicados en otros laboratorios independientes) sino al diseño y construcción de soluciones a problemas (donde la propuesta de solución puede ser considerada su propia demostración). Finalmente, está el hecho de que para muchas de las áreas de investigación en TIC los recursos no-humanos necesarios para hacer investigación del máximo nivel son mínimos. Esto hace posible que surjan resultados muy importantes de cualquier laboratorio, sin importar su ubicación geográfica ni los recursos con los que cuente. Esto hace entonces que la colaboración entre investigadores sea mucho más dinámica que en otros campos.

Por todo lo anterior, las conferencias son un elemento importantísimo de difusión y discusión en el campo de las TICs. A diferencia de otros campos donde las tasas de aceptación de las conferencias son muy altas, en nuestro campo las conferencias tienen tasas similares a las de buenas revistas y utilizan mecanismos de evaluación de pares. Desafortunadamente no todas las conferencias tienen la misma calidad y es complicado contar con indicadores adecuados y actualizados

tales como la tasa de aceptación o el factor de impacto. Además, la "popularidad" de un determinado tópico puede hacer que algunos indicadores se incrementen sin que esto tenga nada que ver con la calidad del evento.

Teniendo en cuenta lo anterior, los criterios principales que deberían ser utilizados para evaluar la relevancia de una conferencia son los siguientes:

Tipo de conferencia: podría ser una conferencia especializada en un tema particular (con presentaciones de ponencias seleccionadas), una multi-conferencia que trate múltiples temas no necesariamente relacionados, o un taller (pequeño, muy especializado y orientado más a la discusión que a la presentación de resultados) , entre otros.

Mecanismo de evaluación: evaluación de pares, evaluación ciega, etc.

Alcance: nacional, regional, internacional. Esto aplica tanto para los ponentes, como para los participantes y para el comité de programa.

Idioma: aunque no es necesariamente malo que una conferencia se desarrolle en un idioma diferente al inglés, el impacto potencial es mucho mayor cuando las memorias están en inglés y pueden llegar a un público mucho más amplio.

Tipo de contribución: el tipo de contribución, así como su longitud es un factor muy importante para evaluar el impacto. Contribuciones más largas (artículos completos) tienen un impacto mayor (medible a través del número de citaciones) que contribuciones cortas (artículos cortos, resúmenes extendidos o posters).

Memorias: el tipo de memorias y quién las publica puede ser también un indicador de calidad. Normalmente, las memorias publicadas por ACM en su Digital Library, IEEE en IEEEXplore o Springer en Springerlink provienen de conferencias y eventos de buena calidad.

Respaldo: finalmente está el respaldo a la organización de la conferencia. En este sentido, se deben considerar los patrocinadores académicos (ACM e IEEE son los que representan una mayor garantía de calidad, aunque no son los únicos), las universidades organizadoras, y los miembros de los comités organizadores y comités de programa.

Con respecto a las revistas en el campo de las TICs puede verse que las revistas de calidad no necesariamente están incluidas en los índices ISI de Thomson Reuters y que los índices de impacto suelen ser bastante más bajos que en otros campos. Por ejemplo, la revista en el área de ingeniería de software indexada en ISI que tiene el mayor factor de impacto es "IEEE Transactions on Software Engineering" (i.f. 2.59) [4] mientras que la revista Nature tiene un factor de impacto de 42.3.

En general puede decirse que las revistas en el área TIC que son publicadas por las siguientes sociedades o editoriales son de buena calidad:

- ACM
- IEEE
- Elsevier
- Springer

Esto no significa de ninguna forma que las revistas de calidad sean exclusivas de estos grupos.

4 Fuente: http://www.cse.chalmers.se/~feldt/advice/isi_listed_se_journals.html

Universidades y centros de investigación

La siguiente tabla presenta algunos de los centros de investigación y universidades que tienen un mayor impacto en el mundo en el área de TICs. El sector TIC en Colombia debería acercarse lo más posible a estas instituciones para intentar establecer proyectos de cooperación y para poder asimilar las mejores prácticas que ellos han puesto en práctica. Por ejemplo, los modelos de Fraunhofer y de Inria podrían ser utilizados para inspirar la evolución de los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el país; igualmente, las experiencias de Universidades como la TUM podrían utilizarse para establecer estrategias dirigidas a fortalecer la transferencia tecnológica a través de la creación de spinoffs.

Universidades y Laboratorios referentes

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Alemania	Fraunhofer	El centro alemán Fraunhofer es la mayor organización de investigación aplicada de Europa y está compuesto por 60 institutos.	1. Salud, Nutrición y Medio Ambiente 2. Seguridad 3. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: en concreto, las líneas de trabajo e investigación de este centro son el procesado de imagen, las comunicaciones de banda ancha, computación en la nube y/o en la grid, contenidos multimedia digitales (producción, transmisión y distribución), tecnologías de representación digital, e-Comercio, e-Enseñanza y Entretenimiento, sistemas embebidos, Eco-TICs, seguridad, procesado semántico de la información, realidad virtual y aumentada, ingeniería de software y usabilidad/accesibilidad. 4. Transporte y Movilidad 5. Energía 6. Producción y Medio Ambiente
Alemania	Technische Universität München	La universidad técnica de Múnich es una institución líder en Alemania en diferentes áreas de la informática y especialmente su aplicación a la tecnología automotriz.	1. Tecnologías de información empresariales 2. Tecnología automotriz 3. Generación de empresas de base tecnológica (spin-offs).

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Bélgica	IMEC	El Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC) es un centro de investigación independiente en el campo de la microelectrónica y nano- tecnología localizado en Leuven, Bélgica. En IMEC trabajan más de 2.000 personas, de los cuales hay unos 600 residentes industriales e investigadores invitados.	1. Tecnología para los circuitos integrados y sistemas del futuro (electrónica orgánica, sub-22nm CMOS, MEMs, NEMs, etc.). 2. Energía. 3. Electrónica para la salud y ciencias de la vida. 4. Sistema de visión inteligente. 5. Comunicaciones inalámbricas sostenibles (Green Radios). 6. Sistemas de sensores para aplicaciones industriales.
Corea del Sur	ETRI	ETRI es el mayor instituto de investigación financiado por el gobierno en Corea centrado la formulación de ideas innovadoras, el desarrollo de nuevas técnicas y capacitación de profesionales en el área de Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información, con el fin de mejorar en última instancia, los aspectos sociales y económicos de la sociedad moderna.	1. Tecnologías de convergencia IT (tecnologías para la salud y el bienestar, informática de bajo consumo, aplicaciones de sensores en la automoción, RFID y redes ubicuas para smart-cities, robótica, etc.). 2. Componentes y Materiales para las TICs (semiconductores de nueva generación, componentes de bajo consumo, etc.) 3. Tecnologías de Radiodifusión (Broadcasting) y Telecomunicaciones. 4. Software. 5. Internet (comunicaciones móviles, infraestructuras de fibra óptica, etc.). 6. Contenidos. 7. Estrategia tecnológica y comercialización.
EEUU	Carnegie Mellon University	La Universidad Carnegie Mellon ha sido desde hace más de 50 años una de las instituciones líderes en informática, con presencia en múltiples áreas (ingeniería de software, computación gráfica, métodos formales y teoría de la computación, etc.). El Software Engineering Institute, la entidad detrás de PSP, TSP y CCMI es una dependencia de esta universidad.	1. Tecnologías de Información 2. Electrónica

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
EEUU	Carnegie Mellon University	La Universidad Carnegie Mellon ha sido desde hace más de 50 años una de las instituciones líderes en informática, con presencia en múltiples áreas (ingeniería de software, computación gráfica, métodos formales y teoría de la computación, etc.). El Software Engineering Institute, la entidad detrás de PSP, TSP y CCMI es una dependencia de esta universidad.	1. Tecnologías de Información 2. Electrónica
EEUU	MIT	El Instituto Tecnológico de Massachusetts constituye uno de los principales institutos de referencia a nivel mundial en la investigación y desarrollo tecnológico. Como principales indicadores de su excelencia podemos señalar que de sus instalaciones han salido 77 premios Nobel y 55 galardonados con la medalla nacional de las ciencias (EEUU).	1. Aeronáutica y Astronáutica. 2. Ingeniería Biológica. 3. Ingeniería Química. 4. Ingeniería Civil y Medioambiental. 5. Ingeniería Eléctrica e Informática. 6. Sistemas de ingeniería. 7. Ingeniería de los Materiales. 8. Ingeniería Mecánica. 9. Ingeniería y Ciencias Nucleares.
EEUU	Stanford University	La Universidad de Stanford está situada en el norte de California, muy cerca de Silicon Valley, y como tal posee una estrecha relación con muchas de las empresas que en él están situadas.	1. Energía y Medioambiente 2. Tecnologías de la Información 3. Nano-Ciencia y Nano-tecnología 4. Bioingeniería
EEUU	University of California at Berkeley	La Universidad de California fue fundada en 1868 y su recinto principal, concebido como una "ciudad del aprendizaje", se estableció en Berkeley, San Francisco, EEUU. Cuenta con una masa estudiantil de 36.142 estudiantes (Otoño 2011), y entre su profesorado se encuentran 8 premios Nobel, 32 receptores del MacArthur Fellowship, y 4 premios Pulitzer.	1. Sistemas Micro-,Nanoelectromecánicos (MEMS) 2. Circuitos Integrados. 3. Energía. 4. Física Electrónica. 5. Ingeniería y Arquitectura de Computadores. • Inteligencia Artificial. 6. Biosistemas y Biología Computacional. 7. Redes y Comunicaciones.

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
EEUU	University of California at Berkeley	La Universidad de California fue fundada en 1868 y su recinto principal, concebido como una "ciudad del aprendizaje", se estableció en Berkeley, San Francisco, EEUU. Cuenta con una masa estudiantil de 36.142 estudiantes (Otoño 2011), y entre su profesorado se encuentran 8 premios Nobel, 32 receptores del MacArthur Fellowship, y 4 premios Pulitzer.	8. Sistemas de Control, Sistemas Inteligentes y Robótica. 9. Sistemas de Gestión de Bases de Datos. 10. Diseño, Modelado y Análisis. 11. Educación. 12. Gráficos. 13. Interacción Hombre-Máquina. 14. Sistemas Operativos y Redes. • Sistemas de Programación. 15. Computación Científica. 16. Seguridad. 17. Procesado de Señal.
EEUU	California Institute of Technology	El Instituto de Tecnología de California (Caltech) es un centro de investigación de la ciencia, ingeniería y enseñanza de renombre mundial. Tiene 26 programas de formación superior, 300 profesores (31 premios Nobel, casi 70 receptores de medallas nacionales, y 110 miembros de la Academia Nacional), más de 600 becarios de investigación, 978 estudiantes de pregrado y 1.253 de posgrado	1. Electrónica y Nano-tecnología. 2. Energía e Infraestructuras sostenibles. Materiales. 3. Seguridad Nacional. 4. Robótica. 5. Tecnología y personas. 6. Bioingeniería y Biociencia. 7. Sistemas.
Finlandia	VTT	El Centro de Investigación Técnica de VTT (VTT Technical Research Centre), localizado en Finlandia, es uno de los mayores centros de investigación aplicada multi- tecnológica del norte de Europa. VTT obtuvo unos ingresos de cerca de 278 millones de euros, con una plantilla de unos 2.818 profesionales.	1. Tecnologías de la información y las comunicaciones 2. Materiales aplicados 3. Procesos bioquímicos 4. Investigación de negocio e innovación 5. Energía 6. Gestión de sistemas industriales 7. Micro-tecnologías y electrónicas 8. Servicios y entornos construidos 9. Procesos bioquímicos

Tabla 3.25
Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Francia	CEA	La Atomic Energy Commission (CEA) es un centro de investigación pública que realiza investigaciones estratégicas e innovadoras con gran relevancia nacional para Francia. La plantilla del centro consta de 15.867 profesionales (divididos entre actividades de investigación civiles y militares), de los cuales 1.448 son estudiantes de doctorados y 287 post-docs.	1. Energía nuclear y no nuclear 2. Defensa y seguridad 3. Medicina 4. Nano-ciencia y nano-tecnología 5. Micro-electrónica 6. Protección medioambiental 7. Tecnologías de la Información
Francia	INRIA	El Instituto Francés para la Investigación en Ciencias de la Computación y la Automatización es una entidad nacional creada en 1967 y con 8 sedes distribuidas por todo el territorio francés. Realizan investigación del máximo nivel en todas las áreas de las tecnologías de información, las ciencias de la computación y la automatización.	
Holanda	Eindhoven University of Technology	Es una universidad de altísima calidad enfocada en disciplinas técnicas. Son líderes en áreas como la ingeniería de software aplicada al mundo empresarial.	
Holanda	Delft University of Technology	Es una universidad dedicada sobretodo a las ciencias aplicadas, con un departamento muy fuerte de ingeniería eléctrica, matemáticas e informática.	

Tabla 3.25
Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Holanda	TNO	TNO es uno de los centros tecnológicos privados más grande de Europa, fue creado en 1932, cuenta con 5.432 empleados.	TNO se propone contribuir a solucionar los retos a los que se enfrenta el mundo en temáticas como sostenibilidad, salud, escasez y amenazas geopolíticas a través de la investigación en las siguientes áreas: vida saludable, innovación industrial, defensa y seguridad, energía, movilidad, construcción y sociedad de la información.
Irlanda	Tyndall National Institute	El Instituto Nacional Tyndall, es uno de los principales centros de Europa de investigación y el desarrollo en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), Se trata de la mayor instalación de su tipo en Irlanda. Tyndall, conocido anteriormente como el Centro Nacional de Investigación en Microelectonica, se creó en 2004 para proporcionar una masa crítica de investigadores que apoyen el crecimiento y el desarrollo de una economía inteligente basada en el conocimiento en Irlanda.	1. Microsistemas (redes de sensores inalámbricas, integración de sistemas heterogéneos, materiales electro-químicos y energía, interfaces de ciencias de la vida, micropotencia, nanomagnetismo) 2. Micro y nanolectrónica (supreficies y materiales avanzados, investigación en silicio, nanotecnología, evaluación del diseño tecnológico, química de materiales y análisis grupal) 3. Teoría, modelamiento y diseño (circuitos y sistemas teoría electrónica, simulación de películas delgadas, teoría de materiales, teoría fotónica) Fotónica (Materiales y dispositivos III-V, Materiales de nitrido, óptica cuántica, dinámica de dispositivos ópticos, física láser, sistemas fotónicos, epitaxis y física de nanoestructuras, fotónica integrada) 5. Esta investigación se orienta a aplicaciones en los siguientes sectores: 6. Comunicaciones (Energy- and cost-efficient fibre- to-the-home/business networks, High capacity 'Terabit per second' coherent communication systems, New technologies for beyond standard fibre capacity limits, Photonic and electronic solutions for extending transmission reach, Ultrafast all-optical firewalls and 'on-the-fly' packet processors, Low-light fibre sensing and communication systems including ultra-secure quantum key

Tabla 3.25
Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Irlanda	Tyndall National Institute	El Instituto Nacional Tyndall, es uno de los principales centros de Europa de investigación y el desarrollo en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), Se trata de la mayor instalación de su tipo en Irlanda. Tyndall, conocido anteriormente como el Centro Nacional de Investigación en Microelectonica, se creó en 2004 para proporcionar una masa crítica de investigadores que apoyen el crecimiento y el desarrollo de una economía inteligente basada en el conocimiento en Irlanda.	distribution networks, Novel materials and systems for low-power photonic networks, Ultra-compact transceivers for plastic optical fibre links and networks, Integrated component technologies for optical burst-switched metro networks) 7. Energía (Building energy management, Energy- efficient lighting, Energy harvesting and storage, High-efficiency solar cells, Advanced power semiconductors, Power supply on chip, ICT networks for home, industry and smart grid systems) 8. Salud (New portable devices for point of care diagnosis, Implantable electronics for diagnostics and therapy, Wearable wireless electronics for physiological monitoring, Personalized and targetted treatment of illness, New materials for cell and tissue regeneration, Microneedles for painless drug delivery) 9. Ambiente (Water quality monitoring and treatment, Flood risk alert and management, Air quality monitoring, Soil quality monitoring)
Italia	Politécnico di Milano	El Politécnico de Milano es la institución líder en Italia en temas relacionados con Ingeniería de Software y una de las universidades mejor clasificadas fuera de USA por ACM. El Politécnico de Milán llegó a esas posiciones recientemente, después de una agresiva estrategia dirigida al posicionamiento mundial en el área.	1. Ingeniería de Software 2. Sistemas de Información 3. Inteligencia Artificial y Robótica 4. Multimedia

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Japón	Tohoku University	Creada en el año 1907, es una de las más reconocidas del país.	1. La facultad de ingeniería, con las especialidades de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial (Ingeniería Energética, Bio-Ingeniería y sistemas robóticos, etc.) y de Sistemas Inteligentes y de la Información (Inteligencia energética, Redes de Comunicaciones, Nano-electrónica, Ciencias de la Computación, Computación inteligente, Bio-electrónica para la Medicina, etc.). 2. La facultad de Ciencias, en la especialidad de Ciencias Físicas. 3. Las escuelas de Ingeniería eléctrica, Ingeniería de Comunicaciones, Ingeniería electrónica, Física aplicada, Ciencia de los materiales, Bio-ingeniería y Robótica. 4. El Instituto de Investigación de Materiales. 5. El Instituto de Investigación de Comunicaciones
Suiza	CSEM	El Centre Suisse d' Electronique et de Microtechnique (Swiss Center for Electronics and Microtechnology) es un centro privado, cuya misión es ayudar a mejorar la competitividad de la industria, en especial la sueca. Tiene más de 390 empleados en Suiza, más de 150 clientes en todo el mundo.	1. Micro- y nanotecnología 2. Microelectrónica para ingeniería de sistemas 3. Tecnologías de la comunicación, en particular para portátiles dispositivos biomédicos, sensorización y procesamiento inteligente de datos, comunicaciones de corto alcance, mecatrónica y sistemas embebidos SoC para comunicaciones wireless.

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

País	Nombre	Descripción	Áreas de Investigación
Suiza	ETH Zurich	Una de las universidades con más tradición en Europa, cuenta con laboratorios donde han trabajado varios de los precursores de la computación, especialmente en el área de lenguajes de programación y métodos formales. Actualmente tiene presencia en todo el espectro de la disciplina, mantiene importantes convenios con universidades de todos los continentes, y lidera importantes proyectos de investigación en países tan lejanos como Singapur.	
Taiwan	ITRI	El instituto de investigación tecnológica industrial (Industrial Technology Research Institute, ITRI) es una organización no lucrativa de investigación y desarrollo dedicada a la investigación aplicada y servicios tecnológicos. Fundada en 1973, ITRI ha jugado un papel vital en la transformación de la economía de Taiwan de una industria intensiva en mano de obra a una industria de alta tecnología.	1. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. 2. Electrónica y Optoelectrónica. 3. Materiales, Química y Nanotecnología. 4. Dispositivos Médicos y Biomédicos. 5. Sistemas Mecánicos. 6. Energía Sostenible y Medioambiente.

Tabla 3.25 *Universidades y Laboratorios referentes – Fuente: Plan Synertic*

Multinacionales de Software, Hardware y Servicios

Las multinacionales del sector TIC tienen una enorme influencia en el país tanto a través de sus productos como a través de su participación en el mercado de servicios de consultoría. En algunos casos, las multinacionales tienen oficinas en el país y participan directamente en los proyectos. En otros casos, operan a través de empresas locales con las cuales tienen convenios de asociación y de exclusividad. Debe destacarse que las multinacionales no tienen en el país centros de desarrollo o de investigación como sí tienen en otros países, por lo cual la mayoría de actividades que realizan son de tipo comercial y requieren un recurso humano que no tiene un perfil demasiado técnico. Esto también hace que las soluciones que construyen tiendan a ser poco innovadoras. De todas formas, el rol que juegan estas empresas es fundamental en el ecosistema puesto que se convierten en generadores de oportunidades que capitalizan empresas

nacionales. Las multinacionales TIC con presencia en el país pueden clasificarse en tres dimensiones: producción de productos de software, producción de productos de hardware, y prestación de servicios.

En la primera dimensión se pueden encontrar empresas que producen desde sistemas operativos (como Microsoft, Red Hat, Apple o Google) hasta empresas que producen aplicaciones especializadas (por ejemplo SAS, Symantec o SAP) pasando por productoras de plataformas (por ejemplo Red Hat, Oracle o IBM). En la segunda dimensión se encuentran las empresas que producen hardware, tales como IBM, HP, Dell o Cisco. Sin embargo, debido al fenómeno de convergencia tecnológica, también deben considerarse productores de dispositivos como celulares, tabletas y televisores. En la tercera dimensión se encuentran las empresas que prestan servicios. Algunas de ellas pertenecen también a alguno de los otros segmentos y prestan servicios de consultoría especialmente relacionados con sus propios productos (por ejemplo Oracle o Microsoft), mientras que otras son independientes de la tecnología (por ejemplo PWC, Infosys, Tata, Accenture, o KPMG). Finalmente se encuentran las compañías que prestan otro tipo de servicios de tecnología, tales como Amazon o Google.

Certificaciones

Las siguientes son algunas de las certificaciones más relevantes para las empresas del sector TIC colombiano o para sus empleados.

Certificaciones más relevantes para las empresas del sector TIC

Certificación	Institución responsable	Relevancia
CMMI	SEI – Software Engineering Institute	Es un modelo de madurez utilizado para medir y guiar el mejoramiento de procesos, principalmente en empresas de tecnología y empresas de desarrollo de software.
PSP / TSP	SEI – Software Engineering Institute	PSP y TSP son un conjunto de prácticas para la gestión de procesos de desarrollo. PSP se refiere a la gestión personal mientras que TSP se refiere a la gestión de equipos. Ambos procesos cubren aspectos tales como la planeación de las actividades, la estimación de tamaños, tiempos y métricas de calidad, las actividades de seguimiento y el mejoramiento continuo. PSP y TSP pueden ser vistos como un elemento sobre el cual puede apoyarse una implementación de CMMI.

Tabla 3.26 *Certificaciones más relevantes para las empresas del sector* TIC

Tabla 3.26
Certificaciones más relevantes para las empresas del sector TIC

Certificación	Institución responsable	Relevancia
Cobit	ISACA	Es un marco de referencia para manejo y gobierno de servicios de tecnología que pueden utilizar las empresas que prestan servicios de IT.
ITIL	Axelos Ltd.	Es un conjunto de prácticas para el desarrollo, prestación y gobierno de servicios de IT que puede ser visto como un complemento a Cobit.
PMP	PMI – Project Management Institute	Es una certificación para personas que demuestra conocimientos, habilidades y experiencia en la gerencia de proyectos.
ITMark	Tecnalia	Es una certificación similar a CMMI orientada a medir procesos en pequeñas empresas de tecnología.
ISO 9001	ISO - International Organization for Standardization	Es la certificación de calidad más difundida en el mundo. Puede ser utilizada como una medida del compromiso con la calidad que tenga una empresa y obliga a establecer una serie de métricas y procesos orientados al mejoramiento continuo.
ISO 27001	ISO - International Organization for Standardization	Es un certificación orientada hacia la definición y cumplimiento de actividades relacionadas con la seguridad y el riesgo.

Adicionalmente, existen una serie de certificaciones orientadas a tecnologías específicas que son respaldadas directamente por los proveedores y que típicamente se entregan a individuos. Estas certificaciones son indudablemente importantes para el ecosistema: son valiosas para los individuos que las tienen y le permiten a las empresas contratar recursos humanos que deberían ser productivos más rápidamente. Sin embargo, estas certificaciones también corren el riesgo de convertirse en restricciones fuertes para la contratación y en requisitos más importantes que los mismos diplomas entregados por las IES. Adicionalmente, estas certificaciones suelen ser extremadamente especializadas y tener una vida útil muy corta, por lo cual los certificados tienen que estar actualizándose casi permanentemente.

3.6 Asociaciones y Gremios

Un elemento importante dentro del Ecosistema TIC son todos los mecanismos de agrupación y asociación que sirven para potenciar las capacidades y probabilidades de éxito tanto de las empresas como de los individuos. En esta sección se exploran estos diferentes modelos de agrupación y se reportan los principales grupos existentes.

Modelo conceptual

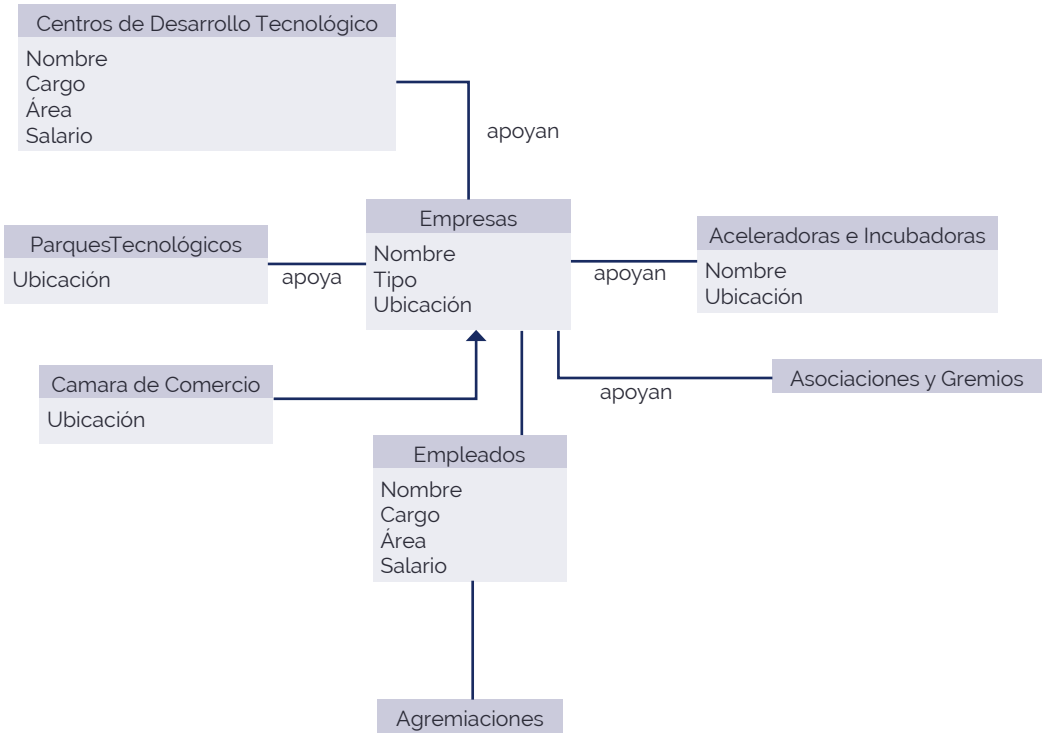


Figura 3.45
Modelo conceptual

Detalle del modelo conceptual

Agremiaciones: las agremiaciones son agrupaciones de personas que hacen parte del sector o que comparten la misma profesión.

Asociaciones y clústers: las asociaciones son agrupaciones de empresas cuyo objetivo es ofrecer servicios adicionales a sus asociados y aprovechar las ventajas trae actuar como un grupo en lugar de como empresas independientes. Los clústers son asociaciones que comparten una ubicación geográfica.

Aceleradoras e incubadoras: estas son organizaciones que tienen como objetivo facilitar el crecimiento de las empresas a través de la inversión o de la entrega de servicios. La diferencia principal entre aceleradoras e incubadoras es que las primeras suelen invertir en las empresas que aceleran (es decir que su éxito está ligado al éxito de estas empresas), mientras que las incubadoras únicamente prestan servicios a las empresas (es decir que su éxito está ligado al uso de los servicios que ofrecen a las empresas).

Cámaras de comercio: las cámaras de comercio son organizaciones formadas por un conjunto de empresas asociadas y que cumplen tanto tareas públicas delegadas por el estado (como conformar y manejar el registro mercantil o llevar el depósito de los estados financieros) como tareas en pro de sus afiliados (actividades de formación, eventos, y lobby).
Parques tecnológicos: más que agrupaciones son espacios donde se busca la proximidad de muchas empresas para que se compartan recursos y oportunidades, fluya rápidamente información entre las empresas y surjan sinergias.

Centros de desarrollo tecnológico: son entidades reconocidas por Colciencias para realizar actividades dirigidas a la apropiación social del conocimiento, el desarrollo de productos y servicios innovadores, y el desarrollo tecnológico. Los centros de desarrollo tecnológico deberían tener asociados grupos de investigación y producir también productos de nuevo conocimiento.

Agremiaciones

Como se dijo anteriormente, las agremiaciones son agrupaciones de personas que comparten su profesión o su trabajo y que velan por los intereses de sus agremiados. En Colombia, aunque hay agremiaciones en muchos sectores, estas tienden a ser mucho menos fuertes que en otros países donde es indiscutible el poder que tienen, por ejemplo, dentro de la formulación de políticas públicas.

ACIS – Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas

La Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS es una organización surgida en 1975 que agrupa a más de 1500 profesionales en el área de sistemas. Hoy en día, ACIS organiza grupos de interés en diferentes aspectos, organiza cursos cortos y es el gestor de eventos tales como el Salón de Informática, las Jornadas de Gerencia de Proyectos de TI y las Jornadas de Seguridad Informática.

Hallazgo: Aunque ACIS no tiene la fortaleza necesaria para influir en la definición de políticas públicas en el sector TIC, tiene una imagen generalmente positiva dentro del gremio y no tiene una competencia directa.

ACIEM – Asociación Colombiana de Ingenieros

Es la agremiación que une a ingenieros del país en todas las áreas de la ingeniería. Hace parte del cuerpo técnico consultivo del gobierno nacional, y trabaja para tener una influencia

positiva en la construcción de políticas públicas en áreas como la ingeniería aeronáutica, electrónica y de telecomunicaciones, así como en campos como la energía, la infraestructura de transporte, y la construcción de obras civiles.

Asociaciones y clústers

A diferencia de las agremiaciones, las asociaciones y clústers están compuestas por empresas y no por personas. Esto hace que el nivel de participación en las asociaciones sea comparativamente más elevado, puesto que se trata de un compromiso institucional y no personal. Adicionalmente hay diversos incentivos que estimulan la participación en las asociaciones mientras que no hay mecanismos similares para fomentar la participación en las agremiaciones. Por ejemplo, muchas de las convocatorias recientes organizadas por MinTIC y Colciencias han premiado la participación de las empresas en asociaciones y clústers.

Hallazgo: Aunque la pertenencia de empresas a las asociaciones y clústers es deseable, es muy diferente la pertenencia y la participación: muchas empresas hacen parte de asociaciones pero ni participan en las actividades que estas ofrecen ni colaboran con otros miembros de sus asociaciones porque no existen mecanismos para estimular esta participación.

Fedesoft – Federación Colombiana de la Industria del Software

La Federación Colombiana de la Industria del Software y Tecnologías Informáticas Relacionadas – FEDESOFT surgió en noviembre de 1999 a partir de la fusión de Indusoft y Fedecolsoft. Fedesoft tiene la misión de velar por el fortalecimiento del sector a través del desarrollo de políticas que normalizan, defienden y promueven los intereses de los industriales del software en Colombia.

En la actualidad FEDESOFT cuenta con más de 400 empresas afiliadas en toda Colombia.

Hallazgo: en los últimos años Fedesoft ha venido renovándose y fortaleciéndose para apoyar de forma más afectiva a sus afiliados. Entre otras actividades, Fedesoft ha participado en la elaboración de estudios sectoriales y organiza eventos, ruedas de negocio y talleres.

ParqueSoft Colombia

En palabras de la misma empresa [5], ParqueSoft son uno de los principales proveedores de soluciones de conocimiento y tecnologías de la Información - TI, servicios profesionales relacionados e integrador de sistemas para el mercado de América Latina, con más de una década de presencia en el mercado. Parquesoft agrupa a más de 200 empresas que se integran en un ambiente para la innovación, transferencia y apropiación de conocimientos y experiencias de frontera en tecnologías informáticas de última generación.

Tiene un ecosistema que integra más de 1.000 personas del sector de la industria para la creación y desarrollo de productos y servicios innovadores, entregando al mercado un amplio portafolio de soluciones para la vida y los negocios.

Parquesoft integra un modelo de ideación, diseño, innovación y construcción de soluciones diferenciadoras, basado en buenas prácticas, para el desarrollo de sus retos de negocios. Ofrece un portafolio de más de 250 productos para los diferentes sectores de la economía y una oferta de servicios profesionales para el desarrollo de soluciones especializadas con base en las especificaciones de los clientes. Entrega productos y servicios siguiendo las recomendaciones de las

5 Tomado de: Nosotros – ParqueSoft http://www.parquesoft.com/nosotros

buenas prácticas, para el cierre exitoso de la implantación de las soluciones comprometidas con los clientes.

Fue creado y actualmente es liderado por emprendedores colombianos líderes de la industria del conocimiento. ParqueSoft desea continuar su expansión nacional e internacional con pequeños y grandes clientes satisfechos.

CCIT – Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones

La Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones es una entidad que agrupa empresas del Sector de Telecomunicaciones e Informática en Colombia. La CCIT fue fundada en 1993 y desde entonces ha desarrollado una gestión como organismo del sector privado para mediar en las relaciones con el Estado y la opinión pública.

A diferencia de Fedesoft, la mayoría de empresas que son parte de la CCIT son multinacionales o empresas de gran tamaño. Por lo tanto no puede considerarse que a la CCIT como un representante de la industria TIC nacional. Entre otras, hacen parte de la CCIT: Adobe, Alcatel, AMD, Anditel, Apple, ATC Sitios de Colombia, Avantel, azteca, Balum telecomunicaciones, Belmont Trading Colombia, BlackBerry, BT, Carvajal, Cisco, Citrix, Claro, Controles Empresariales, DELL, DirecTV, El Tiempo, EMC, Epson, Ericsson, Everis, gasNatural Fenosa, Gemalto, Gilat, Google, HP, Hitss, Huawei, IBM, Intel, Lazus, Lenovo, Level(3), LG, MasterCard, McAfee, Microsoft, Motorola, NEC, Nexsys, NMS, Nokia, NSN, Oracle, Rackspace, RedHat, Samsung, SAP, Sonda, Sony, Symantec, Synapsis, S3 Wireless, TE connectivity, Verizon terremark, Upsistemas, ZTE.

Otras asociaciones

Otras asociaciones existentes en el país incluyen las siguientes:

Otras asociaciones existentes en el país

Tabla 3.27
Otras asociaciones existentes en el país

Nombre	Ubicación
Cluster Sinertic	Bogotá Cundinamarca
Ruta N	Antioquia
Red de Empresarios del Software de Colombia	Antioquia
Clúster tecnología, información y comunicación	Antioquia
Clúster CETICS	Santander
Plataforma para la Aceleración de la Competitividad, la Innovación, la Formación, y la Investigación para el Sector TIC de la Región Pacífico de Colombia (PACIFITIC)	Pacífico
Clúster TIC Cauca	Pacífico
Clúster NetworkIT – Clúster TIC Triángulo del Café	Triángulo del Café

Hallazgo: los clústers regionales se están transformando lentamente para ser cada vez más útiles para sus miembros. Actualmente siguen concentrándose en ofrecer servicios relacionados con mercadeo y ventas a sus asociados, pero en el futuro deberían ofrecer también servicios tecnológicos.

Aceleradoras e incubadoras

Las principales aceleradoras e incubadoras en el país, con participación activa en la construcción de empresas TIC, son las siguientes:

Principales aceleradoras e incubadoras en el país

Tabla 3.28
Principales aceleradoras e incubadoras en el país

Nombre	Ubicación
Créame Incubadora de Empresas	Bogotá Cundinamarca Antioquia
Gestando	Bogotá Cundinamarca
Incubar Colombia	Bogotá Cundinamarca Antioquia
Invest in bogotá	Bogotá Cundinamarca
Connect Bogotá	Bogotá Cundinamarca
HubBog Bogotá	Bogotá Cundinamarca
Social Atom	Bogotá Cundinamarca
Endeavor Colombia	Bogotá Cundinamarca
Incubadora de empresas de base tecnológica de Antioquia IEBTA	Antioquia
Incubadora de Empresas de Base Tecnológica del Suroccidente Incubar Futuro	Pacífico
Incubar Bolívar	Caribe
Incubar Caribe	Caribe
Incubar Cesar	Caribe
Incubar Córdoba	Caribe
Incubar Eje Cafetero	Triángulo del Café
Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Manizales	Triángulo del Café

Hallazgo: las métricas que muestran el desempeño de las aceleradoras e incubadoras no son ni consistentes, ni completas, ni fáciles de encontrar.

Cámaras de comercio

Tabla 3.29 Cámaras de comercio

Nombre	Ubicación
Cámaras de Comercio de Santander	Santander
Cámaras de Comercio de Pacífico	Pacífico
Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca, CREPIC	Pacífico
Consejo departamental de ciencia tecnología e innovación del Valle del Cauca	Pacífico
Cámaras de Comercio Caribe	Caribe
Probarranquilla	Caribe
Atlántico Vive Digital	Caribe
Cámaras de Comercio Triángulo del Café	Triángulo del Café
Quindío Vive Digital	Triángulo del Café
Caldas Vive Digital	Triángulo del Café
Mesa TIC Quindío	Triángulo del Café
Cámara de comercio de Bogotá	Bogotá

Parques tecnológicos

Tabla 3.30 Parques Tecnológicos

Nombre	Ubicación
Parque Tecnológico Manantiales	Antioquia
Parque Tecnológico de Guatiguará	Santander
Corporación Bucaramanga Emprendedora	Santander
Parque Tecnológico de la Umbría	Pacífico

Centros de desarrollo tecnológico

Tabla 3.31 Centros de desarrollo tecnológico

Nombre	Ubicación
CDT ESICENTER SINERTIC Andino	Bogotá Cundinamarca
Red Tecnoparque Colombia	Bogotá Cundinamarca Antioquia Santander Pacífico
CEIS-Centro de Excelencia en Ingeniería y Calidad del Software	Antioquia
Corporación Centro de Investigación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías	Antioquia
Instituto Antioqueño de Investigación	Antioquia
ARTICA-Alianza Regional en TIC Aplicadas	Antioquia
Observatorio del caribe colombiano	Caribe
Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia	Triángulo del Café
Centro de Investigación de las Telecomunicaciones - CINTEL	Bogotá Cundinamarca

Hallazgo: aunque dentro de los objetivos de los centros de desarrollo tecnológico se encuentra el apoyo a procesos de innovación y desarrollo tecnológico, la mayoría de servicios entregados a las empresas tienen que ver con procesos básicos que no tienen que ver con innovación (por ejemplo, Gerencia de Proyectos, asistencia jurídica, etc.)

3.7 Análisis Sobre la Cadena de Valor

En esta sección se presentan las principales conclusiones del análisis de la situación actual del ecosistema, divididas en debilidades (características internas del ecosistema que dificultan el logro de los objetivos), oportunidades (factores internos o externos que pueden generar un impacto positivo en el ecosistema), fortalezas (características internas del ecosistema que pueden facilitar el logro de los objetivos) y amenazas (factores internos o externos que pueden generar un impacto negativo en el ecosistema o en sus logros). Cada elemento del análisis cuenta con un identificador, un enunciado, una reflexión sobre el impacto, las causas y los riesgos, y una localización dentro de la cadena de valor. Los elementos no se presentan en un orden específico.

Debilidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D1	El ecosistema no cuenta con un sistema de observación y seguimiento en operación, que permita entender y controlar su funcionamiento. No hay suficientes indicadores que se calculen periódicamente y esto dificulta que se fijen metas concretas.	Impacto: • Es difícil establecer con precisión la situación del ecosistema. • Es difícil medir el resultado de una acción sobre el ecosistema. • Es difícil determinar las acciones necesarias para mejorar el ecosistema. • No es posible monitorear con precisión la actividad de los eslabones 2 (desarrollo e innovación) y 3 (transferencia tecnológica). • No hay un catálogo preciso y actualizado de actores.	Eslabón 7
D2	En el eslabón de investigación el sistema de medición está orientado únicamente a valorar los logros (productos) y no otras variables igualmente importantes, como madurez, pertinencia para el ecosistema, impacto y capacidad.	Impacto: • Es difícil crear incentivos para mejorar la cooperación, el trabajo conjunto y la eficiencia de los grupos. • Es difícil fomentar la investigación con impacto en el ecosistema. • Es difícil crear una ventaja competitiva alrededor de los grupos de investigación del país. • Es difícil crear masa crítica de investigadores alrededor de temas estratégicos para el país. Riesgo: • Un eslabón de investigación ineficiente, sin masa crítica para convertirse en una ventaja para el ecosistema, potencialmente desalineado con las necesidades del país.	Eslabón 1
D3	El ecosistema no logra producir la cantidad y la calidad de talento humano TIC que requiere el ecosistema para su adecuado desarrollo.	Impacto: • Es difícil aprovechar las oportunidades que se le presentan al ecosistema y mantener un crecimiento sostenido. Causas: • Bajo interés de los estudiantes de colegio por estudiar carreras TIC. • Alto nivel de deserción en los programas profesionales. • Poca cantidad de programas de posgrado y concentración en muy pocas ciudades.	Eslabón 6

Tabla 3.32
Debilidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D3	El ecosistema no logra producir la cantidad y la calidad de talento humano TIC que requiere el ecosistema para su adecuado desarrollo.	Causas: • Programas profesionales con currículos desactualizados y desenfocados, con respecto a las necesidades del ecosistema. • Pocos programas de doctorado en TIC • Falta de claridad sobre la identidad (y diferencias) de los técnicos, tecnólogos y profesionales TIC. • Pocas mujeres como parte de la población en formación en TIC. • Muy pocos programas de nivel técnico y tecnológico en TIC con acreditación de alta calidad. • Muy pocos programas semi-presenciales en TIC de alta calidad. • Poca cantidad de profesores universitarios con formación doctoral, lo que dificulta la masificación de la formación avanzada. • Las débiles relaciones entre las universidades y las empresas dificultan mantener una alineación entre los currículos y las necesidades. • El ecosistema no es atractivo para atraer talento internacional TIC. • La saturación de la capacidad de formación de talento TIC por parte de las universidades públicas y el desperdicio de la capacidad instalada de las universidades privadas por falta de mayor demanda.	Eslabón 6
D4	Bajo nivel de internacionalización de los actores (con sus productos y sus servicios).	Impacto: • Es difícil el trabajo colaborativo con pares a nivel internacional. • Se dificulta la absorción por parte del ecosistema de los productos externos (conocimiento, nuevas tecnologías TIC, etc.) • Hay una pérdida de oportunidades internacionales y una disminución de mercados potenciales. Causas: • Bajo nivel de bilingüismo en todos los eslabones de la cadena de valor.	Eslabones misionales

Tabla 3.32
Debilidades

Tabla 3.32
Debilidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D4	Bajo nivel de internacionalización de los actores (con sus productos y sus servicios).	Causas: • El alto porcentaje de productos nacionales de investigación escritos en español impide el flujo de los mismos hacia el entorno internacional. • Desconocimiento del entorno internacional y de las posibilidades que allí existen.	Eslabones misionales
D5	Imagen distorsionada del país en el exterior y pobre imagen interna del sector TIC.	Impacto: • Es difícil el posicionamiento a nivel internacional de los actores nacionales, con sus productos y servicios. Esto incluye la dificultad de publicar los resultados nacionales de investigación. • Es difícil conseguir financiación externa para proyectos TIC de innovación. • Es difícil llegar a los mercados internacionales. • Hay una preferencia en el mercado interno por productos y servicios provistos por actores externos. Causas: • Los problemas del país, pasados y actuales, han dejado una imagen desfavorable en el exterior. • Algunas malas experiencias anteriores con el sector TIC nacional han creado desconfianza de parte de algunos actores, sobre la calidad y la capacidad del ecosistema para resolver problemas complejos con alta calidad y en los tiempos definidos. • Hay una baja percepción y reconocimiento en el mercado del valor creado con TIC.	Eslabones misionales
D6	Bajo nivel de productividad de los eslabones iniciales de la cadena de valor	Impacto: • Pocas fuentes de financiación para los eslabones del ciclo inicial de la cadena de valor. • Poca credibilidad del resto del ecosistema en los primeros eslabones. Causas: • El eslabón de investigación es muy difícil de controlar, en la medida en que los grupos de investigación y los investigadores tienen autonomía para seleccionar los problemas que abordan y los enfoques que utilizan.	Ciclo inicial

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D6	Bajo nivel de productividad de los eslabones iniciales de la cadena de valor	Causas: • Hay una atomización de la investigación y los resultados corresponden en su mayoría a esfuerzos individuales o de grupos muy pequeños, más que de equipos sólidos y consolidados. • No hay incentivos para que los grupos más avanzados del país trabajen con grupos menos avanzados • Hay un bajo nivel de asociatividad entre los actores de los eslabones del ciclo inicial. En particular, no existen asociaciones nacionales con algún nivel de impacto sobre la investigación en TIC. • El proceso de formación de doctores, capaces de liderar los proyectos de investigación que necesita el país, es largo y difícilmente se puede masificar. • No es claro para los distintos actores en qué consiste la actividad de innovación y los beneficios que se obtienen. • Hay una baja inversión privada en D+I. • Falta de cultura de innovación en el país y los procesos de apropiación tecnológica son lentos.	Ciclo inicial
D7	Desconexión y desalineación entre los eslabones de la cadena de valor.	Impacto: • El ecosistema es poco eficiente y se pierden esfuerzos y recursos. • Hay una pérdida de oportunidades para todos los actores. Causas: • Es muy bajo el flujo de valor desde el eslabón de investigación hacia el resto del ecosistema. Los productos de investigación no se aprovechan (porque no se conocen o porque no son útiles). Posiblemente debido a la poca comprensión de las necesidades del país de parte de los actores del eslabón de investigación. • Hay una falta de orientación de la actividad investigadora hacia la generación de impacto económico. • Hay una baja alineación entre las actividades de I+D+i y las necesidades empresariales.	Eslabones misionales

Tabla 3.32
Debilidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D7	Desconexión y desalineación entre los eslabones de la cadena de valor.	Causas: • Los centros de desarrollo tecnológico no han cumplido su papel de conectar los primeros eslabones de la cadena de valor. • El bajo perfil del talento humano TIC (en términos de nivel de formación y cantidad) que se encuentra en los centros de desarrollo tecnológico dificulta el logro de sus objetivos. • Hay poca claridad sobre el significado de la innovación, los resultados que debe producir y la manera como se deben medir. • Hay pocos esfuerzos y recursos de las universidades para hacer desarrollo e innovación en TIC. • Los ciclos de desarrollo e innovación son muy largos en comparación con los ciclos de los líderes internacionales.	Eslabones misionales
D8	Baja capacidad y nivel de madurez de los actores	Impacto: • Hay desconfianza en el mercado nacional e internacional sobre la permanencia de las empresas y su capacidad tecnológica. • La operación de los actores no escala fácilmente. Causas: • El grueso de las empresas TIC del país son MIPYMES. Son empresas de pequeña dimensión, con dificultades para operar en mercados globales. Tienen bajas capacidades financieras y deficiencias en gestión. • La mayoría de empresas nacionales no tiene una especialización definida ni una diferenciación con productos propios. • Los recursos humanos con formación TIC avanzada son escasos en la industria. • Falta de experiencia de los actores en exportaciones de productos y servicios TIC. • Muchos empresarios de TIC son ingenieros con poca formación empresarial y administrativa.	Eslabones misionales

Tabla 3.32
Debilidades

Tabla 3.32
Debilidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
D9	No hay un modelo claro para la industria de software del país.	Impacto: • Es difícil establecer una política de apoyo a la industria de software. • No se han desarrollado bien los segmentos más altos de la cadena de valor y no se ha creado producto propio. Causas: • Hay una ausencia de visión estratégica de la industria de software, sin especialización ni priorización. • No existe un modelo claro de industria de software para el país. Se han tratado de copiar modelos de otros países, pero no existe un modelo propio que le permita a la industria nacional de software ser más moderna, competitiva, eficiente y productiva. Riesgos: • El mayor riesgo es entrar a un entorno mundial tan competido con modelos viejos, basados únicamente en la disminución de costos de producción del software.	Ciclo final

Oportunidades

Tabla 3.33
Oportunidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
O1	El mundo de oportunidades y de posibilidades que abren las TIC para un país como Colombia. Las TIC son transversales a muchas problemáticas y habilitadoras de muchas soluciones.	• La demanda creciente provocada por el despliegue de infraestructuras y el auge de las TIC. • Los Tratados de Libre Comercio generan múltiples oportunidades de inversión, acceso a nuevos mercados e incluso a formación especializada. • Hay un mercado interno de tamaño importante en relación a los países de su entorno. • La rápida dinámica de cambio del sector a nivel internacional genera oportunidades a partir de nichos de especialización desatendidos a nivel mundial. • Hay un contexto de negocios favorable • Es posible aprovechar la localización geográfica del país y su zona horaria.	Ciclo final

Tabla 3.33
Oportunidades

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
O2	La industria de software requiere relativamente poca inversión en infraestructura y en capital para desarrollarse.	• No es difícil fomentar la creación de nuevas empresas dedicadas a la producción de software. • La infraestructura de conectividad que ha logrado el país permite que esta industria se desarrolle en muchas ciudades de distintos tamaños por todo el país. • La calidad del talento nacional TIC permite la creación de nuevas empresas de software.	Ciclo final
O3	La industria de contenidos digitales tiene un mercado nacional e internacional en rápida expansión.	• En el país existe talento no técnico (diseñadores, músicos, sicólogos) que puede sumarse con el técnico para aprovechar el mercado de contenidos y servicios digitales. • Hay una naciente industria nacional de desarrollo de videojuegos y algunos programas formales e informales de preparación del talento necesario	Eslabones misionales
O4	Hay profesiones cercanas a las TIC, con buenos volúmenes de graduados por año en el país, las cuales proveen talento con una formación de base cercana, que permite pensar en la reconversión.	• Es posible pensar en esquemas de reconversión hacia las TIC de perfiles profesionales cercanos (habilidades y conocimientos), de los cuales exista un buen volumen de estudiantes y egresados.	Eslabón 6
O5	La educación en TIC con TIC.	• La evolución y el posicionamiento a nivel mundial de esquemas de educación virtual y semi-presencial, abre posibilidades de aumentar el radio de acción de los actores actuales del eslabón de creación de talento humano TIC y llegar a más estudiantes con alto nivel de calidad. • Las plataformas tecnológicas han evolucionado lo que permite aumentar cobertura sin sacrificar calidad. • La tendencia mundial de apertura de contenidos de cursos ofrece nuevas posibilidades de formación.	Eslabón 6 Eslabón 5 Eslabón 3
O6	Las TIC para gobierno	• El cliente más grande de TIC del país es el estado. Con las recientes políticas del programa de Gobierno en Línea y los marcos de referencia aprobados se abren grandes oportunidades para todos los actores del ecosistema. • Cuatro sectores estratégicos del país (educación, defensa, salud y justicia) tienen ambiciosos proyectos que involucran las TIC.	Ciclo final

Fortalezas

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
F1	Brecha digital cerrándose: un país cada vez más conectado.	• Con el avance en la infraestructura de conectividad TIC del país se crean fortalezas y oportunidades para el ecosistema.	Eslabón 5
F2	Existencia del Ministerio de las TIC.	• La existencia del Ministerio TIC ha impulsado de manera notable el ecosistema en los últimos años. Tiene políticas claras y ha montado un conjunto de programas de alto impacto para todos los actores. • Ha habido ajustes en la normatividad que favorece la industria TIC. • La entidades públicas, de la mano del programa de Gobierno en Línea, ha trazado un norte claro de evolución usando las TIC. • Hay recursos de apoyo a muchas de las actividades estratégicas del ecosistema.	Eslabón 8 Eslabón 7
F3	Hay universidades de alta calidad, se cuenta con programas con acreditaciones nacionales e internacionales y existen grupos TIC de alta productividad y reconocimiento.	• El país cuenta con "campeones" alrededor de los cuales es posible montar una estrategia de consolidación de los actores de los primeros eslabones. • Es considerable el volumen de programas nacionales TIC (de pregrado y posgrado) con acreditaciones nacionales e internacionales de alta calidad. • La presencia en rankings internacionales de las universidades colombianas muestra que el sector ha evolucionado mucho en los últimos años. • El número de grupos de investigación TIC en categorías A-1 y A ha crecido en los últimos años. Se puede pensar en usarlos como base para una estrategia de creación de madurez de los demás grupos nacionales. • Hay un aumento en el número de publicaciones en inglés y aparecen frecuentemente en índices internacionales.	Eslabón 1 Eslabón 6
F4	Hay un aumento en la asociatividad de los actores del ecosistema	• Hay una creciente conexión con grupos internacionales de referencia de investigación y de generación de tecnología. • Hay una actividad gremial-asociativa incipiente (federaciones, clústeres regionales).	Eslabones misionales

Tabla 3.34
Fortalezas

Tabla 3.34
Fortalezas

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
F5	Hay empresas que se pueden usar como modelo en la industria nacional de software	• El país cuenta con "campeones" en la industria de software, alrededor de las cuales es posible montar una estrategia de consolidación. • Hay un número relevante de empresas certificadas bajo estándares internacionales. • Existen programas de financiación gubernamental para la certificación en modelos de calidad internacional. • Existe un número significativo de empresas del sector con alta experiencia, cercanía y conocimiento, tanto del mercado local como del internacional. • Hay experiencia empresarial en segmentos específicos (finanzas, salud, energía).	Ciclo final

Amenazas

Tabla 3.35
Amenazas

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
A1	Posicionamiento en el país de las empresas de software y servicios TIC de otros países.	• Con el aumento del tamaño del mercado y de las oportunidades en el país, han comenzado a llegar las grandes multinacionales TIC. Eso puede tener efectos negativos en el ecosistema: le puede quitar espacio al talento TIC nacional, puede desajustar las tarifas y los salarios, en algunos casos puede impactar negativamente la calidad de los productos y puede impedir el adecuado desarrollo de la industria nacional. Como es imposible evitar esta llegada de competidores, se debe buscar la manera de ayudar al ecosistema fortaleciendo los actores nacionales. • Hay una competencia creciente con proveedores de software y servicios especializados.	Eslabón 3 Eslabón 4 Eslabón 5
A2	Migración del talento TIC especializado	• A nivel mundial el déficit de talento TIC especializado es cada vez más grande. Si el ecosistema no genera los mecanismos adecuados para retener este talento puede irse hacia otros países.	Eslabón 6

Tabla 3.35
Amenazas

ID	Enunciado	Análisis de impacto / causas / riesgos	Localización
A3	Migración de la capacidad de cómputo hacia el exterior.	• La prestación de servicios (SaaS, PaaS, IaaS) desde instalaciones por fuera del país puede representar una amenaza para el ecosistema. Dado que es imposible evitarlo, hay que buscar la manera de usarlo a favor o de minimizar el impacto.	Eslabón 6

Síntesis del análisis DOFA

En la figura 3.46 se muestra una síntesis de los elementos de análisis, en donde se hace explícita su localización sobre la cadena de valor.

Figura 3.46
Localización de los elementos de análisis sobre la cadena de valor

4

Capítulo

Análisis de tendencias, oportunidades y capacidades

4. Análisis de tendencias, oportunidades y capacidades

4.1 Análisis de tendencias tecnológicas

4.2 Análisis de los campos estratégicos de aplicación

4.3 Análisis de capacidades del ecosistema TIC

4.4 Referencias

4. Análisis de tendencias, oportunidades y capacidades

En este capítulo se presenta el fundamento en la selección de las líneas orientadoras de este Plan, las cuales se exponen en el capítulo 5. Todo se encuentra estructurado sobre tres pilares: (a) un marco de referencia de terminología, que permite hacer compatibles los distintos estudios disponibles, (b) una clasificación de las tendencias en cuatro categorías (investigación, innovación, transferencia tecnológica y desarrollo tecnológico), teniendo en cuenta su grado de madurez y su velocidad de evolución, (c) una metodología para clasificar, agrupar en áreas y priorizar las tendencias tecnológicas mundiales teniendo en cuenta el contexto del país.

Como base del marco de referencia de terminología se utiliza el propuesto por la ACM [1], extendido según las necesidades que se encontraron de aumentar, en algunos casos, el nivel de precisión. Esta es una taxonomía que agrupa, en distintos niveles jerárquicos, los dominios y conceptos que se usan en tecnologías de la información y las comunicaciones. Los términos se manejan en este capítulo en inglés para evitar las ambigüedades que se puedan introducir con las traducciones. Se utiliza el término "normalizar" para indicar el proceso de traducir de la terminología que se usa en las distintas fuentes consultadas hacia el marco propio del Plan. Esto implica en muchos casos interpretar, relacionar, descomponer y/o traducir los nombres para hacerlos equivalentes. También se va a utilizar la estructura jerárquica para establecer la cercanía conceptual entre las tecnologías y facilitar así su agrupamiento.
Las tendencias tecnológicas se clasificaron en cuatro categorías, que corresponden a los cuatro primeros eslabones misionales de la cadena de valor del ecosistema TIC. Las tendencias mundiales incluidas en la categoría de investigación corresponden a aquellas que se identifican como nacientes y con alto potencial, lo que define un espacio lleno de oportunidades para los grupos de investigación nacionales. Las que se incluyen en la categoría de innovación corresponden a aquellas para las cuales ya hay fundamentos teóricos sólidos y experimentación pero que no tienen todavía productos en el mercado que las utilicen. En este espacio se encuentran las líneas que pueden ser utilizadas para crear emprendimientos y nuevos negocios. Las tendencias clasificadas en el grupo de transferencia tecnológica se refieren a áreas que siguen siendo prometedoras y novedosas, que ya cuentan con algunas herramientas en el mercado y aproximaciones metodológicas y que están listas para ser apropiadas e incorporadas en el aparato productivo del país. Por último, las tecnologías incluidas en la categoría de desarrollo tecnológico corresponden a aquellas que ya son suficientemente maduras y conocidas a nivel mundial, para las cuales en el país ya hay capacidad instalada y que se usan para construir soluciones y/o productos.

Desde el punto de vista metodológico se desarrollaron seis etapas, que se resumen a continuación: (a) recolección de información desde las fuentes nacionales e internacionales disponibles, (b) normalización de la información para hacerla comparable, (c) consolidación, síntesis y clasificación de las tendencias tecnológicas mundiales (sección 4.1), (d) análisis de las necesidades y oportunidades del país (sección 4.2), (e) análisis de las capacidades nacionales de I+D+I (sección 4.3) y (f) estructuración de las líneas orientadoras del Plan Estratégico (capítulo 5).

4.1 Análisis de tendencias tecnológicas

En esta sección se presentan los resultados de las tres primeras etapas de la aproximación metodológica antes mencionada. En cada subsección se hace el análisis de una de las fuentes seleccionadas (Gartner [2], IEEE 2022[5], IBM 2016 [4], Horizon 2020[3] y Fedesoft [6]), para al final dedicar una subsección a la síntesis y al cruce de la información obtenida. El nivel de certeza con respecto a una tendencia tecnológica lo va a definir el número de fuentes distintas que la citan.

4.1.1 Clasificación de las tendencias

Una primera clasificación de las tendencias se obtuvo con el análisis de la curva de Gartner [2] (Julio de 2015), la cual muestra las nuevas tecnologías TIC en sus diferentes grados de madurez. La curva se dividió en tres grandes franjas, cada una asociada con un nivel de consolidación de una tecnología. En la primera franja están situadas las tendencias tecnológicas que pueden ser abordadas desde la investigación, en la segunda las que pueden ser aprovechadas para la innovación y en la tercera las que están listas para hacer la apropiación tecnológica. A partir de dicha curva se hizo la normalización de la terminología usando como base el glosario de TI de Gartner [13], se extendió la clasificación de ACM [1] cuando fue necesario y se identificaron los temas asociados cuando correspondía a una confluencia de tecnologías ya existentes.

En la siguiente tabla aparecen las 19 tendencias tecnológicas de la franja de investigación (en azul), después del proceso de normalización. Esto permite localizar áreas y grupos dentro de la taxonomía de ACM, más que únicamente términos. Los niveles en la tabla corresponden a la jerarquización de conceptos de la clasificación. Vale la pena aclarar que una tendencia tecnológica puede aparecer en más de un punto del árbol, si éste integra varias líneas tecnológicas. No existe un orden específico en la presentación de los elementos.

Tabla 4.1
Análisis de tendencias tecnológicas

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Information System	World Wide Web	Web applications	Internet communications tools	Internet of things
	Information Storage Systems	Micro data Centers		
	Information System applications	Decision support systems	Data analytics	
Human Centered Computing	Human computer interaction	Interaction paradigm	Human augmentation	
		Volumetric and holographic displays		
	Interactive systems and tools	Brain-computer interface		
		3D Bio-printing Systems		
		Affective computing		
	Ubiquitous and Mobile Computing	BioAcusting sensing		
Applied computing	Bio-Informatics	3D Bio-printing Systems		
	Enterprise computing	Ubiquitous and Mobile devices	Virtual Personal Assistant	
		Neurobusiness		
Computer systems organization	Architectures	Distributed architectures	Cloud computing	Software-defined anything
		Other architectures	Quantum Computing	
	Embedded and cyber-physical systems	Robotics	Robotic autonomy	Autonomous vehicles
			Smart robots	
Hardware	Emerging technologies	Electromechanical systems	Nanoelectromechanical systems	Biochips
	Communication hardware, interfaces and storage	Micro data centers		

Tabla 4.1
Análisis de tendencias tecnológicas

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Network	Network types	Home networks	Connected home	
Security and Privacy	Cryptography	Digital signatures	Digital security	
Computing methodologies	Machine Learning	Citizen data science		

En la siguiente tabla se presenta el resultado de normalizar las tendencias tecnológicas de la franja de innovación. Se utilizan las mismas convenciones que se usaron en la tabla anterior. Aquí aparecen 10 tendencias tecnológicas que ya han logrado una cierta madurez en el mundo y que comienzan un ciclo de oportunidades de uso. Algunas de ellas pueden perder fuerza en el futuro, pero en este momento comienzan la etapa de aplicación.

Tabla 4.2
10 tendencias tecnológicas que ya han logrado una cierta madurez

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Architectures	Distributed architectures	Cloud computing	
Security and Privacy	Cryptography	Cryptocurrencies		
Human Centered Computing	Human computer interaction	Interaction paradigm	Mixed/augmented reality	
Information System	Information Retrieval	Specialized information retrieval	Multimedia and multimodal retrieval	Speech/audio search and translation
	World Wide Web	Web applications	Internet communications tools	Wearable User Interfaces
Hardware	Communication hardware, interfaces and storage	Printers	Consumer 3D printing	
Networks	Network services	Cloud Computing		
		Hybrid Cloud Computing		

Tabla 4.2
10 tendencias tecnológicas que ya han logrado una cierta madurez

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computing methodologies	Artificial Intelligence	Natural Language Processing	Speech Recognition	Speech to Speech Translation
			Natural Languages generation	Natural Language Q&A
	Machine Learning			
Human Centered Computing	Interactive systems and tools	Wearable User Interfaces		
	Ubiquitous and Mobile Computing	Wearable User Interfaces		

En la siguiente tabla se presentan las tendencias tecnológicas que la curva de Gartner sitúa en la fase final de madurez y que se encuentran en un punto en el que ya se puede iniciar el proceso de apropiación con riesgos razonables. Este grupo de tecnologías se van a asociar en este Plan con el tercer eslabón de la cadena de valor, llamado de transferencia tecnológica. Aparecen en este punto cuatro (4) elementos, que se presentan siguiendo las mismas convenciones de las dos tablas anteriores.

Tabla 4.3
Tendencias tecnológicas que la curva de Gartner sitúa en la fase final de madurez

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Embedded and cyber-physical systems	Robotics	Robotic autonomy	Autonomous vehicles
Human Centered Computing	Human computer interaction	Interaction paradigm	Virtual reality	
		Interaction techniques	Gesture control	
Hardware	Communication hardware, interfaces and storage	Printers	Enterprise 3D printing	

4.1.2 Tendencias según Horizon 2020

Horizon 2020 [3] es el programa más grande en investigación e innovación de la Unión Europea, con una proyección a 7 años (2014-2020). En diciembre de 2013 se presentó un documento en el cual se establecen las tecnologías de información y comunicaciones en las cuales se debe desarrollar investigación e innovación en los próximos años.

En la siguiente tabla se hace la equivalencia entre los términos utilizados en dicho documento y los términos usados en el glosario de Gartner y/o en la clasificación temática de ACM.

Tabla 4.4 *Equivalencia entre los términos Horizon 2020 y los términos usados en el glosario de Gartner*

Tendencia Horizon 2020	Equivalencia con glosario ACM
Cyber-Physical Systems	Embedded systems
	Internet of Things
Smart Networks and novel Internet Architectures	Internet Communications tools
Smart optical and wireless network technologies	Wireless access networks
Advanced Cloud Infrastructures and Services	Cloud Computing
Tools and Methods for Software Development	Software development process management
	Distributed systems organizing principles
Advanced 5G Network Infrastructure for the Future Internet	Network architectures
Web Entrepreneurship	E-commerce infrastructure
Big data and Open Data Innovation and take-up	Big Data
Support the growth of ICT innovative Creative Industries SMEs	Mixed/augmented reality
	Gamification
	Virtual Reality
Technologies for creative industries, social media and convergence	Social Media
Technologies for better human learning and teaching	E-learning
	Interactive Learning environments
Advanced digital gaming/gamification technologies	Gamification
Multimodal and Natural computer interaction	Interaction paradigms

Tabla 4.4
Equivalencia entre los términos Horizon 2020 y los términos usados en el glosario de Gartner

Tendencia Horizon 2020	Equivalencia con glosario ACM
Robotics	Robotics
Internet of Things and Platforms for Connected Smart Objects	Internet of Things
Human-centric Digital Age	User models
Cybersecurity, Trustworthy ICT	Digital security

Estos 19 términos, clasificados y normalizados dentro de la jerarquía temática de ACM, se presentan en la siguiente tabla. Allí aparecen siguiendo las mismas convenciones usadas en las secciones anteriores. Esta fuente no hace una clasificación sobre el nivel de madurez alcanzado por las distintas tecnologías mencionadas.

Tabla 4.5
Términos, clasificados y normalizados dentro de la jerarquía temática de ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Embedded and cyber-physical systems	Embedded systems		
		Robotics		
	Architectures	Distributed architectures	Cloud computing	
			Big data	
Information Systems	Data management systems	Big data		
	World Wide Web	Web applications	Internet Communications tools	Internet of things
Networks	Network architectures			
	Network types	Wireless access networks		
	Network services	Cloud Computing		
Software and its engineering	Software creation and management	Software development process management		
	Software organization and properties	Software system structures	Distributed systems organizing principles	
		Contextual software domains	E-commerce infrastructure	

Tabla 4.5
Términos, clasificados y normalizados dentro de la jerarquía temática de ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Human centered computing	Human computer interaction	Mixed/augmented reality		
		Gamification		
		Virtual reality		
		Interaction paradigms		
		HCI design and evaluation methods	User models	
		Interactive systems tools	Gamification	
	Collaborative and social computing	Collaborative and social computing theory, concepts and paradigms	Social media	
Security and Privacy	Cryptography	Digital signatures	Digital security	
Applied computing	Education	E-learning		
		Interactive learning environments		

4.1.3 Tendencias según IBM 2016

En enero de 2016 IBM publicó las tendencias tecnológicas en TIC [4], centrándose en cinco grandes tendencias que son: analytics, cloud computing, mobile and social engagement, security e internet of things. Aprovechando los términos que se asocian con las tendencias en dicho documento de IBM, en esta subsección se hace un refinamiento de dichas tecnologías y se asocian con los términos equivalentes de acuerdo con la clasificación que se usa en este Plan. El resultado de esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.6
Tendencias según IBM

Tendencia IBM 2016	Equivalencia con glosario ACM
Analytics	Big data
	Data analytics
	Content analytics
	In memory analytics
	Data warehouses
	Social media
Cloud computing	Distributed architecture
	Network services
	Digital security
	Distributed systems organizing principles
Mobile and social engagement	E-commerce infrastructure
	Mobile computing
	Ubiquitous and mobile devices
Security	Security and privacy
	Digital security
	Network security
Internet of things	Internet of things

La clasificación de estas 17 tecnologías dentro del árbol de clasificación de ACM se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.7
Clasificación de tecnologías dentro del árbol de clasificación de ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Architectures	Distributed architectures	Cloud computing	
			Big data	
Information Systems	Data management systems	Big data		
		Information Integration	Data warehouses	
	World Wide Web	Web applications	Internet communications tools	Internet of things
	Information Systems application	Decision support systems	Data analytics	Content analytics
				In memory analytics
Networks	Network services	Cloud computing		
	Network properties	Network security		
Software and its engineering	Software organization and properties	Software system structures	Distributed systems organizing principles	Cloud computing
		Contextual software domains	E-commerce infrastructure	
Human centered computing	Ubiquitous and mobile computing	Ubiquitous and mobile computing theory, concepts and paradigms	Mobile computing	
		Ubiquitous and mobile devices	Mobile devices	
	Collaborative and social computing	Collaborative and social computing theory, concepts and paradigms	Social media	
Security and Privacy	Cryptography	Digital signatures	Digital security	

4.1.4 Tendencias según IEEE 2022

A finales del 2014 se escribió un reporte en el cual nueve líderes técnicos analizaron 23 tecnologías de innovación y su proyección a 2022 [5]. Estas tecnologías son consideradas como facilitadoras y fueron contrastadas en ese momento con los temas tratados en las publicaciones de la librería digital de la IEEE.

En la siguiente tabla aparecen las equivalencias temáticas con la clasificación de la ACM:

Tabla 4.8
Clasificación de tecnologías dentro del árbol de clasificación de ACM

Tendencia IBM 2016	Equivalencia con glosario ACM
Security Cross-Cutting Issues	Security and privacy
	Digital security
Open Intellectual Property Movement	Open Source Software
	Crowd Sourcing
Sustainability	Grid computing
	Cloud computing
	Data centers
Massively Online Open Courses	Computing education
	e-learning
	Interactive learning environments
Quantum computing	Quantum technologies
	Quantum computation
Device and Nanotechnology	Nanoelectromechanical systems
Multicore	Embedded and cyber-physical systems
Networking and Interconnectivity	Internet communications tools
	Networks architectures
	Networking
	Wireless access networks
	Sensor networks
High Performance Computing	Cloud computing
	Grid computing

Tabla 4.8
Clasificación de tecnologías dentro del árbol de clasificación de ACM

Tendencia IBM 2016	Equivalencia con glosario ACM
Cloud Computing	Web services
	Grid computing
	Cluster computing
	Network Services
	Distributed architectures
	Service-oriented architectures
Internet of Things	Internet communications tools
	Connected / smart homes
	Web applications
	Sensor networks
	Ubiquitous and mobile computing
	Ubiquitous and mobile devices
Natural User Interfaces	Computer vision
	Machine learning
	Big data
	User interfaces
	Speech recognition
	Human computer interaction
	Augmented reality
	Natural language processing
3D Printing	3D Bio-printing Systems
	Enterprise 3D Printing
	3D scanners
Big Data y Analytics	Big data
	Data analytics
	Content analytics
	In memory analytics
	Data warehouses
	Social media

Tabla 4.8
Clasificación de tecnologías dentro del árbol de clasificación de ACM

Tendencia IBM 2016	Equivalencia con glosario ACM
Machine Learning and Intelligent Systems	Data science
	Machine learning
	Artificial intelligence
Computer Vision and Pattern Recognition	Computer vision
	Pattern recognition
Life Sciences	Health informatics
	Health care information systems
	Bioinformatics
	Mobile health monitoring
3D Printing	3D Bio-printing Systems
	Enterprise 3D Printing
	3D scanners
Computational Biology and Bioinformatics	Bioinformatics
	Computational biology
Medical Robotics	Robotics
	Robotic autonomy
	Image processing

En la siguiente tabla aparece la clasificación dentro del árbol extendido de términos de la ACM, que se está usando en este Plan:

Tabla 4.9
Clasificación dentro del árbol extendido de términos de la ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Embedded and cyber-physical systems	Embedded systems		
		Sensor Networks		
		Robotics	Robotic autonomy	
	Architectures	Distributed architectures	Cloud Computing	
			Big data	
			Cluster Computing	

Tabla 4.9
Clasificación dentro del árbol extendido de términos de la ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Architectures	Distributed architectures	Grid Computing	
		Other architectures	Quantum Computing	
Information Systems	Data management systems	Big data		
		Information Integration	Data warehouses	
	World Wide Web	Web applications	Internet Communications tools	Internet of Things
		Web Services		
	Information Storage Systems	Data Centers		
	Information Systems application	Decision support systems	Data analytics	Content analytics
				In Memory Analytics
Networks	Network architectures			
	Network types	Wireless access networks		
		Home Networks	Connected Home	
	Network services	Cloud Computing		
Software and its engineering	Software creation and management	Software development process management	Open Source Software	
			Crowd Sourcing	
Human centered computing	Human computer interaction	Mixed/augmented reality		
	Collaborative and social computing	Collaborative and social computing theory, concepts and paradigms	Social media	
	Ubiquitous and mobile computing	Ubiquitous and mobile devices	Mobile devices	
	Interactive systems and tools	User Interfaces		
		3D Bio-Printing Systems		
Security and Privacy	Cryptography	Digital signatures	Digital security	

Tabla 4.9
Clasificación dentro del árbol extendido de términos de la ACM

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computing methodologies	Artificial Intelligence	Computer vision		
		Pattern Recognition		
		Natural Language Processing	Speech Recognition	
	Computer graphics	Image manipulation	Image processing	
	Machine Learning	Data Science		
Applied computing	Life and medical sciences	Bio-Informatics		
		Mobile Health Monitoring		
		Health informatics		
		Computational Biology		
		Health care information systems		
	Education	E-learning		
		Interactive Learning environments		
	Enterprise computing	Service-oriented architectures		
Hardware	Communication hardware, interfaces and storage	Data centers		
		Printers	Enterprise 3D printing	
	Emerging technologies	Quantum technologies	Quantum computation	
		Electromechanical systems	Nanoelectromechanical systems	
Social and professional topics	Professional topics	Computing education	Computing education programs	

4.1.5 Tendencias según Fedesoft

En diciembre de 2015, Fedesoft publicó su "Informe de caracterización del sector de software y tecnologías de la información en Colombia" [6]. Allí se hace referencia a las tecnologías en las que trabaja la industria TI. En las siguientes tablas aparece la equivalencia y la clasificación de dichas tecnologías.

Tabla 4.10
Equivalencia tecnologías Fedesoft

Tendencia Fedesoft	Equivalencia con glosario ACM
Enterprise Computing	Enterprise interoperability
	IT governance
	Enterprise architecture
	Professional topics
	Management of computing and information systems
	Extraction, transformation, loading
	Decision support systems
	Service oriented architecture
	Data management systems
Cloud Computing	Distributed Architecture
	Network Services
	Distributed systems organizing principles
Hardware	Communication Hardware
	Emerging Technologies
	Power and Energy
Network	Services
	Types
	Properties
Security	Security and Privacy
	Digital security
	Network security
Data Center	Hardware
	Information Storage System
Software Development	Creation and management
	Notations and tools
	Organization and properties
Web	World Wide Web
	Internet communication tools
	Web applications

Tabla 4.11
Clasificación de tecnologías Fedesoft

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Computer systems organization	Architectures	Distributed architectures	Cloud computing	
Information System	Data management systems	Information integration	Data warehouses	
			Extraction, transformation, loading	
	Information Storage Systems	Data Centers		
	World Wide Web	Web applications	Internet communication tools	
	Information Systems application	Decision support systems		
Network	Network services	Cloud computing		
	Network types	Wireless access networks		
	Network properties	Network security		
Software and its engineering	Software organization and properties	Extra-functional properties	Software usability	
		Software functional properties	Formal methods	
		Software system structures	Distributed systems organizing principles	Cloud computing
			Software architectures	
			Software system models	Model driven software engineering
		Contextual software domains	E-commerce infrastructure	
	Software notation and tools	General programming languages	Language features	Patterns
	Software creation and management	Software development process management		
		Software post-development issues	Software evolution	
		Software verification and validation	Software defect analysis	Software testing and debugging

Tabla 4.11
Clasificación de tecnologías Fedesoft

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Security and Privacy	Cryptography	Digital signatures	Digital security	
Hardware	Emerging technologies			
	Power and energy	Energy Distribution	Smart Grid	
	Communication hardware	Data center		
Social and professional topics	Professional topics	Computing and business		
		Management of computing and information systems	System management	Quality Assurance
Applied Computing	Enterprise computing	Enterprise interoperability	Information integration and interoperability	
		IT governance		
		Service oriented architecture		
		Enterprise architectures	Enterprise architecture management	
			Enterprise architecture framework	
			Enterprise architecture modelling	

4.1.6 Síntesis y clasificación de las tendencias

En esta sección se consolidan, clasifican y agrupan los resultados obtenidos en cada una de las secciones anteriores. Para esto se utilizan tres criterios principales: (a) la cercanía en la jerarquía de conceptos de ACM (que uno sea una generalización del otro o que los dos compartan un mismo predecesor en el árbol), (b) la relación conceptual entre tecnologías (que una se utilice para desarrollar la otra o que haga parte de la otra) y (c) el nivel de madurez de las tecnologías. Estos grupos van a constituir lo que se denominará en este Plan la lista de tecnologías TIC de alto potencial. En la tabla se han agregado algunas tendencias adicionales que han mostrado su avance muy recientemente.

Tendencias tecnológicas para investigación:

Tabla 4.12
Tendencias tecnológicas para investigación

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM 2016	IEEE 2022	Fedesoft
Augmented Reality	X			X	
Bioacoustic sensing	X				
Brain-computer interface	X				
Gamification		X			
Human augmentation	X				
Interaction paradigms		X			
User models		X			
Virtual personal assistants	X				
Machine Learning	X		X	X	
Speech Recognition				X	
Artificial Intelligence				X	
Natural Language Processing				X	
Natural-Language Question Answering	X				
Speech-to-Speech Translation	X				
Neurobusiness	X				
Affective computing	X				
Connected home	X				
Smart Homes				X	
Internet of things	X	X	X		
Robotics		X		X	
Robotic Autonomy				X	
Smart robots	X				
3D bioprinting systems for organ transplant	X			X	
Micro-data centers	X				X
Network architectures		X			
Quantum computing	X			X	
Biochips	X				
Volumetric displays	X				

Tabla 4.12
Tendencias tecnológicas para investigación

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM 2016	IEEE 2022	Fedesoft
Social media		X	X	X	
Collaborative digital economy					
Citizen data science	X				
Software development process management		X			X
Software-defined security	X				
Advanced analytics with self-service delivery	X				

Tendencias tecnológicas para innovación:

Tabla 4.13
Tendencias tecnológicas para innovación

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
3D Scanners				X	
Nanoelectromechanical systems				X	
Wearables	X				
Consumer 3D Printing	X				
Bioinformatics				X	
Computational Biology				X	
Big Data		X	X	X	
Content Analytics			X	X	
In Memory Analytics			X	X	
Data Analytics			X	X	
Data Science				X	
Cloud Computing		X		X	X
Hybrid Cloud Computing	X				
Cryptocurrencies	X				
Cryptocurrency Exchange	X				
Digital security	X	X	X	X	X
Computer Vision				X	

Tabla 4.13
Tendencias tecnológicas para innovación

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
Image processing				X	
Virtual Reality	X	X			
Mixed/augmented reality		X			
Gesture Control	X				
Embedded and cyber-physical systems				X	
Health care information systems				X	
Health informatics				X	
Mobile Health Monitoring				X	

Tendencias para transferencia tecnológica:

Tabla 4.14
Tendencias para transferencia tecnológica

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
Green Computing				X	
Green IT				X	
Sensor Networks				X	
Enterprise 3D Printing	X			X	
Network Services			X	X	X
Security Services			X		
Network security			X		X
Cybersecurity, Trustworthy ICT			X		
Security and Privacy			X	X	X
Open data					
Data Management Systems					X
Data Warehouses			X	X	
Decision Systems Support					X
Human Computer Interface				X	

Tabla 4.14
Tendencias para transferencia tecnológica

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
User Interfaces				X	
Pattern Recognition				X	
Enterprise architecture					X
Computing and business					X
Autonomous Field Vehicles	X				
Crowd Sourcing				X	
Telemedicine				X	

Tendencias para desarrollo tecnológico:

Tabla 4.15
Tendencias para desarrollo tecnológico

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
Web Services				X	
Web Applications				X	X
Open Source Software				X	
Software organization and properties					X
Software notation and tools					X
Software creation and management					X
Service-oriented architectures				X	X
Distributed systems organizing principles		X	X		X
Enterprise interoperability					X
Ubiquitous and mobile computing				X	
Mobile Computing			X		
Embedded systems		X			
Internet communications tools		X		X	X
Ubiquitous and mobile devices			X	X	
Management of computing and information systems					X

Tabla 4.15
Tendencias para desarrollo tecnológico

Tendencia	Fuente				
	Gartner	Horizon 2020	IBM	IEEE 2022	Fedesoft
IT Governance					X
E-commerce infrastructure		X	X		
E-learning		X		X	
Computing Education				X	
Interactive Learning environments		X		X	
Communication Hardware					X
Wireless access networks		X			
Computer Networks				X	X
Power and Energy					X
Distributed Architecture			X	X	X
Networking				X	

A continuación se clasifican las tecnologías alrededor de temáticas comunes (llamadas áreas), que permitan identificar y caracterizar espacios más amplios y evitar así tener que trabajar con elementos puntuales. Para esto se asocian nombres e identificadores con cada una de estas 26 áreas tecnológicas, las cuales se convertirán en una de las bases de trabajo para el resto del documento. Los nombres asignados a las áreas tecnológicas están en español:

Tabla 4.16
Clasificación de tecnologías alrededor de áreas

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	• Augmented Reality • Bioacoustic sensing • Brain-computer interface • Gamification • Human augmentation • Interaction paradigms • User models • Virtual personal assistants
	INV2	Sistemas inteligentes	• Machine Learning • Speech Recognition • Artificial Intelligence • Natural Language Processing

Tabla 4.16
Clasificación de tecnologías alrededor de áreas

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para investigación	INV2	Sistemas inteligentes	• Natural-Language Question Answering • Speech-to-Speech Translation • Neurobusiness • Affective computing
	INV3	Internet de las cosas	• Connected home • Smart Homes • Internet of things
	INV4	Sistemas autónomos	• Robotics • Robotic Autonomy • Smart robots • 3D bioprinting systems
	INV5	Hardware	• Micro-data centers • Network architectures • Quantum computing • Biochips • Volumetric displays
	INV6	Sociedad digital	• Social media • Collaborative digital economy • Citizen data science
	INV7	Ingeniería de software	• Software development process management • Software-defined security
	INV8	Analítica de datos	• Advanced analytics with self-service delivery
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	• 3D Scanners • Nanoelectromechanical systems • Wearables • Consumer 3D Printing
	INN2	BioTIC	• Bioinformatics • Computational Biology
	INN3	Analítica de datos	• Big Data • Content Analytics • In Memory Analytics • Data Analytics • Data Science

Tabla 4.16
Clasificación de tecnologías alrededor de áreas

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para innovación	INN4	Computación en la nube	• Cloud Computing • Hybrid Cloud Computing
	INN5	Seguridad de la información	• Cryptocurrencies • Cryptocurrency Exchange • Digital security
	INN6	Interacción hombre-máquina	• Computer Vision • Image processing • Virtual Reality • Mixed/augmented reality • Gesture Control • Embedded and cyber-physical systems
	INN7	TIC para salud	• Health care information systems • Health informatics • Mobile Health Monitoring
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware	• Green Computing • Green IT • Sensor Networks • Enterprise 3D Printing • Network Services
	TT2	Seguridad de la información	• Security Services • Network security • Cybersecurity, Trustworthy ICT • Security and Privacy
	TT3	Manejo de información	• Open data • Data Management Systems • Data Warehouses • Decision Systems Support
	TT4	Interacción hombre-máquina	• Human Computer Interface • User Interfaces • Pattern Recognition
	TT5	TIC para empresas	• Enterprise architecture • Computing and business
	TT6	Computación aplicada	• Autonomous Field Vehicles • Crowd Sourcing • Telemedicine

Tabla 4.16
Clasificación de tecnologías alrededor de áreas

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	• Web Services • Web Applications • Open Source Software • Software organization and properties • Software notation and tools • Software creation and management • Service-oriented architectures • Distributed systems organizing principles • Enterprise interoperability
	DT2	Computación móvil	• Ubiquitous and mobile computing • Mobile Computing • Embedded systems • Internet communications tools • Ubiquitous and mobile devices
	DT3	TIC para empresas	• Management of computing and information systems • IT Governance • E-commerce infrastructure
	DT4	TIC para educación	• E-learning • Computing Education • Interactive Learning environments
	DT5	Hardware	• Communication Hardware • Wireless access networks • Computer Networks • Power and Energy • Distributed Architecture • Networking

4.2 Análisis de los campos estratégicos de aplicación

El objetivo de esta sección es hacer el análisis de las necesidades y oportunidades del país en lo que se refiere al uso de las tecnologías de información y las comunicaciones. Para esto, se estudiaron los lineamientos de la política nacional de ciencia, tecnología e innovación (2015-2025) [7], lo mismo que los sectores de aplicación de TI incluidos en el Plan Nacional de Desarrollo (tanto 2010-2014 [8] como 2014-2018 [9]).

Se utilizó también como fuente la Segunda Consulta a la Comunidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013 [10], con el propósito de identificar las TIC, sus posibles aplicaciones y los sectores en los que sería valioso su uso.

De la misma manera se incorporaron en el estudio dos líneas de trabajo del país para los próximos años, en las que las TIC pueden jugar un papel fundamental: el postconflicto y el marco de referencia de arquitectura empresarial para las entidades del sector público [11].

Se finaliza esta sección asociando los sectores estratégicos del país con las tecnologías de información y comunicaciones que se necesitan, las cuales deben ser desarrolladas, apropiadas o usadas según el caso. Con el fin de garantizar uniformidad con la sección anterior, todas las tecnologías son expresadas dentro del marco de normalización antes propuesto.

4.2.1 Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2015-2025)

Para la definición del plan es importante tener en cuenta los principales lineamientos y pilares de esta política que fue expedida a finales de 2015 y se sometió su borrador ante la academia y la industria. Actualmente se espera la versión definitiva y se encuentra articulada con el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018.

Según el CONPES, los cuatro pilares en los que se basa la Política Nacional de CTI son:

- *Capital humano para la CTI:* cuyo principal objetivo es incrementar el capital humano altamente calificado que aumente la producción tanto de conocimiento así como de desarrollo tecnológico; además, este personal debe dedicarse a la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.
- *Investigación y Desarrollo:* que promueve la producción de conocimiento pertinente y de valor agregado que contribuya a dar solución a las necesidades y logre aprovechar las oportunidades sociales y de desarrollo productivo del país.
- *Innovación y emprendimiento:* pilar que pretende atacar el problema de crecimiento de las empresas privadas que tienen una baja actividad innovadora.. Lo que se busca es aumentar el impacto de la innovación en el desarrollo productivo del país.
- *Transferencia de conocimiento y tecnología:* que permita generar condiciones para la cooperación entre el sector productivo, tanto público como privado, en la identificación, demanda y apropiación del conocimiento y la tecnología, a través de la transferencia de conocimiento y tecnología.

Además de estos pilares, en el CONPES se propone una serie de condiciones habilitantes de dicha política de CTI:

- *Cultura y apropiación de la CTI:* orientada a la promoción de procesos de apropiación de la CTI con el fin de aumentar la mentalidad y cultura de CTI en las prácticas productivas y sociales.
- *Sistema e institucionalidad habilitante para la CTI:* que propone lineamientos sobre la gobernanza de la política por parte del estado, con el fin de mantener una visión de corto y largo plazo, así como diseñar e implementar estrategias e instrumentos con criterios de efectividad y eficacia

Las principales estrategias de la política están enfocadas en iniciativas regionales de innovación y emprendimiento, extensión tecnológica, centros nacionales de investigación de alta calidad, formación de capital humano altamente capacitado (especialmente formación doctoral), apropiación social y cultural de CTI y, finalmente, la inversión en los sectores administrativos pertenecientes al gobierno nacional.

4.2.2 Sectores de Aplicación de las TIC

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010-2014 se identificaron, entre otros, los siguientes sectores como estratégicos para el país: Inclusión Social, Trabajo, Hacienda, Educación, Salud y Protección, Transporte, Minas, Agropecuario, Comunicaciones, Deporte, Ciencia & Tecnología, Cultura, Defensa, Vivienda, Rama Judicial, Registraduría, Empleo, Organismo de control y Planeación. En dicho Plan se definieron, además, las principales oportunidades del uso de las TIC para cada uno de ellos, las cuales se resumen a continuación:

Tabla 4.17 *Principales oportunidades del uso de las TIC*

AgroIndustria	Desarrollo de sistemas de información para el apoyo de diferentes actividades del sector.
Ciencia y Tecnología	Oportunidades de becas y doctorados para formación de capital humano orientado a Ciencia y Tecnología, e investigación básica y aplicada.
Comunicaciones	Desarrollo y uso eficiente de infraestructura, apropiación y adopción de las TIC.
Cultura	Sistemas de información orientados al Sistema Nacional de Archivos, manejo de información pública y de bibliotecas.
Educación	Creación de Centros de Innovación tecnológica TIC de apoyo a la educación preescolar, básica, superior, inclusión educativa para población con diversidad o dificultades en su proceso de aprendizaje, atención a la primera infancia y enseñanza de inglés.
Fiscalía	Justicia en línea, modernización tecnológica y sistemas de información, fortalecimiento de la capacidad investigativa y técnico-científica.
Inclusión Social y Reconciliación	Sistemas de información de apoyo a la atención integral para la primera infancia, protección de los derechos de la niñez y la familia, bienestar familiar, familias en acción, atención humanitaria, justicia transicional, Red Unidos, atención a la población desplazada a nivel local.
Presidencia de la República	Sistemas de información de apoyo a la reintegración comunitaria, detección de minas antipersonal, prevención de violaciones a los DHH infracciones al DIH, prevención del reclutamiento

Tabla 4.17
Principales oportunidades del uso de las TIC

Registraduría	Sistemas de información de apoyo a la Identificación ciudadana.
Salud y Protección Social	Sistemas de información de apoyo a la unificación y universalización del régimen subsidiado, protección de salud pública, asistencia promoción social.
Trabajo	Sistemas de información de apoyo a la capacitación y formación para el trabajo, infraestructura para la capacitación y formación SENA, emprendimiento empresarial.
Vivienda, Ciudad y Territorio	Sistemas de información de apoyo y control de subsidio familiar de vivienda y desarrollo urbano.

Además, en el PND 2014-2018 "Todos por un nuevo país" [9], se confirman estos mismos sectores y se articula con la política de CTI (descrita en la sección anterior), de la siguiente manera:

Tabla 4.18
Sectores y política de CTI

Defensa y Seguridad	Plataformas tecnológicas para la integración de diversos servicios y la determinación del modelo de transferencia tecnológica.
Agropecuario	Sistemas de gestión de conocimiento para aumentar la productividad y la competitividad del sector agropecuario y agroindustrial
Tecnologías de la información y las comunicaciones	Promoción del plan Vive Digital 2014-2018 que contribuya a la reducción de la pobreza, generar empleo y apoyo a la competitividad de la industria nacional. Sus principales objetivos son: ser líderes en el desarrollo de aplicaciones dirigidas a los más pobres (particularmente en sectores como salud, agricultura, TIC para MiPymes) y tener un gobierno transparente y más eficiente gracias a las TIC (gobierno en línea y fortalecimiento de la gestión pública con TIC). Además se enfoca en el fortalecimiento e internacionalización de la industria TI, formación de talento TIC, emprendimiento, desarrollo de contenidos digitales y de comercio electrónico.
SENA	Consolidación de SENNOVA, Sistema que abarca la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en el sector productivo colombiano, Tecnoparques (desarrollo integral de talento humano, integrando los sectores público, privado y educativo) y Tecnoacademias (programa de educación para jóvenes de educación media para el fortalecimiento y adquisición de competencias usando tecnologías aplicadas).

También se consideran focos y áreas estratégicas del conocimiento para la investigación tales como Alimentos, Energía, Salud, Biotecnología, Nanotecnología y TIC.

Cabe destacar la importancia que el PND 2014-2018 le da a las regiones y divide al país en Caribe, Eje Cafetero y Antioquia, Centro Oriente, Pacífico, Llanos Orientales y el Sur de Colombia. En estas regiones se busca una mejora en la calidad de vida de sus habitantes, mayor conectividad y desarrollo productivo sostenible, la conservación ambiental y el desarrollo de la agroindustria.

Por último se analizó el trabajo desarrollado en 2015 por Fedesoft llamado "Informe de caracterización del sector de software y tecnologías de la información en Colombia" [6], en el cual se menciona que la Industria TIC ofrece sus productos

(sin especificar el tipo de productos que ofrece) a los siguientes sectores: Autopartes, Software, Servicios Públicos, Energía, Educación, Telecomunicaciones, Hidrocarburos-Minería, Manufactura, Inmobiliario, Turismo, Entretenimiento, Construcción, Salud, Agroindustria, Solidario, Comercio, Logística y Transporte, Seguros, Sector Financiero y Gobierno. Se indica además que en los sectores en los que más se concentran los productos son: Software, Educación, Salud, Comercio, Logística y Transporte, Sector Financiero y Gobierno.

4.2.3 Principales necesidades TIC del país por sectores

Después de identificar los sectores de aplicación se establecieron las necesidades en cada uno de ellos y las TIC asociadas. Para esto se revisó la Segunda Consulta a la Comunidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013 [10]. Para cada uno de los sectores se hizo una síntesis de lo expresado en la consulta así como la categorización y normalización de la terminología.

A continuación se presenta cada tecnología identificada en la Consulta, con sus posibles aplicaciones y los sectores en los que se podría usar, seguida de su normalización en términos de la clasificación de ACM.

Tabla 4.19
Sectores y política de CTI

Propósitos	Aplicaciones	Sectores	Tecnologías involucradas
Contenidos multimedia, animación digital, realidad virtual y 3D	Entretenimiento Sistemas de información Simuladores Sistemas diagnósticos Videojuegos	Educación Salud	Simulation types and techniques Multimedia and multimodal retrieval Social media Virtual Reality Computer games
Bioinformática y biología computacional	Detección y tratamiento de enfermedades Estudio y comprensión de fenómenos biológicos Investigación genómica Producción de alimentos Estudios sociales y biodiversidad	Salud Ambiente Educación	Bio-Informatics Health care information systems
Aplicaciones ETI en salud y educación	Telemedicina Sistemas de simulación Monitorización de pacientes Procesamiento de señales e imágenes médicas Diseño de prótesis Interfaces Hombre-Máquina Tratamiento de discapacidades	Educación Salud	Simulation types and techniques Image processing Mobile health monitoring Health care information systems Gamification 3D Bio-printing systems Wearable User Interfaces Mobile computing Pervasive computing Big data

Tabla 4.19
Sectores y política de CTI

Propósitos	Aplicaciones	Sectores	Tecnologías involucradas
Aplicaciones ETI en salud y educación	Uso de TIC como apoyo a enseñanza-aprendizaje E-learning Bibliotecas digitales Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA)	Educación Salud	E-learning Interactive learning environments Gamification
Competitividad Empresarial basada en TIC	Sistemas de información para optimización y estandarización de procesos: empresariales, financieros, organizacionales, comerciales, logísticos y de gestión Trazabilidad de productos Toma de decisiones	Empresarial	Computing and business Enterprise architecture management Enterprise architecture framework Enterprise architecture modelling Virtual Personal Assistant Data analytics Content analytics Internet of Things Multimedia and multimodal retrieval
Gobierno en Línea	Sistemas de información para: (i) acercamiento de la comunidad rural y urbana, (ii) productos y servicios del estado Televisión digital Atención y prevención de desastres	Gobierno	Digital security Internet of Things Information Integration Social media Enterprise architectures Geographic information systems Global positioning systems Robotics Internet communication tools
Aplicaciones ETI en AgroIndustria	Sistemas de Información para: (i) procesos de la cadena agroindustrial, (ii) trazabilidad de productos agroindustriales, (iii) monitorización y predicción de condiciones meteorológicas, (iv) sistemas de información geográficos y cartográficos	AgroIndustria	Automation Robotic autonomy Smart Robots Geographic information systems Global positioning systems
Control y automatización	Robótica Industrial Tele-gestión Robótica Inteligencia Artificial	Empresarial Educación Salud Entretenimiento	Automation Robotic autonomy Smart Robots Computer vision Knowledge representation and reasoning

Tabla 4.19
Sectores y política de CTI

Propósitos	Aplicaciones	Sectores	Tecnologías involucradas
Control y automatización	Robótica Industrial Tele-gestión Robótica Inteligencia Artificial	Empresarial Educación Salud Entretenimiento	Image processing Artificial Intelligence
Tecnologías satelitales	Geo-referenciación Sistemas de referenciación geo-gráficos y cartográficos	Seguridad y Defensa Ambiental	Image processing Geographic information systems Global positioning systems Semantic web description languages Internet communication tools
Sistemas centrados en el usuario	Diseño y personalización de sis-temas Inclusión social	Social	User characteristics Social media Semantic web description languages Internet communication tools Speech Recognition Artificial Intelligence Natural Language Processing Natural-Language Question Answe-ring Speech-to-Speech Translation
Desarrollos Web y sistemas domóticos	Uso de Web Semántica Sistemas domóticos	Seguridad Social	Connected home Automation Semantic web description languages Internet communication tools Internet of things
BPO&O (Business Pro-cess Outsourcing & Offs-horing)	Automatización de procesos de negocio Sistemas de control de proce-sos	Empresarial	Computing and business Business Intelligence Information Integration
Logística y servicios integrales de transporte	Sistemas de información para logística, trazabilidad y cadena de suministro	Empresarial Logística	Computing and business Ubiquitous and Mobile devices Geographic information systems Global positioning systems Internet communication tools Information Integration

4.2.4 Otras oportunidades de aplicación de las TIC: postconflicto

Uno de los principales objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2010-2014) se denominó "camino hacia la paz". Entre los aspectos que tiene en cuenta están: seguridad y orden público, consolidación y fronteras, lucha contra los grupos armados y crimen organizado y seguridad ciudadana. Esto se reitera en el PND 2014-2018 (artículo 123) con la creación del Ministerio para el Posconflicto, Derechos Humanos y la Seguridad (decreto 469 de 2015), por lo que es importante analizar las necesidades de TIC en este tema, sus aplicaciones y los sectores que cubre.

Tabla 4.20
Necesidades, aplicaciones de TIC en el Posconflicto

Propósitos	Aplicaciones	Sectores	Tecnologías involucradas
Transferencia tecnológica para e-justice Personalización de información Robótica	Sistemas de información: (i) expedientes judiciales virtuales, (ii) operadores judiciales, (iii) servicios judiciales en zonas apartadas, (iv) trámites para los juzgados, (v) notificaciones por medios electrónicos, (vi) videoconferencia para procesos judiciales, (vii) sistematización integral del Sistema Penitenciario y Carcelario, (viii) detección y desactivación de minas anti-persona Intercambio permanente de información entre entidades Identificación, caracterización, clasificación y tratamiento del recluso Sistemas de información geográfico y cartográfico Detección y erradicación de minas antipersonal	Defensa y Seguridad Justicia Inclusión social	Artificial Intelligence Computer vision Knowledge representation and reasoning Robotics Robotic Autonomy Smart Robots Digital security Extraction, transformation and loading Big data Internet communications tools User characteristics Information Integration Service-oriented architectures Enterprise interoperability Software organization and properties Software notation and tools Software creation and management

4.2.5 Otras oportunidades de aplicación de las TIC: marco de AE

Con la creación del "Marco de Referencia de Arquitectura Empresarial para las Entidades del Sector Público" [11] se generó una gran cantidad de requerimientos en cuanto a apropiación de nuevas teorías, metodologías y herramientas TIC, lo que representa un espacio de oportunidades y retos para los distintos actores del ecosistema. El Marco de Referencia abarca seis dominios: (a) estrategia de TI, (b) gobierno de TI, (c) información, (d) sistemas de información, (e) servicios tecnológicos y (f) uso y apropiación. Cada dominio tiene ámbitos, que agrupan lineamientos, además de roles, una normatividad, indicadores e instrumentos para la adopción.

En la siguiente tabla se hace un resumen:

Tabla 4.21 *Resumen oportunidades de aplicación de las TIC: marco de AE*

Propósitos	Aplicaciones	Sectores	Tecnologías involucradas
Arquitectura empresarial Arquitectura de información Arquitectura de aplicaciones Estrategia de TI Arquitectura de infraestructura Gobierno de TI	Aplicación del Marco de Arquitectura Empresarial en las Entidades del Sector Público	Gobierno	Enterprise architecture management Enterprise architecture framework Enterprise architecture modelling Management of computing and information systems IT Governance

4.2.6 Consolidación y síntesis

En esta subsección se hace el mismo proceso de clasificación y agrupamiento de las tecnologías, con el fin de precisar las que se denominarán las tecnologías TIC de alta importancia para el país. Se usa como base la clasificación de tecnologías en áreas hecha anteriormente, de manera que sea posible realizar más adelante un análisis cruzado.

Tabla 4.22
Clasificación y agrupamiento de las tecnologías

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	• Gamification • Virtual personal assistants
	INV2	Sistemas inteligentes	• Speech Recognition • Artificial Intelligence • Natural Language Processing • Natural-Language Question Answering • Speech-to-Speech Translation • Knowledge representation and reasoning
	INV3	Internet de las cosas	• Connected home • Internet of things
	INV4	Sistemas autónomos	• Robotics • Robotic Autonomy • Smart robots • 3D bioprinting systems
	INV6	Sociedad digital	• Social media
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	• Wearables
	INN2	BioTIC	• Bioinformatics
	INN3	Analítica de datos	• Big Data • Content Analytics • Data Analytics
	INN5	Seguridad de la información	• Digital security
	INN6	Interacción hombre-máquina	• Computer Vision • Image processing
	INN7	TIC para salud	• Health care information systems • Mobile Health Monitoring
Tecnologías TIC para transferencia	TT3	Manejo de información	• Information Integration • Extraction, transformation and loading • Business intelligence • Multimedia and multimodal retrieval
	TT4	Interacción hombre-máquina	• User Interfaces • Virtual Reality • Simulation types and techniques
	TT5	TIC para empresas	• Enterprise architecture • Enterprise architecture management

Tabla 4.22
Clasificación y agrupamiento de las tecnologías

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas
Tecnologías TIC para transferencia	TT5	TIC para empresas	• Enterprise architecture frameworks • Enterprise architecture modeling • Computing and business
	TT6	Computación aplicada	• Computer Games
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	• Geographic information systems • Global positioning systems • Semantic web description languages • Software organization and properties • Software notation and tools • Software creation and management • Service-oriented architectures • Enterprise interoperability • User Chracteristics
	DT2	Computación móvil	• Ubiquitous and mobile computing • Mobile Computing • Internet communications tools • Ubiquitous and mobile devices
	DT3	TIC para empresas	• Management of computing and information systems • Automation • IT Governance
	DT4	TIC para educación	• E-learning • Interactive Learning environments

A continuación se presenta el resultado de cruzar las tecnologías TIC de alto potencial contra las tecnologías TIC de alta importancia para el país, lo que nos permite poner de relieve los posibles espacios en los que se debería enfocar el trabajo de los distintos actores del ecosistema nacional.

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	Augmented Reality		Alto Potencial
			Bioacoustic sensing		Alto Potencial
			Brain-computer interface		Alto Potencial
			Gamification	Gamification	Alta Importancia y Potencial
			Human augmentation		Alto Potencial
			Interaction paradigms		Alto Potencial
			User models		Alto Potencial
			Virtual personal assistants	Virtual personal assistants	Alta Importancia y Potencial
	INV2	Sistemas inteligentes	Machine Learning		Alto Potencial
			Speech Recognition	Speech Recognition	Alta Importancia y Potencial
			Artificial Intelligence	Artificial Intelligence	Alta Importancia y Potencial
			Natural Language Processing	Natural Language Processing	Alta Importancia y Potencial
			Natural-Language Question Answering	Natural-Language Question Answering	Alta Importancia y Potencial
			Speech-to-Speech Translation	Speech-to-Speech Translation	Alta Importancia y Potencial
			Neurobusiness		Alto Potencial
				Knowledge representation and reasoning	Alta Importancia
			Affective computing		Alto Potencial
	INV3	Internet de las cosas	Connected home	Connected home	Alta Importancia y Potencial
			Smart Homes		Alto Potencial
			Internet of things	Internet of things	Alta Importancia y Potencial

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para investigación	INV4	Sistemas autónomos	Robotics	Robotics	Alta Importancia y Potencial
			Robotic Autonomy	Robotic Autonomy	Alta Importancia y Potencial
			Smart robots	Smart robots	Alta Importancia y Potencial
			3D bioprinting systems	3D bioprinting systems	Alta Importancia y Potencial
	INV5	Hardware	Micro-data centers		Alto Potencial
			Network architectures		Alto Potencial
			Quantum computing		Alto Potencial
			Biochips		Alto Potencial
			Volumetric displays		Alto Potencial
	INV6	Sociedad digital	Social media	Social media	Alta Importancia y Potencial
			Collaborative digital economy		Alto Potencial
			Citizen data science		Alto Potencial
	INV7	Ingeniería de software	Software development process management		Alto Potencial
			Software-defined security		Alto Potencial
	INV8	Analítica de datos	Advanced analytics with self-service delivery		Alto Potencial
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	3D Scanners		Alto Potencial
			Nanoelectromechanical systems		Alto Potencial
			Wearables	Wearables	Alta Importancia y Potencial
			Consumer 3D Printing		Alto Potencial
	INN2	BioTIC	Bioinformatics	Bioinformatics	Alta Importancia y Potencial
			Computational Biology		Alto Potencial

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para innovación	INN3	Analítica de datos	Big Data	Big Data	Alta Importancia y Potencial
			Content Analytics	Content Analytics	Alta Importancia y Potencial
			In Memory Analytics		Alto Potencial
			Data Analytics	Data Analytics	Alta Importancia y Potencial
			Data Science		Alto Potencial
	INN4	Computación en la nube	Cloud Computing		Alto Potencial
			Hybrid Cloud Computing		Alto Potencial
	INN5	Seguridad de la información	Cryptocurrencies		Alto Potencial
			Cryptocurrency Exchange		Alto Potencial
			Digital security	Digital security	Alta Importancia y Potencial
	INN6	Interacción hombre-máquina	Computer Vision	Computer Vision	Alta Importancia y Potencial
			Image processing	Image processing	Alta Importancia y Potencial
			Embedded and cyber-physical systems		Alto Potencial
	INN7	TIC para salud	Health care information systems	Health care information systems	Alta Importancia y Potencial
			Health informatics		Alto Potencial
			Mobile Health Monitoring	Mobile Health Monitoring	Alta Importancia y Potencial
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware	Green Computing		Alto Potencial
			Green IT		Alto Potencial
			Sensor Networks		Alto Potencial
			Enterprise 3D Printing		Alto Potencial
			Network Services		Alto Potencial

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para transferencia	TT2	Seguridad de la información	Security Services		Alto Potencial
			Network security		Alto Potencial
			Cybersecurity, Trustworthy ICT		Alto Potencial
			Security and Privacy		Alto Potencial
	TT3	Manejo de información	Open data		Alto Potencial
			Data Management Systems		Alto Potencial
			Data Warehouses		Alto Potencial
				Information Integration	Alta Importancia
				Extraction, transformation and loading	Alta Importancia
				Business intelligence	Alta Importancia
				Multimedia and multimodal retrieval	Alta Importancia
			Decision Support Systems		Alto Potencial
	TT4	Interacción hombre-máquina	Human Computer Interface		Alto Potencial
			User Interfaces	User Interfaces	Alta Importancia y Potencial
			Gesture Control		Alto Potencial
			Virtual Reality	Virtual Reality	Alta Importancia y Potencial
			Mixed/augmented reality		Alto Potencial
				Simulation types and techniques	Alta Importancia
			Pattern Recognition		Alto Potencial
	TT5	TIC para empresas	Enterprise architecture	Enterprise architecture	Alta Importancia y Potencial
				Enterprise architecture management	Alta Importancia
				Enterprise architecture frameworks	Alta Importancia

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para transferencia	TT5	TIC para empresas		Enterprise architecture modeling	Alta Importancia
			Computing and business	Computing and business	Alta Importancia y Potencial
	TT6	Computación aplicada	Autonomous Field Vehicles		Alto Potencial
			Crowd Sourcing		Alto Potencial
				Computer Games	Alta Importancia
			Telemedicine		Alto Potencial
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software		Geographic information systems	Alta Importancia
				Global positioning systems	Alta Importancia
			Web Services		Alto Potencial
			Web Applications		Alto Potencial
				Semantic web description languages	Alta Importancia
			Open Source Software		Alto Potencial
			Software organization and properties	Software organization and properties	Alta Importancia y Potencial
			Software notation and tools	Software notation and tools	Alta Importancia y Potencial
			Software creation and management	Software creation and management	Alta Importancia y Potencial
			Service-oriented architectures	Service-oriented architectures	Alta Importancia y Potencial
			Distributed systems organizing principles		Alto Potencial
			Enterprise interoperability	Enterprise interoperability	Alta Importancia y Potencial
				User Characteristics	Alta Importancia

Tabla 4.23
Tecnologías TIC de alto potencial y tecnologías TIC de alta importancia

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías TIC de alto potencial	Tecnologías TIC de alta importancia	Evaluación de Brecha
Tecnologías TIC para desarrollo	DT2	Computación móvil	Ubiquitous and mobile computing	Ubiquitous and mobile computing	Alta Importancia y Potencial
			Mobile Computing	Mobile Computing	Alta Importancia y Potencial
			Embedded systems		Alto Potencial
			Internet communications tools	Internet communications tools	Alta Importancia y Potencial
			Ubiquitous and mobile devices	Ubiquitous and mobile devices	Alta Importancia y Potencial
	DT3	TIC para empresas	Management of computing and information systems	Management of computing and information systems	Alta Importancia y Potencial
				Automation	Alta Importancia
			IT Governance	IT Governance	Alta Importancia y Potencial
			E-commerce infrastructure		Alto Potencial
	DT4	TIC para educación	E-learning	E-learning	Alta Importancia y Potencial
			Computing Education		Alto Potencial
			Interactive Learning environments	Interactive Learning environments	Alta Importancia y Potencial
	DT5	Hardware	Communication Hardware		Alto Potencial
			Wireless access networks		Alto Potencial
			Computer Networks		Alto Potencial
			Power and Energy		Alto Potencial
			Distributed Architecture		Alto Potencial
			Networking		Alto Potencial

Al cruzar los dos grupos de tecnologías se llega al resultado presentado en la figura 4.1. De las 121 tecnologías identificadas, 65 corresponden a tecnologías de alto potencial, 15 a tecnologías de alta importancia y 41 a las dos categorías.

Análisis cruzado de tendencias

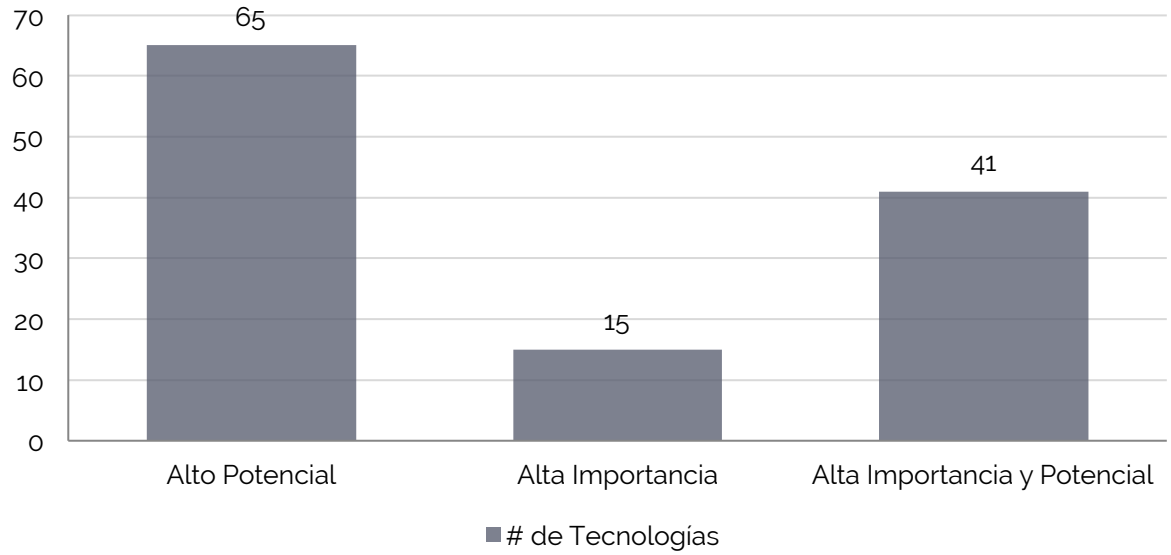


Figura 4.1
Análisis cruzado de tendencias
Elaboración propia

En la siguiente tabla se hace un cruce entre las áreas tecnológicas y los sectores nacionales de aplicación:

Tabla 4.24
Cruce entre las áreas tecnológicas y los sectores nacionales de aplicación

Categoría	ID	Área tecnológica	Educación	Salud	Defensa y Seguridad	Justicia	Inclusión Social	Gobierno	Agroindustria	Empresarial	Ambiental	Logística	Social	Entretenimiento
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	x	x						x				
	INV2	Sistemas inteligentes	x	x	x	x	x			x			x	x
	INV3	Internet de las cosas			x			x		x			x	
	INV4	Sistemas autónomos	x	x	x	x	x	x	x	x				x
	INV5	Hardware												
	INV6	Sociedad digital	x	x				x					x	
	INV7	Ingeniería de software												

Tabla 4.24
Cruce entre las áreas tecnológicas y los sectores nacionales de aplicación

Categoría	ID	Área tecnológica	Educación	Salud	Defensa y Seguridad	Justicia	Inclusión Social	Gobierno	Agroindustria	Empresarial	Ambiental	Logística	Social	Entretenimiento
Tecnologías TIC para investigación	INV8	Analítica de datos												
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	x	x										
	INN2	BioTIC	x	x							x			
	INN3	Analítica de datos	x	x	x	x	x			x				
	INN4	Computación en la nube												
	INN5	Seguridad de la información			x	x	x	x						
	INN6	Interacción hombre-máquina	x	x	x	x	x			x	x			x
	INN7	TIC para salud	x	x							x			
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware												
	TT2	Seguridad de la información												
	TT3	Manejo de información	x	x	x	x	x	x		x		x		
	TT4	Interacción hombre-máquina	x	x										
	TT5	TIC para empresas						x		x		x		
	TT6	Computación aplicada	x	x										
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	DT2	Computación móvil	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	DT3	TIC para empresas	x	x	x			x	x	x			x	x
	DT4	TIC para educación	x	x										
	DT5	Hardware												

Teniendo en cuenta el resultado del cruce entre las áreas tecnológicas y los sectores nacionales asociados, se encuentra que tal y como lo muestra la figura 2 el área tecnológica con el mayor número de sectores asociados (10) corresponde a DT2-Computación móvil. Así mismo, las áreas DT1-Ingeniería y arquitectura de software e INV4-Sistemas autónomos, también tienen asociados un número alto de sectores (9). Por otro lado, es posible evidenciar que algunas áreas no se mencionan de manera explícita en ningún sector, pero cuya importancia resulta innegable para el país (por ejemplo, INV7-Ingeniería de software e INN4-Computación en la nube).

Análisis cruzado de tendencias

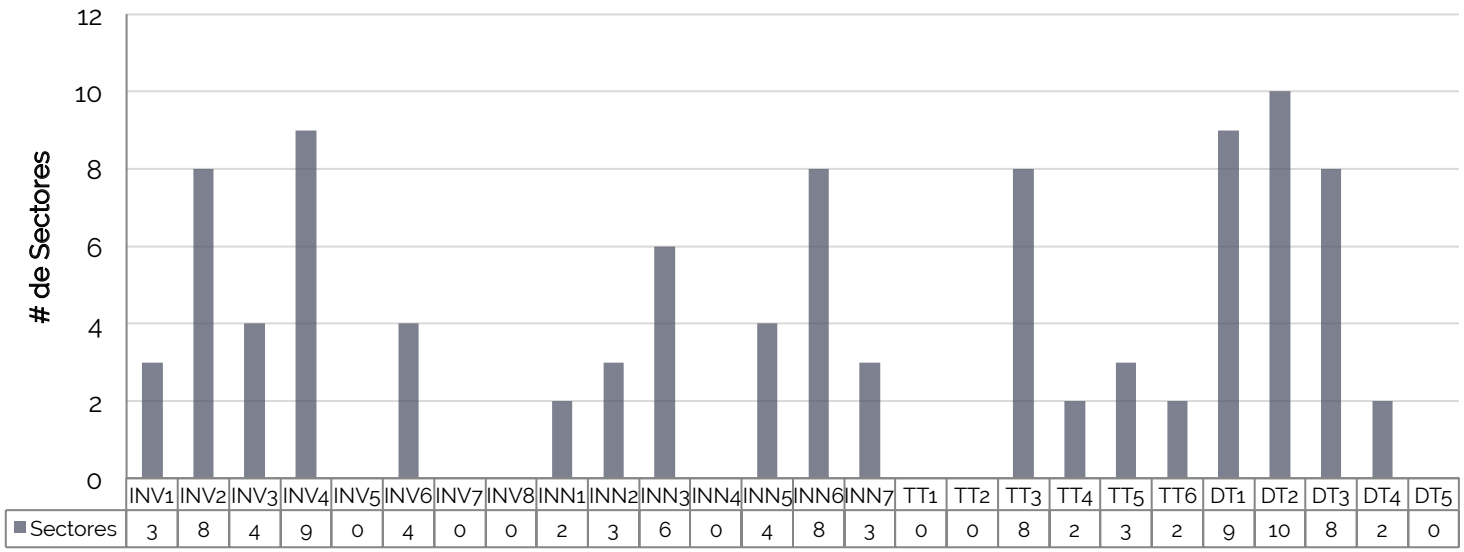


Figura 4.2
Distribución de las tecnologías necesarias por sectores
Elaboración propia

Al analizar porcentualmente las cuatro categorías tecnológicas se obtiene lo que se muestra en la figura 4.3.

Distribución por categoría tecnológica

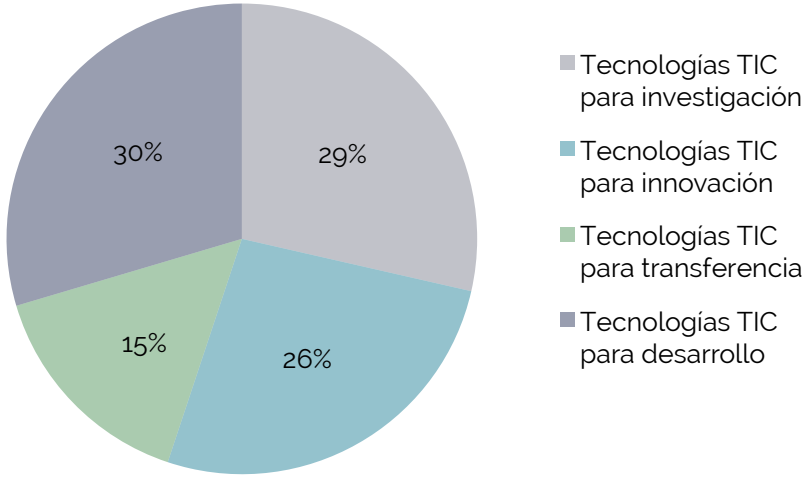


Figura 4.3
Distribución por categoría tecnológica
Elaboración propia

A partir del cruce, también es posible realizar un análisis de las áreas tecnológicas relacionadas con cada sector de aplicación, tal como se muestra en la figura 4.4

Áreas tecnológicas involucradas por sector

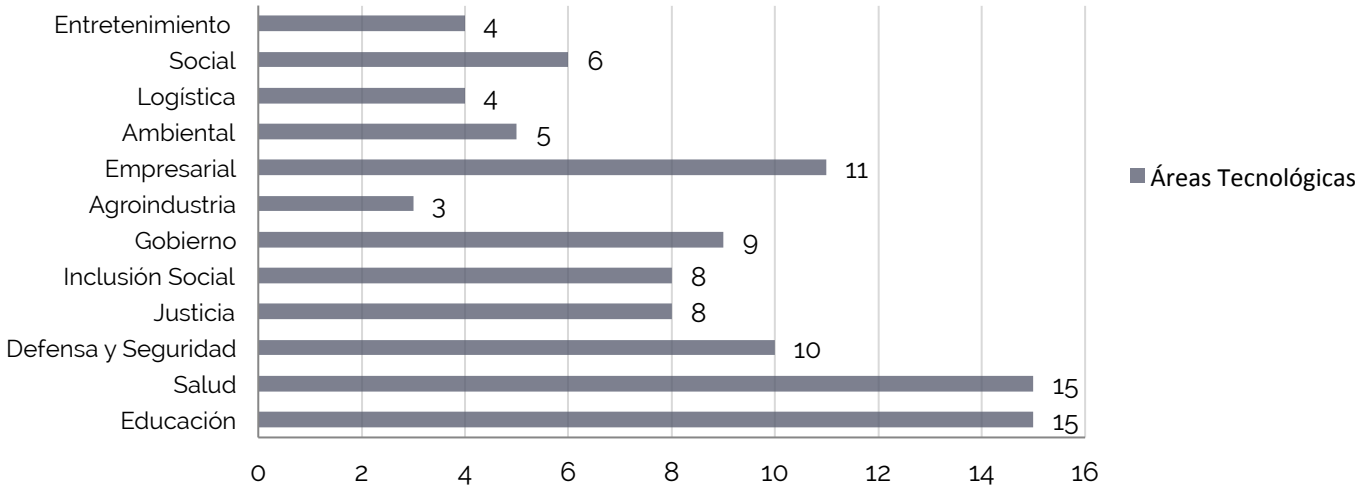


Figura 4.4
Áreas tecnológicas involucradas por sector
Elaboración propia

Finalmente, utilizando el resultado anterior se hace una primera priorización de las tecnologías TIC, asociando un nivel de importancia entre 1 y 5, siendo 5 la más alta, teniendo cuenta el número de sectores que la mencionan dentro de sus planes.

Tabla 4.25
Priorización de las tecnologías TIC

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	Augmented Reality	1
			Bioacoustic sensing	1
			Brain-computer interface	1
			Gamification	3
			Human augmentation	1
			Interaction paradigms	1
			User models	1
			Virtual personal assistants	1

Tabla 4.25
Priorización de las tecnologías TIC

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia
Tecnologías TIC para investigación	INV2	Sistemas inteligentes	Machine Learning	1
			Speech Recognition	1
			Artificial Intelligence	5
			Natural Language Processing	1
			Natural-Language Question Answering	1
			Speech-to-Speech Translation	1
			Neurobusiness	1
			Knowledge representation and reasoning	5
			Affective computing	1
	INV3	Internet de las cosas	Connected home	3
			Smart Homes	1
			Internet of things	4
	INV4	Sistemas autónomos	Robotics	4
			Robotic Autonomy	5
			Smart robots	5
			3D bioprinting systems	3
	INV5	Hardware	Micro-data centers	1
			Network architectures	1
			Quantum computing	1
			Biochips	1
			Volumetric displays	1
	INV6	Sociedad digital	Social media	4
			Collaborative digital economy	1
			Citizen data science	1
	INV7	Ingeniería de software	Software development process management	1
			Software-defined security	1
	INV8	Analítica de datos	Advanced analytics with self-service delivery	1

Tabla 4.25
Priorización de las tecnologías TIC

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	3D Scanners	1
			Nanoelectromechanical systems	1
			Wearables	3
			Consumer 3D Printing	1
	INN2	BioTIC	Bioinformatics	3
			Computational Biology	1
	INN3	Analítica de datos	Big Data	4
			Content Analytics	1
			In Memory Analytics	1
			Data Analytics	1
			Data Science	1
	INN4	Computación en la nube	Cloud Computing	1
			Hybrid Cloud Computing	1
	INN5	Seguridad de la información	Cryptocurrencies	1
			Cryptocurrency Exchange	1
			Digital security	4
	INN6	Interacción hombre-máquina	Computer Vision	5
			Image processing	5
			Embedded and cyber-physical systems	1
	INN7	TIC para salud	Health care information systems	3
			Health informatics	1
			Mobile Health Monitoring	3
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware	Green Computing	1
			Green IT	1
			Sensor Networks	1
			Enterprise 3D Printing	1
			Network Services	1
	TT2	Seguridad de la información	Security Services	1
			Network security	1
			Cybersecurity, Trustworthy ICT	1

Tabla 4.25
Priorización de las tecnologías TIC

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia
Tecnologías TIC para transferencia	TT2	Seguridad de la información	Security and Privacy	1
	TT3	Manejo de información	Open data	1
			Data Management Systems	1
			Data Warehouses	1
			Information Integration	5
			Extraction, transformation and loading	3
			Business intelligence	1
			Multimedia and multimodal retrieval	3
			Decision Support Systems	1
	TT4	Interacción hombre-máquina	Human Computer Interface	1
			User Interfaces	3
			Gesture Control	1
			Virtual Reality	3
			Mixed/augmented reality	1
			Simulation types and techniques	1
			Pattern Recognition	1
	TT5	TIC para empresas	Enterprise architecture	1
			Enterprise architecture management	3
			Enterprise architecture frameworks	3
			Enterprise architecture modeling	3
			Computing and business	3
	TT6	Computación aplicada	Autonomous Field Vehicles	1
			Crowd Sourcing	1
			Computer Games	3
			Telemedicine	1
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	Geographic information systems	4
			Global positioning systems	4
			Web Services	1
			Web Applications	1

Tabla 4.25
Priorización de las tecnologías TIC

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	Semantic web description languages	3
			Open Source Software	1
			Software organization and properties	3
			Software notation and tools	3
			Software creation and management	3
			Service-oriented architectures	3
			Distributed systems organizing principles	1
			Enterprise interoperability	3
			User Characteristics	4
	DT2	Computación móvil	Ubiquitous and mobile computing	3
			Mobile Computing	3
			Embedded systems	1
			Internet communications tools	5
			Ubiquitous and mobile devices	3
	DT3	TIC para empresas	Management of computing and information systems	1
			Automation	5
			IT Governance	1
			E-commerce infrastructure	1
	DT4	TIC para educación	E-learning	3
			Computing Education	1
			Interactive Learning environments	3
	DT5	Hardware	Communication Hardware	1
			Wireless access networks	1
			Computer Networks	1
			Power and Energy	1
			Distributed Architecture	1
			Networking	1

4.3 Análisis de capacidades del ecosistema TIC

En esta sección se presenta un análisis de las capacidades de los grupos de investigación TIC del país y se identifica el grado de alineación que tienen con las tendencias tecnológicas actuales y las necesidades nacionales.

Para identificar las capacidades se siguieron dos etapas: como primera medida se tomaron las líneas de investigación reportadas por los grupos TIC a través del sistema SCienti y se clasificaron de acuerdo con el nivel 1 de la taxonomía de ACM. Luego, se utilizó el índice SCOPUS [12] para identificar la producción de nuevo conocimiento de los mismos grupos, con la hipótesis de que la generación de nuevo conocimiento es una buena medida del grado de madurez y productividad de un grupo.

Con este análisis se establecen al final de esta sección qué tan avanzados están los grupos de investigación del país en las distintas áreas, en qué áreas hay fortalezas, en qué áreas hay debilidades y, lo más importante, qué tan alineados y preparados están para asumir los retos y oportunidades que vienen para los próximos años.

4.3.1 Normalización de líneas de investigación declaradas por los grupos

En esta subsección se utilizan las líneas de investigación en las que trabajan los grupos TIC del país. Como se presentó en el capítulo 3, cada uno de los grupos de investigación del país debe declarar un conjunto de líneas de investigación dentro de las cuales se enmarcan sus actividades. Sin embargo, la declaración de líneas de investigación es completamente abierta: cada grupo puede declarar las líneas que quiera, usando la terminología que considere adecuada. Esta heterogeneidad hace que sea difícil el procesamiento automático de las líneas para medir capacidades en tecnologías específicas. Para resolver esto, el análisis de las líneas que se presenta a continuación se basa en una 'normalización' de las líneas construida manualmente. Esto quiere decir que para cada 1600 líneas declaradas por los grupos se encontraron los términos ACM equivalentes.

4.3.2 Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

En la siguiente tabla se hace el análisis de alineación entre las tecnologías de alto potencial, las tecnologías de importancia para el país y el número de grupos de investigación TIC del país que las abordan. Dado que cada grupo puede declarar múltiples líneas de investigación, el total corresponde a la suma de todas las líneas declaradas por todos los grupos. Los porcentajes sólo son una medida de la forma en que se distribuyen las líneas declaradas:

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	Augmented Reality	1	3	27%	11	1%
			Bioacoustic sensing	1	0	0%		
			Brain-computer interface	1	1	9%		
			Gamification	3	0	0%		
			Human augmentation	1	0	0%		
			Interaction paradigms	1	1	9%		
			User models	1	0	0%		
			Virtual personal assistants	1	0	0%		
			Other Technologies		6	55%		
	INV2	Sistemas inteligentes	Machine Learning	1	6	12%	91	6%
			Speech Recognition	1	1	2%		
			Artificial Intelligence	5	20	41%		
			Natural Language Processing	1	1	2%		
			Natural-Language Question Answering	1	1	2%		
			Speech-to-Speech Translation	1	1	2%		
			Neurobusiness	1	0	0%		
			Knowledge representation and reasoning	5	19	39%		
			Affective computing	1	0	0%		
			Other Technologies		42	86%		
	INV3	Internet de las cosas	Connected home	3	2	33%	6	0%
			Smart Homes	1	2	33%		
			Internet of things	4	2	33%		
	INV4	Sistemas autónomos	Robotics	4	46	100%	46	3%
			Robotic Autonomy	5				
			Smart robots	5				
			3D bioprinting systems	3	0	0%		

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para investigación	INV5	Hardware	Micro-data centers	1	0	0%	5	0%
			Network architectures	1	2	40%		
			Quantum computing	1	3	60%		
			Biochips	1	0	0%		
			Volumetric displays	1	0	0%		
	INV6	Sociedad digital	Social media	4	5	100%	5	0%
			Collaborative digital economy	1	0	0%		
			Citizen data science	1	0	0%		
	INV7	Ingeniería de software	Software development process management	1	4	6%	62	4%
			Software-defined security	1	0	0%		
			Other Technologies		58	94%		
	INV8	Analítica de datos	Advanced analytics with self-service delivery	1	0	0%	2	0%
			Other Technologies		2	100%		
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	3D Scanners	1	0	0%	0	0%
			Nanoelectromechanical systems	1	0	0%		
			Wearables	3	0	0%		
			Consumer 3D Printing	1	0	0%		
	INN2	BioTIC	Bioinformatics	3	5	9%	58	4%
			Computational Biology	1	5	9%		
			Other Technologies		48	83%		
	INN3	Analítica de datos	Big Data	4	0	0%	10	1%
			Content Analytics	1	0	0%		
			In Memory Analytics	1	0	0%		
			Data Analytics	1	0	0%		
			Data Science	1	0	0%		
			Other Technologies		10	100%		
	INN4	Computación en la nube	Cloud Computing	1	0	0%	0	0%
			Hybrid Cloud Computing	1	0	0%		

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para innovación	INN5	Seguridad de la información	Cryptocurrencies	1	0	0%	2	0%
			Cryptocurrency Exchange	1	0	0%		
			Digital security	4	2	100%		
	INN6	Interacción hombre-máquina	Computer Vision	5	0	0%	52	3%
			Image processing	5	21	40%		
			Embedded and cyber-physical systems	1	16	31%		
			Other Technologies		15	29%		
	INN7	TIC para salud	Health care information systems	3	12	80%	15	1%
			Health informatics	1				
			Mobile Health Monitoring	3	1	7%		
			Other Technologies		2	13%		
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware	Green Computing	1	0	0%	4	0%
			Green IT	1	0	0%		
			Sensor Networks	1	0	0%		
			Enterprise 3D Printing	1	0	0%		
			Network Services	1	3	75%		
			Other Technologies		1	25%		
	TT2	Seguridad de la información	Security Services	1	0	0%	19	1%
			Network security	1	7	37%		
			Cybersecurity, Trustworthy ICT	1	2	11%		
			Security and Privacy	1	0	0%		
			Other Technologies		10	53%		

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para transferencia	TT3	Manejo de información	Open data	1	0	0%	25	2%
			Data Management Systems	1	13	52%		
			Data Warehouses	1	0	0%		
			Information Integration	5	1	4%		
			Extraction, transformation and loading	3	1	4%		
			Business intelligence	1	3	12%		
			Multimedia and multimodal retrieval	3	6	24%		
			Decision Systems Support	1	1	4%		
Tecnologías TIC para transferencia	TT4	Interacción hombre-máquina	Human Computer Interface	1	11	19%	57	4%
			User Interfaces	3	0	0%		
			Gesture Control	1	0	0%		
			Virtual Reality	3	12	21%		
			Mixed/augmented reality	1				
			Simulation types and techniques	1	17	30%		
			Pattern Recognition	1	9	16%		
			Other Technologies		8	14%		
	TT5	TIC para empresas	Enterprise architecture	1	3	25%	12	1%
			Enterprise architecture management	3	3	25%		
			Enterprise architecture frameworks	3	3	25%		
			Enterprise architecture modeling	3	3	25%		
			Computing and business	3	0	0%		
	TT6	Computación aplicada	Autonomous Field Vehicles	1	0	0%	75	5%
			Crowd Sourcing	1	0	0%		
			Computer Games	3	9	12%		
			Telemedicine	1	15	20%		
			Other Technologies		51	68%		

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	Geographic information systems	4	5	5%	94	6%
			Global positioning systems	4	5	5%		
			Web Services	1	1	1%		
			Web Applications	1	13	14%		
			Semantic web description languages	3	0	0%		
			Open Source Software	1	5	5%		
			Software organization and properties	3	4	4%		
			Software notation and tools	3	10	11%		
			Software creation and management	3	40	43%		
			Service-oriented architectures	3	1	1%		
			Distributed systems organizing principles	1	0	0%		
			Enterprise interoperability	3	0	0%		
			User Characteristics	4	0	0%		
			Other Technologies		10	11%		
	DT2	Computación móvil	Ubiquitous and mobile computing	3	12	29%	41	3%
			Mobile Computing	3	14	34%		
			Embedded systems	1	12	29%		
			Internet communications tools	5	0	0%		
			Ubiquitous and mobile devices	3	3	7%		
	DT3	TIC para empresas	Management of computing and information systems	1	0	0%	40	2%
			Automation	5	0	0%		
			IT Governance	1	1	3%		
			E-commerce infrastructure	1	3	8%		
			Other Technologies		36	90%		
	DT4	TIC para educación	E-learning	3	99	100%	99	6%
			Computing Education	1				
			Interactive Learning environments	3				

Tabla 4.26
Alineación de los grupos con las tendencias y necesidades

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de Grupos TIC	% de Área	Total Grupos Área	% Total
Tecnologías TIC para desarrollo	DT5	Hardware	Communication Hardware	1	0	0%	85	5%
			Wireless access networks	1	7	8%		
			Computer Networks	1	0	0%		
			Power and Energy	1	1	1%		
			Distributed Architecture	1	0	0%		
			Networking	1	77	91%		
Otras Tecnológias							690	43%
Total							1606	100%

De las 1606 líneas declaradas por lo grupos de investigación TIC, el 57% se asocia con tecnologías de alta importancia o alto potencial para el país. En la figura 4.5, es posible evidenciar la distribución de los grupos en las distintas áreas tecnológicas.

Al analizar las tecnologías que se abordan en cada una de las cuatro categorías, se obtiene el resultado presentado en las figuras 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9

Clasificación de las líneas de investigación declaradas por grupos TIC

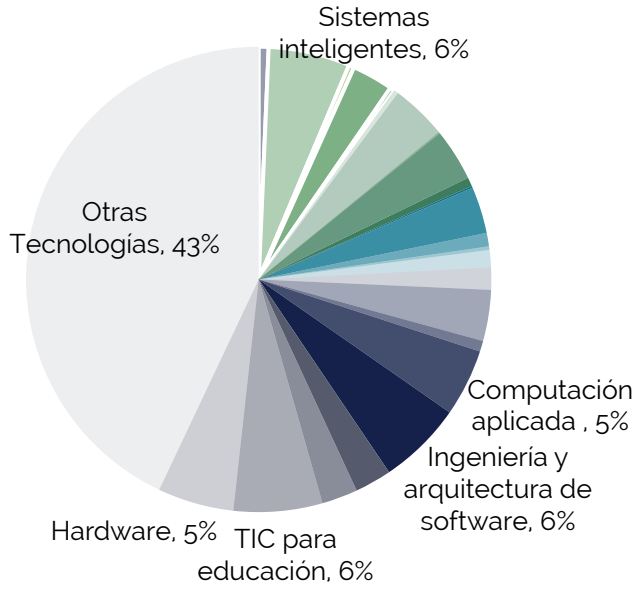


Figura 4.5
Clasificación de las líneas de investigación declaradas por grupos TIC
Elaboración propia

Relación porcentual de las Líneas declaradas en TIC para Investigación

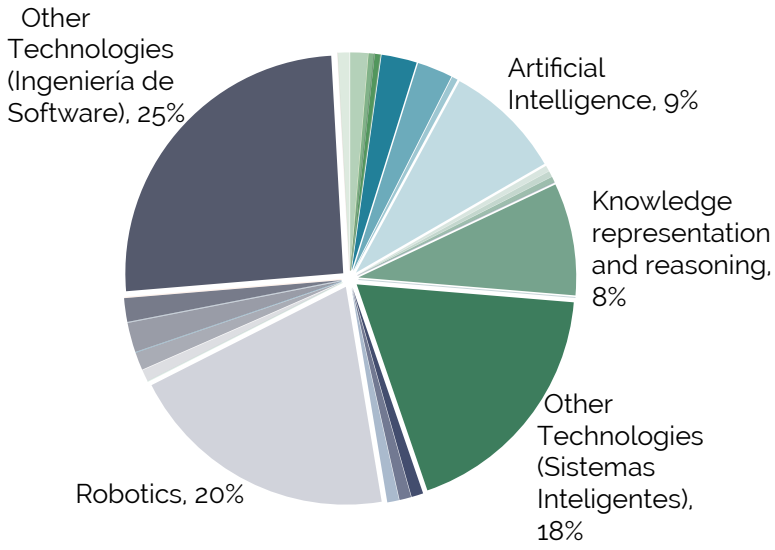


Figura 4.6
Líneas TIC declaradas en investigación
Elaboración propia

Relación porcentual de las Líneas declaradas en TIC para Innovación

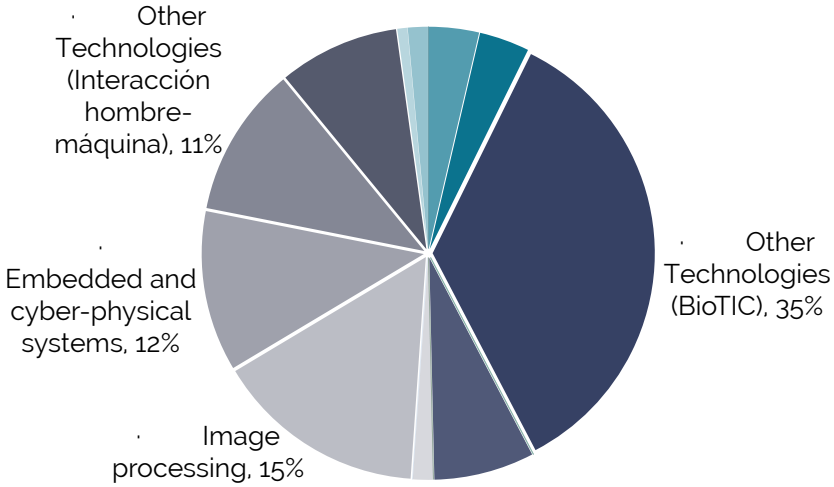


Figura 4.7
Líneas TIC declaradas en innovación
Elaboración propia

Relación porcentual de las Líneas declaradas en TIC para Transferencia

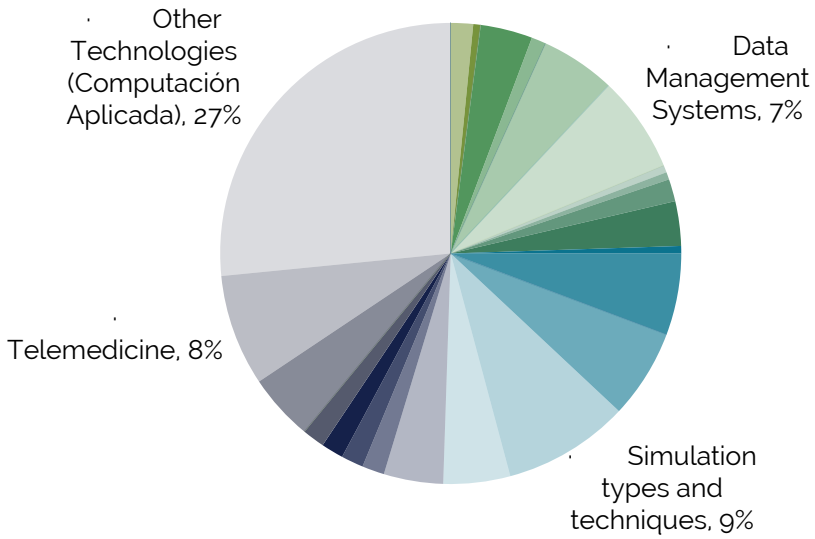


Figura 4.8
Líneas TIC declaradas en transferencia tecnológica
Elaboración propia

Relación porcentual de las Líneas declaradas en TIC para Desarrollo

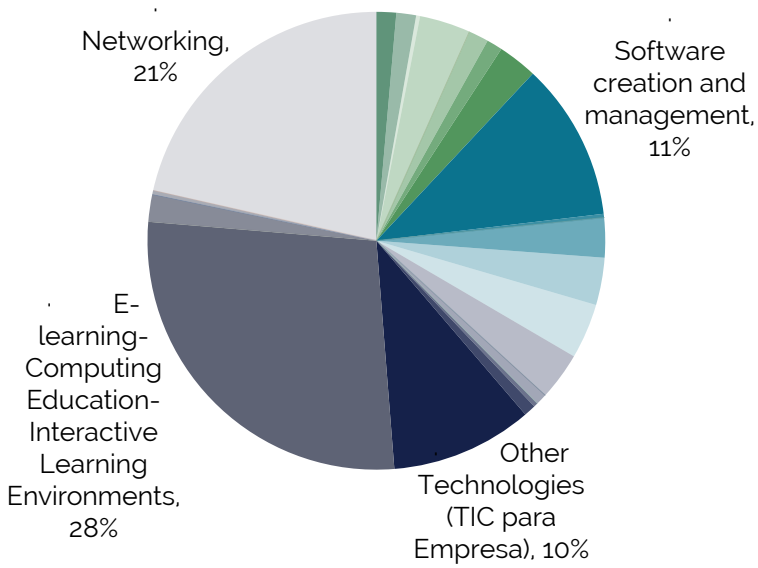


Figura 4.9
Líneas TIC declaradas en desarrollo tecnológico
Elaboración propia

Al haber analizado la alineación de los grupos TIC con las tecnologías de alto potencial o alta importancia enmarcadas en sus tendencias, es claro que en los cuatro (4) casos, la mayoría de las líneas responden a unas pocas tecnologías. Así mismo, también es posible encontrar tecnologías que no son abordadas por ninguna línea, en particular 52 de las 121 tecnologías no tienen líneas declaradas asociadas.

4.3.3 Análisis de madurez de los grupos TIC de investigación

Una vez identificadas las líneas en las que investigan los grupos según la información reportada y basados en los productos declarados ante Colciencias se analizó, por línea de ACM, el número de artículos pertenecientes a la categoría de productos de nuevo conocimiento que aparecen en el índice SCOPUS [12]. Estas líneas se identificaron a partir del contenido del resumen (abstract), de las palabras clave (keywords) y del título del artículo. Este análisis se hizo sólo para los primeros niveles de la clasificación de ACM.

En la siguiente tabla aparecen clasificados todos los productos mencionados anteriormente situados sobre la jerarquía de términos de ACM. Es importante aclarar que el número que aparece en la tabla no corresponde al número de productos sino al número de menciones que se hacen en los productos a los términos ACM. Esto ocurre porque un producto puede mencionar más de un término y sería imposible clasificarlo únicamente en un lugar. A manera de ejemplo se puede tomar el artículo titulado "MIDAS: A MODEL-DRIVEN APPROACH FOR ADAPTIVE SOFTWARE" [14] que, además del contenido del resumen (abstract), tiene las siguientes palabras clave, varias de las cuales corresponden exactamente a términos de ACM: embedded systems, information systems, MDE software engineering, adaptation, adaptive characteristic, design, design and implementations, implementation architecture, mathematical transformations, requirements, requirements engineering, requirements engineering process, requirements specifications, transformations, World Wide Web.

Tabla 4.27 *Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones*

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
General and reference (1608)	Cross-computing tools and techniques (1608)	Empirical studies	7
		Measurement	157
		Metrics	65
		Evaluation	297
		Experimentation	30
		Estimation	115
		Design	903
		Performance	528
		Validation	109
		Verification	45

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Hardware	Communication hardware, interfaces and storage (8)	Printers	1
		Scanners	3
		Wireless devices	4
	Integrated circuits (55)	Interconnect	29
		Logic circuits	3
	Power and energy (6)	Energy distribution	3
		Impact on the environment	1
	Electronic design automation (1)	Timing analysis	1
	Robustness (40)	Fault tolerance	6
	Emerging technologies (30)	Electromechanical systems	5
Computer systems organization (666)	Architectures (137)	Parallel architectures	10
		Distributed architectures	3
		Other architectures	1
	Embedded and cyber-physical systems (412)	Sensor networks	36
		Robotics	297
		Sensors and actuators	6
		Embedded systems	88
	Real-time systems (9)	Real-time operating systems	1
	Dependable and fault-tolerant systems and networks (155)	Reliability	75
		Availability	78
		Redundancy	14
Networks (630)	Network architectures (2)	Programming interfaces	1
	Network protocols (22)	Transport protocols	1
	Network components		1
	Network properties (11)	Network structure	9
		Network dynamics	1
		Network mobility	1

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Networks (630)	Network services (61)	Cloud computing	38
		Location based services	5
		Network management	6
	Network types (37)	Network on chip	4
		Home networks	1
		Mobile networks	11
		Wireless access networks	1
		Ad hoc networks	19
Theory of computation (586)	Models of computation (9)	Computability	1
		Concurrency	8
	Formal languages and automata theory (2)	Formalisms	2
	Computational complexity and cryptography (3)	Quantum complexity theory	1
		Cryptographic primitives	1
		Cryptographic protocols	1
	Logic (574)	Automated reasoning	1
		Linear logic	2
		Abstraction	21
		Type theory	1
	Randomness, geometry and discrete structures (4)	Computational geometry	4
Mathematics of computing (121)	Discrete mathematics (15)	Combinatorics	1
		Graph theory	13
	Probability and statistics (5)	Probabilistic algorithms	1
		Stochastic processes	4
	Mathematical software (5)	Solvers	4
	Information theory		13
	Mathematical analysis (33)	Numerical analysis	4
		Differential equations	8
		Functional analysis	2
		Integral equations	2

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Mathematics of computing (121)	Mathematical analysis (33)	Nonlinear equations	5
		Quadrature	1
	Continuous mathematics (55)	Calculus	12
		Topology	43
Information systems (625)	Data management systems (20)	Data structures	10
		Query languages	6
		Information integration	3
	Information systems applications (126)	Decision support systems	70
		Multimedia information systems	4
		Data mining	60
	World Wide Web (120)	Web mining	3
		Web applications	22
		Web services	37
	Information retrieval		59
Security and privacy (155)	Cryptography		106
	Formal methods and theory of security (2)	Security requirements	2
	Security services (29)	Authentication	13
		Access control	16
		Authorization	4
	Intrusion/anomaly detection and malware mitigation (7)	Intrusion detection systems	7
	Security in hardware		1
	Systems security		2
	Network security (24)	Security protocols	2
		Firewalls	4
Human-centered computing (83)	Human computer interaction (HCI) (11)	Interaction devices	2
		Interaction techniques	8
	Interaction design		8
	Visualization (47)	Visualization techniques	5
	Accessibility		19

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Computing methodologies (575)	Parallel computing methodologies (9)	Parallel algorithms	9
	Artificial intelligence (418)	Natural language processing	19
		Knowledge representation and reasoning	1
		Planning and scheduling	1
		Control methods	1
		Distributed artificial intelligence	7
		Computer vision	65
	Machine learning (129)	Machine learning approaches	3
		Machine learning algorithms	12
		Cross-validation	6
	Modeling and simulation		7
	Computer graphics (70)	Animation	10
		Rendering	8
		Image compression	5
Social and professional topics (1664)	Computing / technology policy (46)	Intellectual property	4
		Privacy policies	4
		Surveillance	33
		Computer crime	5
	User characteristics (1640)	Gender	12
		People with disabilities	2
		Age	1637
Applied computing (1149)	Electronic commerce (13)	Electronic data interchange	4
	Enterprise computing (28)	Enterprise information systems	2
		Business process management	4
		Enterprise architectures	3
		Service-oriented architectures	2
		Event-driven architectures	1
		Business rules	2

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Applied computing (1149)	Enterprise computing (28)	Enterprise modeling	3
		Reference models	8
		Business-IT alignment	1
		IT governance	5
	Physical sciences and engineering (636)	Aerospace	8
		Archaeology	1
		Astronomy	2
		Chemistry	29
		Engineering	511
		Physics	30
		Electronics	68
		Telecommunications	29
	Life and medical sciences (66)	Computational biology	9
		Genomics	9
		Systems biology	4
		Health informatics	3
		Bioinformatics	39
		Genetics	17
	Law, social and behavioral sciences (86)	Anthropology	2
		Law	33
		Psychology	14
		Economics	39
		Sociology	3
	Computers in other domains (210)	Publishing	172
		Military	4
		Cartography	3
		Agriculture	33
	Operations research (101)	Consumer products	1
		Decision analysis	7
		Transportation	37
		Forecasting	39

Tabla 4.27
Clasificación de productos sobre términos de ACM por numero de menciones

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Número de menciones
Applied computing (1149)	Operations research (101)	Marketing	16
	Education (268)	Computer-assisted instruction	2
		Interactive learning environments	1
		Collaborative learning	24
		Learning management systems	4
		Distance learning	3
		E-learning	65
	Document management and text processing (1)	Document management	1

A continuación se clasifican los productos anteriores por área tecnológica y se consolidan los resultados. Se usa el número de productos de nuevo conocimiento como un indicador de producción y de madurez de los grupos TIC de investigación que trabajan en una línea.

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para investigación	INV1	Computación centrada en las personas	Augmented Reality	1	3	0	0%	102	0,45%	Baja
			Bioacoustic sensing	1	0	0	0%			Baja
			Brain-computer interface	1	1	0	0%			Baja
			Gamification	3	0	0	0%			Baja
			Human augmentation	1	0	0	0%			Baja
			Interaction paradigms	1	1	0	0%			Baja
			User models	1	0	0	0%			Baja
			Virtual personal assistants	1	0	0	0%			Baja
			Other Technologies		6	102	100%			Alta

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para investigación	INV2	Sistemas inteligentes	Machine Learning	1	6	129	21%	627	2,79%	Alta
			Speech Recognition	1	1	0	0%			Baja
			Artificial Intelligence	5	20	418	67%			Alta
			Natural Language Processing	1	1	0	0%			Baja
			Natural-Language Question Answering	1	1	0	0%			Baja
			Speech-to-Speech Translation	1	1	0	0%			Baja
			Neurobusiness	1	0	0	0%			Baja
			Knowledge representation and reasoning	5	19	1	0%			Baja
			Affective computing	1	0	0	0%			Baja
			Other Technologies		42	79	13%			Alta
	INV3	Internet de las cosas	Connected home	3	2	0	0%	0	0,00%	Baja
			Smart Homes	1	2	0	0%			Baja
			Internet of things	4	2	0	0%			Baja
	INV4	Sistemas autónomos	Robotics	4	46	237	100%	237	1,05%	Alta
			Robotic Autonomy	5		0	0%			Baja
			Smart robots	5		0	0%			Baja
			3D bioprinting systems	3	0	0	0%			Baja
	INV5	Hardware	Micro-data centers	1	0	0	0%	2	0,01%	Baja
			Network architectures	1	2	2	100%			Baja
			Quantum computing	1	3	0	0%			Baja
			Biochips	1	0	0	0%			Baja
			Volumetric displays	1	0	0	0%			Baja
	INV6	Sociedad digital	Social media	4	5	0	0%	0	0,00%	Baja
			Collaborative digital economy	1	0	0	0%			Baja
			Citizen data science	1	0	0	0%			Baja
	INV7	Ingeniería de software	Software development process manage-	1	4	0	0%	0	0,00%	Baja
			Software-defined security	1	0	0	0%			Baja
			Other Technologies		58		0%			Baja

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para investigación	INV8	Analítica de datos	Advanced analytics with self-service delivery	1	0	0	0%	0	0,00%	Baja
			Other Technologies		2					Baja
Tecnologías TIC para innovación	INN1	Hardware	3D Scanners	1	0	0	0%	0	0,00%	Baja
			Nanoelectromechanical systems	1	0	0	0%			Baja
			Wearables	3	0	0	0%			Baja
			Consumer 3D Printing	1	0	0	0%			Baja
	INN2	BioTIC	Bioinformatics	3	5	39	50%	78	0,35%	Media
			Computational Biology	1	5	9	12%			Baja
			Other Technologies		48	30	38%			Media
	INN3	Analítica de datos	Big Data	4	0	0	0%	200	0,89%	Baja
			Content Analytics	1	0	0	0%			Baja
			In Memory Analytics	1	0	0	0%			Baja
			Data Analytics	1	0	0	0%			Baja
			Data Science	1	0	0	0%			Baja
			Other Technologies		10	200	100%			Alta
	INN4	Computación en la nube	Cloud Computing	1	0	38	100%	38	0,17%	Media
			Hybrid Cloud Computing	1	0	0	0%			Baja
	INN5	Seguridad de la información	Cryptocurrencies	1	0	0	0%	0	0,00%	Baja
			Cryptocurrency Exchange	1	0	0	0%			Baja
			Digital security	4	2	0	0%			Baja
	INN6	Interacción hombre-máquina	Computer Vision	5	0	65	12%	524	2,33%	Alta
			Image processing	5	21	0	0%			Baja
			Embedded and cyber-physical systems	1	16	412	79%			Alta
			Other Technologies		15	47	9%			Media

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para innovación	INN7	TIC para salud	Health care information systems	3	12	0	0%	189	0,84%	Baja
			Health informatics	1		3	2%			Baja
			Mobile Health Monitoring	3	1	0	0%			Baja
			Other Technologies		2	186	98%			Alta
Tecnologías TIC para transferencia	TT1	Hardware	Green Computing	1	0	0	0%	201	0,89%	Baja
			Green IT	1	0	0	0%			Baja
			Sensor Networks	1	0	36	18%			Media
			Enterprise 3D Printing	1	0	0	0%			Baja
			Network Services	1	3	61	30%			Alta
			Other Technologies		1	104	52%			Alta
	TT2	Seguridad de la información	Security Services	1	0	29	12%	237	1,05%	Media
			Network security	1	7	24	10%			Media
			Cybersecurity, Trustworthy ICT	1	2	0	0%			Baja
			Security and Privacy	1	0	155	65%			Alta
			Other Technologies		10	29	12%			Media
	TT3	Manejo de información	Open data	1	0	0	0%	152	0,68%	Baja
			Data Management Systems	1	13	20	13%			Media
			Data Warehouses	1	0	0	0%			Baja
			Information Integration	5	1	3	2%			Baja
			Extraction, transformation and loading	3	1	0	0%			Baja
			Business intelligence	1	3	0	0%			Baja
			Multimedia and multimodal retrieval	3	6	59	39%			Alta
			Decision Systems Support	1	1	70	46%			Alta

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para transferencia	TT4	Interacción hombre-máquina	Human Computer Interface	1	11	11	29%	38	0,17%	Baja
			·User Interfaces	3	0	0	0%			Baja
			Gesture Control	1	0	0	0%			Baja
			Virtual Reality	3	12	0	0%			Baja
			Mixed/augmented reality	1		0	0%			Baja
			Simulation types and techniques	1	17	7	18%			Baja
			Pattern Recognition	1	9	0	0%			Baja
			Other Technologies		8	20	53%			Media
	TT5	TIC para empresas	Enterprise architecture	1	3	3	50%	6	0,03%	Baja
			Enterprise architecture management	3	3	0	0%			Baja
			Enterprise architecture frameworks	3	3	0	0%			Baja
			Enterprise architecture modeling	3	3	3	50%			Baja
			Computing and business	3	0	0	0%			Baja
	TT6	Computación aplicada	Autonomous Field Vehicles	1	0	0	0%	1236	5,49%	Baja
			Crowd Sourcing	1	0	0	0%			Baja
			Computer Games	3	9	0	0%			Baja
			Telemedicine	1	15	0	0%			Baja
			Other Technologies		51	1236	100%			Alta

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para desarrollo	DT1	Ingeniería y arquitectura de software	Geographic information systems	4	5	0	0%	2788	12,39%	Baja
			Global positioning systems	4	5	0	0%			Baja
			Web Services	1	1	37	1%			Media
			Web Applications	1	13	22	1%			Media
			Semantic web description languages	3	0	0	0%			Baja
			Open Source Software	1	5	0	0%			Baja
			Software organization and properties	3	4	0	0%			Baja
			Software notation and tools	3	10	0	0%			Baja
			Software creation and management	3	40	0	0%			Baja
			Service-oriented architectures	3	1	2	0%			Baja
			Distributed systems organizing principles	1	0	0	0%			Baja
			Enterprise interoperability	3	0	0	0%			Baja
			User Characteristics	4	0	1640	59%			Alta
			Other Technologies		10	1087	39%			Alta
	DT2	Computación móvil	Ubiquitous and mobile computing	3	12	0	0%	88	0,39%	Baja
			Mobile Computing	3	14	0	0%			Baja
			Embedded systems	1	12	88	100%			Alta
			Internet communications tools	5	0	0	0%			Baja
			Ubiquitous and mobile devices	3	3	0	0%			Baja
	DT3	TIC para empresas	Management of computing and information systems	1	0	0	0%	136	0,60%	Baja
			Automation	5	0	0	0%			Baja
			IT Governance	1	1	5	4%			Baja
			E-commerce infrastructure	1	3	0	0%			Baja
			Other Technologies		36	131	96%			Alta
	DT4	TIC para educación	E-learning	3	99	65	98%	66	0,29%	Alta
			Computing Education	1		0	0%			Baja
			Interactive Learning environments	3		1	2%			Baja

Tabla 4.28
Clasificación de productos por área tecnológica

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnologías involucradas	Importancia	Número de grupos TIC	Productos nuevo conocimiento	% productos área	Total menciones área	% Total	Nivel producción
Tecnologías TIC para desar-	DT5	Hardware	Communication Hardware	1	0	0	0%	702	3,12%	Baja
			Wireless access networks	1	7	1	0%			Baja
			Computer Networks	1	0	0	0%			Baja
			Power and Energy	1	1	9	1%			Baja
			Distributed Architecture	1	0	3	0%			Baja
			Networking	1	77	689	98%			Alta
Otras tecnológias								14852	66,01%	
Total								22499	100%	

De las 22.499 menciones, 7.647 corresponden a tecnologías enmarcadas en las tendencias de investigación, innovación, transferencia y desarrollo. En la figura 4.10, se encuentra que, de las 121 tecnologías clasificadas, 14 tienen un nivel de producción que se puede considerar alto (50 o más menciones asociadas), 11 tienen un nivel medio (entre 20 y 50 productos) y 96 un nivel bajo.

Estimado del nivel de producción asociado con las tecnologías

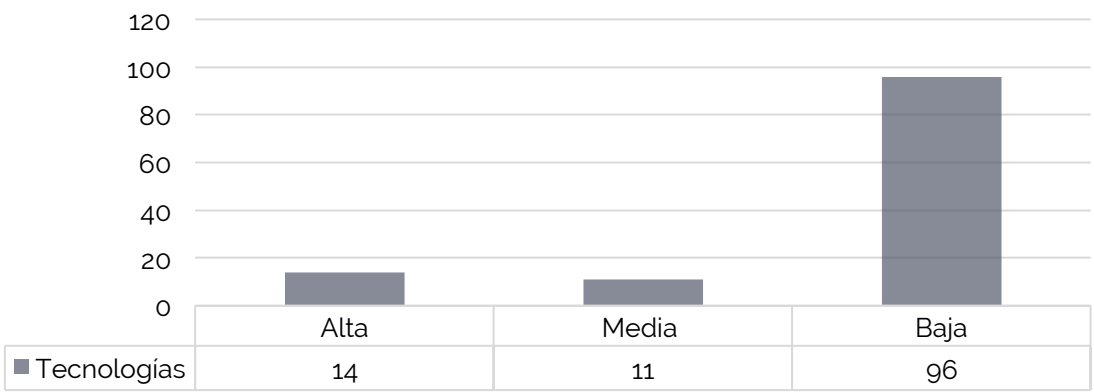


Figura 4.10
Estimado del nivel de producción asociado con las tecnologías
Elaboración propia

Para cerrar esta subsección, se presenta una síntesis de las líneas con más productos de los grupos de investigación TIC del país, líneas clasificadas dentro de las áreas tecnológicas. Para esto, en la siguiente tabla aparecen las líneas con 50 o más apariciones en los productos registrados por los grupos en el índice SCOPUS.

Tabla 4.29 *Síntesis de las líneas con más productos de los grupos de investigación TIC*

Categoría	ID	Área tecnológica	Tecnología	No. de menciones
Desarrollo	DT1	Ingeniería y Arquitectura de Software	User Characteristics	1640
	DT5	Hardware	Networks	630
Investigación	INV2	Sistemas Inteligentes	Artificial Intelligence	418
Innovación	INN6	Interacción hombre-máquina	Embedded and cyber-physical systems	412
Investigación	INV4	Sistemas Autónomos	Robotics	297
Transferencia	TT2	Seguridad de la Información	Security and Privacy	155
Investigación	INV2	Sistemas Inteligentes	Machine Learning	129
Investigación	INV1	Computación Centrada en las Perso-	Otras tecnologías	102
Desarrollo	DT2	Computación Móvil	Embedded Systems	88
Investigación	INV2	Sistemas Inteligentes	Other Technologies	79
Innovación	INN6	Interacción hombre-máquina	Computer Vision	65
Desarrollo	DT4	TIC para Educación	E-Learning	65
Transferencia	TT1	Hardware	Network Services	61
Transferencia	TT3	Mapeo de Información	Multimedia and multimodel retrieval	59

Al entrar en detalles dentro de cada una de estas categorías pueden concluirse algunos aspectos adicionales sobre la capacidad de los grupos en cada una de ellas.

Tabla 4.30 *Detalles de categorías*

ID ACM	Technology	No. de menciones
13.3	User characteristics	1640
13.3.3	Gender	12
13.3.5	People with disabilities	2
13.3.8	Age	1637

La tabla anterior muestra cómo se distribuyen las menciones que dentro de la clasificación de ACM aparecen clasificadas dentro de "User Characteristics". Lo que se puede apreciar es que el término "Age" es el responsable de la mayoría de las menciones. Sin embargo, se trata de un término tan frecuente en el lenguaje común que posiblemente la mayoría de menciones no hagan referencia a trabajos que estudien a los usuarios desde el punto de vista de su edad. Por ejemplo, algunos de estos trabajos podrían mencionar la edad de un sistema, de una empresa, o simplemente hacer referencia a una "era" (por ejemplo, "In this age it is typical that ...").

Tabla 4.31
Detalles de categorías

ID ACM	Technology	No. de menciones
4	Networks	630
4.1	Network architectures	2
4.1.2	Programming interfaces	1
4.2	Network protocols	22
4.2.5	Transport protocols	1
4.3	Network components	1
4.6	Network properties	11
4.6.3	Network structure	9
4.6.4	Network dynamics	1
4.6.6	Network mobility	1
4.7	Network services	61
4.7.2	Cloud computing	38
4.7.3	Location based services	5
4.7.6	Network management	6
4.8	Network types	37
4.8.1	Network on chip	4
4.8.10	Ad hoc networks	19
4.8.2	Home networks	1
4.8.7	Mobile networks	11
4.8.9	Wireless access networks	1

Dentro de las menciones que hay del término "Networks", la mayoría se concentran en el término mismo; es decir, que no detallan aspectos específicos dentro del término. Sin embargo, hay un número significativo de menciones a los términos "Network protocols", "Network services", "Cloud computing", "Network types", "Ad hoc networks" y "Mobile Networks" que demuestran que hay trabajos en áreas específicas.

Tabla 4.32
Menciones que hay del término "Networks"

ID ACM	Technology	No. de menciones
11.3	Artificial intelligence	418
11.3.1	Natural language processing	19
11.3.2	Knowledge representation and reasoning	1
11.3.3	Planning and scheduling	1
11.3.5	Control methods	1
11.3.7	Distributed artificial intelligence	7
11.3.8	Computer vision	65

Con respecto a Inteligencia Artificial ocurre algo similar a lo que pasa en el caso anterior: la mayoría de menciones corresponden al término completo y unas pocas corresponden a elementos internos. Dentro de estos, los más populares son Natural Language Processing y Computer Visión: estos hacen referencia a dos campos bastante diferentes lo cual sugiere que hay al menos dos grupos diferentes trabajando y publicando en esas dos áreas.

Tabla 4.33
Menciones que hay del término "Inteligencia Artificial"

ID ACM	Technology	No. de menciones
11.4	Machine learning	129
11.4.3	Machine learning approaches	3
11.4.4	Machine learning algorithms	12
11.4.5	Cross-validation	6

Algo similar ocurre con el término Machine Learning, que está bastante relacionado con el campo de Inteligencia Artificial. No obstante, en este caso no hay mucha evidencia de trabajo en aspectos más específicos puesto que los términos con algunas menciones son bastante generales (algoritmos para aprendizaje de máquina y validación cruzada).

Tabla 4.34
Menciones que hay del término "Machine Learning"

ID ACM	Technology	No. de menciones
3.2	Embedded and cyber-physical systems	412
3.2.1	Sensor networks	36
3.2.2	Robotics	297
3.2.3	Sensors and actuators	6
3.2.5	Embedded systems	88

Con respecto al término "Embedded and cyber-physical systems", el fenómeno es el contrario: la mayoría de menciones aparecen sobre términos internos, especialmente Robotics (que es un término relativamente especializado) y Embedded Systems (que es un término bastante genérico). También hay evidencia de trabajo en un campo bastante especializado como es el de redes de sensores (Sensor networks).

Tabla 4.35
Menciones que hay del término "Embedded and cyber-physical systems"

ID ACM	Technology	No. de menciones
9	Security and privacy	155
9.1	Cryptography	106
9.2	Formal methods and theory of security	2
9.2.2	Security requirements	2
9.3	Security services	29
9.3.1	Authentication	13
9.3.2	Access control	16

Tabla 4.35
Menciones que hay del término "Embedded and cyber-physical systems"

ID ACM	Technology	No. de menciones
9.3.6	Authorization	4
9.4	Intrusion/anomaly detection and malware mitigation	7
9.4.2	Intrusion detection systems	7
9.5	Security in hardware	1
9.6	Systems security	2
9.7	Network security	24
9.7.1	Security protocols	2
9.7.5	Firewalls	4

Finalmente en el campo de Security and Privacy se encuentra que la mayoría de menciones están relacionadas con el término Cryptography, lo que muestra trabajo especializado en el área. Varios de los otros términos con distintas menciones son, desafortunadamente, muy génericos, por lo cual no es posible concluir que haya capacidades y producción específicamente en esos temas.

4.4 Referencias

[1] 2012 ACM Computing Classification System. ACM 2012. http://www.acm.org/about/class/2012.
[2] Gartner. http://www.gartner.com/
[3] Horizon 2020. Official Journal of the European Union. Diciembre 2013. https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/official-documents
[4] 2016 IBM Guide to Retail Technology Trends. IBM. 2016.
[5] IEEE CS 2022 Report. Febrero 2014. IEEE. https://www.computer.org/cms/ComputingNow/2022Report.pdf
[6] Fedesoft - Informe de caracterización del sector de software y tecnologías de la información en Colombia. Diciembre 2015.
[7] Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2015-2025). Borrador. Diciembre 2015. http://www.colciencias.gov.co/node/984
[8] Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Junio 2011. Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[9] Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Junio 2015. Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[10] Segunda Consulta a la Comunidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) 2013. Agosto 2013. Colciencias.
[11] Marco de Arquitectura Empresarial para empresas del sector público – MINTIC. MinTIC 2014.
[12] SCOPUS. https://www.scopus.com/
[13] Gatner IT Glossary. http://www.gartner.com/it-glossary/
[14] José Bocanegra; Jaime Pavlich-Mariscal and Angela Carrillo-Ramos. MiDAS: A Model-Driven Approach for Adaptive Software. In: Proceedings of the 11th International Conference on Web Information Systems and Technologies, 2015. Portugal.

5

Capítulo

Lineas Orientadoras

5. Lineas Orientadoras

5.1 Líneas orientadoras para la investigación

5.2 Líneas orientadoras para la innovación

5.3 Líneas orientadoras para la transferencia tecnológica

5.4 Líneas orientadoras para desarrollo tecnológico

5. Líneas Orientadoras

En este capítulo se presenta la priorización de las tecnologías que debería abordar el ecosistema nacional TIC en los próximos años, siguiendo las categorías (investigación, innovación, transferencia y desarrollo) introducidas en el capítulo anterior. También se presenta una breve descripción de las tecnologías involucradas, tomando como base el glosario de TI de Gartner y las definiciones incluidas en las distintas fuentes referenciadas en el capítulo 4.

La priorización se hizo usando tres valores (alto, medio, bajo), asignados teniendo en cuenta las tendencias mundiales, la importancia para el país y las capacidades de los grupos TIC de investigación nacionales.

5.1 Líneas orientadoras para la investigación

A continuación se presentan las ocho (8) áreas tecnológicas de la categoría de investigación, con las tecnologías involucradas, con su priorización, ordenadas dichas tecnologías de mayor a menor:

INV1 - Computación centrada en las personas

Tabla 5.1
INV1 - Computación centrada en las personas

Tecnología	Prioridad	Descripción
Gamification	ALTA	Es el uso de mecanismos de juego para impulsar la participación en escenarios de negocios que no son juegos y para cambiar comportamientos en un público objetivo con el fin de lograr resultados en el negocio. Gamification incluye mecanismos tales como puntos, desafíos, tablas de clasificación, normas e incentivos que hacen que se convierta en una experiencia agradable y retadora para el usuario. Todo lo anterior se aplica para motivar al público a que tengan un mayor compromiso y se mejore el nivel de usabilidad de la aplicación o sistema.
Virtual personal assistants	ALTA	Software o aplicación que puede desempeñar tareas o servicios para un individuo. Estas tareas o servicios se basan en las entradas del usuario, sensibilidad al contexto y el acceso a la información desde diversas fuentes online tales como estado del clima, tráfico, noticias, precios, horarios, entre otros.

Tecnología	Prioridad	Descripción
User models	MEDIA	Conjunto de datos que caracterizan un usuario y que son utilizados por ciertos sistemas para brindarle la información que necesita de acuerdo con sus características.
Interaction paradigms	MEDIA	Los paradigmas de interacción corresponden a modelos o patrones de HCI (Interacción Humano Computador) que comprenden aspectos de interacción física, virtual y cognitiva. Entre ellos se encuentran: realidad aumentada, virtual y física, interacción basada en Web, interfaces de lenguaje natural, interacción colaborativa, entre otros.
Augmented Reality	MEDIA	Corresponde al uso de la información en tiempo real, a manera de texto, imágenes, audio, entre otros datos multimedia, de manera integrada con objetos reales.
Bioacoustic sensing	BAJA	Es una técnica de entrada de datos en la que se captan (a través de un dispositivo diseñado para esta tecnología), procesan y clasifican diversas señales acústicas a través de mecanismos de Software. Uno de sus usos es "Skinput" en la que, cuando un dedo toca la piel, el impacto crea señales acústicas para ser aplicados en ultrasonidos, generando vibraciones. Entre otros de sus usos se encuentra la detección de animales y en Medicina, es utilizado para la regeneración de tejidos humanos y tratamientos de tumores, dolores y alergias.
Brain-computer interface	BAJA	Es un tipo de interfaz en la cual, el usuario genera diversos patrones cerebrales que son interpretados por el computador como comandos para controlar una aplicación o dispositivo. Los mejores resultados son llevados a cabo por electrodos implantados en el cerebro para tomar señales. Las técnicas no invasivas se encuentran disponibles en el mercado en los que se usa una gorra para detectar las señales a través de electrodos externos.
Human augmentation	BAJA	También conocido como "Human 2.0", se enfoca en la creación de mejoras físicas y cognitivas como parte integral del cuerpo humano. Uno de sus usos es la creación de prótesis de alguna parte del cuerpo humano.

Tabla 5.1
INV1 - Computación centrada en las personas

INV2 – Sistemas inteligentes

Tecnología	Prioridad	Descripción
Artificial Intelligence	ALTA	Es una tecnología que aparece para emular el desempeño humano, particularmente, su aprendizaje, con el fin de llegar a sus propias conclusiones, entender contenidos complejos, participar en diálogos, mejorar el rendimiento cognitivo humano (también conocido como computación cognitiva) o la sustitución de personas en la ejecución de tareas no rutinarias. Las aplicaciones incluyen los vehículos autónomos, reconocimiento automático del habla y la generación y detección de nuevos conceptos y abstracciones
Knowledge representation and reasoning	ALTA	Término asociado a la inteligencia artificial que involucra estructuras usadas para almacenar conocimiento (tanto conceptos como relaciones entre los mismos) y que le permite a un motor de inferencia manipular el conocimiento y sus relaciones. Abarca conceptos tales como lógica descriptiva, redes semánticas, razonamiento probabilístico, razonamiento temporal, robótica cognitiva, programación lógica, razonamiento espacial y físico, entre otros.
Affective computing	MEDIA	Estas tecnologías captan el estado emocional de un usuario (a través de sensores, micrófono, cámaras y/o software) para brindarle información acorde a este estado.
Machine Learning	MEDIA	Corresponde al estudio de reconocimiento de patrones y la construcción tanto de modelos complejos como de algoritmos que pueden aprender y hacer predicciones basados en datos.
Speech Recognition	BAJA	Son sistemas que interpretan el habla humana y la traducen en texto o comandos. Algunos de sus usos conciernen a la entrada de datos, el diligenciamiento de formularios o transcripción de voz, sistemas embebidos en vehículos, controles de juegos y electrodomésticos, entre otros.
Natural Language Processing	BAJA	El procesamiento de lenguaje natural corresponde a una tecnología que involucra la habilidad para convertir texto o habla en información codificada y estructurada. Se utiliza, por ejemplo, para clasificar documentos o identificar hallazgos, procedimientos, medicación, alergias o participantes.
Natural-Language Question Answering	BAJA	Corresponde al uso de técnicas de recuperación de información (information retrieval) y de procesamiento de lenguaje natural (natural language processing) para el desarrollo de sistemas que automáticamente responden a preguntas formuladas, en lenguaje natural, por un ser humano.
Speech-to-Speech Translation	BAJA	Corresponde a sistemas que traducen habla en habla de un idioma a otro. Involucran tecnologías de Software tales como: reconocimiento automático del habla (automatic speech recognition), traducción de máquina (machine translation) y síntesis de voz (voice synthesis).
Neurobusiness	BAJA	Es la capacidad de aplicar neurociencia para mejorar resultados con los clientes y otras situaciones de toma de decisión.

Tabla 5.2
INV2 – Sistemas inteligentes

INV3 – Internet de las cosas

Tabla 5.3
INV3 – Internet de las cosas

Tecnología	Prioridad	Descripción
Internet of things	ALTA	Es la red de objetos físicos embebidos en otros sistemas con el fin de comunicar, capturar datos o interactuar con sus estados internos o el ambiente externo.
Connected home	MEDIA	Corresponde a un hogar que está conectado en red para permitir la interconexión e interoperabilidad de múltiples dispositivos, servicios y aplicaciones (de comunicaciones, entretenimiento, salud, seguridad y domótica). Estos servicios y aplicaciones se proveen a través de múltiples dispositivos interconectados e integrados, sensores, herramientas y plataformas. Su objetivo es proporcionar experiencias inteligentes y contextuales para los habitantes del hogar, y les permite controlarlo y supervisarlo tanto remota como presencialmente.
Smart Homes	MEDIA	Sistemas de domótica que permiten controlar dispositivos en casa tales como electrodomésticos, iluminación, calefacción, aire acondicionado, televisores, computadores, sistemas de audio, video, de entretenimiento, de seguridad y de cámaras, a través de teléfonos celulares y tabletas o Internet.

INV4 – Sistemas autónomos

Tabla 5.4
INV4 – Sistemas autónomos

Tecnología	Prioridad	Descripción
Robotic Autonomy	ALTA	Término relacionado con la construcción de robots que desempeñan comportamientos y tareas con un alto grado de autonomía para campos como la exploración espacial, labores domésticas, tratamiento de residuos, entre otros.
Smart robots	ALTA	Uso de técnicas de inteligencia artificial en robots para la programación y ejecución de sus actividades y tareas.
Robotics	MEDIA	Corresponde al diseño, construcción y operación de robots así como los algoritmos para su control, retroalimentación y procesamiento de información.
3D bioprinting systems	MEDIA	Sistema orientado a datos de imágenes médicas y software enfocado en el diseño de tejidos y órganos vivos. Incluye además, el dispositivo de impresión para crear un órgano humano funcional a partir de órganos propios del ser humano u otras células.

INV5 – Hardware

Tabla 5.5
INV5 – Hardware

Tecnología	Prioridad	Descripción
Micro-data centers	BAJA	Un data center (micro es a menor escala o menor tamaño) es el departamento en una empresa que almacena y mantiene la TI de los sistemas de back-end y almacenamiento de datos – sus servidores y bases de datos
Network architectures	BAJA	Término que abarca principios de diseño de redes, así como interfaces de comunicación y programación de las mismas.
Quantum computing	BAJA	Estudia computadores que usan estados cuánticos atómicos para efectuar cálculos y les permite funcionar exponencialmente más rápido que los computadores convencionales a medida que aumenta la longitud de palabra. Además, usa qubits en lugar de bits, para generar computadores más pequeños pero cada vez más potentes
Biochips	BAJA	Corresponde a una serie de tecnologías que implican la fusión de semiconductores y ciencias biológicas. Se basan en un conjunto de sensores moleculares dispuestos en una superficie pequeña y que se utilizan para analizar elementos biológicos tales como ADN, ácido ribonucleico y proteínas, además de ciertos productos químicos.
Volumetric displays	BAJA	El despliegue volumétrico crea representaciones visuales de los objetos en tres dimensiones, con un ángulo de visión casi de 360 grados, en la que la imagen cambia en la medida en que el espectador se mueve.

INV6 – Sociedad digital

Tabla 5.6
INV6 – Sociedad digital

Tecnología	Prioridad	Descripción
Social media	ALTA	Es un ambiente en línea en el cual el contenido es creado, utilizado, distribuido, descubierto o compartido para propósitos relacionados con comunidades y actividades sociales.
Collaborative and digital economy	MEDIA	Nuevas formas de negocio han surgido en los últimos años en donde se combinan personas y empresas que colaboran para lograr un beneficio común, las tecnologías de la información que proveen las plataformas de comunicación y de operación y los emprendedores tecnológicos que crean empresas alrededor de nuevas ideas. Este es un mundo en permanente construcción y exploración en donde la sociedad ha puesto su foco recientemente.
Citizen data science	BAJA	Corresponde al uso de Data Science por parte de personas del negocio que pueden tener algunos conocimientos de datos, matemáticas o ciencias sociales para que trabajen, exploren y analicen los datos.

INV7 – Ingeniería de software

Tabla 5.7
INV7 – Ingeniería de software

Tecnología	Prioridad	Descripción
Software development process management	MEDIA	Corresponde a las mejores prácticas, técnicas y actividades de planeación y administración de procesos de desarrollo de software
Software-defined security	MEDIA	Su objetivo es la protección que se basa en políticas de seguridad que no están sujetas a un servidor o un dispositivo de seguridad especializado. Todos los dispositivos de seguridad son gestionados y controlados por un lenguaje común que define políticas de seguridad en el que las reglas subyacentes son traducidas por el software. Las políticas de seguridad se ejecutan de forma automática, lo que permite un tiempo de respuesta rápido y reduce significativamente el error humano.

INV8 – Analítica de datos

Tabla 5.8
INV8 – Analítica de datos

Tecnología	Prioridad	Descripción
Advanced analytics with self-service delivery	MEDIA	La analítica avanzada corresponde a la evaluación autónoma o semiautónoma de datos o contenido utilizando técnicas y herramientas sofisticadas; lo anterior va más allá de la inteligencia de negocio tradicional con el fin de descubrir y proveer una vista más profunda de los datos, hacer predicciones, o generar recomendaciones. Las técnicas de analítica avanzada incluyen aquellas tales como la minería de datos/texto, aprendizaje de máquina, búsqueda de patrones, la previsión, la visualización, el análisis semántico, el análisis de sentimientos, la red y el análisis de agrupaciones (clustering), estadística multivariable, análisis gráfico, simulación, procesamiento de eventos complejos, redes neuronales, entre otros. Por otra parte, la Analítica de Autoservicio (Self-Service Analytics) es una forma de inteligencia de negocios en la cual los profesionales de la línea de negocio son capaces y son motivados a desarrollar consultas y generar reportes por sí mismos, con apoyo de TI. Cuenta con herramientas de inteligencia de negocios fáciles de usar, con capacidades analíticas básicas y un modelo de datos simplificado para un fácil acceso y comprensión de los mismos.

5.2 Líneas orientadoras para la innovación

A continuación se presentan las siete (7) áreas tecnológicas de la categoría de innovación, con las tecnologías involucradas, con su priorización, ordenadas dichas tecnologías de mayor a menor:

INN1 – Hardware

Tabla 5.9
INN1 – Hardware

Tecnología	Prioridad	Descripción
Wearables	ALTA	Se refiere a computadores y sus interfaces, diseñados para ser usados en el cuerpo, tales como una pantalla que se proyecta en la muñeca de la mano. Se han desarrollado dispositivos que proyectan información digital sobre los objetos y lugares del mundo real.
3D Scanners	MEDIA	Dispositivos que capturan datos sobre la forma y apariencia de objetos del mundo real para crear modelos 3D de ellos.
Consumer 3D Printing	MEDIA	Este tipo de impresoras han sido fabricadas desde finales de 1980 y se han utilizado en la creación de prototipos para diseño industrial. La calidad de impresión en 3D ha aumentado, y los costos de impresión y de suministro se han reducido a un nivel que hace atractiva la impresión 3D en empresas, escuelas y consumidores. Utilizan depósitos de resina, plástico u otro material, que aplican capa por capa, para construir un modelo físico y piezas.
Nanoelectromechanical systems	BAJA	Sistema electromecánico que utiliza nanotecnología

INN2 – BioTIC

Tabla 5.10
INN2 – BioTIC

Tecnología	Prioridad	Descripción
Bioinformatics	ALTA	Corresponde a la aplicación de herramientas computacionales capaces de adquirir, almacenar, organizar, archivar, analizar y visualizar datos biológicos, médicos, de comportamiento y salud. Entre sus campos de aplicación está la genómica funcional, biología molecular, biología computacional y cristalografía.
Computational Biology	MEDIA	Involucra el desarrollo de aplicaciones basadas en métodos teóricos y de analítica, modelado matemático y técnicas de simulación para el estudio de sistemas biológicos y sociales.

INN3 – Analítica de datos

Tabla 5.11
INN3 – Analítica de datos

Tecnología	Prioridad	Descripción
Big Data	ALTA	Corresponde a una serie de recursos de información de alto volumen, alta velocidad y alta variedad que requiere formas innovadoras y costo-efectivas de procesamiento de información, permitiendo una vista mejorada de la información para la toma de decisiones y la automatización de procesos.
Data Science	ALTA	Corresponde al empleo de técnicas y teorías para la extracción de conocimiento a partir de datos estructurados y no estructurados. Algunos consideran que es una continuación de campos como la estadística, minería de texto y analítica predictiva.
Data Analytics	ALTA	Es utilizada para el análisis de datos conducentes a la toma de decisiones en una organización. Los datos se analizan para descubrir patrones, correlaciones y otras vistas dependiendo del dominio en el que se encuentren
Content Analytics	ALTA	Este término define una familia de tecnologías que procesan contenido digital y comportamiento de usuario para consumir servicios y mantener al usuario cautivo con contenido tales como documentos, sitios de noticias, conversaciones (tanto audio como texto) y discusiones en redes sociales, con el fin de responder preguntas específicas.
In Memory Analytics	BAJA	También orientado a la toma de decisiones, es una aproximación utilizada en inteligencia de negocios en la que las consultas se realizan en los datos que se encuentran en memoria principal (RAM del computador) produciendo respuestas más rápidas

INN4 – Computación en la nube

Tabla 5.12
INN4 – Computación en la nube

Tecnología	Prioridad	Descripción
Cloud Computing	ALTA	Estilo de computación en el cual diversas capacidades de TI se prestan como servicio a través de tecnologías de Internet.
Hybrid Cloud Computing	ALTA	Se refiere a proveer servicios tanto internos como externos a la nube.

INN5 – Seguridad de la información

Tabla 5.13
INN5 – Seguridad de la información

Tecnología	Prioridad	Descripción
Digital security	ALTA	Mecanismos de protección de datos personales en Internet a través de la protección de identidad, seguridad en autenticación, protección de virus, entre otros.
Cryptocurrencies	MEDIA	Corresponde a un medio de intercambio usando criptografía para asegurar las transacciones y controlar la creación de nuevas unidades
Cryptocurrency Exchange		

INN6 – Interacción hombre-máquina

Tabla 5.14
INN6 – Interacción hombre-máquina

Tecnología	Prioridad	Descripción
Computer Vision	MEDIA	Corresponde a métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes del mundo real con el fin de producir información numérica o simbólica.
Image processing	MEDIA	Corresponde al procesamiento de imágenes mediante operaciones matemáticas y métodos de procesamiento de señales en el que la entrada comprende una o varias imágenes o un video; la salida puede ser una imagen o un conjunto de características o parámetros relacionados a la imagen.
Embedded and cyber-physical systems	BAJA	Incluye términos relacionados con redes de sensores, sensores y actuadores, sistemas embebidos y robótica.

INN7 – TIC para salud

Tabla 5.15
INN7 – TIC para salud

Tecnología	Prioridad	Descripción
Health care information systems	ALTA	Son sistemas que contienen información electrónica sobre el estado de salud y cuidado de un paciente. Además, apoyan ciertos procesos relacionados con proveedores de servicios y productos orientados al cuidado de la salud.
Mobile Health Monitoring	ALTA	Corresponde al uso de TIC para monitorear la salud de pacientes a través de dispositivos móviles y así asegurarse de tomar las medidas necesarias ante alguna emergencia. Los pacientes cuentan con dispositivos que miden sus signos vitales y los datos se envían a los médicos.
Health informatics	ALTA	Corresponde a informática al servicio del cuidado de la salud, en la que se diseñan, desarrollan y adoptan aplicaciones basadas en TI para prestar, gestionar y planificar servicios de salud.

5.3 Líneas orientadoras para la transferencia tecnológica

A continuación se presentan las seis (6) áreas de la categoría de transferencia tecnológica, con las tecnologías involucradas, con su priorización, ordenadas dichas tecnologías de mayor a menor:

TT1 – Hardware

Tabla 5.16
TT1 – Hardware

Tecnología	Prioridad	Descripción
Enterprise 3D Printing	MEDIA	Usadas para la generación de prototipos en diseño y ambientes industriales. Hoy en día, su uso se ha ampliado a un mayor rango de negocios, escuelas y consumidores. Estas impresoras construyen modelos físicos, capa por capa, usando materiales como resina, plástico u otro material.
Green Computing	BAJA	Corresponde al diseño, fabricación y uso de computadores, servidores, impresoras, dispositivos de almacenamiento, red y comunicaciones que afectan mínimamente el medio ambiente.
Green IT		
Sensor Networks	BAJA	Corresponde a un conjunto de sensores interconectados para la captura de datos.

Tabla 5.16
TT1 – Hardware

Tecnología	Prioridad	Descripción
Network Services	BAJA	Soporte operativo del ambiente de red que contempla recursos de hardware y en general de transmisión de datos. Entre los servicios se incluyen direccionamiento, computación en la nube (cloud computing), servicios basados en la localización, administración y monitoreo de redes, entre otros.

TT2 – Seguridad de la información

Tabla 5.17
TT2 – Seguridad de la información

Tecnología	Prioridad	Descripción
Cybersecurity, Trustworthy ICT	MEDIA	Ciberseguridad y confiabilidad corresponden a servicios de seguridad en todos los componentes y dimensiones de TI (redes, bases de datos, privacidad, control de acceso, aplicaciones, etc.) con el objetivo de proteger la información que se encuentra en medios digitales de sistemas conectados en red.
Security Services	MEDIA	Abarca términos relacionados con autenticación, control de acceso, anonimización, protocolos de privacidad, manejo de derechos digitales y autorización.
Security and Privacy	MEDIA	Involucra términos como criptografía, métodos formales y teoría de seguridad, servicios y seguridad a varios niveles: hardware, sistemas, redes, bases de datos, software, entre otros.

TT3 – Manejo de información

Tabla 5.18
TT3 – Manejo de información

Tecnología	Prioridad	Descripción
Decision Support Systems	ALTA	Son sistemas usados en las organizaciones para la toma de decisiones a partir de datos estructurados y no estructurados.
Information Integration	ALTA	Asociado con Sistemas de Información, involucra procesos relacionados con extracción, limpieza, intercambio, transformación y carga de datos, así como bodegas de datos y federaciones de bases de datos.
Open data	MEDIA	Según el glosario de Gartner, corresponde a cualquier información o dato que se comparte fuera de la organización y más allá de su uso original, por ejemplo, con los socios comerciales, clientes o asociaciones de la industria. Formalmente, los datos designados como "abiertos" están sujetos a condiciones y licencias
Business Intelligence	MEDIA	Término que abarca aplicaciones, infraestructura, herramientas y mejores prácticas que habilitan el acceso y análisis de información para mejorar y optimizar tanto decisiones como desempeño.

Tabla 5.18
TT3 – Manejo de información

Tecnología	Prioridad	Descripción
Data Management Systems	BAJA	Son las prácticas, técnicas arquitectónicas y herramientas para conseguir tanto acceso consistente como entrega de datos en las diversas áreas de una organización con el fin de cumplir con las necesidades de datos de todas las aplicaciones y procesos de negocio. Abarcan conceptos tales como modelos y diseño de bases de datos (modelos entidad relación, bases de datos orientadas a grafos, etc.), estructuras y administración de datos, sistemas manejadores de bases de datos, lenguajes de consulta, integración de información y middleware para bases de datos.
Extraction, transformation and loading	BAJA	Procesos relacionados con la integración de información, a partir de Datos.
Multimedia and multimodal retrieval	BAJA	Corresponde a un tipo especializado de recuperación de información (information retrieval) que abarca búsqueda de imagen, video, habla y música.
Data Warehouses	BAJA	Son sistemas utilizados para la presentación de informes y análisis de datos, provenientes de diversas fuentes.

TT4 – Interacción hombre-máquina

Tabla 5.19
TT4 – Interacción hombre-máquina

Tecnología	Prioridad	Descripción
Human Computer Interaction	MEDIA	Corresponde al diseño y uso de tecnologías cuyo objeto de estudio son las interfaces entre las personas y los computadores.
User Interfaces	MEDIA	Corresponde al estudio de mecanismos gráficos basados en íconos, menús, y otros para manejar la interacción con el sistema.
Virtual Reality	MEDIA	Provee un ambiente computacional 3D que envuelve al usuario y que responde a sus acciones individuales de una manera natural, a través de dispositivos como guantes y casco. Si se desea hacer uso de ese mismo ambiente entre múltiples usuarios, se pueden utilizar sistemas denominados "Room–based Systems". Vale la pena indicar que el ambiente es más limitado en cuanto a sus capacidades de interacción.
Mixed/augmented reality	MEDIA	Es un paradigma de interacción que corresponde al uso, en tiempo real, de información a manera de texto, gráficos, audio, etc., integrado con objetos del mundo real. La realidad mixta es un paradigma de interacción emergente en el cual se mezclan mundos virtuales y reales para producir nuevos ambientes y visualizaciones en los que objetos físicos y digitales co-existen e interactúan en tiempo real.

Tabla 5.19
TT4 – Interacción hombre-máquina

Tecnología	Prioridad	Descripción
Gesture Control	BAJA	Corresponde a la habilidad para reconocer e interpretar movimientos del cuerpo humano para controlar e interactuar con el computador sin contacto físico directo. En TIC, un ejemplo de uso de esta habilidad son las "Natural User Interfaces".
Simulation types and techniques	BAJA	Abarca diversos tipos de simulación: cuántica, molecular, de eventos discretos, distribuida, continua, en tiempo real, interactiva, visualización científica, vida artificial, entre otras.
Pattern Recognition	BAJA	Es una rama de Machine Learning que se centra en el reconocimiento de patrones y regularidades en los datos.

TT5 – TIC para empresas

Tabla 5.20
TT5 – TIC para empresas

Tecnología	Prioridad	Descripción
Enterprise architecture modeling	ALTA	Término que abarca lenguajes de modelado que permiten describir, analizar y visualizar una arquitectura empresarial a través de dominios de negocio de una manera no ambigua. Un ejemplo de estos lenguajes es ArchiMate.
Computing and business	MEDIA	Corresponde al conjunto de estándares y especificaciones de cómputo usadas para modelar y ejecutar procesos de negocio. Un ejemplo de ellos es BPM (Business Process Management).
Enterprise architecture	MEDIA	Es una disciplina que, de manera proactiva e integral, conduce a las empresas a identificar y analizar la ejecución de cambios hacia la visión y resultados deseados del negocio. Ofrece, tanto a los encargados del negocio como a los de TI, recomendaciones para ajustar las políticas y proyectos de la organización.
Enterprise architecture management	BAJA	Es una práctica de gestión que establece, mantiene y usa un conjunto coherente de guías, principios arquitectónicos y regímenes de gobernanza, que orientan el diseño y desarrollo de una arquitectura empresarial con el fin de llevar implementar la visión y las estrategias establecidas en la organización.
Enterprise architecture frameworks	BAJA	Define cómo crear y usar una arquitectura empresarial. Provee principios y prácticas para crear y usar la descripción de la arquitectura de un sistema. Divide la descripción de la arquitectura en dominios, capas o vistas y ofrece modelos para documentar cada vista. Un ejemplo de ellos es TOGAF

TT6 – Computación aplicada

Tabla 5.21
TT6 – Computación aplicada

Tecnología	Prioridad	Descripción
Telemedicine	ALTA	Corresponde al uso de TIC para proveer cuidado clínico de la salud de un paciente que se encuentra distante. Mejora el acceso a servicios médicos de comunidades distantes y de difícil acceso físico. Es también usado para salvar vidas en situaciones de cuidado crítico y de emergencia.
Computer Games	MEDIA	Son los videojuegos que se pueden jugar a través de un computador personal o de una consola.
Autonomous Field Vehicles	BAJA	Un vehículo autónomo es uno que puede ser manejado por sí mismo desde un punto de partida a un destino predeterminado (en piloto automático) utilizando diversas tecnologías y sensores en el vehículo (GPS, láseres, radar, entre otros). Incluye términos como métodos de control, trayectorias, control de obstáculos, entre otros.
Crowd Sourcing	BAJA	Es el proceso que obtiene servicios, ideas o contenido a través de su solicitud a un grupo grande de personas que forman parte de una comunidad *online*. También es usado para medir las tendencias generales de mercado.

5.4 Líneas orientadoras para desarrollo tecnológico

A continuación se presentan las cinco (5) áreas de la categoría de desarrollo tecnológico, con las tecnologías involucradas, con su priorización, ordenadas dichas tecnologías de mayor a menor:

DT1 – Ingeniería y arquitectura de software

Tabla 5.22
DT1 – Ingeniería y arquitectura de software

Tecnología	Prioridad	Descripción
Software organization and properties	ALTA	Corresponde a temáticas como dominios contextuales de Software (infraestructura de e-commerce y de Software, intérpretes, middlewares, máquinas virtuales, sistemas operativos, juegos interactivos, mundos virtuales), software embebido, arquitectura de Software, modelado de sistemas, principios de sistemas distribuidos (cloud computing, arquitectura cliente-servidor, grid computing), sistemas de software en tiempo real, componentes de Software, entre otros.

Tabla 5.22
DT1 – Ingeniería y arquitectura de software

Tecnología	Prioridad	Descripción
Software organization and properties	ALTA	Corresponde a temáticas como dominios contextuales de Software (infraestructura de e-commerce y de Software, intérpretes, middlewares, máquinas virtuales, sistemas operativos, juegos interactivos, mundos virtuales), software embebido, arquitectura de Software, modelado de sistemas, principios de sistemas distribuidos (cloud computing, arquitectura cliente-servidor, grid computing), sistemas de software en tiempo real, componentes de Software, entre otros.
Software creation and management	ALTA	Corresponde al diseño, métodos y técnicas de desarrollo, verificación y validación de Software, manejo del riesgo, ingeniería de software reversa, documentación, procesos de copias de respaldo (backups), control y manejo de versiones, mantenimiento y evolución de Software, etc.
Enterprise interoperability	ALTA	Involucra términos asociados con integración de aplicaciones empresariales e interoperabilidad e integración de información.
Software notation and tools	MEDIA	Corresponde a lenguajes de programación, compiladores, lenguajes de contexto específico (API, lenguajes visuales, de marcas, de scripts, de interfaz), lenguajes de modelado, de diseño, de orquestación, frameworks de integración, librerías y repositorios.
Service-oriented architectures	MEDIA	SOA es un paradigma y disciplina de diseño de TI que contribuye a cumplir con las demandas de negocio. Esto produce sistemas interoperables y modulares que son más fáciles de usar y mantener.
Geographic information systems	MEDIA	Corresponde a una serie de hardware, software y datos geográficos para la captura, gestión, análisis y despliegue de información geográficamente referenciada, también conocida como datos espaciales.
Global positioning systems	MEDIA	El GPS es un sistema de navegación espacial que provee información sobre localización sin importar las condiciones climáticas y el tiempo y el lugar donde se encuentre.
Web Services	BAJA	Corresponde a un conjunto de servicios accesibles a través de redes ubicuas utilizando normas y protocolos basados en la Web. Puede ser accedido por otra aplicación (cliente, servidor u otro servicio web) a través del uso de protocolos tales como http.
Web Applications	BAJA	Corresponde a una aplicación cliente-servidor, en la cual, el cliente corre en un navegador Web.
Distributed systems organizing principles	BAJA	Involucra términos como Cloud Computing, Arquitecturas Cliente-Servidor, Grid computing y principios para aplicaciones Web.
Open Source Software	BAJA	Este término describe software que tiene el permiso de uso, copia y distribución ya sea tal cual es o con modificaciones y que puede ser ofrecido de forma gratuita o con un cargo. El código fuente debe estar disponible.

Tabla 5.22
DT1 – Ingeniería y arquitectura de software

Tecnología	Prioridad	Descripción
User Characteristics	BAJA	Conjunto de características personales (físicas, emocionales o cognitivas) que describen un usuario que son tenidas en cuentas a la hora de brindarle la información acorde a sus necesidades.
Semantic web description languages	BAJA	Corresponden a familias de especificaciones del World Wide Web Consortium (W3C) que tienen como objetivo describir conceptualmente o modelar información que es implementada en recursos Web. Se utiliza además en aplicaciones de gestión de conocimiento. Incluye Resource Description Framework (RDF) y Web Ontology Language (OWL)

DT2 – Computación móvil

Tabla 5.23
DT2 – Computación móvil

Tecnología	Prioridad	Descripción
Ubiquitous and mobile computing	MEDIA	Corresponde a un paradigma computacional que le permite a un usuario obtener, en el momento y lugar en el que se encuentra, la información que necesita, a través de su dispositivo de acceso móvil.
Mobile Computing	MEDIA	
Ubiquitous and mobile devices	MEDIA	Incluyen teléfonos inteligentes (smartphones), tableros interactivos, teléfonos celulares, consolas de juego, lectores de e-book, tabletas, entre otros.
Embedded systems	BAJA	Involucra términos como Firmware y Software y Hardware Embebido. Corresponde a un sistema de cómputo que está incluido como parte de otro dispositivo y cuenta con Hardware y partes mecánicas.
Internet communications tools	BAJA	Este término se encuentra enmarcado en aplicaciones Web. Estas herramientas se refieren al uso de correo electrónico, blogs, chats, conferencias web entre otras, en diferentes dominios.

DT3 – TIC para empresas

Tabla 5.24
DT3 – TIC para empresas

Tecnología	Prioridad	Descripción
E-commerce infrastructure	MEDIA	Corresponde a los procesos y tecnología para apoyar el e-commerce.
Automation	MEDIA	También conocido como control automático, corresponde al uso de diversos sistemas de control para operar equipos tales como maquinaria pesada, procesos en fábricas, aviones, entre otras aplicaciones, con el fin de reducir la intervención humana
Management of computing and information systems	BAJA	Actividad orientada a la administración de sistemas de información. Esta actividad se asocia con tecnología para recolectar, procesar y condensar información enfocada tanto a una administración eficiente de la información y del negocio, como a la toma de decisiones. Involucra la administración de redes, comunicaciones, bases de datos, aplicaciones, almacenamiento, procesamiento, análisis, entre otros aspectos relacionados con los sistemas de información de la organización.
IT Governance	BAJA	Corresponde a los procesos que aseguran el uso eficiente y efectivo de TI para cumplir las metas organizacionales.

DT4 – TIC para educación

Tabla 5.25
DT4 – TIC para educación

Tecnología	Prioridad	Descripción
E-learning	ALTA	Es el uso de tecnología de Internet para el aprendizaje fuera del salón de clase. Abarca sistemas de administración de contenidos temáticos de cursos como los LMS (learning management systems), aulas virtuales, entre otros.
Interactive learning environments	ALTA	Corresponde a nuevas técnicas, metodologías y herramientas educativas que cambian los paradigmas tradicionales en Educación por un enfoque centrado en el estudiante que usa TI.
Computing education	BAJA	Corresponde a la creación de cursos innovadores, herramientas y libros de texto orientados a la enseñanza de la informática (programación, ingeniería de Software, etc.).

DT5 – Hardware

Tabla 5.26
DT5 – Hardware

Tecnología	Prioridad	Descripción
Networking	MEDIA	Relativo a redes, corresponde a sistemas de apoyo que permiten compartir información y servicios entre individuos, grupos y a su vez sistemas, todo esto con el fin de realizar una tarea en común.
Communication Hardware	BAJA	Corresponde al hardware usado para sistemas de procesamiento de señales, sensores y actuadores, hardware de redes, dispositivos inalámbricos, entre otros.
Wireless access networks	BAJA	Término que abarca redes inalámbricas de área local y de área personal.
Computer networks	BAJA	Corresponde a cualquier número de computadores reunidos por enlaces físicos de comunicaciones. Permite el intercambio de información entre computadores, acceso a bases de datos y el compartir aplicaciones.
Power and energy	BAJA	Involucra términos asociados con problemas de temperatura (monitoreo, simulación, estimación, control y optimización), almacenamiento y generación de energía (baterías, energía renovable, reutilizable), distribución de energía (conversión de potencia, redes de potencia, Smart grid), impacto ambiental y, optimización y estimación de potencia.
Distributed architectures	BAJA	Comprende términos asociados con Cloud Computing, Arquitecturas Cliente-Servidor, Arquitecturas en capas, peer to peer y Grid Computing.

6

Capítulo

Plan estratégico

6. Plan estratégico

6.1 Fundamento estratégico

6.1.1 Objetivos y estrategias genéricas
6.1.2 Indicadores genéricos
6.1.3 Objetivos y estrategias trasversales
6.1.4 Objetivos genéricos en la formación de talento
6.1.5 Síntesis del fundamento estratégico

6.2 Plan estratégico

6.2.1 Visión 2022 del ecosistema TIC
6.2.2 Misión del plan
6.2.3 Estructura global del Plan
6.2.3 Perspectiva de soporte global al ecosistema
6.2.5 Perspectiva del ciclo inicial de I+D+i
6.2.6 Perspectiva del ciclo final
6.2.7 Programas estratégicos de I+D+i

6. Plan estratégico

Este capítulo está dividido en tres secciones: en la primera, se presenta la fundamentación del diseño estratégico del plan. Basados en la cadena de valor y en el análisis de la situación actual, se plantea un conjunto de estrategias genéricas, un conjunto de estrategias trasversales, un conjunto de indicadores genéricos y un conjunto de objetivos genéricos para la formación de talento. Usando este marco como base, se aplican a los eslabones misionales de la cadena de valor del ecosistema y de ahí se obtienen las estrategias específicas del plan, que se encuentran consignadas en la segunda sección. Con esta aproximación logramos obtener solidez y cubrimiento en el plan estratégico. En la tercera sección se agrupan las acciones estratégicas obtenidas, en un conjunto de programas estratégicos, que son finalmente las unidades de ejecución del plan.

6.1 Fundamento estratégico

Cuatro conceptos se utilizan para expresar un modelo estratégico, los cuales se clasifican en dos grupos: los fines y los medios. Los fines reflejan lo que se pretende lograr y se expresan en términos de objetivos (más abstractos) y metas (más específicos y medibles). Los medios explican la manera de lograr los fines, y se expresan en términos de estrategias (conjunto coordinado de acciones con un propósito común) y acciones (tareas de alto nivel).

6.1.1. Objetivos y estrategias genéricas

La siguiente tabla estructura y explica los dos objetivos genéricos y las seis estrategias genéricas asociadas, que se plantean para la cadena de valor del ecosistema:

Tabla 6.1
Objetivos genéricos y las seis estrategias genéricas asociadas

Objetivo	ID	Estrategia genérica	Explicación
Aumentar la creación de valor de un eslabón	EG1	Aumentar la madurez de las habilidades del eslabón.	Con esta estrategia se busca aumentar la eficiencia de un eslabón (relación esfuerzo-resultado). Ver definición de madurez en la sección 2.1.
	EG2	Aumentar la capacidad de las habilidades (modelos usados para las tareas, cantidad y calidad del talento y volumen de los recursos) del eslabón.	Con esta estrategia se busca apropiar nuevos modelos (metodologías, procesos, enfoques), aumentar la cantidad de talento humano para desarrollar las tareas del eslabón, aumentar su calidad (expresada en términos de habilidades y conocimientos), y aumentar los recursos disponibles para cumplir con los objetivos.
	EG3	Focalizar los esfuerzos y los recursos a través de líneas orientadoras.	Con esta estrategia se busca orientar las habilidades y capacidades de un eslabón a lograr objetivos globales definidos en las líneas orientadoras (ver capítulo 5)
	EG4	Aumentar los incentivos y los habilitadores.	Con esta estrategia se busca fomentar y premiar el trabajo bien desarrollado por parte de los actores, y desarrollar acciones que disminuyan el impacto de inhibidores y barreras en el trabajo que ellos desarrollan.
Aumentar el flujo de valor entre los eslabones de la cadena de valor	EG5	Aumentar el flujo de valor entre eslabones.	Con esta estrategia se busca que los productos y servicios propios de cada eslabón lleguen a los siguientes eslabones, para que les agreguen valor y los hagan fluir hacia los eslabones más altos.
	EG6	Aumentar el flujo de productos externos desde y hacia el ecosistema.	Con esta estrategia se busca que aumente la capacidad de absorción de productos externos por parte de los eslabones, lo mismo que la capacidad de hacer llegar los resultados a los actores externos correspondientes.

La siguiente figura explica la manera de utilizar las estrategias genéricas para plantear estrategias específicas para cada eslabón misional. Estas corresponden a la manera de interpretar e implementar cada estrategia genérica en cada

Figura 6.1
Utilizar las estrategias genéricas para plantear estrategias específicas para cada eslabón

	1.Investigación En TIC	2. Desarrollo e innovación en TIC	3. Transferencia tecnológica en TIC	4. Desarrollo de soluciones TIC	5. Uso, explotación y gestión de las TIC
EG1					
EG2					
EG3					
EG4					
EG5					
EG6					

Estrategias específicas

6.1.2. Indicadores genéricos

Con el fin de medir la efectividad de las estrategias, se plantean los siguientes indicadores genéricos para la cadena de valor del ecosistema. Cada eslabón los debe interpretar y ajustar a sus necesidades.

Tabla 6.2
Indicadores genéricos para la cadena de valor del ecosistema

ID	Medida	Variables
I1	Cantidad y calidad del talento humano de los actores, que está dedicado a las tareas del eslabón.	Cantidad de personas por nivel de formación y por perfil profesional, cantidad de plazas no cubiertas o cubiertas de manera deficiente, nivel de rotación de las personas, nivel salarial, bilingüismo, incentivos y beneficios existentes para las personas.
I2	Cantidad de recursos de los actores dedicados a las tareas específicas del eslabón.	Infraestructura y activos en general dedicados a las tareas del eslabón, recursos financieros propios, recursos financieros externos.

Tabla 6.2
Indicadores genéricos para la cadena de valor del ecosistema

ID	Medida	Variables
I3	Madurez de los actores del eslabón.	Nivel de organización, experiencia, sostenibilidad, adaptabilidad, relacionamiento y reconocimiento interno y externo, asociatividad, ventajas competitivas existentes, procesos bien definidos y repetibles, gestión con indicadores de resultados, certificaciones y acreditaciones.
I4	Flujo de productos del eslabón hacia los siguientes eslabones de la cadena de valor.	Cantidad de productos del eslabón que son utilizados efectivamente por otros eslabones de la cadena de valor.
I5	Flujo de productos del eslabón hacia el exterior del ecosistema.	Cantidad de productos del eslabón que son situados / posicionados / publicados / usados en el exterior del ecosistema.
I6	Capacidad de absorción de los actores del eslabón de productos externos al ecosistema.	Cantidad de productos externos al ecosistema que son identificados, evaluados y aprovechados por los actores del eslabón.
I7	Cantidad de incentivos disponibles y cantidad de habilitadores creados para los actores del eslabón.	Tipos de incentivos existentes, volumen de los incentivos, uso de los incentivos por parte de los actores, tipo y cantidad de habilitadores creados.

6.1.3. Objetivos y estrategias trasversales

La siguiente tabla estructura y explica los dos objetivos y las seis estrategias trasversales planteadas para la cadena de valor del ecosistema:

Tabla 6.3
Objetivos y estrategias trasversales para la cadena de valor

Objetivo	ID	Estrategia trasversal	Explicación
Contar con habilitadores trasversales que faciliten el logro	ET1	Promover un cambio en el país para que aparezca una cultura más innovadora y moderna, que entienda el potencial que tienen las TIC y se valoren de manera adecuada a todos los actores del ecosistema.	• Es importante que haya una mentalidad en el país que favorezca el cambio, en donde las TIC jueguen un papel protagónico. • Es importante que exista confianza del país hacia las TIC y hacia todo el ecosistema. • Es importante que la sociedad tenga una imagen positiva de las personas que se dedican a las TIC. • Se debe entender que todos los eslabones y actores del ecosistema son importantes para el logro de los objetivos y se debe hablar de las necesidades del ecosistema más que de las necesidades de un actor específico.

Objetivo	ID	Estrategia trasversal	Explicación
Contar con habilitadores trasversales que faciliten el logro	ET2	Promover la asociatividad de los actores del ecosistema.	• Unos actores que trabajen de manera coordinada y que cooperen entre ellos constituyen una ventaja competitiva para el ecosistema. • Unos actores que logren pensar, planear y actuar como grupo facilitan la interacción con el resto del ecosistema. En particular, porque resulta fácil identificar interlocutores. • Unos actores que establezcan metas comunes y logren compartir talento y recursos son más eficientes en el logro de sus objetivos. • Es más fácil para el eslabón de gobierno del ecosistema interactuar con grupos cohesionados que con individuos.
	ET3	Promover el trabajo interdisciplinario.	• Para poder utilizar las TIC como habilitadores de las soluciones de los retos planteados en los sectores estratégicos del país, es indispensable que haya un trabajo coordinado con las disciplinas involucradas. • Al encontrar nuevos campos de aplicación de las TIC en otras disciplinas se abren nuevos nichos de mercado y se crean oportunidades de investigación, desarrollo e innovación.
	ET4	Reconocer las diferencias entre los actores de un mismo eslabón y, si es el caso, especializar su actuar dependiendo de la región del país en el que se encuentren.	• Las oportunidades y los retos que tienen los actores pueden estar asociados con una región geográfica del país en la que se encuentran localizados. En esos casos se debe buscar la mejor manera de potenciar el trabajo de actores de distintos eslabones alrededor de las oportunidades y fortalezas regionales existentes. • Esta estrategia no se puede generalizar, ya que el mundo es cada vez más global, con menos fronteras, con más facilidades tecnológicas de trabajo remoto y eso permite que el trabajo se aborde desde una perspectiva más amplia.
Mejorar el relacionamiento con el exterior del ecosistema	ET5	Promover la internacionalización de todas las actividades del ecosistema	• Hay un mercado muy grande para los productos y servicios TIC del ecosistema por fuera del país. • La movilidad temporal del talento humano TIC, desde y hacia actores más evolucionados en el mundo, tiene un efecto positivo en el ecosistema, porque facilita la incorporación de nuevo conocimiento, nuevas tecnologías y nuevas prácticas exitosas. • La cooperación internacional con actores más evolucionados va a acelerar la transferencia de conocimiento y tecnología.

Tabla 6.3
Objetivos y estrategias trasversales para la cadena de valor

Tabla 6.3
Objetivos y estrategias trasversales para la cadena de valor

Objetivo	ID	Estrategia trasversal	Explicación
Mejorar el relacionamiento con el exterior del ecosistema	ET5	Promover la internacionalización de todas las actividades del ecosistema	• Los productos TIC del ecosistema deben estar configurados para poderse adaptar a distintos idiomas y contextos. • Todas las publicaciones científicas del eslabón de investigación deberían hacerse en idioma inglés para facilitar el posicionamiento internacional de los actores.
	ET6	Facilitar e incentivar el bilingüismo de los actores	• Es importante que los actores del ecosistema sean bilingües (universidades, empresas, etc.) porque eso facilita la comunicación con actores externos al ecosistema. • No se refiere solo a que el talento TIC sea bilingüe, sino a que el actor, como organización, logre interactuar adecuadamente en otros idiomas con actores externos (sitios WEB, catálogos de productos y servicios, etc.)

6.1.4. Objetivos genéricos en la formación de talento

La siguiente tabla estructura y explica los cuatro objetivos genéricos planteados para el eslabón de talento humano TIC del ecosistema:

Tabla 6.4
Objetivos genéricos planteados para el eslabón de talento humano

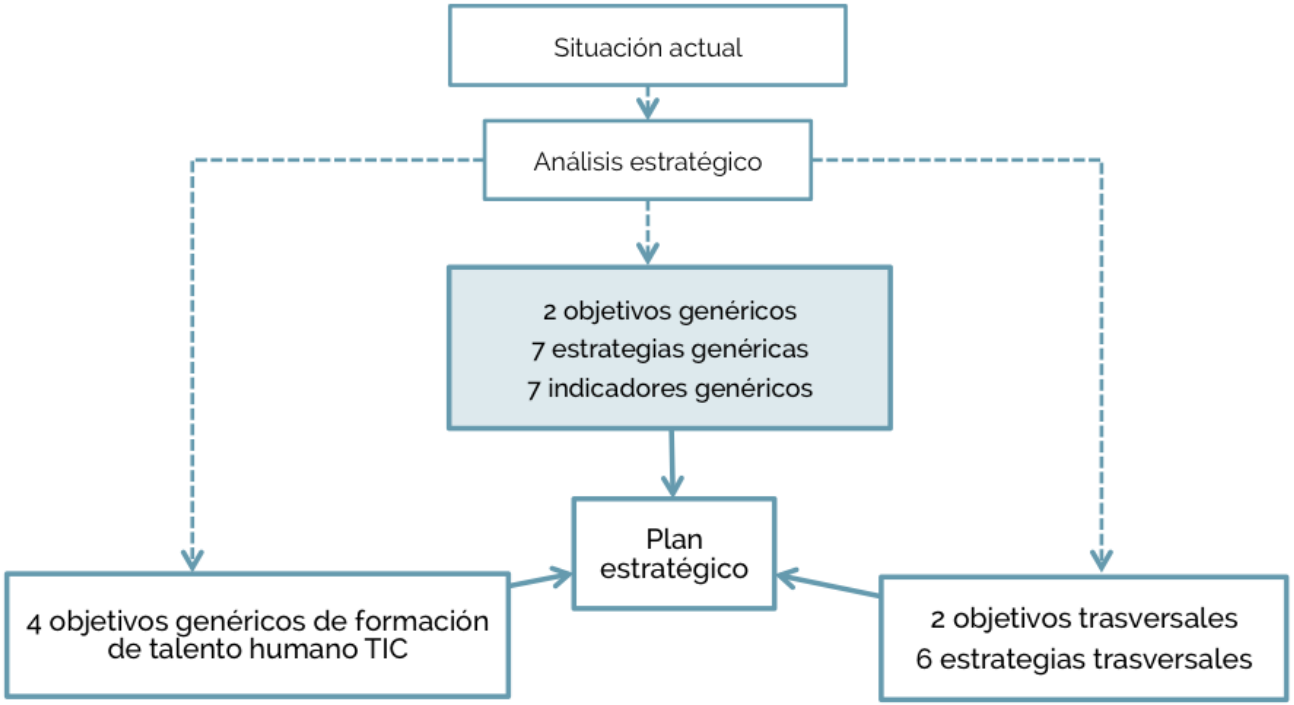
ID	Objetivo	Explicación
OF1	Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema	Para garantizar el desarrollo y crecimiento del ecosistema es necesario asegurar que se cuenta con el volumen adecuado de talento TIC en todos los eslabones. Este volumen debe crecer al mismo ritmo de las necesidades del ecosistema. El aumento debe estar apoyado por una adecuada retención del talento humano en los actores.
OF2	Aumentar la calidad del talento humano TIC en el ecosistema	Para tener un ecosistema eficiente es necesario que el talento humano TIC sea de alta calidad, bilingüe, se encuentre actualizado, sea capaz de autoaprender y adquiera madurez con el tiempo.
OF3	Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema	Para facilitar el proceso de incorporación de talento humano TIC al ecosistema es importante que los perfiles que se formen respondan a las necesidades presentes y futuras del ecosistema.
OF4	Aumentar la eficiencia en el proceso de formación de talento TIC	Para aumentar la eficiencia en el proceso de formación de talento TIC se debe asegurar que los procesos de formación sean eficientes, utilicen los medios adecuados y sean capaces de medir los resultados que producen.

6.1.5. Síntesis del fundamento estratégico

En la siguiente figura se resume el planteamiento estratégico construido como base del plan. En la siguiente sección se utiliza este planteamiento para guiar el diseño de cada una de las estrategias y acciones estratégicas del plan.

Visión global del planteamiento estratégico

Figura 6.2
Visión global del planteamiento estratégico



6.2 Plan Estratégico

La acelerada evolución de las tecnologías de la Información y las comunicaciones (TIC), y la enorme cantidad de oportunidades que éstas abren para un país como Colombia, plantean el reto de encontrar la mejor manera de organizar todos los actores del ecosistema nacional TIC para lograr obtener los mayores beneficios. Este Plan responde a esa intención.

6.2.1 Visión 2022 del ecosistema TIC

Contar en el 2022 en Colombia con un ecosistema TIC, con reconocimiento nacional e internacional, equilibrado, eficiente, moderno y competitivo, en el que todos los actores encuentren oportunidades de desarrollo, que tenga en cuenta siempre a las personas y su bienestar, que sea capaz de aprovechar toda la potencialidad de las TIC para el beneficio del país y que logre trabajar de manera coordinada hacia objetivos compartidos, que seguramente irán evolucionando en el tiempo.

6.2.2 Misión del plan

Promover, fomentar y apoyar el trabajo de todos los actores del ecosistema nacional TIC, buscando producir entre todos el mayor valor posible, con una cadena de valor conectada entre eslabones y con los actores internacionales, y creando ventajas competitivas a partir de la generación de nuevo conocimiento, la innovación y el desarrollo tecnológico TIC.

6.2.3 Estructura global del Plan

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo del sector TIC está planteado desde tres perspectivas complementarias: la perspectiva de soporte, la perspectiva de I+D+i, y la perspectiva del ciclo final de la cadena de valor, tal como se muestra en la siguiente figura:

Estructura global del Plan: 3 perspectivas y 21 estrategias

Figura 6.3 Estructura global del Plan: 3 perspectivas y 21 estrategias

Cada perspectiva es abordada desde 7 estrategias (E1-E21) que se resumen en la siguiente tabla. Cada una de ellas incluye una breve descripción y la justificación basada en el análisis y en el marco estratégico. Más adelante se presenta una descripción detallada de cada estrategia.

Tabla 6.5
Perspectivas y estrategias

Perspectiva	ID	Estrategia	Objetivo	Justif.
Soporte	E1	Observatorio del ecosistema nacional TIC	Fortalecer y consolidar el observatorio del ecosistema nacional TIC, encargado de mantener actualizada la información clave relacionada con los distintos actores que participan en la cadena de valor. Debe ser capaz de calcular los indicadores de logro y los indicadores de avance del mapa de ruta.	D1
	E2	Talento TIC para el ecosistema	Preparar, retener y mantener actualizado el talento TIC que necesita el ecosistema. Debe tener en cuenta que una condición importante de la estrategia es que las personas logren evolucionar profesionalmente y encontrar en las TIC un espacio de desarrollo personal. La habilidad de innovar se debe reforzar en todos los niveles de formación.	D3 O4 F3 A2 EG1 EG2 OF1 OF2 OF3
	E3	Asociatividad de los actores	Promover y apoyar la asociatividad entre los actores del ecosistema, buscando que trabajen de manera coordinada y que construyan y compartan objetivos comunes.	D8 F2 F4 EG1 ET2
	E4	Tanque de pensamiento TIC	Abordar y aportar a los temas coyunturales del sector, generando propuestas de políticas públicas y orientación de la opinión pública, que consideren cómo las TIC pueden ser motor de la competitividad, la investigación, el desarrollo y la innovación de Colombia y las regiones de Colombia.	D7 D9 O1 F2 A2 A3 EG3
	E5	Imagen TIC	Construir y mantener una imagen positiva del ecosistema, a nivel interno y externo. Esto incluye mostrar las TIC como un espacio interesante de desarrollo profesional para las personas.	D5 D8 F2 ET1
	E6	Expansión del campo de acción de las TIC	Promover el uso adecuado de las TIC como habilitador de soluciones en sectores estratégicos del país. Mostrar cómo las TIC pueden ayudar a construir un mejor país.	O1 O3 O6 F2 ET1

Tabla 6.5
Perspectivas y estrategias

Perspectiva	ID	Estrategia	Objetivo	Justif.
Soporte	E7	Formación TIC con TIC	Aprovechar el uso de las TIC para apoyar los procesos de formación y actualización del talento humano TIC.	D3 D4 O5 EG2 OF4
I+D+i	E8	Talento humano para la investigación TIC	Formar, atraer y retener investigadores TIC de alto nivel y crear las condiciones adecuadas para que puedan desarrollar su trabajo en el país. Debe además propender porque este talento llegue a todos los grupos de investigación.	D3 D6 EG2 OF1
	E9	Investigación TIC de nivel mundial	Lograr que se haga una investigación TIC reconocida a nivel mundial, en la frontera del conocimiento, con publicación de resultados en revistas indexadas en ISI / SCOPUS, apoyada por socios internacionales, financiada con recursos públicos y privados. Esta investigación debe estar enfocada sobre todo en las líneas orientadoras de este Plan.	D4 D8 F3 EG4 EG6 ET5 ET6
	E10	Grupos de investigación TIC maduros	Aumentar el grado de madurez de los grupos de investigación TIC del país, creando primero una manera de medir su nivel de organización, sus capacidades y su eficiencia operativa, y planteando luego incentivos para que los grupos trabajen en ello.	D2 D4 D6 D8 F3 F4 EG1 EG4
	E11	Investigación TIC útil, visible y con impacto	Financiar proyectos de investigación dándole prioridad a aquéllos que se encuentran enmarcados en las líneas orientadoras de este plan, y que tienen compromisos de creación de productos de alto impacto para el resto del ecosistema.	D6 D7 EG3 EG4 EG5
	E12	Innovación TIC efectiva	Fortalecer la habilidad de hacer innovación en el ecosistema, atrayendo nuevos actores, nuevas fuentes de financiación y planteando nuevos incentivos. Se debe favorecer el trabajo interdisciplinario y facilitar el camino que parte de la innovación y llega hasta la obtención de beneficios económicos. Se debe dar prioridad a las líneas orientadoras en innovación establecidas en el Plan.	D6 D7 EG4 ET3

Tabla 6.5
Perspectivas y estrategias

Perspectiva	ID	Estrategia	Objetivo	Justif.
I+D+i	E13	Conexión del ciclo I+D+i por integración vertical	Ampliar el radio de acción de los actores de los eslabones del ciclo inicial, buscando que desarrollen actividades en los eslabones vecinos. La integración vertical hacia atrás les permitirá crear sus propios productos de base y la integración vertical hacia adelante, que lleguen a productos de mayor valor agregado.	D6 D7 EG5
	E14	Incorporación de las nuevas TIC en el ecosistema	Crear los mecanismos que permitan acelerar la incorporación de las nuevas TIC en los distintos eslabones del ecosistema. Esto incluye la creación de nuevos actores, especializados en áreas particulares de conocimiento, capaces de hacer esta tarea sobre focos específicos.	D6 O1 EG3 EG6
Ciclo final	E15	Industria de software moderna, eficiente y de calidad mundial	Definir un modelo propio para la industria de software nacional, basado en las nuevas tendencias mundiales y en el posicionamiento en nichos específicos, que le genere ventajas competitivas. Facilitar su adopción por parte de las empresas de desarrollo de software del ecosistema. Se deben tener en cuenta las líneas orientadoras de desarrollo incluidas en este Plan.	D4 D9 O1 F5 A1 EG1 EG2
	E16	TIC para los sectores estratégicos del país	Utilizar las TIC como herramienta de solución de problemas y como medio para apalancar la estrategia de los distintos sectores del país (agroindustria, salud, turismo, energía & hidrocarburos, gobierno en línea, justicia, defensa)	O1 O6 F1 F5
	E17	Industria nacional de contenidos digitales	Apoyar el desarrollo de la industria nacional de contenidos digitales, mediante el fomento del trabajo colaborativo entre universidades y empresas, el acceso a fondos de capital de riesgo y la apertura de canales de consumo local.	O1 O3 EG1 EG2 EG3 EG4 ET2
	E18	Empresas TIC consolidadas y maduras	Aumentar el número de empresas TIC en el ecosistema, buscando además que tengan mayor capacidad y mayor nivel de madurez. Las empresas TIC deben tener un modelo claro de negocio y un modelo estratégico que las apoye. Las empresas TIC deben buscar la manera de diferenciarse entre ellas, de colaborar y de construir habilitadores comunes.	D8 O1 O2 F5 A1 EG1 EG2 ET2

Tabla 6.5
Perspectivas y estrategias

Perspectiva	ID	Estrategia	Objetivo	Justif.
Ciclo final	E19	Emprendimientos de base TIC	Promover la creación de nuevas empresas de base TIC, que sean capaces de convertir en negocio los productos y servicios construidos desde los distintos eslabones del ecosistema.	O1 F1 EG2 EG4 EG5 ET3
	E20	Regionalización de la industria TIC	Especializar la industria TIC de las regiones, buscando nichos particulares de mercado y potencialidades locales que faciliten abordar los problemas desde grupos de actores locales coordinados.	O1 O2 EG1 EG2 ET3 ET4
	E21	Internacionalización de la industria TIC	Aumentar el nivel de internacionalización de la industria TIC, de sus productos y servicios, de sus capacidades de exportación, de relacionamiento externo y de asociatividad internacional. Promover una cultura de empresas bilingües.	D4 O1 F5 A3 ET5 ET6

Como parte de las 7 estrategias del ciclo de I+D+i (E8-E14), el presente Plan incluye el planteamiento de 10 programas de investigación alrededor de las líneas orientadoras con alto potencial para el país. Estos programas se presentan en la sección 6.2.7.

6.2.4 Perspectiva de soporte global al ecosistema

Las primeras siete estrategias del Plan (E1 a E7) se concentran en acciones para los actores de los eslabones de soporte de la cadena de valor. Cada estrategia se presenta por medio de una ficha técnica, que incluye, entre otros elementos, un conjunto de acciones estratégicas que la implementan.

[E1] Observatorio del ecosistema nacional TIC

Tabla 6.6
[E1] Observatorio del ecosistema nacional TIC

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E1	Observatorio del ecosistema nacional TIC	Fortalecer y consolidar el observatorio del ecosistema nacional TIC, encargado de mantener actualizada la información clave relacionada con los distintos actores que participan en la cadena de valor. Debe ser capaz de calcular los indicadores de logro y los indicadores de avance del mapa de ruta.
Justificación: D1	Base estratégica:	
Acciones estratégicas: • E1-1: Diseñar y crear el observatorio nacional TIC, o agregar esta capacidad al Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología con el nivel de detalle requerido y los indicadores necesarios para monitorear el ecosistema y el mapa de ruta definido por este Plan. Esto implica buscar acuerdos alrededor de los indicadores que deben ser medidos, su frecuencia de medición y los responsables de hacerlo.		
Indicadores: • Existencia del observatorio		
Actores responsables: MINTIC, Colciencias, Fedesoft	Actores participantes: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, asociaciones de actores	

[E2] Talento TIC para el ecosistema

Tabla 6.7
[E2]Talento TIC para el ecosistema

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E2	Talento TIC para el ecosistema	Preparar, retener y mantener actualizado el talento TIC que necesita el ecosistema. Debe tener en cuenta que una condición importante de la estrategia es que las personas logren evolucionar profesionalmente y encontrar en las TIC un espacio de desarrollo personal. La habilidad de innovar se debe reforzar en todos los niveles de formación.
Justificación: D3, O4, F3, A2		Base estratégica: EG1, EG2, OF1, OF2, OF3
Acciones estratégicas (detalladas a continuación): • Acciones para la formación primaria y secundaria • Acciones para la formación del talento técnico y tecnológico TIC • Acciones para la formación del talento profesional TIC • Acciones para la formación del talento profesional avanzado TIC • Acciones para la formación del ciudadanos digitales		
Indicadores: Indicadores: se debe definir un conjunto de indicadores capaz de medir todos los aspectos importantes de evolución de los actores que participan en el eslabón de creación de talento. Se debe medir, entre otros aspectos: número de aspirantes a programas TIC, número de graduados TIC por nivel de formación, nuevos programas (presenciales y no presenciales), existencia de la identidad de los técnicos, tecnólogos y profesionales TIC, acreditaciones de programas, número de currículos actualizados, número de profesores formados, número de cursos abiertos implementados, número de profesionales reconvertidos, número de expertos TIC repatriados, entre otros.		
Actores responsables: Ministerio de Educación, MINTIC, Colciencias, REDIS.		Actores participantes: Asociaciones de actores, instituciones de educación superior, instituciones de formación técnica y tecnológica, colegios, centros de transferencia tecnológica

Las siguientes son las acciones para la formación primaria y secundaria:

Tabla 6.8
Acciones para la formación primaria y secundaria

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-1: Formar a los orientadores profesionales de los colegios, para que tengan y transmitan una visión clara de las profesiones TIC en todos sus niveles y las oportunidades que el ecosistema ofrece.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema
• E2-2: Ajustar en los currículos de los colegios la manera de introducir las TIC. Se debe evitar que se distorsione la imagen de las personas dedicadas a trabajar en las TIC o se trivialice su trabajo. • E2-3: Fomentar la formación en un segundo idioma en los colegios.	OF3 - Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema
• E2-4: Formar a los profesores TIC de los colegios, para que logren generar las habilidades básicas en el uso de las TIC en los estudiantes y las habilidades fundamentales de programación que hoy en día se necesitan en todas las profesiones.	OF4 - Aumentar la eficiencia en el proceso de formación de talento TIC

Las siguientes son las acciones para la formación del talento técnico y tecnológico TIC:

Tabla 6.9
Acciones para la formación del talento técnico y tecnológico TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-5: Ofrecer financiación y becas al talento humano que se encuentra en formación técnica y tecnológica TIC. • E2-6: Crear programas no presenciales (virtuales o semi-presenciales) de alta calidad, para la formación TIC de nivel técnico y tecnológico. Con estos programas se facilitaría la llegada a las regiones en donde haya escasez de oferta de programas de alta calidad. • E2-7: Diseñar y difundir un esquema genérico de formación TIC por ciclos propedéuticos, que pueda ser aplicado para crear distintos perfiles ocupacionales en TIC. • E2-8: Crear las facilidades y los incentivos para promover la formación por ciclos propedéuticos.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema
• E2-9: Fomentar e incentivar que los programas de formación técnica y tecnológica en TIC obtengan acreditaciones nacionales de alta calidad. • E2-10: Crear las estructuras (catálogos, foros, diplomados, certificaciones, etc.) que permitan el máximo aprovechamiento de los recursos abiertos de educación no formal disponibles en Internet, de manera que a través de ellos se pueda mantener el talento humano TIC actualizado. • E2-11: Fomentar la formación en un segundo idioma en técnicos y tecnólogos TIC.	OF2 - Aumentar la calidad del talento humano TIC en el ecosistema

Tabla 6.9
Acciones para la formación del talento técnico y tecnológico TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-12: Establecer una identidad clara del técnico TIC y del tecnólogo TIC, con las habilidades y conocimientos mínimos requeridos, definiendo de manera precisa la actividad laboral y el papel que debe jugar dentro del ecosistema. • E2-13: Actualizar los currículos de los programas de formación técnica y tecnológica en TIC. • E2-14: Crear nuevos programas de formación técnica y tecnológica en TIC para perfiles muy específicos, guiados por las líneas orientadoras definidas para el ecosistema, cubriendo las distintas regiones del país. • E2-15: Crear programas de formación y actualización de profesores de nivel técnico y tecnológico, para que jueguen el papel de replicadores dentro del ecosistema.	OF3 - Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema
• E2-16: Promover entre las instituciones de formación técnica y tecnológica el uso de plataformas TIC como apoyo a los procesos de formación.	OF4 - Aumentar la eficiencia en el proceso de formación de talento TIC

Las siguientes son las acciones para la formación del talento profesional TIC:

Tabla 6.10
Acciones para la formación del talento profesional TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-17: Ofrecer financiación y becas al talento humano que se encuentra en formación profesional TIC. • E2-18: Estudiar el fenómeno, diagnosticar y buscar soluciones a la alta deserción de estudiantes TIC. • E2-19: Buscar los mecanismos para que aumente la demanda de los programas TIC entre las mujeres. • E2-20: Crear programas de reconversión de otros profesionales (ingenieros electrónicos, ingenieros industriales, etc.) hacia las TIC. • E2-21: Aprovechar el espacio disponible en los programas TIC de las universidades privadas, a través de la financiación de las matrículas mediante los programas Talento Digital y Ser Pilo Paga. De la misma manera que buscar los mecanismos para que las universidades públicas cuenten con los recursos que les permitan aumentar el número de cupos en las carreras TIC que ofrecen. • E2-22: Fomentar e incentivar que los programas de formación profesional en TIC obtengan acreditaciones nacionales e internacionales de alta calidad.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema

Tabla 6.10
Acciones para la formación del talento profesional TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-23: Fomentar e incentivar que los programas profesionales TIC, con acreditaciones de alta calidad, compartan los materiales de soporte de sus cursos con otros programas del ecosistema. • E2-24: Fomentar la formación en un segundo idioma a nivel profesional TIC.	OF2 - Aumentar la calidad del talento humano TIC en el ecosistema
• E2-25: Establecer una identidad clara del profesional TIC, con las habilidades y conocimientos mínimos requeridos, definiendo de manera precisa la actividad laboral y el papel que debe jugar dentro del ecosistema. • E2-26: Modernizar los currículos de los programas profesionales TIC, asegurando su alineamiento con las necesidades presentes y futuras del ecosistema y con el modelo de industria de software del país. • E2-27: Crear programas de formación y actualización de profesores universitarios, para que jueguen el papel de replicadores dentro del ecosistema. • E2-28: Incluir cursos en los currículos orientados a generar las habilidades de innovar con TIC. • E2-29: Incluir en los programas de pregrado actividades extra-curriculares de formación en tecnologías específicas, que permitan acercar a los estudiantes al mundo laboral.	OF3 - Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema
• E2-30: Promover entre las instituciones de educación superior el uso de plataformas TIC como apoyo a los procesos de formación. • E2-31: Crear una oferta nacional de cursos abiertos (MOOC- Massive Open Online Course) en temas fundamentales TIC (habilidades de programación, uso de ciertas tecnologías, etc.) y en temas profesionales avanzados, en español, al que tengan acceso los distintos actores del ecosistema.	OF4 - Aumentar la eficiencia en el proceso de formación de talento TIC

Las siguientes son las acciones para la formación del talento profesional avanzado TIC:

Tabla 6.11
Acciones para la formación del talento profesional avanzado TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-32: Ofrecer financiación y becas al talento humano que se encuentra en formación profesional avanzada TIC. • E2-33: Ofrecer a nivel nacional los programas ya consolidados de maestría, a través de modalidades semi-presenciales, aprovechando la infraestructura TIC disponible en el país.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema

Tabla 6.11
Acciones para la formación del talento profesional avanzado TIC

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-34: Fomentar e incentivar que los programas de formación profesional avanzada en TIC obtengan acreditaciones nacionales e internacionales de alta calidad. • E2-35: Promover la elaboración de materiales de apoyo a la formación TIC avanzada (libros electrónicos, herramientas, videos, etc.), por parte de grupos de expertos nacionales reconocidos, que puedan ser utilizados por las diferentes instituciones de educación superior. • E2-36: Crear la normatividad necesaria para que los egresados de la formación avanzada TIC deban demostrar el dominio de un segundo idioma.	OF2 - Aumentar la calidad del talento humano TIC en el ecosistema
• E2-37: Crear nuevos programas de maestría en todas las regiones del país, orientados a perfiles profesionales específicos, bajo las modalidades de profundización e investigación. • E2-38: Apoyar la creación de nuevos programas de maestría mediante la colaboración entre universidades con programas de posgrado consolidados y universidades en proceso de consolidación mediante el esquema de cotutelas.	OF3 - Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema

Las siguientes son las acciones para la formación de ciudadanos digitales:

Tabla 6.12
Acciones para la formación de ciudadanos digitales

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E2-39: Extender y profundizar las actividades de formación de ciudadanos digitales a lo largo del país.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema

[E3] Asociatividad de los actores

Tabla 6.13
[E3] Asociatividad de los actores

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E3	Asociatividad de los actores	Promover y apoyar la asociatividad entre los actores del ecosistema, buscando que trabajen de manera coordinada y que construyan y compartan objetivos comunes.
Justificación: D8, F2, F4		Base estratégica: EG1, ET2

Tabla 6.13
[E3] Asociatividad de los actores

Acciones estratégicas: • E3-1: Promover la creación de asociaciones nacionales profesionales en áreas TIC específicas (arquitectos, ingenieros de software, gerentes de proyectos, seguridad de la información, entre otros), que pueden ser capítulos nacionales de asociaciones nacionales o internacionales. • E3-2: Fortalecer las asociaciones actuales de actores, buscando que tengan un mayor número de integrantes y buscar que construyan planes estratégicos conjuntos, alineados con las necesidades del ecosistema. • E3-3: Fortalecer la Sociedad Colombiana de Computación y empoderarla para que sea la asociación que coordine los actores del eslabón de investigación en TIC en el país. Ayudar a que trabaje en coordinación con las sociedades de computación de otros países.	
Indicadores: Número de asociaciones, número de actores asociados, nivel de cubrimiento de las asociaciones	
Actores responsables: MINTIC, Colciencias, asociaciones actuales de actores	Actores participantes: Sociedad Colombiana de Computación, actores del ecosistema

[E4] Tanque de pensamiento TIC

Tabla 6.14
[E4] Tanque de pensamiento TIC

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E4	Tanque de pensamiento TIC	Abordar y aportar a los temas coyunturales del sector, generando propuestas de políticas públicas y orientación de la opinión pública, que consideren cómo las TIC pueden ser motor de la competitividad, la investigación, el desarrollo y la innovación de Colombia y las regiones de Colombia.
Justificación: D7, D9, O1, F2, A2, A3		Base estratégica: EG3
Acciones estratégicas: • E4-1: Diseñar y ayudar a poner en funcionamiento un conjunto de grupos de pensamiento en áreas estratégicas TIC, que generen visión de futuro, análisis y recomendaciones para el nuevo conocimiento y las nuevas tecnologías TIC. • E4-2: Definir con precisión lo que significa innovación en TIC y con TIC, basados en los marcos y normatividad nacionales e internacionales, pero focalizada en el quehacer y la realidad de la disciplina en el país. • E4-3: Promover a lo largo del país, y en coordinación con los distintos actores del ecosistema, actividades de difusión, discusión, formación, etc., que aseguren masa crítica de pensamiento en TIC. • E4-4: Promover la aparición de documentos de opinión TIC, en forma de columnas en los medios de comunicación, blogs, publicaciones especializadas, etc.		

Tabla 6.14
[E4] Tanque de pensamiento TIC

Acciones estratégicas: • E4-5: Consolidar el tanque de pensamiento de manera que logre el objetivo de coordinar los grupos de pensamiento y las actividades de las acciones anteriores. Una de sus responsabilidades debe ser mantener actualizadas las líneas orientadoras de este plan. • E4-6: Coordinar ejercicios de Visión de Futuro del sector TIC con participación y colaboración de los agentes del Ecosistema • E4-7: Coordinar el Seguimiento y Control Periódico e Independiente de la ejecución del Plan CTI – TIC vigente	
Indicadores: Existencia del tanque de pensamiento, indicadores de su actividad, proyectos de política pública construidos con participación de los Ecosistemas TIC Nacionales y Regionales.	
Actores responsables: MINTIC, Colciencias, Tanque de pensamiento en TIC de Colombia	Actores participantes: Actores del ecosistema

[E5] Imagen TIC

Tabla 6.15
[E5] Imagen TIC

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E5	Imagen TIC	Construir y mantener una imagen positiva del ecosistema, a nivel interno y externo. Esto incluye mostrar las TIC como un espacio interesante de desarrollo profesional para las personas.
Justificación: D5, D8, F2		Base estratégica: ET1
Acciones estratégicas: • E5-1: Promover la marca .CO (Colombia TIC) o su equivalente, en el país y en el exterior, destacando las características más positivas del ecosistema. • E5-2: Apoyar con recursos a las asociaciones para premiar los actores y las personas más destacadas del medio TIC en el país. Fortalecer el Premio Colombiano de Informática de ACIS. • E5-3: Hacer campañas hacia los estudiantes de colegio que posicione las carreras TIC como unos espacios profesionales con muchas posibilidades y beneficios.		
Indicadores: Número de campañas en los colegios, número de asociaciones apoyadas, número de premios entregados, número de actividades alrededor de la marca .CO.		
Actores responsables: MINTIC		Actores participantes: Asociaciones, actores del ecosistema

[E6] Expansión del campo de acción de las TIC

Tabla 6.16
[E6] Expansión del campo de acción de las TIC

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E6	Expansión del campo de acción de las TIC	Promover el uso adecuado de las TIC como habilitador de soluciones en sectores estratégicos del país. Mostrar cómo las TIC pueden ayudar a construir un mejor país.
Justificación: O1, O3, O6, F2		Base estratégica: ET1
Acciones estratégicas: • E6-1: Continuar desde MINTIC con las actividades de trabajo conjunto con los distintos sectores, facilitando que incorporen las TIC de una manera adecuada en el logro de sus objetivos. Apoyar los proyectos de Carpeta Ciudadana, Autenticación Electrónica y Plataforma de Interoperabilidad como catalizadores de un mejor uso de las TIC en el estado, facilitando la interacción con los ciudadanos. Apoyar la aplicación del Marco de Referencia de Arquitectura Empresarial para el estado colombiano, de forma tal que las entidades aumenten sus niveles de madurez en el uso de las tecnologías de información y comunicaciones.		
Indicadores: Número de acciones de trabajo conjunto con sectores estratégicos.		
Actores responsables: MINTIC		Actores participantes: Otras entidades del estado

[E7] Formación TIC con TIC

Tabla 6.17
[E7] Formación TIC con TIC

Perspectiva: Soporte global al ecosistema		
E7	Formación TIC con TIC	Aprovechar el uso de las TIC para apoyar los procesos de formación y actualización del talento humano TIC.
Justificación: D3, D4, O5		Base estratégica: EG2, OF4
Acciones estratégicas: • E7-1: Fomentar el uso adecuado de las TIC en los procesos de formación TIC a todos los niveles, mediante la introducción de incentivos y facilidades tecnológicas. Esto incluye la selección de una o varias plataformas tecnológicas de referencia para el país, la creación de las capacidades en los actores para su uso y la puesta en marcha de incentivos para su uso. • [E2-6]: Crear programas no presenciales (virtuales o semi-presenciales) de alta calidad, para la formación TIC de nivel técnico y tecnológico. Con estos programas se facilitaría la llegada a las regiones en donde haya escasez de oferta de programas de alta calidad. • [E2-10]: Crear las estructuras (catálogos, foros, diplomados, certificaciones, etc.) que permitan el máximo aprovechamiento de los recursos abiertos de educación no formal disponibles en Internet, de manera que a través de ellos se pueda mantener el talento humano TIC actualizado.		

Tabla 6.17
[E7] Formación TIC con TIC

Acciones estratégicas: • [E2-16]: Promover entre las instituciones de formación técnica y tecnológica el uso de plataformas TIC como apoyo a los procesos de formación. • [E2-30]: Promover entre las instituciones de educación superior el uso de plataformas TIC como apoyo a los procesos de formación. • [E2-31]: Crear una oferta nacional de cursos abiertos (MOOC-Massive Open Online Course) en temas fundamentales TIC (habilidades de programación, uso de ciertas tecnologías, etc.) y en temas profesionales avanzados, en español, al que tengan acceso los distintos actores del ecosistema. • [E2-33]: Promover la elaboración de materiales de apoyo a la formación TIC avanzada (libros electrónicos, herramientas, videos, etc.), por parte de grupos de expertos nacionales reconocidos, que puedan ser utilizados por las diferentes instituciones de educación superior.	
Indicadores: Número de acciones asociadas a las distintas acciones estratégicas.	
Actores responsables: MINTIC, Ministerio de Educación, Colciencias	Actores participantes: Instituciones de educación superior, instituciones de formación técnica y tecnológica, colegios, centros de transferencia tecnológica

En la siguiente figura aparece un resumen de las siete estrategias de la perspectiva de soporte con las respectivas acciones estratégicas que las implementan.

Figura 6.4
Estrategias de la perspectiva de soporte y acciones estratégicas asociadas

E1→E7

Perspectiva soporte:

7 estrategias

Acciones estratégicas

Estrategias		
	E1	E1-1
	E2	E2-1, E2-2, E2-3, E2-4, E2-5, E2-6, E2-7, E2-8, E2-9, E2-10, E2-11, E2-12, E2-13, E2-14, E2-15, E2-16, E2-17, E2-18, E2-19, E2-20, E2-21, E2-22, E2-23, E2-24, E2-25, E2-26, E2-27, E2-28, E2-29, E2-30, E2-31, E2-32, E2-33, E2-34, E2-35, E2-36, E2-37, E2-38, E2-39
	E3	E3-1, E3-2, E3-3
	E4	E4-1, E4-2, E4-3, E4-4, E4-5
	E5	E5-1, E5-2, E5-3
	E5	E6-1
	E7	E7-1, E2-6, E2-10, E2-16, E2-30, E2-31, E2-33

6.2.5 Perspectiva del ciclo inicial de I+D+i

Estas siete estrategias del Plan se concentran en acciones para los actores de los eslabones del ciclo inicial de la cadena de valor, encargados de las actividades de I+D+i. Estas estrategias tienen asociados los programas de I+D+i que se presentan en la sección 6.2.7.

[E8] Talento humano para la investigación TIC

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E8	Talento humano para la investigación TIC	Formar, atraer y retener investigadores TIC de alto nivel y crear las condiciones adecuadas para que puedan desarrollar su trabajo en el país. Debe además propender porque este talento llegue a todos los grupos de investigación.
Justificación: D3, D6		Base estratégica: EG2, OF1

Acciones estratégicas:

- Acciones para la formación de talento en investigación TIC:

Acciones estratégicas	Objetivo de formación
• E8-1: Ofrecer financiación y becas al talento humano que se encuentra en formación para investigación TIC. • E8-2: Repatriar el talento TIC con formación doctoral. • E8-3: Atraer doctores TIC de otros países hacia el ecosistema nacional. • E8-4: Crear nuevos programas de formación doctoral TIC en el país.	OF1 - Aumentar la cantidad de talento humano TIC en el ecosistema
• E8-5: Fomentar e incentivar que los programas de formación doctoral en TIC obtengan acreditaciones nacionales e internacionales de alta calidad. • E8-6: Crear la normatividad necesaria para que los egresados de la formación doctoral TIC deban demostrar el dominio de un segundo idioma.	OF2 - Aumentar la calidad del talento humano TIC en el ecosistema
• E8-7: Financiar con prioridad la investigación desarrollada por los grupos del ecosistema, que tenga un impacto directo sobre las problemáticas y necesidades del país. • E8-8: Financiar con prioridad la investigación desarrollada por los grupos del ecosistema que se oriente hacia el área de la formación en TIC con TIC para el país.	OF3 - Aumentar la alineación entre el talento TIC y las habilidades y tecnologías requeridas por el ecosistema

- E8-9: Crear estímulos y facilidades para que los grupos de investigación abran espacio a la participación de jóvenes investigadores en los proyectos que desarrollan.

Tabla 6.18
[E8] Talento humano para la investigación TIC

Tabla 6.18
[E8] Talento humano para la investigación TIC

• E8-10: Financiar el intercambio de investigadores TIC a nivel nacional, en pasantías cortas (para elaborar propuestas o buscar espacios de colaboración) y pasantías largas de investigadores de grupos en desarrollo (B, C, D) en grupos consolidados (A-1, A). • E8-11: Crear la figura de proyecto inicial de investigación, que incluya recursos para los investigadores junior que acaban de recibir su título doctoral y se están incorporando de alguna manera al ecosistema. De esta forma el nuevo investigador tendría los medios básicos para iniciar su actividad. • E8-12: Crear un programa semilla que busque la manera de que haya al menos un doctor TIC en cada grupo de investigación TIC del país. Estos investigadores tendrían, además de sus actividades normales de I+D+i, la responsabilidad de establecer lazos con otros grupos de investigación nacionales e internacionales. Debería haber al menos un grupo de investigación en TIC en cada una de las universidades que ofrecen programas avanzados TIC. • E8-13: Crear un conjunto de incentivos, reconocimientos y premios a los logros obtenidos por los grupos de investigación TIC del país.	
Indicadores: Número de investigadores TIC activos, número de incentivos asociados con las acciones estratégicas, cantidad de recursos invertidos en la estrategia, número de pasantías de investigadores, número de doctores al frente de los grupos de investigación, entre otros.	
Actores responsables: Colciencias	Actores participantes: MINTIC, instituciones de educación superior

[E9] Investigación TIC de nivel mundial

Tabla 6.19
[E9] Investigación TIC de nivel mundial

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E9	Investigación TIC de nivel mundial	Lograr que se haga una investigación TIC reconocida a nivel mundial, en la frontera del conocimiento, con publicación de resultados en revistas indexadas en ISI / SCOPUS, apoyada por socios internacionales, financiada con recursos públicos y privados. Esta investigación debe estar enfocada sobre todo en las líneas orientadoras de este Plan.
Justificación: D4, D8, F3	Base estratégica: EG4, EG6, ET5, ET6	
Acciones estratégicas: • E9-1: Ayudar a financiar la movilidad de investigadores nacionales hacia el exterior y de investigadores internacionales al país, en los temas asociados con las líneas orientadoras del capítulo 5, las cuales se deben considerar prioritarias para el ecosistema. • E9-2: Promover la participación de los grupos nacionales de investigación en redes y proyectos internacionales, enfocados sobre todo hacia las líneas orientadoras de este Plan. • E9-3: Financiar proyectos de investigación enmarcados en las líneas orientadoras, cuyos resultados deban ser publicados en revistas internacionales ISI / SCOPUS.		

Tabla 6.19
[E9] Investigación TIC de nivel mundial

• E9-4: Ayudar a los grupos de investigación a la publicación de resultados en inglés, mediante actividades como seminarios de formación en escritura de artículos científicos en inglés, ayuda en procesos de traducción, revisión de estilo y revisión de artículos hecha por pares nacionales. • E9-5: Apoyar la organización de congresos internacionales de primer nivel en el país, dando prioridad a las líneas orientadoras de este Plan.	
Indicadores: Número de publicaciones aceptadas para publicación en revistas y conferencias ISI / SCOPUS, número de actividades de movilidad, número de grupos de investigación participando en redes y proyectos internacionales.	
Actores responsables: Colciencias	Actores participantes: Grupos de investigación, investigadores

[E10] Grupos de investigación TIC maduros

Tabla 6.20
[E10] Grupos de investigación TIC maduros

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E10	Grupos de investigación TIC maduros	Aumentar el grado de madurez de los grupos de investigación TIC del país, creando primero una manera de medir su nivel de organización, sus capacidades y su eficiencia operativa, y planteando luego incentivos para que los grupos trabajen en ello.
Justificación: D2, D4, D6, D8, F3, F4		Base estratégica: EG1, EG4
Acciones estratégicas: • E10-1: Definir la manera de medir la madurez de un grupo de investigación y crear un manual de buenas prácticas que guíe a los grupos en su proceso de consolidación. • E10-2: Crear incentivos para el aumento de madurez de los grupos de investigación nacionales. • E10-3: Destinar recursos a que grupos de investigación consolidados del país apoyen a grupos nacionales en desarrollo. • E10-4: Crear medios de reconocimiento y apoyo a grupos de investigación "campeones" que puedan ser usados como modelos para los otros grupos. • [E3-3]: Fortalecer la Sociedad Colombiana de Computación y empoderarla para que sea la asociación que coordine los actores del eslabón de investigación en TIC en el país. Ayudar a que trabaje en coordinación con las sociedades de computación de otros países.		
Indicadores: Existencia de la medida de madurez de los grupos de investigación, número de grupos en desarrollo siendo apoyados por grupos consolidados, número de grupos "campeones" reconocidos.		
Actores responsables: Colciencias		Actores participantes: Sociedad Colombiana de Computación, instituciones de educación superior, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación del país

[E11] Investigación TIC útil, visible y con impacto

Tabla 6.21
[E11] Investigación TIC útil, visible y con impacto

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E11	Investigación TIC útil, visible y con impacto	Financiar proyectos de investigación dándole prioridad a aquéllos que se encuentran enmarcados en las líneas orientadoras de este plan, y que tienen compromisos de creación de productos de alto impacto en el resto del ecosistema.
Justificación: D6, D7	Base estratégica: EG3, EG4, EG5	
Acciones estratégicas: • E11-1: Financiar proyectos de los grupos de investigación que se orienten hacia el estudio de los modelo de industria de software y de contenidos que deberían implementarse en el país. Este tipo de trabajos, que implica la participación de muchos tipos de actores del ecosistema, permiten generar vínculos y espacios de reflexión, y pueden tener un impacto grande en la productividad y competitividad de las industrias de software y de contenidos. • E11-2: Fomentar la investigación aplicada cuyo objeto de estudio sean las TIC que necesitan las MIPYMES del país. • E11-3: Mejorar GrupLac para que se puedan identificar los grupos que trabajan en una línea específica de investigación y se deban asociar estas líneas con los productos creados desde los distintos proyectos. Se propone que la clasificación de las líneas de investigación se guíe por la clasificación propuesta por la ACM. Esto permitirá una comprensión de las fortalezas reales de los grupos y su nivel de alineación con el resto del ecosistema. • E11-4: Financiar proyectos de investigación en las líneas orientadoras definidas en este Plan y actualizadas periódicamente por el tanque de pensamiento TIC. Favorecer los proyectos en los que los resultados propuestos incluyan, además de publicaciones internacionales, otros productos utilizables en el resto de la cadena de valor. • E11-5: Abrir convocatorias para trabajo interdisciplinario entre grupos de investigación TIC y grupos de investigación de otras disciplinas, en donde las TIC tengan un papel protagónico. • E11-6: Abrir convocatorias para el desarrollo interinstitucional de I+D+i en políticas públicas CTI y TIC, coordinadas por el Tanque de Pensamiento TIC de Colombia.		
Indicadores: Número de proyectos de investigación desarrollados con alto impacto en el ecosistema		
Actores responsables: Colciencias	Actores participantes: MINTIC, instituciones de educación superior, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación.	

[E12] Innovación TIC efectiva

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E12	Innovación TIC efectiva	Fortalecer la habilidad de hacer innovación en el ecosistema, atrayendo nuevos actores, nuevas fuentes de financiación y planteando nuevos incentivos. Se debe favorecer el trabajo interdisciplinario y facilitar el camino que parte de la innovación y llega hasta la obtención de beneficios económicos. Se debe dar prioridad a las líneas orientadoras en innovación establecidas en el Plan.
Justificación: D6, D7		Base estratégica: EG4, ET3
Acciones estratégicas: • E12-1: Definir con claridad el significado y el alcance de un proyecto de innovación TIC, de manera que no haya ambigüedad con respecto a los resultados esperados, y que estos resultados se puedan aprovechar en el resto de la cadena de valor. • E12-2: Fortalecer el trabajo entre universidades y centros de desarrollo tecnológico (CDT), buscando que desarrollen proyectos en conjunto, alrededor de intereses comunes. • E12-3: Involucrar a las empresas en los proyectos de innovación TIC, buscando que inviertan recursos y que obtengan beneficios de los productos obtenidos. • E12-4: Fortalecer los centros de desarrollo tecnológico (CDT), aumentando la cantidad y el perfil del talento humano. Incluye también la creación de una red nacional de centros de desarrollo tecnológico en áreas específicas de la disciplina. • E12-5: Crear habilitadores para el camino desde la innovación hasta el beneficio económico de los distintos actores. Esto incluye todo lo referente al manejo de la propiedad intelectual.		
Indicadores: Número de centros de desarrollo tecnológico, capacidad de los centros de desarrollo tecnológico, número de empresas haciendo innovación TIC, número de proyectos conjuntos entre universidades y centros de desarrollo tecnológico.		
Actores responsables: MINTIC, Colciencias		Actores participantes: Instituciones de educación superior, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación del país.

Tabla 6.22
[E12] Innovación TIC efectiva

[E13] Conexión del ciclo I+D+i por integración vertical

Tabla 6.23
[E13] Conexión del ciclo I+D+i por integración vertical

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E13	Conexión del ciclo I+D+i por integración vertical	Ampliar el radio de acción de los actores de los eslabones del ciclo inicial, buscando que desarrollen actividades en los eslabones vecinos. La integración vertical hacia atrás les permitirá crear sus propios productos de base y la integración vertical hacia adelante, que lleguen a productos de mayor valor agregado.
Justificación: D6, D7		Base estratégica: EG5
Acciones estratégicas: • E13-1: Fomentar dentro de las universidades la creación de centros de desarrollo tecnológico, de manera que conecten internamente sus actividades de investigación con actividades de innovación y desarrollo. Esto permitiría a las universidades construir productos de mayor valor agregado para el ecosistema y encontrar nuevas fuentes de ingresos. • E13-2: Fomentar que los centros de desarrollo tecnológico hagan investigación aplicada y transferencia tecnológica, de manera que cubran actividades de los tres eslabones iniciales de la cadena de valor. • E13-3: Incentivar a las empresas para que financien y desarrollen actividades de innovación y desarrollo tecnológico, conectadas con su actividad económica, generando así nuevas oportunidades.		
Indicadores: Número de actores que extienden sus actividades a lo largo del ciclo inicial de la cadena de valor.		
Actores responsables: Colciencias		Actores participantes: MINTIC, instituciones de educación superior, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación del país, empresas TIC, empresas.

[E14] Incorporación de las nuevas TIC en el ecosistema

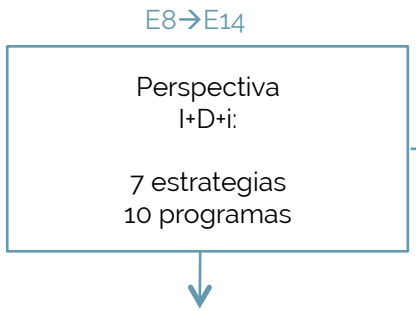
Tabla 6.24
[E14] Incorporación de las nuevas TIC en el ecosistema

Perspectiva: Ciclo inicial de I+D+i		
E14	Incorporación de las nuevas TIC en el ecosistema	Crear los mecanismos que permitan acelerar la incorporación de las nuevas TIC en los distintos eslabones del ecosistema. Esto incluye la creación de nuevos actores, especializados en áreas particulares de conocimiento, capaces de hacer esta tarea sobre focos específicos.
Justificación: D6, O1		Base estratégica: EG3, EG6
Acciones estratégicas: • E14-1: Crear centros de excelencia en áreas TIC de alto impacto potencial para el país. La misión de estos centros será la de analizar de una manera integral las tendencias, las oportunidades en nuevo conocimiento TIC y las tecnologías en maduración, y preparar al resto del ecosistema para aprovecharlo muy rápidamente, evitando demoras en la apropiación y		

pérdida potencial de oportunidades. Esto quiere decir que son responsables de acompañar la maduración de las nuevas tecnologías e ir preparando al país para su acelerada apropiación. Ejemplos de estos centros son los de Internet de las cosas y de Big Data, creados recientemente en el país. • E14-2: Crear una red nacional de centros de excelencia, que deberá trabajar de manera coordinada con los demás actores del ecosistema.	
Indicadores: Número de centros de excelencia	
Actores responsables: MINTIC, Colciencias	Actores participantes: Centros de excelencia, instituciones de educación superior, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación del país, empresas TIC, proveedores de tecnología.

Tabla 6.24
[E14] Incorporación de las nuevas TIC en el ecosistema

En la siguiente figura aparece un resumen de las siete estrategias de la perspectiva de I+D+i con las respectivas acciones estratégicas que las implementan, y los 10 programas de I+D+i asociados con las líneas orientadoras.



Acciones estratégicas

Estrategias		
	E8	E8-1, E8-2, E8-3, E8-4, E8-5, E8-6, E8-7, E8-8, E8-9, E8-10, E8-11, E8-12, E8-13
	E9	E9-1, E9-2, E9-3, E9-4, E9-5
	E10	E10-1, E10-2, E10-3, E10-4, E3-3
	E11	E11-1, E11-2, E11-3, E11-4, E11-5
	E12	E12-1, E12-2, E12-3, E12-4, E12-5
	E13	E13-1, E13-2, E13-3
	E14	E14-1, E14-2

Programas estratégicos de I+D+i

PR1	Computación Centrada en las Personas
PR2	Sistemas Inteligentes
PR3	Internet de las Cosas
PR4	Analítica de Datos
PR5	TIC para la Salud
PR6	Sociedad Digital
PR7	TIC para la Educación
PR8	Ingeniería de Software y Arquitecturas de TI
PR9	Infraestructura y Seguridad TIC
PR10	Sistemas Autónomos y de Impresión 3D

Figura 6.5
Acciones estratégicas y programas de I+D+i

6.2.6 Perspectiva del ciclo final

Estas siete estrategias del Plan se concentran en acciones para los actores de los eslabones del ciclo final de la cadena de valor.

[E15] Industria de software moderna, eficiente y de calidad mundial

Tabla 6.25
[E15] Industria de software moderna, eficiente y de calidad mundial

Perspectiva: Ciclo final		
E15	Industria de software moderna, eficiente y de calidad mundial	Definir un modelo propio para la industria de software nacional, basado en las nuevas tendencias mundiales y en el posicionamiento en nichos específicos, que le genere ventajas competitivas. Facilitar su adopción por parte de las empresas de desarrollo de software del ecosistema. Se deben tener en cuenta las líneas orientadoras de desarrollo incluidas en este Plan.
Justificación: D4, D9, O1, F5, A1		Base estratégica: EG1, EG2
Acciones estratégicas: • E15-1: Diseñar un modelo propio de industria de software nacional, basado en la modernización de los procesos (ágiles, ligeros, etc.), la automatización de las tareas (ingeniería de modelos, líneas de producto, etc.), el aseguramiento de la calidad, la especialización en nichos de mercado y la construcción de componentes y frameworks reutilizables. • E15-2: Promover la modernización y la especialización en nichos de mercado de las empresas de desarrollo de software. • E15-3: Diseñar modelos de negocio genéricos y modelos operativos de referencia para empresas pequeñas de desarrollo de software, que puedan ser usados como guía en la creación de nuevas empresas.		
Indicadores: Número de empresas de la industria de software en proceso de modernización, número de empresas de desarrollo de software que amplían su portafolio de servicios.		
Actores responsables: MINTIC, Colciencias		Actores participantes: Asociaciones, empresas de desarrollo de software.

[E16] TIC para los sectores estratégicos del país

Tabla 6.26 [E16] TIC para los sectores estratégicos del país

Perspectiva: Ciclo final		
E16	TIC para los sectores estratégicos del país	Utilizar las TIC como herramienta de solución de problemas y como medio para apalancar la estrategia de los distintos sectores del país (agroindustria, salud, turismo, energía & hidrocarburos, gobierno en línea, justicia, defensa).
Justificación: O1, O6, F1, F5		Base estratégica:
Acciones estratégicas: • E16-1: Profundizar y ampliar el impacto de la estrategia de Gobierno en Línea (GEL) de MINTIC, acercando las TIC a los ciudadanos a través de servicios en línea. • E16-2: Implementar el Marco de Referencia de Arquitectura Empresarial para las entidades del sector público, haciendo que su operación y su planeación estratégica resulten adecuadas para cumplir con los objetivos de cada sector y entidad. • E16-3: Desarrollar los proyectos propuestos en el "Plan estratégico de mercadeo y ventas para el sector de tecnologías de la información", elaborado en el 2013, en el que se definen los sectores estratégicos y la manera como se deben apoyar desde las fortalezas de las regiones.		
Indicadores: Convocatorias, proyectos y acciones en cada uno de los sectores estratégicos del país.		
Actores responsables: MINTIC, Colciencias		Actores participantes: Empresas TIC, entidades del estado.

[E17] Industria nacional de contenidos digitales

Tabla 6.27 [E17] Industria nacional de contenidos digitales

Perspectiva: Ciclo final		
E17	Industria nacional de contenidos digitales	Apoyar el desarrollo de la industria nacional de contenidos digitales, mediante el fomento del trabajo colaborativo entre universidades y empresas, el acceso a fondos de capital de riesgo y la apertura de canales de consumo local.
Justificación: O1, O3		Base estratégica: EG1, EG2, EG3, EG4, ET2
Acciones estratégicas: • E17-1: Apoyar el trabajo colaborativo entre universidades y empresas para desarrollar la industria de contenidos digitales (contenidos culturales, bibliotecas virtuales, videojuegos, redes sociales, marketing digital, etc.).		

Tabla 6.27
[E17] Industria nacional de contenidos digitales

Indicadores: Número de proyectos financiados.	
Actores responsables: MINTIC, Ministerio de Cultura, Proexport, Ministerio de Educación	Actores participantes: Instituciones de educación superior, empresas TIC, empresas.

[E18] Empresas TIC consolidadas y maduras

Tabla 6.28
[E18] Empresas TIC consolidadas y maduras

Perspectiva: Ciclo final		
E18	Empresas TIC consolidadas y maduras	Aumentar el número de empresas TIC en el ecosistema, buscando además que tengan mayor capacidad y mayor nivel de madurez. Las empresas TIC deben tener un modelo claro de negocio y un modelo estratégico que las apoye. Las empresas TIC deben buscar la manera de diferenciarse entre ellas, de colaborar y de construir habilitadores comunes.
Justificación: D8, O1, O2, F5, A1		Base estratégica: EG1, EG2, ET2
Acciones estratégicas: • E18-1: Crear una manera de medir el nivel de madurez de una empresa de desarrollo de software, que tenga en cuenta el volumen de ventas, el número de empleados, las certificaciones nacionales e internacionales, la eficiencia operacional, y todos aquellos factores que demuestren sus capacidades. • E18-2: Fomentar la diversificación horizontal de la actividad de las empresas de desarrollo de software, de manera que complementen su trabajo con actividades de consultoría y de prestación de servicios, lo mismo que con venta de productos propios. • E18-3: Fomentar la aparición de nuevas empresas TIC, con modelos de negocio, modelos operativos y modelos estratégicos sólidos. Para esto es necesario crear más incubadoras y aceleradoras de empresas TIC, y apoyar el trabajo que desarrollan actualmente los parques tecnológicos. También es importante aumentar el capital de inversión a riesgo para la creación de empresas TIC. • E18-4: Fortalecer las distintas asociaciones y grupos de empresas TIC. • E18-5: Crear un programa para mejorar las capacidades administrativas, de gestión y de comercialización de los productos y servicios TIC de las empresas pequeñas.		
Indicadores: Número de empresas TIC, medición del nivel de madurez de las empresas de desarrollo de software.		
Actores responsables: MINTIC		Actores participantes: Colciencias, empresas TIC.

[E19] Emprendimientos de base TIC

Tabla 6.29
[E19] Emprendimientos de base TIC

Perspectiva: Ciclo final		
E19	Emprendimientos de base TIC	Promover la creación de nuevas empresas de base TIC, que sean capaces de convertir en negocio los productos y servicios construidos desde los distintos eslabones del ecosistema.
Justificación: O1, F1		Base estratégica: EG2, EG4, EG5, ET3
Acciones estratégicas: • E19-1: Promover y financiar la creación de empresas de base TIC. Esto implica el apoyo a todas las actividades de búsqueda de nuevas ideas, de búsqueda de socios, de creación de planes de negocio, de simplificación de trámites, de apoyo a incubadoras y a la propia actividad de desarrollo de las innovaciones. • E19-2: Fomentar la creación de un semillero de ideas de emprendimientos de base TIC en cada una de las universidades del país. Se debe definir primero el modelo de semillero que se quiere impulsar, los resultados que debe producir y el papel que deben jugar las universidades, las empresas, los inversionistas y los estudiantes.		
Indicadores: Número de empresas creadas de base TIC, número de semilleros en universidades		
Actores responsables: MINTIC, Colciencias		Actores participantes: Empresas de base TIC, instituciones de educación superior

[E20] Regionalización de la industria TIC

Tabla 6.30
[E20] Regionalización de la industria TIC

Perspectiva: Ciclo final		
E20	Regionalización de la industria TIC	Especializar la industria TIC de las regiones, buscando nichos particulares de mercado y potencialidades locales que faciliten abordar los problemas desde grupos de actores locales coordinados.
Justificación: O1, O2		Base estratégica: EG1, EG2, ET3, ET4
Acciones estratégicas: • E20-1: Apoyar los planes de desarrollo TIC de las regiones, ayudando a la creación de grupos de trabajo locales (conformados por universidades y empresas), enfocados en problemáticas de la región y en contacto con los demás actores del ecosistema.		
Indicadores: Indicadores de logro de los planes de desarrollo TIC de las regiones		
Actores responsables: MINTIC		Actores participantes: Colciencias, instituciones de educación superior, empresas TIC, entidades del orden nacional y territorial, empresas.

[E21] Internacionalización de la industria TIC

Perspectiva: Ciclo final		
E21	Internacionalización de la industria TIC	Aumentar el nivel de internacionalización de la industria TIC, de sus productos y servicios, de sus capacidades de exportación, de relacionamiento externo y de asociatividad internacional. Promover una cultura de empresas bilingües.
Justificación: D4, O1, F5, A3		Base estratégica: ET5, ET6
Acciones estratégicas: • E21-1: Ayudar a desarrollar nuevos nichos de mercado en el exterior para los productos TIC del ecosistema. • E21-2: Aumentar la capacidad de exportación de productos y servicios TIC de los distintos actores. • E21-3: Crear una oficina TIC de internacionalización, que se encargue de facilitar la llegada de las empresas TIC a otros países y mercados • E21-4: Apoyar el bilingüismo de la industria TIC: sitios WEB en inglés, internacionalización de productos, etc.		
Indicadores: Número de empresas TIC con actividad internacional, exportaciones de productos y servicios TIC, existencia de la oficina TIC de internacionalización.		
Actores responsables: MINTIC, Proexport		Actores participantes: Empresas TIC, entidades del estado.

Tabla 6.31 *[E21] Internacionalización de la industria TIC*

En la siguiente figura aparece un resumen de las siete estrategias de la perspectiva del ciclo final con las respectivas acciones estratégicas que las implementan.

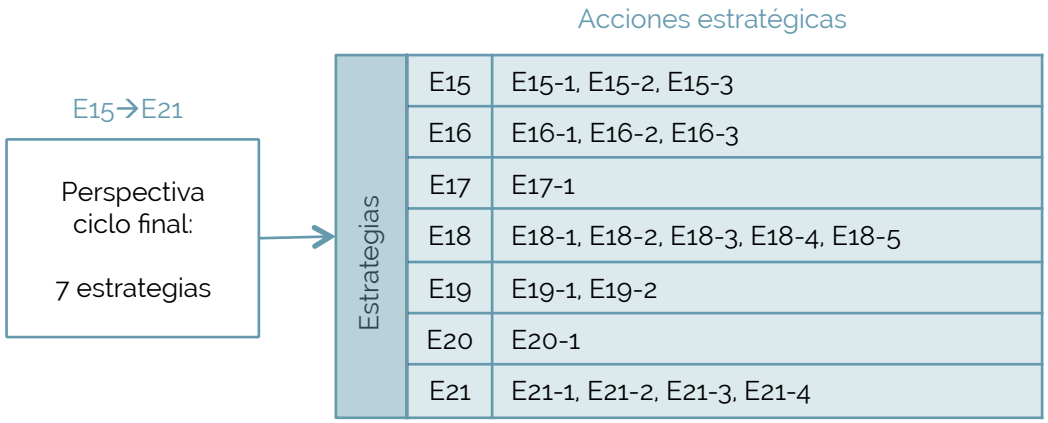


Figura 6.6 *Estrategias de la perspectiva del ciclo final*

6.2.7 Programas estratégicos de I+D+i

En el presente Plan, las siete estrategias de I+D+i (E8-E14) se encuentran planteadas en términos genéricos, haciendo referencia a las líneas orientadoras presentadas en el capítulo 5. En esta subsección se presentan los programas concretos de I+D+i en donde se incorporan los análisis y conclusiones de los capítulos anteriores.

ID	Nombre	Descripción	
PR1	Programa de I+D+i en Computación Centrada en las Personas	**Objetivo**: Implementar un programa de I+D+i en el área de "Computación Centrada en las Personas", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Gamification • Virtual personal assistants • User models • Interaction paradigms • Augmented reality • Computer vision	• Image processing • Human computer interaction • User interfaces • Virtual reality • Mixed/augmented reality
PR2	Programa de I+D+i en Sistemas Inteligentes	**Objetivo**: implementar un programa de I+D+i en el área de "Sistemas Inteligentes", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Artificial intelligence • Knowledge representation and reasoning	• Affective computing • Machine learning • Pattern Recognition
PR3	Programa de I+D+i en Internet de las Cosas	**Objetivo**: implementar un programa de I+D+i en el área de "Internet de las Cosas", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Internet of things • Connected and smart homes • Wearables • Ubiquitous and mobile computing and devices	• Networking • Embedded systems • Sensor Networks • Network Services • Global positioning systems

ID	Nombre	Descripción	
PR4	Programa de I+D+i en Analítica de Datos	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "Analítica de Datos", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Advanced analytics with self-service delivery • Big Data • Data Science • Data Analytics • Content Analytics	• In Memory Analytics • Decision Support Systems • Information Integration • Open data • Business Intelligence • Data Management Systems
PR5	Programa de I+D+i en TIC para la Salud	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "TIC para la Salud", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Health care information systems • Mobile Health Monitoring	• Health informatics • Telemedicine • 3D bioprinting systems
PR6	Programa de I+D+i en Sociedad Digital	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "Sociedad Digital", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Social media • Collaborative and digital economy	• Citizen data science • Crowd Sourcing • Computer Games
PR7	Programa de I+D+i en TIC para la Educación	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "TIC para la Educación", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• E-learning • Interactive learning environments	• Computing education
PR8	Programa de I+D+i en Ingeniería de Software y Arquitecturas de TI	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "Ingeniería de Software y Arquitecturas de TI", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Software development process management • Software-defined security • Software organization and properties • Software creation and management	• Software notation and tools • Enterprise interoperability • Enterprise architecture modeling • Service-oriented architectures

ID	Nombre	Descripción	
PR9	Programa de I+D+i en Infraestructura y Seguridad TIC	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "Infraestructura y Seguridad TIC", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Cloud Computing • Hybrid Cloud Computing • Security and Privacy	• Digital security • Cryptocurrencies • Cybersecurity, Trustworthy ICT
PR10	Programa de I+D+i en Sistemas Autónomos y de Impresión 3D	Objetivo: implementar un programa de I+D+i en el área de "Sistemas Autónomos y de Impresión 3D", compuesto por convocatorias e incentivos a los grupos de investigación del país, que tengan experiencia en alguno de los siguientes temas:	
		• Robotic Autonomy • Smart robots • Robotics	• 3D Scanners • Consumer 3D Printing • Enterprise 3D Printing

7

Capítulo

Gobierno del plan

7. Gobierno del plan

7.1 Visión global del esquema de gobierno del plan

7.2 Descripción de las etapas

7.2.1 Etapa A – Ejecución del plan

7.2.2 Etapa B – Monitoreo del ecosistema

7.2.3 Etapa C – Vigilancia tecnológica

7.2.4 Etapa D – Consultas a actores

7.2.5 Etapa E – Actualización del plan

7.2.6 Etapa F - Socialización

7. Gobierno del plan

En este capítulo se presenta el gobierno del Plan, teniendo en cuenta que tanto la estrategia como las líneas orientadoras se deben actualizar periódicamente dependiendo de los cambios en el entorno y de la evolución de las necesidades y las tecnologías.

7.1 Visión global del esquema de gobierno del plan

El esquema de gobierno del plan está constituido por seis (6) etapas (A...F) que se ejecutan de manera iterativa, siguiendo la estructura planteada en la Figura 7.1.

Las tres primeras etapas (A, B, C) se ejecutan de manera permanente. Las tres últimas etapas (D, E, F) se ejecutan una vez cada dos años.

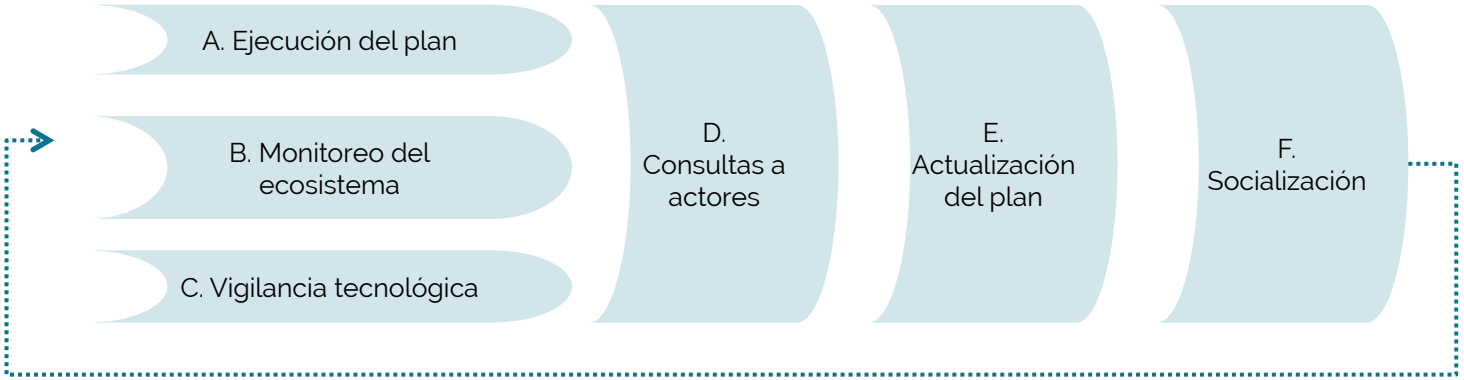


Figura 7.1
Esquema de gobierno del plan

7.2 Descripción de las etapas

En esta sección se presenta la ficha técnica de cada una de las etapas del esquema de gobierno. Para cada una de ellas se incluye el objetivo de la etapa, la frecuencia con la que se debe ejecutar, los responsables de tomar la iniciativa, citar a los participantes y ajustar el Plan, los actores que deben estar involucrados en los ajustes y las principales tareas que se deben llevar a cabo.

7.2.1 Etapa A – Ejecución del plan

Etapa: A – Ejecución del plan	Frecuencia: ejecución permanente
Objetivo: Desarrollar e implementar las acciones estratégicas incluidas en el Plan, involucrando a los respectivos actores e impulsando las actividades necesarias para que se logren los resultados buscados.	
Responsables: • MinTIC, Colciencias, actores del ecosistema	Participantes: • Actores del ecosistema • Comité asesor para la formulación, seguimiento, revisión y ajustes del plan
Tareas: • A1: Actualizar periódicamente las líneas orientadoras del Plan. Para esto se deben revisar fuentes primarias relevantes tales como referentes internacionales, estudios realizados a nivel Colombia, la producción de los grupos de investigación, entre otros. Todo lo anterior se debe articular con las políticas gubernamentales en cuanto a Ciencia y Tecnología, así como con el Plan Nacional de Desarrollo vigente. • A2: Validar permanentemente con expertos las líneas orientadoras del Plan. Para esto se deben hacer talleres de trabajo o buscar los medios virtuales que faciliten la participación. • A3: Cada uno de los actores responsables de las estrategias debe crear las fichas técnicas detalladas con los planes de trabajo que implementan las acciones estratégicas que le corresponden. Estas fichas deben incluir proyectos y tareas, con tiempo y presupuesto asociados. • A4: Ejecutar los planes de trabajo asociados con cada una de las acciones estratégicas del Plan.	

7.2.2. Etapa B – Monitoreo del ecosistema

Etapa: B – Monitoreo del ecosistema	Frecuencia: ejecución permanente
Objetivo: Supervisar los diversos componentes y actores del ecosistema con el fin de evaluar el estado de avance en la ejecución del plan. Para esto se deben medir los indicadores planteados en el capítulo 2 y asociados con las estrategias del capítulo 6. Se deben tener en cuenta los indicadores de avance (miden la manera en la que el plan se va ejecutando) y los indicadores de logro (miden los resultados obtenidos).	
Responsables: • MinTIC, Colciencias y observatorios nacionales de ciencia y tecnología, Fedesoft	Participantes: • Actores del ecosistema • Comité asesor para la formulación, seguimiento, revisión y ajustes del plan
Tareas: • B1: Observar el estado de avance de la ejecución del plan mediante la aplicación de los indicadores de avance. • B2: Medir la efectividad de las estrategias a través de los indicadores de logro. • B3: Interpretar el estado del ecosistema con el fin de identificar necesidades y oportunidades de reajuste del plan. • B4: Verificar la participación de los responsables de la ejecución del plan y de los actores del ecosistema.	

7.2.3. Etapa C – Vigilancia tecnológica

Etapa: C – Vigilancia tecnológica	Frecuencia: ejecución permanente
Objetivo: Supervisar la validez de las líneas orientadoras en investigación, innovación, transferencia tecnológica y desarrollo tecnológico.	
Responsables: • MinTIC, Colciencias, tanque de pensamiento TIC	Participantes: • Grupos y Centros de Investigación • Empresas
Tareas: • C1: Revisar las tendencias mundiales en investigación, innovación, transferencia tecnológica y desarrollo tecnológico. • C2: Identificar las brechas en investigación, innovación, transferencia tecnológica y desarrollo tecnológico. • C3: Identificar las oportunidades de investigación en TIC de acuerdo con las necesidades del país. • C4: Identificar los sectores, bajo la perspectiva gubernamental, así como sus necesidades particulares, que son clave para la aplicación de TIC. • C5: Revisar las políticas gubernamentales en cuanto a Ciencia y Tecnología para la actualización del plan. • C6: Revisar el Plan Nacional de Desarrollo vigente en cuanto a las necesidades y aplicaciones de TIC • C7: Actualizar las líneas orientadoras en investigación, innovación, transferencia tecnológica y desarrollo tecnológico. • C8: Revisar el estado de cierre de las brechas identificadas. • C9: Identificar nuevas brechas que hayan surgido. • C10: Revisar tendencias y comportamiento en políticas públicas a nivel nacional y las diversas regiones	

7.2.4. Etapa D – Consultas a actores

Etapa: D – Consultas a actores	Frecuencia: cada 2 años
Objetivo: Consultar a los actores sobre la situación actual del ecosistema, el avance de la ejecución del sistema y su participación en las diversas acciones	
Responsables: • MinTIC y Colciencias	Participantes: • Actores del ecosistema • Comité asesor para la formulación, seguimiento, revisión y ajustes del plan
Tareas: • D1: Realizar reuniones de trabajo con los diversos actores del sistema con el fin de conocer la situación actual del ecosistema. • D2: Discutir con los actores acerca del estado de avance y logro de la ejecución de las acciones del plan. • D3: Crear y aplicar los instrumentos necesarios para consultar con los distintos actores las necesidades, oportunidades y riesgos que se van presentando para ellos como participantes del ecosistema nacional TIC.	

7.2.5. Etapa E – Actualización del plan

Etapa: E – Actualización del plan	Frecuencia: cada 2 años
Objetivo: Realizar ajustes al plan de acuerdo a los resultados obtenidos de la consulta a los actores, vigilancia, monitoreo y ejecución del mismo.	
Responsables: • MinTIC	Participantes: • Comité asesor para la formulación, seguimiento, revisión y ajustes del plan
Tareas: • E1: Identificar nuevas acciones a ejecutar con el fin de apoyar las estrategias del plan. • E2: Definir nuevas estrategias o re-estructurar las existentes. • E3: Involucrar nuevos actores en acciones del plan. • E4: Realizar un análisis DOFA que permita identificar la situación actual del ecosistema e identificar los ajustes que se le deban hacer al plan. • E5: Actualizar el plan considerando la actualización de las líneas orientadoras y las políticas nacional en cuanto a Ciencia y Tecnología.	

7.2.6. Etapa F - Socialización

Etapa: F – Socialización	Frecuencia: cada 2 años
Objetivo: Difundir el plan así como sus resultados, avances y logros	
Responsables: • MinTIC y Colciencias	Participantes: • Comité asesor para la formulación, seguimiento, revisión y ajustes del plan
Tareas: • F1: Definir e implementar mecanismos de difusión del plan entre los actores. • F2: Generar informes de avance y logro de la ejecución del plan. • F3: Presentar la versión actualizada del plan.	