

INDUSTRIALIZACION INCLUSIVE Y SOSTENIBLE EN AMERICA LATINA

Agosto 2017

Dr. Raúl L. Katz

El Dr. Katz es Director de Investigacion de Estrategia Corporativa del Columbia Institute for Tele-Information (Universidad de Columbia). Recibio colaboración de la Srta. Ghada Jerfel, Asistente de Investigacion de la Universidad de Columbia (Barnard College)

INDICE

I. ANTECEDENTES

II. MARCO CONCEPTUAL

- II.1. Adopción de tecnologías maduras en procesos productivos**
- II.2. Utilización y gestión de tecnologías maduras en el sector productivo**
- II.3. Uso de tecnologías de avanzada**
- II.4. Identificación de brechas de capital humano (primer nivel)**
- II.5. Identificación de brechas de capital humano (segundo nivel)**

DIAGNOSTICO SOBRE LA SITUACION DE ADOPCION DE TECNOLOGIAS AVANZADAS E IDENTIFICACION DE BRECHAS TECNOLOGICAS

III. METODOLOGÍA Y FUENTES INFORMATIVAS

- III.1. Primer nivel de análisis: Digitalización de procesos productivos**
- III.2. Segundo nivel de análisis: gestión de tecnologías maduras en el sector productivo**
- III.3. Tercer nivel de análisis: Uso de tecnologías de avanzada**
- III.4. Fuentes informativas**

IV. CHILE

- IV.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Chile**
- IV.2. Digitalización de procesos productivos en Chile**
- IV.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Chile**
- IV.4. Uso de tecnologías de avanzada en Chile**

V. COLOMBIA

- V.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Colombia**
- V.2. Digitalización de procesos productivos en Colombia**
- V.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Colombia**
- V.4. Uso de tecnologías de avanzada en Colombia**
 - V.4.1. Internet de las cosas**
 - V.4.2. Computación en la nube**

VI. PERÚ

- VI.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Perú**
- VI.2. Digitalización de procesos productivos en Perú**
- VI.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Perú**
- VI.4. Uso de tecnologías de avanzada en Perú**

VII. ANÁLISIS COMPARADO

VII.1. Primer nivel: Digitalización de procesos productivos (tecnologías maduras)

VII.2. Segundo nivel: Gestión de tecnologías maduras

VII.3. Tercer nivel: Adopción de tecnologías de avanzada

IDENTIFICACION DE BRECHAS DE CAPITAL HUMANO EN EL USO DE TECNOLOGIAS DIGITALES AVANZADAS

VIII. INTRODUCCIÓN

IX. SITUACIÓN GENERAL DE LA BRECHA DE CAPITAL HUMANO EN AMÉRICA LATINA

X. CHILE

X.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

X.2. Digitalización y generación de capital humano

X.3. Conclusión

XI. COLOMBIA

XI.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

XI.2. Digitalización y generación de capital humano

XI.3. Conclusión

XII. PERÚ

XII.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

XII.2. Digitalización y generación de capital humano

XII.3. Conclusión

XIII. ANALISIS COMPARADO

ANALISIS DE PROGRAMAS DE CAPACITACION EN TECNOLOGIAS DIGITALES AVANZADAS

XV. INTRODUCCIÓN

XVI. FORMALIZACION DE LA LISTA DE TECNOLOGIAS DIGITALES DE AVANZADA

XVII. CHILE

XVI.1. Metodología

XVI.2. Universidades y programas

XVIII.COLOMBIA

XVIII.1. Metodología

XVIII.2. Universidades y programas

XIX. PERÚ

XVIII.1. Metodología

XVIII.2. Universidades y programas

XIX. ANALISIS COMPARADO

CONCLUSION GENERAL

BIBLIOGRAFIA

I. ANTECEDENTES

El objeto de este estudio es determinar el estado de la industria 4.0 (o digitalización de la producción) en América Latina. El mismo está enfocado en el análisis por sector industrial en Colombia, Chile y Perú. Para ello, el estudio comienza por realizar un diagnóstico de la situación de la digitalización de la producción a partir de la adopción de tecnologías maduras (por ejemplo, banda ancha, uso de Internet en las cadenas de aprovisionamiento y los canales de distribución) en procesos productivos. A continuación, se estudian los modelos de gestión de tecnologías digitales maduras. Una vez completados los análisis de asimilación de tecnologías maduras, se procede a analizar la adopción de tecnologías de avanzada (robótica, sensores, internet de las cosas, etc.).

En el contexto de asimilación de tecnologías digitales, se procede a identificar las brechas tecnológicas y de formación técnica y profesional de recursos humanos para la utilización de tecnologías avanzadas e Internet industrial. En particular, es importante identificar las deficiencias regionales en materia de formación de recursos humanos capacitados en el uso de tecnologías avanzadas.

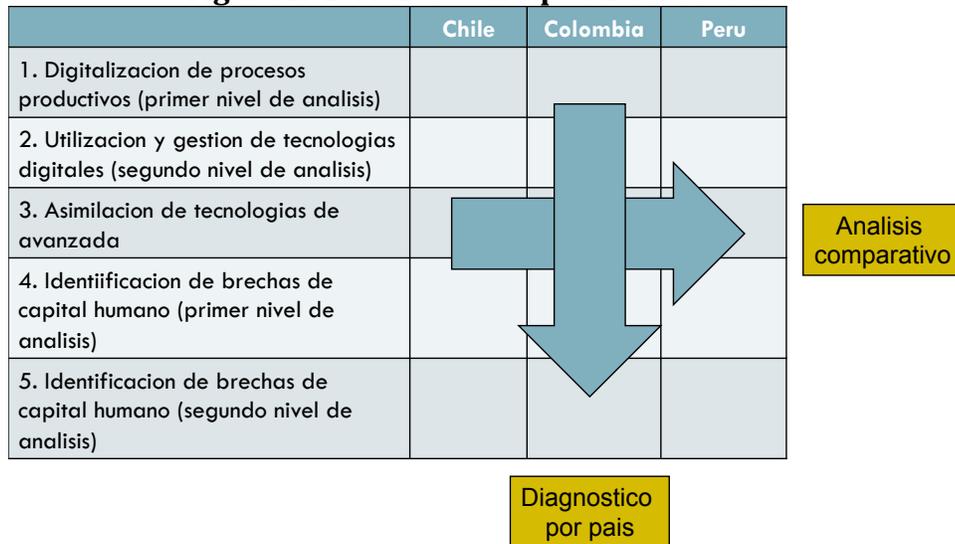
II. MARCO CONCEPTUAL

De acuerdo a los requerimientos del estudio, el análisis cuantitativo debe ser estructurado en cinco niveles:

- Adopción de tecnologías maduras en procesos productivos: esto incluye la medición de asimilación de tecnologías digitales tradicionales (internet, banda ancha, informática) en la cadena de valor de sectores industriales.
- Utilización y gestión de tecnologías maduras en el sector productivo: este nivel incluye el análisis del nivel de inversión, función de gestión de TIC, uso de internet, comercio electrónico, seguridad, etc.
- Asimilación de tecnologías de avanzada: este debe ser realizado a dos niveles. En primer lugar, la incorporación de robótica, sensores, IoT en procesos productivos. En segundo lugar, se estudia la transformación de cadenas productivas como resultado de la incorporación de tecnologías de avanzada.
- Identificación de brechas de capital humano: En este nivel, se analiza la disponibilidad de recursos humanos necesarios para asimilar y gestionar tecnologías digitales en procesos productivos (capacidad cuantitativa y cualitativa del sistema educativo).
- Identificación de brechas de capital humano: en este nivel, nos enfocaríamos en el análisis de programas de capacitación de recursos humanos en tecnologías de avanzada (por ejemplo, carreras de robótica, graduados por año, etc.).

A partir de estos cinco niveles, el estudio debe ser pensado en dos dimensiones: la realización de un diagnóstico por país, y el análisis comparado de los tres países bajo consideración (ver figura II-1).

Figura II-1. Marco Conceptual del estudio



II.1. Adopción de tecnologías maduras en procesos productivos

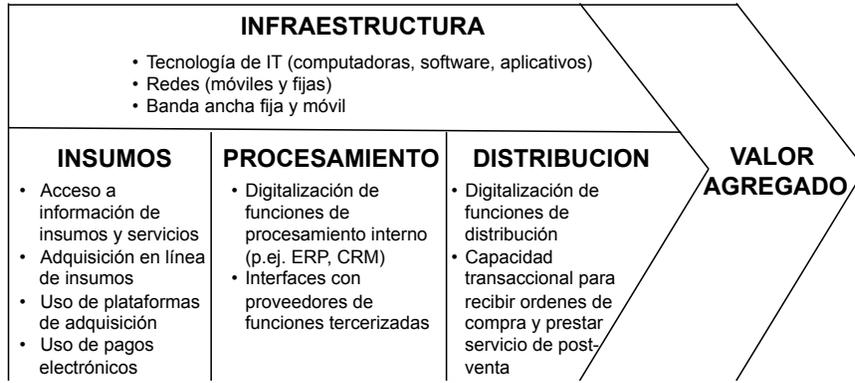
El análisis de la digitalización de procesos productivos (primer nivel) está basado en el estudio de la asimilación de tecnologías digitales por función. Para ello se definen tres procesos productivos básicos:

- **Cadena de aprovisionamiento (o Insumos):** Este conjunto de procesos incluye la adquisición de materias primas y componentes a partir de procesos de compra y gestión de cadenas de aprovisionamiento y logística. El grado de digitalización estudia la asimilación de plataformas y sistemas de transmisión de información para reducir los costos de transacción (en la compra, gestión de inventario, y logística).
- **Procesamiento:** este estadio incluye los procesos internos utilizados por sectores industriales dentro su propia cadena productiva para transformar los insumos en productos a ser ofrecidos en el mercado. En este caso, se estudia el nivel de automatización de procesos internos así también como la interacción con empresas que proveen servicios y/o componentes al proceso de transformación de la materia prima. La digitalización incluye la asimilación de plataformas *business to business*, así como la adopción de sistemas de planificación de producción interna como ERP.
- **Distribución y ventas:** esta etapa de la cadena de valor comprende la venta y entrega (incluyendo logística) de productos al mercado. La digitalización ejerce un impacto positivo resultando de la adopción de nuevas plataformas de señalización de precios (publicidad digital), costos de distribución, y logística (transporte, almacenamiento, etc.). El precio del producto a ser ofrecido en el

mercado puede incrementarse como resultado de una mejor señalización al mercado potencial. Los costos de distribución pueden reducirse como resultado de una optimización de canales de venta.

A estos tres procesos verticales, se debe agregar un proceso horizontal que incluye la adquisición de tecnología por la empresa. Estos pueden ser conceptualizados de acuerdo a una cadena de valor estilizada (ver figura II-2).

Figura II-2. Cadena de Valor para Analizar la Digitalización de Procesos Productivos



La diferenciación entre “infraestructura” (proceso horizontal) y los otros procesos verticales permite distinguir la adquisición de tecnología digital de su asimilación en el proceso productivo. En otras palabras, da una idea de la necesidad de acumular capital intangible para incorporar la tecnología adquirida en cada uno de los procesos productivos. Al mismo tiempo, el análisis de digitalización por proceso productivo (primer nivel) nos permite extraer conclusiones a partir del estudio comparado por sector industrial (ver figura II-3).

Figura II-3. Matriz de Análisis de Digitalización de Procesos Productivos

	Insumos	Procesamiento	Distribución
Agricultura, y ganadería	↓	↓	↓
Minería			
Industrias manufactureras			
Suministro de electricidad, gas y agua			
Construcción			
Comercio mayorista y minorista			
Hoteles y restaurantes			
Transporte y comunicaciones			
Intermediación financiera			
Actividades inmobiliarias			
Administración pública			
Enseñanza			
Servicios de salud	↓	↓	↓
Servicios sociales y personales			

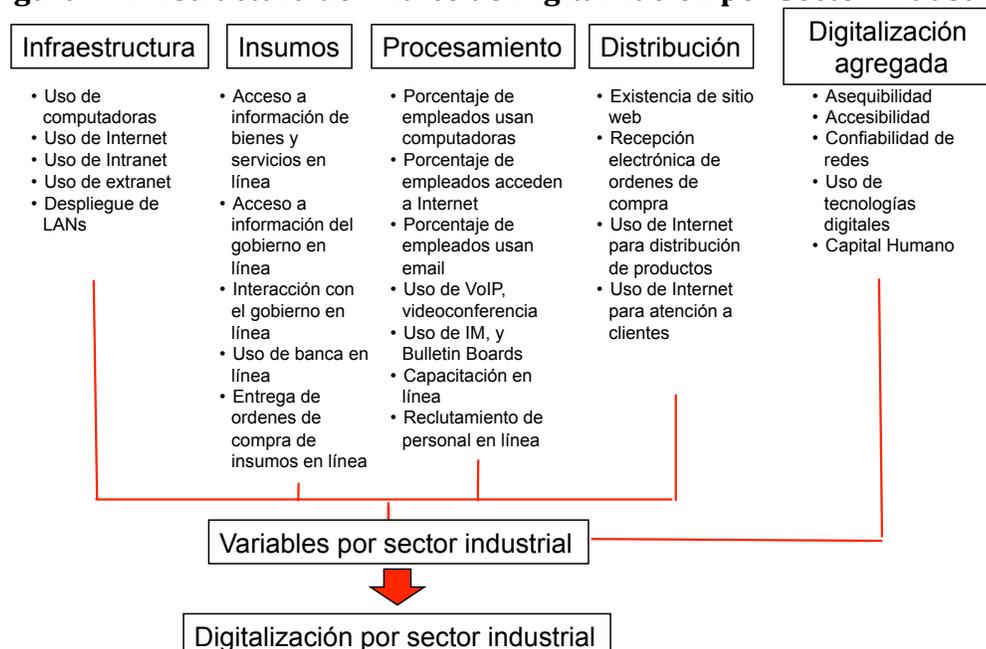
El análisis del primer nivel se basa en datos extraídos de encuestas industriales realizadas en los tres países (ver sección II.1). La cadena de valor permite organizar la información básica de encuestas industriales (ver cuadro II-1).

Cuadro II-1. Categorización de preguntas de encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas que utilizan computadoras • Proporción de empleados que utilizan habitualmente computadoras • Proporción de empresas que utilizan Internet • Proporción de empleados que habitualmente utilizan Internet • Proporción de empresas con Intranet • Proporción de empresas que acceden a Internet por banda angosta • Proporción de empresas que acceden a Internet por banda ancha fija • Proporción de empresas que acceden a Internet por banda ancha móvil • Proporción de empresas con red de área local • Proporción de empresas con extranet
Cadena de aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas que hacen pedidos por Internet • Proporción de empresas que utilizan Internet para obtener información sobre bienes y servicios • Proporción de empresas que utilizan internet para operaciones bancarias
Procesamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas que usan Internet para contratación de personal • Proporción de empresas que usan Internet para capacitación de personal
Ventas y distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas con presencia en la web • Proporción de empresas que reciben pedidos por internet • Proporción de empresas que utilizan internet para entrega de productos en línea • Proporción de empresas que utilizan Internet para prestar servicios al cliente

Una vez recopilada la información de los censos industriales por categoría, se calcula el índice de digitalización de procesos productivos por sector industrial y país (ver figura II-4).

Figura II-4. Estructura del Índice de Digitalización por Sector Industrial



El cálculo del índice de digitalización sectorial también requerirá la incorporación del índice de digitalización agregado y la interpolación de sectores no cubiertos.

II.2. Utilización y gestión de tecnologías maduras en el sector productivo

El segundo nivel de análisis expande el entendimiento de la digitalización de procesos productivos en dos áreas: provee información sobre modelos de gestión de tecnologías digitales maduras y expande el análisis de digitalización de procesos verticales. Preguntas adicionales de las encuestas industriales permiten responder con alguna información en estas dos áreas. Por ejemplo, en la primera área, las encuestas industriales incluyen los siguientes elementos (ver cuadro II-2).

Cuadro II-2. Categorización de preguntas de gestión de tecnologías en encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Gestión de TIC	<ul style="list-style-type: none"> Factores que limitaron o impidieron el uso de Internet Razones para no usar computador Razones para no usar dispositivos móviles
Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> Numero de bienes TIC suministrados por la empresa Uso de dispositivos móviles como PDA, tabletas o teléfonos inteligentes

En la segunda área, las encuestas industriales expanden la comprensión de los procesos verticales de la cadena de valor (ver cuadro II-3).

Cuadro II-3. Categorización de preguntas de encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> Uso de aplicaciones que requieren Internet Conexión fija o móvil a Internet
Cadena de aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> Uso de Internet para completar formularios en línea o enviar formularios completados Uso de redes sociales y/o alguno de los siguientes sitios de compra/venta para fines de la empresa? (Facebook, twitter,groupon, mercado libre, etc.) % de compras realizadas por Internet
Ventas y distribución	<ul style="list-style-type: none"> % de ventas realizadas por Internet Contenido del sitio web

Estos elementos permiten tener una visión más profunda de la adopción de tecnologías maduras en procesos productivos.

II.3. Uso de tecnologías de avanzada

La tercera dimensión incluye la esencia misma del concepto de Industria 4.0 tal como esta descrito en el cuadro II-4.

Cuadro II-4. Tecnologías y aplicaciones de Industria 4.0

	TECNOLOGIAS DIGITALES									
	Hibridación del mundo físico y digital			Comunicación y procesamiento de datos			Aplicaciones de Gestión			
	Sensores	Impresión 3D	Robótica	Ciberseguridad	Computación y nube	Banda Ancha	Plataformas	Big Data/analíticas	Aplicaciones (ERP, CRM)	Flujos financieros
Desarrollo colaborativo de productos y servicios				✓	✓	✓	✓			
Configuración de redes industriales de valor				✓	✓	✓	✓		✓	✓
Flexibilidad y eficiencia de los medios productivos			✓					✓	✓	
Optimización de las cadenas logísticas			✓					✓	✓	
Transformación de la distribución	☒			✓		✓	✓	✓		✓

Las encuestas industriales proveen muy poca información en este nivel (ver cuadro II-5).

Cuadro II-5. Categorización de preguntas sobre tecnologías de avanzada en encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Cloud	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de aplicaciones en la nube
Plataformas	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de redes sociales y/o alguno de los siguientes sitios de compra/venta para fines de la empresa? (Facebook, twitter, groupon, mercado libre, etc)
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de aplicaciones de software (software libre, aplicaciones hechas a medida, software no libre, propietario o privativo)
Ciberseguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías de seguridad (firewall, antispam, antivirus) • Firma electrónica: su empresa cuenta con firma electrónica

Por lo tanto, este análisis deberá ser complementado con otras fuentes. Para completar este análisis se recurrirá a las siguientes fuentes:

- GSMA: Numero de SIM cards M2M: esta estadística esta disponible para todos los países, y será utilizada como “proxy” de Internet de las Cosas
- Estadísticas de Comercio exterior: se intentara desglosar la categoría de Equipamiento electrónico y de Oficina para identificar “Robótica”

Sin embargo, estas estadísticas no están provistas por sector económico.

Adicionalmente, se contactaran las Cámaras Industriales y de Comercio de los tres países y ciertos fabricantes (por ejemplo, Cisco Jaspers) para ver si se disponen de mejores datos. Finalmente, se prepara un cuestionario para ser presentado a los miembros de ASIET.

II.4. Identificación de brechas de capital humano (primer nivel)

Esta dimensión se enfoca en el análisis cuantitativo de la producción educativa de capital humano destinado a suplir la digitalización de procesos productivos. Para ello, se analiza la disponibilidad de recursos STEM a nivel agregado (capacidad cuantitativa y cualitativa del sistema educativo). La lista de habilidades requeridas será expandida para incluir todas aquellas mencionadas en el estudio de McKinsey (*A future that Works: automation, employment and productivity*). La misma puede ser analizada en base a información provista por encuestas educativas. A continuación, se incluyen ejemplos datos disponibles y su fuente correspondiente (ver cuadro II-6).

Cuadro II-6. Información para evaluar las brechas de capital humano

Descripción	Fuente
Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de 15 años o más)	Banco Mundial, UNESCO
Expectativa de años de educación (años)	Banco Mundial, UNESCO
Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	Banco Mundial, UNESCO
Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	Banco Mundial, UNESCO
Porcentaje de la población de 25 años o más, con educación secundaria completa o superior	UNESCO
Graduados de educación terciaria de los programas de Ingeniería, Ciencia y Construcción en el último año (cada 1.000.000 de habitantes)	UNESCO
Gasto público en educación, total (% del PIB)	Banco Mundial, UNESCO
Gasto por alumno, nivel secundario (% del PIB per cápita)	Banco Mundial, UNESCO
Resultado encuesta PISA en ciencias, lectura y matemática	INSEAD
Porcentaje de establecimientos educativos que cuentan con acceso a internet	UNESCO
Porcentaje de docentes calificados para enseñar conocimientos básicos de computación (o informática)	UNESCO
Ratio de alumnos por computadora	UNESCO
Patentes PCT otorgadas en el sector telecomunicaciones cada 1.000.000 de habitantes	WIPO
Patentes Europeas concedidas por país de residencia del solicitante mencionado en primer lugar cada 1.000.000 de habitantes	EPO
Patentes Europeas solicitadas por país de residencia del solicitante mencionado en primer lugar cada 1.000.000 de habitantes	EPO
Patentes USPTO concedidas por país de residencia del solicitante cada 1.000.000 de habitantes	USPTO
Aplicaciones a patentes USPTO por país de residencia del solicitante cada 1.000.000 de habitantes	USPTO
Aplicaciones a patentes PCT por país de residencia del solicitante cada 1.000.000 de habitantes	WIPO
Porcentaje de establecimientos educativos que cuentan con acceso a internet	UNESCO
Porcentaje de docentes calificados para enseñar conocimientos básicos de computación (o informática)	UNESCO
Ratio de alumnos por computadora	UNESCO

Finalmente, se intentara, dentro de lo posible, proporcionar una visión de la brecha de capital humano en lo que se refiere al género.

II.5. Identificación de brechas de capital humano (segundo nivel)

El análisis del segundo nivel de capital humano involucra la identificación de los programas de formación terciaria orientados a la capacitación en tecnologías de avanzada. Para ello, se realizara un censo para los tres países de carreras en las áreas de Inteligencia Artificial, Robótica, Control (sensores), redes de IoT, etc. Una vez identificadas, se mandara un cuestionario a cada programa requiriendo curriculum y numero de graduados por año.

DIAGNOSTICO SOBRE LA SITUACION DE ADOPCION DE TECNOLOGIAS AVANZADAS E IDENTIFICACION DE BRECHAS TECNOLOGICAS

III. METODOLOGÍA Y FUENTES INFORMATIVAS

III.1. Primer nivel de análisis: Digitalización de procesos productivos

Como referido en el capítulo II, el análisis de la digitalización de procesos productivos (primer nivel) está basado en el estudio de la asimilación de tecnologías digitales maduras por estadio de una cadena productiva estilizada. De acuerdo a este marco de análisis, el estudio del primer nivel se basa en datos extraídos de encuestas industriales realizadas en los tres países (las fuentes informativas son detalladas abajo). La cadena de valor permite analizar las respuestas a una serie de preguntas hechas en dichas encuestas¹.

Una vez recopilada la información de las encuestas industriales por categoría, se calcula el índice de digitalización por estadio de la cadena de valor por sector industrial y país. La metodología de cálculo del índice de digitalización está descrita en la figura II-4 del capítulo II.

En ciertos casos, las encuestas industriales expanden la comprensión de los procesos verticales de la cadena de valor mediante preguntas específicas (ver cuadro III-1).

Cuadro III-1. Categorización de preguntas de encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none">• Uso de aplicaciones que requieren Internet• Conexión fija o móvil a Internet
Cadena de aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none">• Uso de Internet para completar formularios en línea o enviar formularios completados• % de compras realizadas por Internet
Ventas y distribución	<ul style="list-style-type: none">• % de ventas realizadas por Internet• Contenido del sitio web

Estas preguntas permiten tener una visión más profunda de la adopción de tecnologías maduras en procesos productivos, y calibrar los índices de digitalización de cada estadio de la cadena de valor.

III.2. Segundo nivel de análisis: gestión de tecnologías maduras en el sector productivo

Este nivel de análisis es importante en la medida de que puede ayudar a explicar la razón por la cual no se registra un índice de digitalización de procesos productivos

¹ La mayor parte de estas preguntas han sido recomendadas por UNCTAD en su *Manual para la producción de estadísticas sobre la economía de la información* (e.d revisada 2009).

elevado en el primer nivel de análisis. En estudios anteriores², el autor presentó una explicación sobre las limitaciones existentes en América Latina en lo que se refiere a la baja acumulación de capital intangible, definida esta como la baja capacitación de empleados para operar en el nuevo entorno digitalizado, la ausencia de cambios en procesos productivos para asimilar la tecnología, y la falta de reestructuración organizativa. Todos estos factores actúan como limitantes en la asimilación de tecnologías en los estadios verticales de la cadena de valor (insumos, procesamiento y distribución).

Asimismo, en un estudio previo, el autor determinó que la falta de acumulación de capital intangible se debía a problemas en la gestión de tecnologías digitales. El autor midió en base a encuestas en 170 establecimientos de América Latina, la importancia de once factores que pueden actuar como limitantes o barreras a la asimilación de tecnologías digitales en empresas latinoamericanas:

- No es una prioridad de la alta gerencia
- Falta de mano de obra calificada
- Resistencia organizacional al cambio
- La transformación digital no es parte de la estrategia de la empresa
- Los beneficios de la asimilación de tecnologías digitales no han sido claramente explicitados
- Existen barreras de tipo regulatorio
- Las responsabilidades para implementar la transformación no han sido claramente asignadas dentro de la organización
- Falta de coordinación entre funciones para abordar la transformación digital
- La función de tecnologías de información carece de una visión estratégica
- La infraestructura de tecnologías de información no está preparada para encarar la transformación
- Los riesgos de implementación son muy altos

Las encuestas industriales de los institutos nacionales de estadística proveen alguna información para cuantificar (o inferir) la importancia de los factores mencionados arriba. Si bien las preguntas de las encuestas no son exactamente claras en términos de su aplicabilidad al factor medido, es posible inferir de su respuesta una posible direccionalidad. Por ejemplo, de la importancia que se da a Internet para adquirir insumos y distribuir productos, es posible inferir el grado de prioridad que asigna la alta gerencia a las tecnologías digitales. El cuadro 3 presenta ejemplos de preguntas de las encuestas industriales que permiten dimensionar barreras en la gestión de tecnologías digitales.

² Ver Katz, R. y Callorda, F. (2016). *Iniciativas empresariales y políticas públicas para acelerar el desarrollo de un ecosistema digital iberoamericano*. Informe al Consejo Iberoamericano de la Productividad y la Competitividad. Septiembre; Katz, R. (2015b). *La economía y el ecosistema digital en América Latina*. Madrid: Editorial Ariel; Katz, R. (2016). *Latin America 4.0: the digital transformation in the value chain*. Miami: GA Digital Transformation Center.

Cuadro III-2. Gestión de tecnologías maduras: categorización de información (*)

	Chile	Perú
No es una prioridad de la alta gerencia		Uso de Internet y redes sociales para promocionar y distribuir productos y servicios
Falta de mano de obra calificada	Los trabajadores no están calificados para utilizar la última tecnología disponible	Empresas que no han capacitado al personal en el uso de TIC
Resistencia al cambio		
La transformación digital no es parte de la estrategia de la empresa	No se sabe cuál es la última tecnología disponible	Empresas que han implementado sistemas de gestión que van más allá de aplicaciones contables y tributarias
Los beneficios de la asimilación de tecnologías digitales no han sido claramente explicitados		Inversiones para una mejora en los procesos productivos u operacionales
Existen barreras de tipo regulatorio		
Las responsabilidades para implementar la transformación no han sido claramente asignadas		Empresa cuenta con una unidad que ejecute proyectos de innovación, mejoras tecnológicas o el desarrollo de nuevos productos
Falta de coordinación entre funciones para abordar la transformación digital		
La función de tecnologías de información carece de una visión estratégica		
La infraestructura de tecnologías de información no está preparada		Porcentaje de empleados que usan Internet y computación de manera regular
Los riesgos de implementación son muy altos	La última tecnología disponible es muy costosa /no es rentable	

(*) Las celdas no llenadas significan que no se ha encontrado una pregunta aplicable a la barrera en las encuestas industriales.

III.3. Tercer nivel de análisis: Uso de tecnologías de avanzada

Las siguientes tecnologías son consideradas como de avanzada, y por lo tanto se diferencian de las maduras estudiadas en el primer nivel:

- **Sensores/M2M/Internet de las cosas o “Internet of Things”:** El Internet de las Cosas define plataformas que vinculan un sinnúmero de sensores y dispositivos para generar una visión completa del comportamiento de una organización o sistema. Las aplicaciones más comunes de IoT incluyen la agricultura de precisión (que permite controlar riego, fertilizantes y determinar tiempos de cosecha), ciudades inteligentes (que permiten racionalizar el tráfico vehicular o controlar el uso de electricidad en lugares públicos), y las aplicaciones de telemedicina (que permiten monitorear la salud de pacientes en hospitales). La adopción de Internet of Things está directamente asociada a aplicaciones verticales. Si bien IoT es diferente de aplicaciones machine to machine (M2M), ambas plataformas tienen elementos comunes. Las

aplicaciones M2M están generalmente asociadas a soluciones puntuales vinculando terminales similares (por ejemplo, termostatos conectados mediante una red Wi-Fi, un sensor de flujo en una refinería, un sistema de localización de vehículos, aplicaciones de domótica, o sistemas de monitoreo telemétrico en hospitales). En contraposición, el Internet de las Cosas (IoT) es una plataforma que interconecta dispositivos M2M discretos para proveer una visión integral de ciertos fenómenos. Desde ese punto de vista, es viable considerar la adopción de dispositivos M2M como un componente de base de IoT. Si bien no todos los dispositivos M2M están integrados en una red IoT, sin M2M no es posible construir una plataforma IoT.

- **Robótica:** aplicación de tecnología digital para desempeñar tareas manuales repetitivas, como las requeridas en las líneas de montaje automovilístico, cosecha, exploración de entornos peligrosos, etc.
- **Impresoras 3D:** creación de objetos mediante la impresión sucesiva de capas de material adhesivo (como polímeros). Si bien esta tecnología puede ser aplicada en numerosas industrias, su utilización es común en el diseño de productos (medicinales como prótesis, maquetas en arquitectura, diseños textiles), y desarrollo de repuestos (en industrias de electrónica de consumo, y productos industriales).
- **Computación en la nube:** esta es definida como una arquitectura de sistemas informáticos donde una red de servidores remotos conectados mediante Internet (la “nube”) cumple las funciones de almacenamiento, gestión y procesamiento de datos. Esta configuración permite la compartición de infraestructura de almacenamiento, y el acceso compartido a recursos técnicos y datos. Entre las aplicaciones más comunes se pueden mencionar webmail, almacenamiento de datos, o el uso de programas residentes remotamente en lugar de un recurso local dedicado. El mercado de computación en la nube está segmentado entre software como servicio (Software as a service - SaaS), servicio de infraestructura (Infrastructure as a service - IaaS), procesos de negocio tercerizados (Business Process as a service - BPaaS), y aplicativos como servicio (Platforms as a service - PaaS). Los beneficios más importantes de la computación en la nube son la reducción de costos, la confiabilidad, y la escalabilidad de utilización. Por otro lado, la nube es extremadamente dependiente de un acceso de banda ancha confiable y de alta velocidad.
- **Big data/análíticas** incluye procesos, y sistemas que permiten el examen de grandes volúmenes de datos para identificar patrones de interrelación entre datos como correlaciones, tendencias en mercados, preferencias y comportamiento de consumidores para que la empresa u organización gubernamental desempeñe sus funciones de manera más eficiente. Las aplicaciones cubren investigación de epidemiología y cambio climático (por el

lado público) y el mercadeo y diseño de procesos de negocio (por el lado privado).

- **Inteligencia artificial/machine learning:** los términos inteligencia artificial y machine learning no son equivalentes. Machine learning es un tipo de aplicación de inteligencia artificial que consiste en desarrollar programas que permiten a una computadora aprender una rutina sin necesariamente ser programada. De esta manera, el programa de machine learning se transforma una vez que comienza a procesar información. Las aplicaciones más comunes de machine learning son la auto-conducción de vehículos, las recomendaciones de productos ofrecidas por Amazon y Netflix, la detección de fraude en la utilización de tarjetas de crédito, y el cálculo de calidad crediticia de un consumidor.

Las tecnologías de avanzada descritas arriba no son adoptadas de manera aislada sino que para facilitar el concepto de Industria 4.0, las mismas son integradas con las tecnologías maduras. Así, el concepto de Industria 4.0 representa el ensamblaje de tecnología madura y de avanzada para responder a nuevos requerimientos en la configuración y dinámica de las cadenas de valor para producir eficiencias y nuevas capacidades de desarrollo de producto (y por ende de incremento de voluntad de pago):

- Desarrollo colaborativo de productos y servicios entre firmas diferenciadas;
- Optimización de la configuración de cadenas industriales para reducir costos de transacción interfuncionales;
- Reducción de los tamaños de series y tiempos de respuesta para permitir una personalización del producto;
- Optimización de las cadenas logísticas para reducir los tiempos de respuesta en aprovisionamiento;
- Trazabilidad multidimensional extremo a extremo para aumentar la capacidad de monitoreo y gestión de la cadena productiva;
- Flexibilidad y eficiencia de los medios productivos;
- Optimización de las cadenas logísticas; y
- Transformación de la distribución para optimizar la llegada al mercado (mejor señalización, mejores precios, mejor cobertura de segmentos).

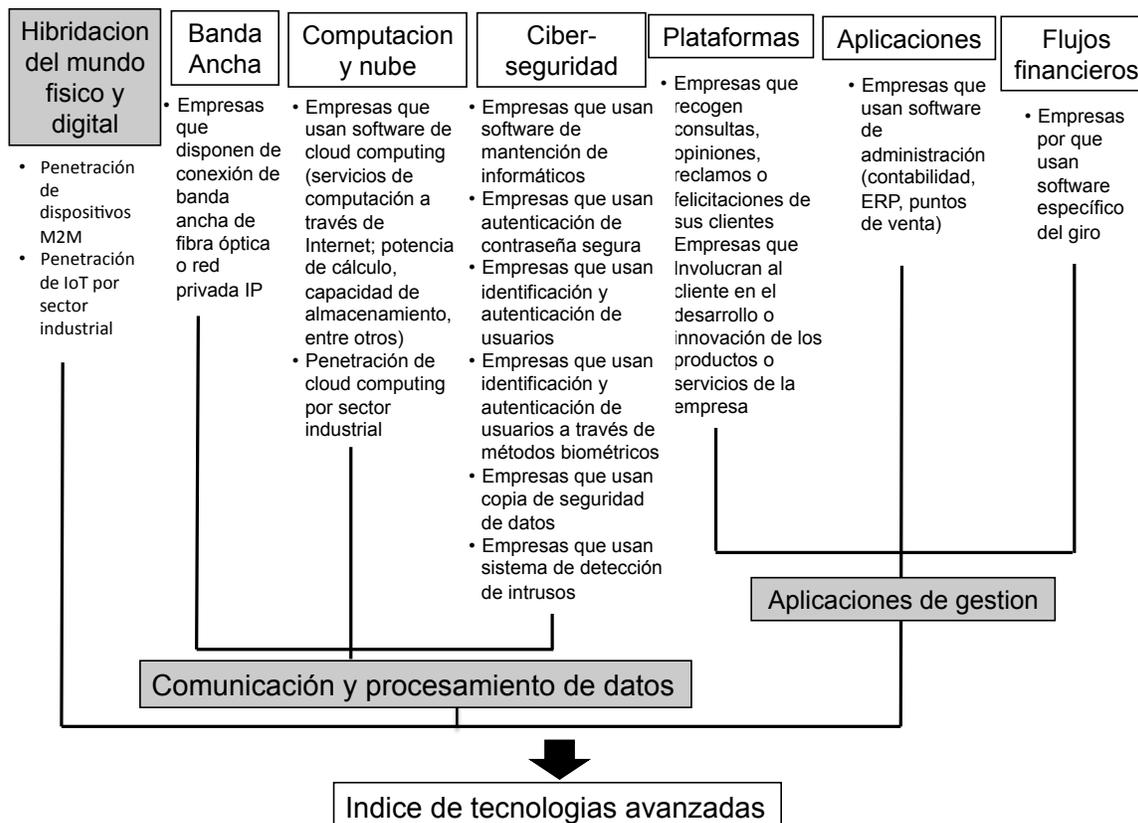
En este marco de análisis, el estudio del tercer nivel se basa en datos extraídos de encuestas industriales o fuentes independientes en cada uno de los tres países considerados (ver cuadro III-3).

Cuadro III-3. Tecnologías de Avanzada: Categorización de datos disponibles

Aplicaciones		Información
Hibridación del mundo físico y digital	Sensores/M2M /IoT	<ul style="list-style-type: none"> • Penetración de dispositivos M2M (sensores por 1,000,000 habitantes) • Penetración de IoT por sector industrial (porción de ingresos IoT de operador por sector industrial)
Comunicación y procesamiento de datos	Banda Ancha	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que disponen de conexión de banda ancha de fibra óptica o red privada IP
	Computación y nube	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que usan software de cloud computing (servicios de computación a través de Internet; potencia de cálculo, capacidad de almacenamiento, entre otros) • Penetración de cloud computing por sector industrial (porción de ingresos cloud por sector industrial de operador de telecomunicaciones)
	Ciberseguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que usan software de mantención de informáticos (antivirus, firewall, sistemas de encriptación, entre otros) • Proporción de empresa por sector industrial que usan autenticación de contraseña segura • Proporción de empresas por sector industrial que usan identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico (tarjetas, USB, entre otros) • Proporción de empresas por sector industrial que usan identificación y autenticación de usuarios a través de métodos biométricos (huella digital) • Proporción de empresas por sector industrial que usan copia de seguridad de datos (Disco duro externo, cloud computing) • Proporción de empresas por sector industrial que usan sistema de detección de intrusos (incluye spam)
Aplicaciones de gestión	Plataformas	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que recogen consultas, opiniones, reclamos o felicitaciones de sus clientes • Proporción de empresas por sector industrial que involucran al cliente en el desarrollo o innovación de los productos o servicios de la empresa
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que usan software de administración (contabilidad, ERP, puntos de venta)
	Flujos financieros	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de empresas por sector industrial que usan software específico del giro (sistema de reservas, control de procesos, trazabilidad, entre otros)

Una vez recopilada la información de las encuestas industriales por categoría, se calcula el índice de tecnologías de avanzada por sector industrial y país. La metodología de análisis está descrita en la figura III-1.

Figura III-1. Estructura del Índice de Tecnologías Avanzadas por Sector Industrial



Fuente: Autor

Habiendo definido las metodologías para medir el desarrollo de los primeros tres niveles, se pasa a detallar las fuentes informativas.

III.4. Fuentes informativas

Los análisis de digitalización de procesos productivos (primer nivel) y Gestión de Tecnologías Digitales (segundo nivel) han sido realizados a partir de las encuestas industriales nacionales (ver cuadro III-4):

Cuadro III-4. Encuestas Industriales Nacionales

	Encuesta	Organismo	Dimensión de la muestra	Año (s)
Chile	Tercera y Cuarta Encuestas Longitudinales de Empresas	Instituto Nacional de Estadística	7,267 establecimientos (2013) 8,084 establecimientos (2014)	2013-14
Colombia	Indicadores básicos de TIC en empresas	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	22,050 establecimientos (2014) 23,853 establecimientos (2015)	2014-15
Perú	Encuesta Económica Anual	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)	13,230 establecimientos	2015

Fuente: Autor

Hasta el momento, como se menciona arriba, las encuestas industriales proveen muy poca información respecto del uso de tecnologías de avanzada. Por ejemplo, ciertas preguntas proveen una visión tangencial del uso de las mismas en las encuestas industriales de Chile y Perú (ver cuadro III-5).

Cuadro III-5. Tecnologías de Avanzada: Categorización de datos disponibles

Aplicaciones		Información	Chile	Colombia	Perú
Hibridación del mundo físico y digital	Sensores/M2M/IoT	• Penetración de dispositivos M2M (sensores por 1,000,000 habitantes)	✓	✓	✓
		• Penetración de IoT por sector industrial (porción de ingresos IoT de operador por sector industrial)		✓	✓
Comunicación y procesamiento de datos	Banda Ancha	• Proporción de empresas por sector industrial que disponen de conexión de banda ancha de fibra óptica o red privada IP	✓		✓
	Computación y nube	• Proporción de empresas por sector industrial que usan software de cloud computing (servicios de computación a través de Internet; potencia de cálculo, capacidad de almacenamiento, entre otros)	✓		✓
		• Penetración de cloud computing por sector industrial (porción de ingresos cloud de operador por sector industrial)			✓
	Ciberseguridad	• Proporción de empresas por sector industrial que usan software de mantención de informáticos (antivirus, firewall, sistemas de encriptación, entre otros)	✓		✓
		• Proporción de empresa por sector industrial que usan autenticación de contraseña segura	✓		✓
		• Proporción de empresas por sector industrial que usan identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico (tarjetas, USB, entre otros)	✓		✓
		• Proporción de empresas por sector industrial que usan identificación y autenticación de usuarios a través de métodos biométricos (huella digital)	✓		
		• Proporción de empresas por sector industrial que usan copia de seguridad de datos (Disco duro externo, cloud computing)	✓		✓
		• Proporción de empresas por sector industrial que usan sistema de detección de intrusos (incluye spam)	✓		✓
	Aplicaciones de gestión	Plataformas	• Proporción de empresas por sector industrial que recogen consultas, opiniones, reclamos o felicitaciones de sus clientes	✓	
• Proporción de empresas por sector industrial que involucran al cliente en el desarrollo o innovación de los productos o servicios de la empresa			✓		
Aplicaciones		• Proporción de empresas por sector industrial que usan software de administración (contabilidad, ERP, puntos de venta)	✓		✓
Flujos financieros		• Proporción de empresas por sector industrial que usan software específico del giro (sistema de reservas, control de procesos, trazabilidad, entre otros)	✓		✓

Fuente: Autor

En el caso colombiano, la Gran Encuesta TIC (realizada por el Ministerio TIC, a ser completada en junio del 2017, contiene una pregunta sobre el uso de tecnologías de avanzada (uso de data analytics, inteligencia artificial, sensores, etc.) para una muestra de 3,008 establecimientos. Sin embargo, esta información no es disponible al momento de elaboración de este estudio. Por lo tanto, el siguiente análisis fue basado en otras fuentes:

- GSMA: Número de SIM cards M2M: esta estadística está disponible para los tres países, y será utilizada como “proxy” de Internet de las Cosas
- Estadísticas de Comercio exterior: se intenta desglosar la categoría de Equipamiento electrónico y de Oficina para identificar “Robótica”
- Encuestas y estudios ocasionales realizados por Cámaras Industriales y de Comercio de los tres países y ciertos fabricantes de equipamiento
- Información de operadores de telecomunicaciones que proveen una visión sectorial

IV. CHILE

El siguiente análisis comienza por identificar los sectores económicos y cadenas productivas consideradas como estratégicas en los planes nacionales de desarrollo de Chile. El objetivo es resaltar en el análisis de digitalización si los sectores estratégicos revelan algún tipo de priorización. Si ello no fuera así, se podría concluir que la baja digitalización limita la posibilidad de desarrollo de un sector estratégico.

Una vez definidos los sectores y/o cadenas productivas estratégicas, se analiza el nivel de digitalización de procesos productivos. En este análisis se incluyen no sólo los sectores estratégicos sino también aquellos que no lo son. Aquí corresponde hacer mención que, en algunos casos, el sector considerado como estratégico no necesariamente es medido en las encuestas industriales. Por ejemplo, si turismo sustentable es un sector identificado como estratégico para Chile, el sector que es analizado en términos de la digitalización es hoteles y restaurantes, una categorización mucho más amplia.

El análisis de digitalización en base a tecnologías maduras ha sido hecho para las encuestas industriales del 2013 y el 2014. Si bien las conclusiones principales son generadas en base a la última encuesta, una breve referencia al 2013 permite determinar si se están produciendo avances significativos de año a año. El análisis de gestión (segundo nivel) es realizado en base a la encuesta del 2014. Finalmente, la tercera sección presenta el análisis de tecnologías de avanzada.

IV.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Chile

La CORFO (Corporación de Fomento a la Producción) ha definido siete sectores estratégicos para el desarrollo económico de Chile:

- Minería

- Turismo sustentable
- Agroalimentos
- Construcción
- Economía creativa
- Pesca y acuicultura

Estos están apoyados por cinco plataformas habilitantes que también podrían ser caracterizadas como estratégicas:

- Logística
- Industria solar
- Industrias inteligentes
- Tecnologías y servicios de salud
- Manufactura avanzada

Hipotéticamente, entre las estrategias para estos sectores que contienen implicancias de digitalización se cuentan las siguientes:

Cuadro IV-1 . CORFO: Estrategias de sectores clave con implicancias de digitalización

Sector	Estrategias con implicancias de digitalización
Agroalimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo e innovación en equipamientos y servicios para cadenas alimentarias que propician la promoción de la eficiencia en los procesos, aumento de la productividad y la sustentabilidad ambiental • Desarrollar sistemas de sensores para recolectar información de los cultivos, que permitan el monitoreo de sus variables clave y optimizar su producción con altos estándares de calidad
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de herramientas y soluciones TIC que complementen y apoyen los procesos de cálculo de obras de construcción, que complementen la oferta existente, aplicaciones para dimensionar pérdidas de carga, eficiencia energética, deficiencia hídrica, etc. • Desarrollo de aplicaciones ERNC en edificaciones que faciliten el ahorro en la etapa de operación del inmueble
Acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de soluciones tecnológicas relativas a trazabilidad e incorporación de sistemas de monitoreo en tiempo real
Minería	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones para mantenimiento predictivo • Sistemas de gestión de los activos

IV.2. Digitalización de procesos productivos en Chile

Como se anticipó arriba, el análisis de adopción de tecnologías maduras a lo largo de los procesos productivos conceptualizados en la cadena de valor se basa en las estadísticas de las Tercera (2013) y Cuarta (2014) Encuestas Longitudinales del Instituto Nacional de Estadística (ver cuadro IV-2).

Cuadro VI-2. Chile: Muestras comparadas de encuestas

	Tercera Encuesta Longitudinal	Universo 2013	Cuarta Encuesta Longitudinal	Universo 2014
	2013		2014	
Micro (<10)	551	135,455	512	146,215
Pequeña (11-50)	1,585	137,328	1,740	147,184
Mediana (51-100)	1,109	20,343	1,302	21,567
Grande (>100)	4,022	9,714	4,530	10,368
Total	7,267	302,840	8,084	325,334

Nota: En la Encuesta del 2014 se considera Microempresa a aquellas con ventas anuales de entre 800 y 2.400 UF; Pequeña a aquellas con ventas anuales entre 2.400 y 25.000 UF, Medianas a aquellas con ventas anuales entre 25.000 y 100.000 UF; Grande a aquellas con ventas anuales superiores a 100.000 UF. La unidad de fomento (UF) es una unidad de cuenta usada en Chile, reajutable de acuerdo con la inflación.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Para comenzar se presentan las estadísticas agregadas (es decir, sin diferenciar por sector económico) para el 2013 y el 2014. Para permitir la comparabilidad inter anual y con los resultados de otros países, las respuestas de ambas encuestas debieron ser multiplicadas por el factor de expansión para establecer su representatividad con respecto a la totalidad del universo. Con ello, se pueden comparar los totales de ambos años para determinar el ritmo con el cual está creciendo la digitalización de procesos productivos por sector en Chile (ver cuadro VI-3).

Cuadro IV-3. Chile: Adopción de TIC maduras (en porcentaje) (2013 vs. 2014)

	2013 Totales	2014 Totales	CAGR
Porcentaje de empresas que usan computadoras	78.62	81.53	3.7%
Porcentaje de empresas que usan Internet	75.95	85.87	13.1%
Porcentaje de empresas con página web	25.90	49.57	91.4%
Porcentaje de empleados que usan computadoras regularmente	65.54	---	---
Porcentaje de empleados que acceden a Internet regularmente	71.53	---	---
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	71.78	84.03	17.1%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	41.57	52.97	27.4%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información de organizaciones gubernamentales	26.01	36.64	40.9%
Porcentaje de empresas que usan Internet para banca electrónica	48.61	58.40	20.1%
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con organizaciones gubernamentales	35.29	45.53	29.0%
Porcentaje de empresas que usan Internet para proveer servicios a clientes	46.43	---	---
Porcentaje de empresas que usan Internet para entregar productos en línea	0.29	6.79	2241.4%
Porcentaje de empresas que reciben órdenes de compra por Internet	10.42	13.35	28.1%
Porcentaje de empresas que emiten órdenes de compra de bienes y servicios por Internet	20.00	31.24	56.2%
Porcentaje de empresas que usan Internet para Contratación interna o externa	---	9.21	---
% Ventas Totales por comercio electrónico	---	6.38	---
% Compras Totales por comercio electrónico	---	13.06	---

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Tercera (2013) y Cuarta (2014) Encuestas Longitudinales; análisis del autor

Como puede observarse, la adopción de tecnologías digitales maduras en el 2014 ha aumentado de manera significativa, sobre todo en lo que respecta al porcentaje de empresas con página web, y la utilización de Internet para obtener información e interactuar con agentes externos.

Habiendo comparado las estadísticas para ambos años, se pasa a desagregar los resultados por sector económico. Esto requirió homogenizar las series por sector industrial para establecer cierto grado de comparabilidad (ver cuadro IV-4).

Cuadro IV-4. Chile: Adopción de tecnologías digitales maduras (%) (2013)

	Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	Pesca	Explotación de Minas y Canteras	Industrias Manufactureras	Suministro de Electricidad, Gas y Agua	Construcción	Comercio	Hoteles y restaurantes	Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	Intermediación Financiera	Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	TOTAL
Porcentaje de empresas que usan computadoras	76.09	69.40	76.43	86.39	97.78	91.01	65.89	74.03	83.72	96.11	93.18	78.62
Porcentaje de empleados que usan computadoras regularmente	55.11	56.28	60.8	56.93	70.86	55.47	72.39	54.05	63.48	78.25	76.22	65.54
Porcentaje de empresas que usan Internet	71.20	66.55	67.89	86.43	95.56	89.23	63.92	69.09	79.67	94.16	89.85	75.95
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	67.91	58.88	66.39	82.09	94.82	86.20	58.47	64.14	74.13	93.40	88.40	71.78
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	38.28	28.06	40.13	51.46	84.46	50.04	32.33	32.64	32.95	66.28	61.59	41.57
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información de organizaciones gubernamentales	23.05	24.65	27.06	32.16	75.90	34.75	19.06	21.06	17.38	61.47	40.13	26.01
Porcentaje de empresas que usan Internet para banca electrónica	45.09	28.01	37.11	57.10	80.28	59.79	39.70	35.45	40.81	77.19	69.04	46.61
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con organizaciones gubernamentales	32.56	30.31	33.53	38.15	75.86	47.32	25.95	27.07	30.98	65.34	52.31	35.29
Porcentaje de empresas que usan Internet para proveer servicios a clientes	34.73	29.05	36.19	58.59	81.04	58.69	38.72	34.79	39.58	75.41	64.36	46.43
Porcentaje de empresas que usan Internet para entregar productos en línea	0.00	0.06	0.00	0.11	0.73%	0.22	0.38	0.35	0.13	5.69	0.50	0.29
Porcentaje de empleados que acceden a Internet regularmente	61.46	73.51	65.72	58.41	73.34	59.54	81.02	61.76	71.14	81.64	78.53	71.53
Porcentaje de empresas	9.97	11.12	21.82	37.64	82.26	24.75	19.84	30.99	17.02	70.45	44.30	25.90

con sitio web												
Porcentaje de empresas que reciben órdenes de compra por Internet	3.98	2.04	4.66	15.50	17.42	10.56	11.49	7.25	6.17	15.79	14.19	10.42
Porcentaje de empresas que emiten órdenes de compra de bienes y servicios por Internet	14.74	7.04	13.04	26.99	48.35	32.00	16.29	11.34	11.73	36.53%	29.91	20.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Tercera Encuesta Longitudinal (2013); análisis del autor

De la misma manera, se procede a generar las estadísticas con el correspondiente factor de expansión para la Encuesta Longitudinal del 2014 (ver cuadro IV-5).

Cuadro IV-5. Chile: Adopción de tecnologías digitales maduras (%) (2014)

	Agricultura, Ganadería, Silvicultura y pesca	Explotación de Minas y Canteras	Industrias Manufactureras	Construcción	Comercio	Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	Hoteles y restaurantes	Información y comunicaciones	Intermediación Financiera	Suministro de Electricidad, Gas y Agua	Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	TOTAL
Porcentaje de empresas que usan computadoras	77.12	83.06	91.82	93.67	71.65	82.67	79.92	97.87	93.02	93.35	84.07	81.53
Porcentaje de empresas que usan Internet	84.25	82.51	94.19	98.39	75.40	88.69	86.46	98.57	96.51	97.92	92.96	85.87
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	79.42	80.85	93.87	97.41	73.31	87.31	82.75	98.43	95.25	97.23	92.25	84.03
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	52.89	47.26	65.06	66.23	46.90	36.26	43.57	74.61	73.16	73.27	59.89	52.97
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información de organizaciones gubernamentales	36.12	38.54	40.78	58.55	27.7	24.28	31.15	59.24	66.13	74.32	36.90	36.64
Porcentaje de empresas que usan Internet para banca electrónica	54.88	49.44	68.72	68.17	50.31	51.54	48.84	83.49	83.52	83.55	65.97	58.40
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con organizaciones gubernamentales	44.48	43.13	50.75	69.31	34.92	39.62	41.08	67.45	67.27	78.59	48.38	45.53
Porcentaje de empresas que usan Internet para proveer servicios a clientes	49.44	47.24	64.08	71.72	49.43	44.57	48.72	91.64	83.86	84.13	65.45	56.54
Porcentaje de empresas que usan Internet para entregar productos en línea	1.75	7.93	10.93	8.90	6.40	3.94	9.15	19.67	13.75	7.52	3.96	6.79
Porcentaje de empresas con sitio web	32.34	50.70	54.95	43.15	52.86	30.12	53.97	72.38	79.95	78.20	48.98	48.57
Porcentaje de empresas que reciben órdenes de compra por Internet	8.14	11.90	23.68	17.57 %	11.28	7.09	15.78	32.83	18.61	12.95	14.46	13.35
Porcentaje de empresas que emiten órdenes de compra de bienes y servicios por Internet	25.16	32.96	43.94	47.12	23.77	26.02	25.57	53.32	47.49	39.28	30.12	31.24

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal (2014); análisis del autor

Prosiguiendo con el análisis, a continuación se calcula el índice de digitalización de cada sector por estadio de la cadena productiva. Como se detalló en el capítulo III de metodología, este índice requirió una normalización por estadios productivos de la cadena de valor, la incorporación del índice de digitalización agregado y la interpolación de sectores no cubiertos. El cuadro IV-6 presenta el valor de los índices de acuerdo a la encuesta del 2013, mientras que el cuadro IV-7 presenta los valores para el 2014³.

Cuadro IV-6. Chile: Digitalización por Sector Industrial (2013) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Infraestructura	Insumos	Procesamiento	Distribución	Total
Agricultura, ganadería, Caza y Silvicultura	58.76	30.95	48.12	13.21	42.38
Pesca	54.23	22.85	50.34	11.53	39.96
Explotación de Minas y Canteras	57.57	29.52	50.82	17.93	43.34
Industrias manufactureras	68.94	45.36	50.49	32.72	51.68
Construcción	71.90	46.73	51.19	25.47	51.63
Comercio	51.78	29.23	57.34	19.47	43.74
Transporte, almacenamiento y comunicación	65.16	27.78	54.74	16.66	45.05
Alojamiento y restaurantes	57.09	25.50	47.16	21.78	42.48
Actividades Financieras	75.90	61.74	66.05	49.13	62.74
Suministro de Electricidad, Gas y Agua	77.12	72.16	61.61	55.34	65.42
Actividades empresariales	73.01	52.12	63.54	35.02	56.91
Otros servicios	68.96	41.75	57.02	32.76	52.28
Total	61.66	36.36	55.01	23.30	47.44

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal (2014); análisis del autor

Cuadro IV-7. Chile: Digitalización por Sector Industrial (2014) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Infraestructura	Insumos	Procesamiento	Distribución	Total
Agricultura, ganadería, Caza y Pesca	64.37	39.68	60.53	17.12	49.07
Explotación de Minas y Canteras	66.05	40.69	61.78	27.94	52.02
Industrias manufactureras	74.20	53.48	72.03	35.25	59.72
Construcción	76.61	58.51	74.79	27.78	60.27
Comercio	58.66	35.22	56.09	28.85	48.49
Transporte y almacenamiento	68.36	34.36	66.69	16.70	49.95
Alojamiento y restaurantes	66.37	35.93	63.85	32.55	52.47
Información y comunicaciones	76.36	65.62	76.34	50.23	66.84
Actividades financieras	75.73	63.67	74.19	51.24	65.69
Actividades profesionales	77.13	61.70	74.38	36.16	62.61
Suministro de electricidad, gas y agua	76.30	62.37	75.14	47.27	64.94
Actividades administrativas	70.62	45.75	70.80	30.27	56.22
Otros servicios	67.10	38.73	62.40	32.22	52.82
Total	66.78	42.99	54.41	28.27	53.22

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal (2014); análisis del autor

³ Los sectores industriales no son consistentes entre ambos años de las encuestas.

Las métricas de digitalización de los cuadros IV-6 y IV-7 deben ser analizadas tanto en lo que se refieren a los estadios de las cadenas productivas como en términos de la situación por sector industrial.

Avance relativo de la digitalización de infraestructura

El índice de digitalización de infraestructura ya en el 2013 (e incrementándose en el 2014) en todos los sectores analizados es extremadamente alto. El mismo es calculado en base a la adopción de las siguientes tecnologías: computación, Internet, Intranet, extranet, y redes LAN, es decir tecnologías maduras. En el 2014, la situación sectorial de infraestructura es relativamente homogénea en términos de un índice elevado. Aún los sectores de Comercio y Pesca están cercanos al punto de corte de índice elevado (65).

Avance relativo en la digitalización de la cadena de aprovisionamiento

La misma tendencia es registrada en el caso de la digitalización de insumos. En este caso, las métricas incluyen acceso en línea a información de bienes y servicios, acceso en línea a información del gobierno, interacción en línea con el gobierno (como por ejemplo, pagos de impuestos), entrega en línea de órdenes de compra de insumos, y uso de banca electrónica (para pagar suministros). Entre el 2013 y el 2014, la mayor parte de los sectores han incrementado su índice de digitalización. Probablemente, de manera más importante, varios sectores han alcanzado o se están acercando a un nivel avanzado de digitalización de la cadena de aprovisionamiento (Información y Comunicaciones, Actividades Financieras, Actividades Profesionales, y Suministro de Electricidad, Gas y Agua). Esta conclusión es particularmente importante. La teoría microeconómica establece que la posibilidad de comprar insumos a precios competitivos es un aspecto central de la eficiencia empresarial. Esta posibilidad depende de tres factores:

- El número de proveedores que la empresa puede contactar bajo condiciones eficientes (N);
- El número de proveedores contactados realmente (n); y
- La desviación (o diferencial) de precios en el mercado como proporción del precio promedio (d)

Asumiendo que los precios del insumo están distribuidos de manera uniforme, es posible calcular la “penalidad” (p) que afecta a la firma compradora del insumo en función del número de proveedores contactados⁴ (ver cuadro IV-8).

⁴ Esto es calculado de acuerdo a la formula $p = d(1-0.5^{1/n})$

Cuadro IV-8. Penalidad en el precio del insumo adquirido

Número de proveedores contactados	Penalidad
1	0.5 * d
2	0.29 * d
3	0.21 * d
4	0.16 * d
5	0.13 * d
10	0.07 * d

Fuente: Tyler and Jonscher (1982)

De acuerdo a la teoría microeconómica, cuantos más proveedores son contactados, mayor es la probabilidad de no tener que pagar un precio superior al más bajo⁵.

Volviendo a la situación chilena, se considera que cuanto más alta es la digitalización de los insumos, más bajos son los costos de aprovisionamiento. Considerando que la digitalización de este estadio de la cadena de valor es relativamente alta en Chile, se puede concluir que la eficiencia lo es también. Un punto a remarcar, sin embargo, es la diferencia que existe entre agricultura, minería, comercio, transporte y almacenamiento, y alojamiento y restaurantes y el resto de los sectores. La diferencia podría indicar que una proporción importante de los sectores estratégicos (por ejemplo, minería, y turismo) todavía están siendo afectados por ineficiencias en la cadena de aprovisionamiento. Retomando los valores originales de la encuesta, solamente 31.24% de establecimientos manufactureros censado hacen pedidos por Internet. Esta estadística es aún menor si se considera tan solo los pequeños y medianos establecimientos solamente.

Rezago relativo del estadio de procesamiento

El estadio de procesamiento de la cadena de valor asume, como es de esperar, características diferentes acorde con el sector industrial considerado. En industrias manufactureras, el mismo incluye, al más alto nivel de análisis, la gestión de procesos de fabricación. La digitalización de este estadio mide el grado de integración interno y externo (mediante tercerización) de procesos mediante la adopción de aplicaciones como Enterprise Resource Planning (ERP) y el acceso de información a funciones como contabilidad, gestión de inventario, logística y producción. En otras industrias del sector servicios, la etapa de procesamiento incluye la gestión de procesos operacionales que involucran la gestión de un producto intangible (el servicio) pero que requieren también de un insumo informacional importante.

En este caso, medimos la digitalización de procesamiento a partir de las siguientes métricas:

⁵ Esta es la base de los efectos de red indirectos de las plataformas de Internet como Amazon.

- Porcentaje de empleados que usan computadoras
- Porcentaje de empleados que acceden a Internet
- Porcentaje de empleados que usan correo electrónico
- Porcentaje de establecimientos que usan VoIP y videoconferencia
- Porcentaje de establecimientos que realizan la capacitación en línea
- Reclutamiento de personal en línea

Esta es un área donde consideramos que las métricas no son totalmente adecuadas para medir un fenómeno mucho más complejo. Sin embargo, consideramos que los resultados proveen una perspectiva inicial de lo que ocurre en este estadio de la cadena. Cuatro sectores muestran una digitalización del procesamiento menor que el resto del aparato productivo: agricultura y pesca, minería, comercio, y hoteles y restaurantes. Dos ellos han sido definidos como sectores estratégicos (se considera el sector de hoteles y restaurantes como relacionado con el de turismo pese a que no incluye hoteles).

El rezago relativo de estos sectores pone de manifiesto uno de los aspectos más problemáticos de la digitalización de la producción en América Latina: la adopción de tecnologías digitales no se condice con su asimilación en los procesos productivos. Si se observa el índice de digitalización comparado entre el estadio de infraestructura y el de procesamiento para los cuatro sectores mencionados arriba, existe una cierta diferencia (ver cuadro IV-9).

Cuadro IV-9. Índice de digitalización comparado

Sector	Infraestructura	Procesamiento
Agricultura, ganadería, caza y pesca	64.37	60.53
Minería	66.05	61.78
Comercio	58.66	56.09
Hoteles y restaurantes	66.37	63.85

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal (2014); análisis del autor

Rezago relativo del estadio de distribución

El análisis de la digitalización de la cadena de distribución esta aún más rezagada respecto de la etapa de procesamiento. Como su nombre lo indica, este estadio cubre todas las funciones de interacción con el mercado, principalmente la venta y la provisión de servicio post-venta. La digitalización de la distribución es medida por indicadores más precisos que en el caso del procesamiento:

- Existencia de sitio web
- Recepción electrónica de órdenes de compra
- Uso de Internet para distribución de productos
- Uso de Internet para atención a clientes

El índice de digitalización de la distribución por sector industrial confirma la conclusión presentada para el estadio de procesamiento. Dos sectores industriales se encuentran en estadio intermedio de desarrollo de digitalización:

- Información y comunicación
- Actividades financieras

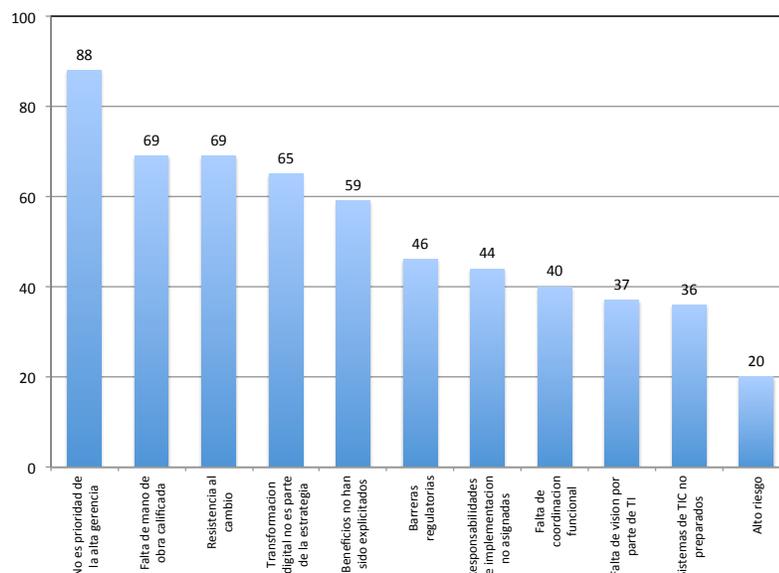
El rezago sistemático de la digitalización del estadio de distribución está confirmado por el volumen de transacciones de comercio electrónico en Chile. En el 2015, tan solo 2.40% del comercio minorista chileno estaba siendo transado mediante canales electrónicos (Euromonitor, 2016).

El rezago en la digitalización de la cadena de distribución tiene un impacto negativo en la eficiencia de empresas. De manera similar al caso de la cadena de aprovisionamiento, los canales electrónicos representan una oportunidad de aumentar la cobertura de mercados, la maximización de precios (sobre todo en bienes exportables), y la reducción de inventario de productos de viabilidad temporal limitada.

IV.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Chile

En un estudio del autor completado en el 2015⁶, se pudo medir en base a 170 encuestas de establecimientos en América Latina, cuáles eran las barreras más importantes a la asimilación de tecnologías digitales en procesos productivos (ver gráfico IV-1).

Gráfico IV-1. América Latina: Barreras a la Asimilación de tecnologías Digitales en Procesos Productivos (2015)



Fuente: Katz (2015)

⁶ Katz, R. (2016). *Latin America 4.0: the digital transformation in the value chain*. Miami: GA Digital Transformation Center.

Como puede observarse, las barreras más importantes a la asimilación de tecnologías digitales son:

- Falta de prioridad de la alta gerencia
- Falta de mano de obra calificada
- Resistencia al cambio
- Transformación digital no es parte de la estrategia
- Falta de cuantificación de beneficios de la transformación digital

La Encuesta Longitudinal de Empresas chilena permite validar parcialmente algunas de estas conclusiones. Por ejemplo, 13.73% de los establecimientos encuestados consideran que los trabajadores de la empresa no están calificados para utilizar la última tecnología disponible (ver cuadro IV-10).

Cuadro IV-10. Chile: Porcentaje de empresas que consideran que el personal no está calificado para utilizar la última tecnología disponible (2014)

Sector Industrial	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	14.08%
Explotación de minas y canteras	17.32%
Industrias Manufactureras	17.13%
Construcción	19.37%
Comercio al por mayor y al por menor	12.74%
Transporte y almacenamiento	10.63%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	21.71%
Información y comunicaciones	13.29%
Actividades financieras y de seguros	6.66%
Actividades profesionales; científicas y técnicas	5.62%
Suministro de electricidad, gas y agua	17.98%
Actividades de servicios (Actividades inmobiliarias -Actividades de servicios administrativos y de apoyo	10.06%
Otros servicios (Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas-Otras actividades de servicios)	8.51%
Total	13.73%

Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas

Como puede observarse, las brechas de personal calificado para operar las tecnologías más recientes se ubican en los sectores de construcción, alojamiento y comidas, y suministro de electricidad, gas y agua. Por otro lado, los sectores con menor brecha son actividades financieras, actividades profesionales, y transporte y abastecimiento.

La encuesta permite inferir, asimismo, una conclusión respecto al hecho de que la transformación digital no es parte de la estrategia de la empresa: se refiere a la pregunta sobre si conoce cuál es la última tecnología disponible. Si se desconoce cuál es esta, difícilmente puede concebirse una dirección estratégica respecto de la transformación digital. En este caso, 20.11% de los establecimientos encuestados afirma desconocer cuál es la última tecnología disponible (ver cuadro IV-11).

Cuadro IV-11. Chile: Porcentaje de empresas que desconocen cuál es la última tecnología disponible (2014)

Sector Industrial	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	15.01%
Explotación de minas y canteras	12.67%
Industrias Manufactureras	10.52%
Construcción	11.77%
Comercio al por mayor y al por menor	24.41%
Transporte y almacenamiento	35.92%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	20.62%
Información y comunicaciones	6.01%
Actividades financieras y de seguros	7.23%
Actividades profesionales; científicas y técnicas	9.78%
Suministro de electricidad, gas y agua	6.40%
Actividades de servicios (Actividades inmobiliarias -Actividades de servicios administrativos y de apoyo	19.54%
Otros servicios (Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas-Otras actividades de servicios)	25.46%
Total	20.11%

Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas

Coincidentemente con la encuesta latinoamericana citada arriba, la falta de conocimiento tecnológico (de lo que se infiere la ausencia de una estrategia digital) es una barrera menor a la falta de personal calificado.

IV.4. Uso de tecnologías de avanzada en Chile

La información compilada en la Cuarta Empresa Longitudinal, complementada con otras estadísticas, permite generar una primera visión de la posición chilena respecto a la asimilación de tecnologías digitales de avanzada. Considerando los tres componentes del índice de tecnologías de avanzada, Chile presenta un desarrollo bajo (ver cuadro IV-12).

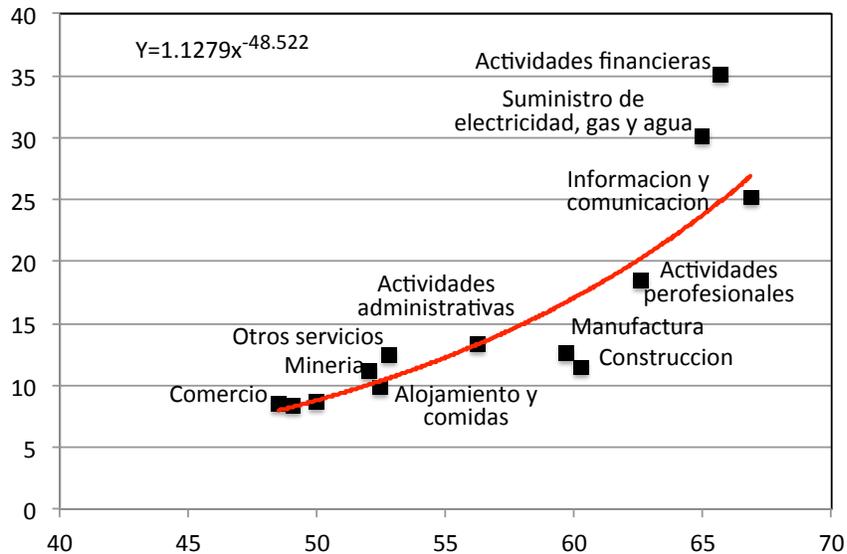
Cuadro IV-12. Chile: Desarrollo de Tecnologías de Avanzada (2014)

Componentes	Subcomponentes	Indicadores	Total
1. Hibridación del mudo físico y digital	1.1. Penetración de dispositivos M2M		4.29%
	2.1. Empresas que disponen de conexión de fibra óptica o IP		12.31%
2. Comunicación y procesamiento de datos	2.2. Empresas que usan software de la nube		7.08%
	2.3. Ciberseguridad	2.3.1. Empresas que usan software de mantención	24.37%
		2.3.2. Empresas que usan autenticación de contraseña	33.52%
		2.3.3. Empresas que usan identificación y autenticación de usuarios	6.83%
		2.3.4. Empresas que usan identificación y autenticación de usuarios	3.29%
		2.3.5. Empresas que usan copia de seguridad de datos	22.60%
		2.3.6. Empresas que usan sistema de detección de intrusos	14.31%
3. Aplicaciones de gestión	3.1. Plataformas	3.1.1. Empresas que usan redes sociales para recoger consultas y opiniones	15.28%
		3.1.2. Empresas que involucran al cliente e el desarrollo de producto	8.87%
	3.2. Aplicaciones	3.2.1. Empresas que usan software de administración (p.e. ERP)	26.38%
	3.3. Flujos financieros	3.3.1. Empresas que usan software de giro	9.25%

Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas

Esta penetración resulta en un índice agregado de desarrollo de tecnologías de avanzada de 10.83, el cual muestra el rezago que existe en relación al índice de tecnologías maduras (53.22). Asimismo, la comparación entre ambos índices por sector industrial demuestra una posible relación causal (ver gráfico IV-2).

Gráfico IV-2. Correlación entre Índice de Digitalización de Procesos Productivos e Índice de Desarrollo de Tecnologías de Avanzada (2014)



Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas

De acuerdo al gráfico 2, si un sector está relativamente avanzado en términos de su asimilación de tecnologías digitales maduras, lo mismo ocurre con las tecnologías de avanzada. Al mismo tiempo, se puede observar que, una vez que un sector alcanza un índice de digitalización avanzado (es decir, superior a 65), la adopción de tecnologías de avanzada comienza a acelerarse.

V. COLOMBIA

V.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Colombia

Considerando la importancia económica que tiene la digitalización de la producción, el siguiente análisis de la situación colombiana se enfoca primero en la cuantificación de la misma en aquellos sectores y cadenas productivas consideradas como estratégicas para el país. En Colombia se pueden identificar dos perspectivas respecto a la determinación de cadenas productivas que se benefician de la digitalización de procesos: una (que llamamos demanda) identifica aquellos sectores estratégicos cuyos planes de desarrollo necesitan del insumo tecnológico, y otra (que denominamos oferta) que define aquellos sectores atractivos para el desarrollo de una industria de software y TI doméstica.

Con respecto a la primera, el Ministerio de Comercio y Turismo ha elaborado el Programa de Transformación Productiva , el cual es una de las herramientas dispuestas por el Gobierno Nacional para la ejecución de la política industrial que conduzca al desarrollo productivo del país y con la que se generan entornos más competitivos y empresas más fuertes y productivas. El programa define los veinte sectores estratégicos para Colombia:

- Cosméticos y aseo
- Industria editorial y de la comunicación gráfica
- Metalmecánico
- Industria autopartes y vehículos
- Textil y confecciones
- Siderúrgico
- Astillero
- Cuero, calzado y marroquinería
- Tercerización de procesos de negocio BPO&O
- Software y tecnologías de la información
- Energía eléctrica, bienes y servicios conexos
- Turismo de salud
- Turismo de naturaleza
- Turismo de bienestar
- Hortofrutícola
- Palma, aceites, grasas vegetales y biocombustibles
- Carne bovina
- Chocolatería, confitería y materias primas
- Lácteo
- Acuícola

Por otro lado, para la perspectiva de la oferta de productos digitales, la Visión Estratégica del Sector TI elaborado por el Programa de Fortalecimiento de la Industria TI (FITI) del Ministerio TIC identifica aquellos sectores atractivos para la industria tanto a nivel nacional como para los clúster regionales existentes. Esto son:

Cuadro V-1. Sectores en los que se debería orientar la industria colombiana de software y TI

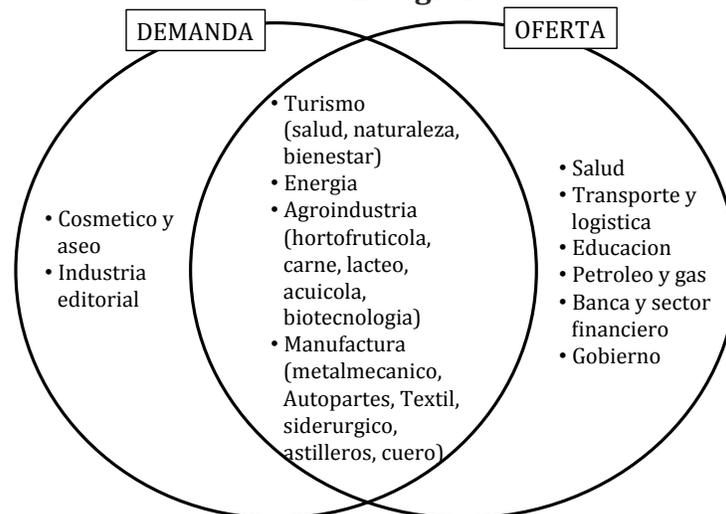
Región	Sectores
Caribe	<ul style="list-style-type: none"> • Salud • Transporte y logística • Turismo • Agroindustria
Antioquia	<ul style="list-style-type: none"> • Energía • Manufactura
Santander	<ul style="list-style-type: none"> • Minería e Hidrocarburos • Petróleo y gas • Salud • Educación
Cundinamarca	<ul style="list-style-type: none"> • Banca y Sector Financiero
Eje cafetero	<ul style="list-style-type: none"> • Agroindustria • Biotecnología • Turismo • Energía
Pacifico	<ul style="list-style-type: none"> • Agroindustria • Manufactura • Salud
Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno • Salud • Turismo

Nota: En negrita indica el sector prioritario

Fuente: *Visión Estratégica del sector de software y servicios asociados: Plan de Mercadeo y ventas regionalizado del sector en Colombia (2013)*

La intersección de ambas listas genera un número de sectores estratégicos para el desarrollo productivo donde se prioriza la oferta de servicios tecnológicos (ver figura V-1).

Figura V-1. Colombia: Intersección sectores estratégicos y priorización de oferta tecnológica



Fuente: análisis del autor

De acuerdo a esta lista, las encuestas industriales proveen información para industrias manufactureras, los sectores de salud, transporte, y educación.

V.2. Digitalización de procesos productivos en Colombia

Este análisis se basa en las estadísticas del DANE para 2015 para empresas con más de 10 empleados (es decir pymes y grandes) (ver cuadro V-2).

Cuadro V-2. Colombia: Muestras comparadas de encuesta TIC del DANE (2015)

	Muestra	Universo
Micro (<10)		1,369,061
Mediana (Entre 10 y 50)	23,853	53,304
Mediana/Grande (>50)		12,056
Total	23,853	1,434,421

Fuente: DANE

Para comenzar se presentan las estadísticas agregadas (es decir, sin diferenciar por sector económico). **Es importante mencionar un factor importante que dificulta la comparación de estas estadísticas con las presentadas para Chile y Perú. En primer lugar, como se menciona arriba, la encuesta analizada no cubre el universo de microempresas con lo cual la adopción de tecnologías está sesgada hacia empresas pequeñas, medianas y grandes. En segundo lugar, las estadísticas son presentadas en relación a las respuestas brutas sin incluir factor alguno de ponderación para ajustar la muestra al universo de empresas. Sin embargo, para ello se ha introducido un factor que permite ponderar los resultados pero no es exactamente el que refleja la estructura industrial colombiana (ver cuadro V-3).**

Cuadro V-3. Colombia: Adopción de TIC maduras (2015)

	2014 Totales
Porcentaje de empresas que usan computadoras	85.26%
Porcentaje de empresas que usan Internet	88.36%
Porcentaje de empresas con página web	45.14%
Porcentaje de empleados que usan computadoras de manera regular	60.25%
Porcentaje de empleados que acceden a Internet de manera regular	57.99%
Porcentaje de empresas con red de área local (LAN)	84.60%
Porcentaje de empresas con Intranet	55.80%
Porcentaje de empresas con extranet	21.89%
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	87.12%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	70.08%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información de organizaciones gubernamentales	57.12%
Porcentaje de empresas que usan Internet para banca electrónica	67.03%
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con organizaciones gubernamentales	52.52%
Porcentaje de empresas que usan Internet para proveer servicios a clientes	39.12%

	2014 Totales
Porcentaje de empresas que usan Internet para entregar productos en línea	11.35%
Porcentaje de empresas que reciben órdenes de compra por Internet	41.08%
Porcentaje de empresas que emiten órdenes de compra por Internet	24.10%
Porcentaje de empresas que usan Internet para Capacitación de personal	53.04%
Porcentaje de empresas que usan Internet para Contratación interna o externa	18.69%
Porcentaje de empresas que usan Internet para llamadas por VoIP	50.83%

Nota: Las estadísticas se presentan con factor de ponderación para facilitar la comparación con otros países

Fuente: DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas

Como se observa en el cuadro V-3, considerando que la muestra describe el universo de establecimientos pequeños, medianos, y grandes, la adopción de tecnologías digitales maduras en Colombia es extremadamente elevada.

Habiendo presentado las estadísticas totales, se pasa a desagregar las mismas por sector industrial. En este caso, la muestra del DANE incluye los sectores de industrias manufactureras, comercio, correo y almacenamiento, alojamiento, restaurantes, actividades de edición, producción de películas, programación y transmisión de TV, telecomunicaciones, sistemas informáticos, actividades inmobiliarias, actividades profesionales, agencias de viaje, empleo, seguridad y aseo, administrativas de apoyo en oficina, educación superior privada, salud humana privada, y otros servicios. De estos, se seleccionaron ocho sectores (ver cuadro V-4).

Cuadro V-4. Colombia: Adopción de tecnologías digitales maduras (2015)

	Industrias Manufactureras	Comercio	Correo y almacenamiento	Alojamiento y servicios de comida	Información y comunicaciones	Actividades inmobiliarias y de alquiler	Profesionales, científicas y técnicas	Actividades de servicio
Porcentaje de empresas que usan computadoras	85.02%	85.40%	84.55%	85.97%	85.45%	85.09%	85.62%	85.20%
Porcentaje de empresas que usan Internet	88.05%	88.46%	88.17%	88.80%	89.01%	88.55%	88.77%	88.59%
Porcentaje de empresas con Intranet	63.41%	39.87%	77.59%	71.02%	76.53%	71.51%	76.44%	74.85%
Porcentaje de empresas con red de área local	84.96%	83.26%	85.02%	87.40%	86.45%	86.61%	87.03%	86.57%
Porcentaje de empresas con extranet	21.30%	12.79%	44.16%	38.46%	47.15%	35.98%	42.81%	38.65%
Porcentaje de empleados que utilizan habitualmente computadoras	49.22%	65.92%	65.10%	55.30%	90.54%	70.10%	78.90%	60.48%
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	86.89%	87.11%	87.05%	87.57%	87.88%	87.43%	87.64%	87.43%
Porcentaje de empresas que usan VOIP o teleconferencia	41.73%	50.59%	67.98%	60.08%	76.21%	62.45%	73.47%	62.55%
Porcentaje de empresas que usan Internet para mensajería y comunicación al personal	64.33%	69.08%	79.59%	79.03%	82.77%	80.30%	83.04%	80.11%
Porcentaje de empresas que usan Internet para capacitación de personal	43.98%	54.77%	65.91%	58.21%	68.86%	63.35%	67.09%	63.86%
Porcentaje de empresas que usan Internet para contratación de personal	14.40%	18.85%	25.12%	22.73%	27.74%	22.07%	27.07%	25.15%
Porcentaje de empleados que habitualmente utilizan Internet	47.97%	62.58%	65.50%	54.08%	88.91%	67.70%	78.80%	57.60%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	70.35%	69.28%	70.66%	71.08%	71.29%	71.64%	71.79%	71.08%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información del gobierno	57.34%	56.47%	57.60%	57.94%	58.11%	58.39%	58.51%	57.93%
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con el gobierno	51.01%	51.55%	58.95%	53.32%	57.79%	56.20%	58.31%	57.04%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para operaciones bancarias	67.01%	65.95%	68.56%	68.89%	69.10%	70.54%	69.76%	69.12%
Porcentaje de empresas que hacen pedidos por Internet	19.07%	24.57%	29.42%	32.43%	35.72%	28.43%	33.88%	29.25%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para prestar servicios al cliente	38.77%	37.95%	42.20%	42.29%	43.03%	41.64%	42.05%	41.48%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para entrega de productos en línea	15.55%	1.45%	22.46%	27.21%	31.60%	20.17%	23.85%	21.24%
Porcentaje de empresas con presencia en la web	46.87%	40.56%	53.96%	53.34%	59.99%	48.02%	55.01%	46.81%
Porcentaje de empresas que reciben pedidos por internet	43.59%	41.23%	37.29%	41.57%	44.07%	34.49%	37.36%	32.91%

Fuente: DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas

Prosiguiendo con el análisis, a continuación se calcula el índice de digitalización de cada sector por estadio de la cadena productiva. Como se detalló en el capítulo III de metodología, este índice requirió una normalización por estadios productivos de la cadena de valor, la incorporación del índice de digitalización agregado y la interpolación de sectores no cubiertos (ver cuadro V-5).

Cuadro V-5. Colombia: Digitalización por Sector Industrial (2015) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Infraestructura	Insumos	Procesamiento	Distribución	Total
Industrias manufactureras	77.54	45.93	49.26	38.33	53.21
Comercio	74.44	47.68	60.98	32.35	54.09
Correo y almacenamiento	81.13	51.27	65.23	41.98	58.92
Alojamiento y servicios de comida	80.85	52.09	57.42	43.55	57.78
Información y Comunicaciones	82.07	53.96	81.31	47.73	64.01
Actividades inmobiliarias	80.19	51.27	66.59	38.47	58.30
Profesionales y científicas	81.66	53.54	74.38	42.66	61.44
Otros servicios	80.83	51.24	60.95	37.85	57.17
Total	77.00	48.02	57.84	36.57	54.84

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

Fuentes: DANE (Colombia), Indicadores Básicos de TIC en Empresas; análisis del autor

Las métricas de digitalización del cuadro V-5 deben ser analizadas tanto en lo que se refieren a los estadios de las cadenas productivas como en términos de la situación por sector industrial.

Avance relativo de la digitalización de infraestructura

El índice de digitalización de infraestructura en todos los sectores analizados es extremadamente alto: entre 82.07 para el sector de información y comunicación y 74.44 para comercio. Recordemos que el mismo es calculado en base a la adopción de las siguientes tecnologías: computación, Internet, Intranet, extranet, y redes LAN, es decir tecnologías maduras. En este sentido, se puede concluir que, de acuerdo a los datos de la encuesta industrial del DANE, las empresas pequeñas, medianas y grandes colombianas demuestran una alta adopción de tecnologías digitales maduras.

Avance relativo en la digitalización de la cadena de aprovisionamiento

El avance en infraestructura no es replicado en la cadena de procesamiento. En el caso de la digitalización de insumos, las métricas incluyen acceso en línea a información de bienes y servicios, acceso en línea a información del gobierno, interacción en línea con el gobierno (como por ejemplo, pagos de impuestos), entrega en línea de órdenes de compra de insumos, y uso de banca electrónica (para pagar suministros).

Considerando que la digitalización de este estadio de la cadena de valor es esta ubicado en una posición intermedia (promedio ponderado: 48.02) en Colombia, se puede concluir que la eficiencia lo es también. Un punto a remarcar, sin embargo, es la homogeneidad relativa que existe entre los diferentes sectores industriales que demuestran un índice máximo de 53.96 (sector de información y comunicaciones) y 45.93 (manufactura).

Rezago relativo del estadio de procesamiento

El estadio de procesamiento de la cadena de valor asume, como es de esperar, características diferentes acorde con el sector industrial considerado. En industrias manufactureras, el mismo incluye, al más alto nivel de análisis, la gestión de procesos de fabricación. La digitalización de este estadio mide el grado de integración interno y externo (mediante tercerización) de procesos mediante la adopción de tecnologías como Enterprise Resource Planning (ERP) y el acceso de información a funciones como contabilidad, gestión de inventario, logística y producción. En otras industrias del sector servicios, la etapa de procesamiento incluye la gestión de procesos operacionales que involucran la gestión de un producto intangible (el servicio) pero que requieren también de un insumo informacional importante.

En este caso, medimos la digitalización de procesamiento a partir de las siguientes métricas:

- Porcentaje de empleados que usan computadoras
- Porcentaje de empleados que acceden a Internet
- Porcentaje de empleados que usan correo electrónico
- Porcentaje de establecimientos que usan VoIP y videoconferencia
- Porcentaje de establecimientos que realizan la capacitación en línea
- Reclutamiento de personal en línea

Tres sectores colombianos muestran una digitalización del procesamiento sensiblemente menor que el resto del aparato productivo: industrias manufactureras, comercio, y hoteles y restaurantes. Dos ellos han sido definidos como sectores estratégicos (se considera el sector de alojamiento y restaurantes como relacionado con el de turismo).

El rezago de estos tres sectores pone de manifiesto uno de los aspectos más problemáticos de la digitalización de la producción en América Latina: la adopción de tecnologías digitales no se condice con su asimilación en los procesos productivos. Si se observa el índice de digitalización comparado entre el estadio de infraestructura y el de procesamiento para los tres sectores mencionados arriba, la diferencia es clara (ver cuadro V-6).

Cuadro V-6. Colombia: Índice de digitalización comparado (2015)

Sector	Infraestructura	Procesamiento
Industrias manufactureras	77.54	49.26
Comercio	74.44	60.98
Alojamiento y restaurantes	80.85	57.42

Fuentes: DANE (Colombia), *Indicadores Básicos de TIC en Empresas*; análisis del autor

Rezago relativo del estadio de distribución

El análisis de la digitalización de la cadena de distribución confirma la conclusión respecto de la etapa de procesamiento. Como se menciona arriba, la digitalización de la distribución es medida por indicadores más precisos que en el caso del procesamiento:

- Existencia de sitio web
- Recepción electrónica de órdenes de compra
- Uso de Internet para distribución de productos
- Uso de Internet para atención a clientes

El índice de digitalización de la distribución por sector industrial confirma la conclusión presentada para el estadio de digitalización de la cadena de aprovisionamiento. Tan solo un sector industrial se encuentra en estadio intermedio de desarrollo de digitalización: información y comunicaciones.

El rezago de la digitalización del estadio de distribución está confirmado por el volumen de transacciones de comercio electrónico en Colombia. En el 2015, tan solo 2.08% del comercio minorista colombiano estaba siendo transado mediante canales electrónicos, comparado con 15.09 en Corea del Sur, 12.83% en Dinamarca, y 13.41% en el Reino Unido (Euromonitor, 2016).

El rezago en la digitalización de la cadena de distribución tiene un impacto negativo en la eficiencia de empresas. De manera similar al caso de la cadena de aprovisionamiento, los canales electrónicos representan una oportunidad de aumentar la cobertura de mercados, la maximización de precios (sobre todo en bienes exportables), y la reducción de inventario de productos de viabilidad temporal limitada.

V.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Colombia

Como se mencionó arriba, las barreras más importantes a la asimilación de tecnologías digitales en América Latina son, de acuerdo a la encuesta previa del autor, las siguientes:

- Falta de prioridad de la alta gerencia
- Falta de mano de obra calificada
- Resistencia al cambio
- Transformación digital no es parte de la estrategia

- Falta de cuantificación de beneficios de la transformación digital

La Encuesta de Indicadores Básicos de Tenencia y uso de TIC en Empresas del DANE contiene una pregunta que permite validar parcialmente algunas de estas conclusiones: empresas que no usaron Internet clasificadas según razones de no uso y razones para motivarse a hacerlo (ver cuadro V-7).

Cuadro V-7. Colombia: Empresas que no usan Internet clasificadas según razones de no uso (2015)

	Industrias Manufactureras	Comercio	Servicios
Servicio muy costoso	15.6%	4.8%	5.0%
Dispositivos muy costosos	8.9%	1.8%	5.0%
No lo considera necesario	76.7%	88.9%	70.0%
Los empleados no saben usarlo	16.7%	6.3%	10.0%
No consideran Internet seguro	11.1%	15.9%	15.0%

Fuente: DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas

Infiriendo de estas estadísticas, se encuentran tres tipos de evidencias coincidentes con los resultados de la encuesta del autor mencionado arriba. En primer lugar, la falta de prioridad de la alta gerencia para la asimilación de tecnologías digitales es consistente con el alto porcentaje de empresas que no usan Internet que no lo considera necesario (entre 76.7% y 70.0%). En segundo lugar, la falta de capacitación de empleados es mencionada como una barrera importante en el sector manufacturero. Finalmente, la falta de confianza en Internet, mencionada entre 15.0% y 11.0% de las respuestas, podría ser asociada a la “resistencia al cambio”.

V.4. Uso de tecnologías avanzadas en Colombia

Como se menciona en el capítulo II, el análisis de la asimilación de tecnologías avanzadas cubre las siguientes:

- Internet de las cosas o “Internet of Things”
- Robótica
- Impresoras 3D
- Computación en la nube
- Big data/analíticas
- Inteligencia artificial/machine learning

En el caso colombiano, algunas estadísticas permiten proveer una perspectiva inicial del grado de adopción. Como se mencionó arriba, los resultados de la Gran Encuesta TIC del Ministerio TIC, disponibles a final del mes de junio de 2017, servirán para generar una visión más completa.

V.4.1. Internet de las cosas

La difusión de Internet de las cosas es analizada utilizando la variable sustituta (“proxy”) de dispositivos M2M. Como se indica en el capítulo III, ambas tecnologías no son equivalentes, aunque el despliegue de dispositivos M2M lleva a la instalación de plataformas IoT.

A finales del 2016, Colombia constaba de una base instalada de dispositivos M2M de 1,750,439 (fuente: GSMA Intelligence). La misma ha estado creciendo a una tasa anual de 27.7% desde el 2013. En lo que respecta a IoT, los sectores con demanda potencial más importante incluyen automovilística, energía, agricultura y ciudades inteligentes. Por ejemplo, Ubidots, una empresa que ofrece plataformas IoT basada en Medellín provee en su sitio los siguientes ejemplos de proyectos:

- Sensor de sitios de parqueo
- Sensor de cambios climáticos
- Monitoreo de recursos computacionales

Otra aproximación a la comprensión de esta tecnología en el entorno colombiano es analizar los sectores de énfasis del Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas, una alianza entre universidades, líderes tecnológicos mundiales y empresas ancla, impulsada desde el MinTIC, con apoyo de Colciencias. Las líneas de CEA-IoT están alineadas con el Plan Nacional de Transformación Productiva, en lo que se refiere a sectores estratégicos:

- Manufacturas (textiles y confecciones)
- Agroindustria (hortofrutícola, acuícola y lácteos)
- Software y servicios TI

CEA-IoT ofrece soluciones tecnológicas en las siguientes áreas:

- Dispositivos vestibles (wearables): integración de tecnologías de sensado a la medida para monitoreo de signos vitales u otras variables físicas del paciente;
- Desarrollo de aplicaciones móviles (apps) para la gestión de sensores remotos y análisis de datos clínicos en tiempo real;
- Desarrollo o integración de sistemas embebidos a la medida (socio tecnológico Intel): control y diagnóstico de equipos médicos, control de inventario en hospitales, redes de sensores (temperatura, humedad, etc.) y seguimiento de pacientes mediante RFID;
- Servicios de nube (cloud services) a través de socios tecnológicos: asesoría y desarrollo de soluciones para la puesta en marcha de estudios clínicos a través de una solución IoT.

El mercado corporativo de IoT de Colombia en el 2015⁷ es estimado por IDC en US\$ 484 millones, mientras que el mercado de gobierno suma US\$ 83.6 millones. La distribución por sectores, de acuerdo a IDC, es la siguiente:

Cuadro V-8. Colombia: Mercado de IoT (2015)

Sector Privado	Sector Publico
<ul style="list-style-type: none"> • Seguros: US\$ 5.7 millones • Agricultura: US\$ 15.9 millones • Comercio minorista: US\$ 16 millones • Industrias manufactureras: : US\$ 98 millones • Logística: US\$ 80 millones • Otros: US\$ 70 millones 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte público: US\$ 12.6 millones • Smart grid: US\$ 20 millones • Ciudades inteligentes: US\$ 45 millones • Control patrimonio: : US\$ 6millones

Fuente: IDC

Para generar una distribución más detallada, los totales han sido reasignados por sector industrial de acuerdo a la distribución de ingresos de una empresa de telecomunicaciones colombiana.

Cuadro V-9. Colombia: Distribución del mercado de IoT por Sector Industrial (2015)

	Mercado (en US\$ millones)	Porcentaje
Agropecuario	\$ 1.19	0.21 %
Minería	\$ 4.74	0.84 %
Manufactura	\$ 22.45	3.95 %
Construcción	\$ 5.11	0.90 %
Logística	\$ 9.49	1.67 %
Comercio minorista	\$ 6.77	1.19 %
Salud y Ciencias de la Vida	\$ 5.10	0.90 %
Electricidad	\$ 31.05	5.47 %
Comunicaciones	\$ 53.48	9.42 %
Servicios financieros	\$ 49.16	8.66 %
Informática y servicios	\$ 2.48	0.44 %
Administración Publica	\$ 9.14	1.61 %
Otros	\$ 367.43	64.73 %
Total	\$ 567.60	

Fuentes: IDC; análisis del autor

V.4.2. Computación en la nube

El mercado colombiano de computación en la nube en el 2016, de acuerdo a Frost & Sullivan, alcanza US\$ 136.2 millones. De acuerdo a una encuesta de 120 empresas, 73% de las empresas grandes colombianas ya adquieren software y servicios en la nube. De los servicios ofrecidos en la nube, los de mayor implementación son los de “Plataforma as a service” con un 42% de utilización, seguido por “Infraestructura as a service” y “Software as a service” con un 26%.⁸

⁷ IDC (2016). *Worldwide Internet of Things Spending Guida by Vertical Market and Wearable Tracker*. Basado en 120 entrevistas empresariales

⁸ J. Del Vecchio, F. Paternina, C. Henríquez, “Cloud computing a model for the development of enterprises”, *Prospect*, Vol 13, N° 2, 81-87, 2015.

Nuevamente, para generar una distribución del mercado, los totales han sido reasignados por sector industrial de acuerdo a la distribución de ingresos de una empresa de telecomunicaciones colombiana.

Cuadro V-10. Colombia: Distribución de Computación en la Nube por Sector Industrial (2016)

	Mercado (en US\$ millones)	Porcentaje
Agropecuario	---	0.21 %
Minería	\$ 0.26	0.19 %
Manufactura	\$ 1.07	0.78 %
Construcción	\$ 0.89	0.39%
Logística	\$ 0.53	1.67 %
Comercio minorista	\$ 4.44	3.26 %
Salud y Ciencias de la Vida	\$ 14.44	10.60 %
Electricidad	\$ 1.82	1.33 %
Comunicaciones	---	9.42 %
Servicios financieros	\$ 42.74	31.38 %
Informática y servicios	\$ 0.01	0.01 %
Administración Pública	\$ 53.32	39.15 %
Turismo	\$ 0.04	0.03 %
Otros	\$ 16.63	12.21 %
Total	\$ 136.20	

Fuentes: Frost & Sullivan; análisis del autor

VI. PERÚ

VI.1. Identificación de sectores y cadenas productivas estratégicas de Perú

Perú ha pasado por varios ejercicios de priorización de sectores estratégicos:

- Estudio de Michael Porter (proyectado al 2015)
- Consejo Nacional de la Visión (proyectado al 2021)
- Programa de Ciencia y Tecnología Perú BID (proyectado al 2011)
- Comisión Organizadora del Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (proyectado al 2014)
- Plan Nacional Exportador 2003-2013 del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo

El siguiente cuadro sintetiza las diferentes perspectivas de priorización de sectores estratégicos.

Cuadro VI-1. Perú: Priorización de Sectores Estratégicos

Sector	Michael Porter	Consejo nacional de la Visión	Programa CyT	CEPLAN	Plan Nacional Exportador
Agroindustria	X	X	X	X	X
Minería	X	X		X	
Pesca y acuicultura	X	X	X	X	X
Textil y confecciones	X		X	X	X
Turismo	X	X		X	X
TI y software		X	X		X
Gas natural				X	

La mayor parte de estos sectores representan cadenas productivas que se benefician del insumo digital.

Desde el punto de vista del valor total de la producción, los sectores más importantes son las industrias manufactureras (36.3%), seguidas del comercio (13.4%), y construcción (9.3%) (ver cuadro VI-2).

Cuadro VI-2. Perú: Distribución del valor del PIB (en %)

Sector	Valor total del PIB
Agrícola y pesca	0.5 %
Hidrocarburos	4.1 %
Industrias manufactureras	36.3 %
Suministro de electricidad	3.5 %
Suministro de agua y alcantarillado	0.8 %
Construcción	9.3 %
Comercio al por mayor y menor	13.4 %
Transporte y almacenamiento	9.0 %
Alojamiento y servicio de comidas	1.7 %
Información y comunicaciones	6.2 %
Actividades inmobiliarias	1.4 %
Actividades profesionales, científicas y técnicas	3.9 %
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	4.7 %
Enseñanza privada	2.1 %
Atención de salud humana y de asistencia social	1.0 %
Actividades artísticas, entretenimiento y recreativas	0.8 %
Otras actividades de servicios	1.3 %

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática – Encuesta Económica Anual 2015

VI.2. Digitalización de procesos productivos en Perú

Este análisis se basa en las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística e Informática en su Encuesta Económica Anual 2015. La muestra de la encuesta es la siguiente (ver cuadro VI-3).

Cuadro VI-3. Perú: Muestras comparadas de encuestas TIC

	Número de Empresas	Producción		Muestra
	N%	Millones S\$	%	
Pequeña (5.7 – 6.4 millones de soles)	86.8 %	93,185	18.0 %	
Mediana (6.4 – 8.7 millones de Soles)	4.2 %	14,525	2.8 %	
Grande (> 8,7 millones de Soles)	9.0 %	410,998	79.2 %	
Total	100 %	518,708	100 %	13,230

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática – Encuesta Económica Anual 2015

Considerando que los resultados de la encuesta ya están reflejando un factor de ponderación se pueden presentar las estadísticas de adopción de tecnologías maduras (ver cuadro VI-4).

Cuadro VI-4. Perú: Adopción de tecnologías digitales maduras (2014)

	Agrícola y pesca	Hidrocarburos	Industrias Manufactureras	Suministro de electricidad	Suministro de agua y alcantarillado	Construcción	Comercio al por mayor y al por menor	Transporte y almacenamiento	Alojamiento y servicio de comidas
Porcentaje de empresas que usan computadoras	93.90%	96.00%	97.30%	85.40%	99.00%	98.50%	91.40%	96.20%	96.20%
Porcentaje de empresas que usan Internet	93.90%	96.00%	95.60%	84.30%	93.30%	96.20%	87.30%	94.00%	90.80%
Porcentaje de empresas con Intranet	7.90%	59.50%	18.30%	41.60%	28.40%	17.50%	14.30%	11.10%	17.30%
Porcentaje de empresas con red de área local	74.00%	88.10%	72.60%	77.30%	89.00%	69.60%	64.90%	59.60%	68.30%
Porcentaje de empresas con extranet	23.80%	26.70%	5.50%	17.30%	6.50%	3.30%	4.40%	7.40%	5.20%
Porcentaje de empleados que utilizan habitualmente computadoras	37.20%	78.40%	47.60%	86.60%	51.10%	54.50%	56.20%	45.20%	35.50%
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	61.10%	82.80%	66.80%	61.20%	65.70%	68.40%	57.80%	67.80%	52.20%
Porcentaje de empresas que usan VOIP o teleconferencia	12.40%	32.90%	5.00%	24.40%	5.80%	4.50%	5.80%	5.40%	2.70%
Porcentaje de empresas que usan Internet para mensajería y comunicación al personal	61.10%	82.80%	66.80%	61.20%	65.70%	68.40%	57.80%	67.80%	52.20%
Porcentaje de empresas que usan Internet para capacitación de personal	24.10%	34.00%	10.70%	24.80%	12.60%	15.60%	10.30%	14.20%	9.10%
Porcentaje de empresas que usan Internet para publicidad	18.20%	1.30%	4.60%	5.10%	1.90%	4.70%	4.30%	4.20%	6.00%
Porcentaje de empleados que habitualmente utilizan Internet	35.90%	68.20%	47.30%	77.50%	45.30%	55.10%	52.70%	44.60%	33.80%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	28.60%	77.50%	64.00%	61.20%	71.90%	58.40%	55.20%	39.10%	50.90%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información del gobierno	29.00%	51.40%	41.90%	58.70%	36.00%	41.70%	30.30%	27.10%	25.90%
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con el gobierno	8.60%	44.80%	19.00%	42.00%	19.80%	18.20%	11.30%	14.70%	6.50%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para operaciones bancarias	36.20%	78.80%	49.20%	50.20%	33.90%	55.50%	39.40%	40.20%	33.10%
Porcentaje de empresas que hacen pedidos por Internet	2.50%	18.40%	12.10%	15.20%	12.00%	14.00%	10.30%	9.30%	9.30%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para prestar servicios al cliente	19.80%	28.60%	28.50%	23.30%	33.00%	21.60%	24.70%	30.80%	32.80%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para entrega de productos en línea	0.00%	3.90%	2.80%	3.00%	1.30%	0.80%	3.80%	1.70%	3.10%
Porcentaje de empresas con presencia en la web	16.40%	63.50%	42.60%	50.70%	61.50%	40.00%	28.30%	29.90%	52.60%
Porcentaje de empresas que reciben pedidos por internet	0.50%	0.00%	5.00%	1.00%	5.70%	0.40%	4.90%	6.50%	10.00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015

**Cuadro VI-4. Perú: Adopción de tecnologías digitales maduras (2014)
(continuación)**

	Información y comunicaciones	Actividades inmobiliarias	Actividades profesionales, científicas y técnicas	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	Enseñanza privada	Atención de la salud humana y de asistencia social	Actividades artísticas, entretenimiento y recreativas	Otras actividades de servicios
Porcentaje de empresas que usan computadoras	99.60%	92.70%	99.10%	98.80%	99.00%	98.20%	99.80%	99.70%
Porcentaje de empresas que usan Internet	99.40%	84.30%	98.90%	96.40%	98.90%	98.20%	98.90%	92.50%
Porcentaje de empresas con Intranet	36.00%	12.40%	31.50%	17.00%	43.90%	19.30%	27.10%	22.80%
Porcentaje de empresas con red de área local	81.10%	56.00%	79.50%	78.60%	79.70%	70.10%	72.90%	77.00%
Porcentaje de empresas con extranet	16.70%	3.10%	7.40%	4.20%	16.60%	8.30%	6.10%	5.50%
Porcentaje de empleados que utilizan habitualmente computadoras	79.40%	58.80%	64.60%	49.20%	80.40%	58.10%	41.70%	51.00%
Porcentaje de empresas que usan Internet para correo electrónico	70.00%	52.80%	73.30%	70.00%	71.20%	68.80%	78.20%	67.30%
Porcentaje de empresas que usan VOIP o teleconferencia	23.60%	5.40%	17.70%	10.20%	17.90%	9.60%	6.20%	8.30%
Porcentaje de empresas que usan Internet para mensajería y comunicación al personal	70.00%	52.80%	73.30%	70.00%	71.20%	68.80%	78.20%	67.30%
Porcentaje de empresas que usan Internet para capacitación de personal	22.90%	9.60%	15.60%	14.50%	27.90%	13.00%	12.20%	11.80%
Porcentaje de empresas que usan Internet para publicidad	2.60%	2.50%	3.60%	1.50%	7.40%	2.60%	4.30%	0.90%
Porcentaje de empleados que habitualmente utilizan Internet	81.90%	59.40%	68.10%	48.80%	78.50%	52.90%	36.90%	52.70%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para obtener información sobre bienes y servicios	65.10%	40.60%	59.00%	57.70%	48.60%	48.50%	59.00%	60.60%
Porcentaje de empresas que usan Internet para obtener información del gobierno	38.60%	39.80%	44.90%	32.80%	46.70%	30.20%	42.10%	38.80%
Porcentaje de empresas que usan Internet para interactuar con el gobierno	18.60%	15.20%	18.90%	19.80%	25.10%	14.80%	15.60%	16.80%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para operaciones bancarias	55.60%	32.50%	54.80%	51.10%	43.50%	40.70%	56.90%	43.50%
Porcentaje de empresas que hacen pedidos por Internet	34.90%	4.90%	19.80%	16.20%	17.40%	6.00%	10.00%	13.30%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para prestar servicios al cliente	52.10%	18.40%	36.30%	33.40%	39.20%	23.80%	29.70%	29.40%
Porcentaje de empresas que utilizan internet para entrega de productos en línea	9.20%	0.40%	2.10%	1.00%	3.80%	1.80%	1.70%	2.30%
Porcentaje de empresas con presencia en la web	64.20%	29.30%	61.90%	53.80%	72.40%	49.90%	51.70%	51.20%
Porcentaje de empresas que reciben pedidos por internet	0.50%	0.00%	5.00%	1.00%	5.70%	0.40%	4.90%	6.50%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015

Prosiguiendo con el análisis, a continuación se calcula el índice de digitalización de cada sector por estadio de la cadena productiva. Como se detalló en el capítulo III de metodología, este índice requirió una normalización por estadios productivos de la cadena de valor, la incorporación del índice de digitalización agregado y la interpolación de sectores no cubiertos (ver cuadro VI-5).

Cuadro VI-5. Perú: Digitalización por Sector Industrial (2014) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Infraestructura	Insumos	Procesamiento	Distribución	Total
Agricultura y pesca	76.30	17.72	36.08	10.62	37.71
Hidrocarburos	84.63	48.24	62.68	31.90	55.06
Industrias manufactureras	77.16	33.57	40.78	24.30	44.73
Suministro de electricidad	73.02	38.43	63.37	25.74	49.68
Suministro de agua y alcantarillado	79.70	31.54	41.06	32.60	46.55
Construcción	77.19	34.37	45.81	20.56	45.15
Comercio	70.91	27.20	43.55	18.00	41.50
Transporte y almacenamiento	74.38	23.75	39.69	19.76	41.09
Alojamiento y restaurantes	74.53	23.76	30.57	30.22	41.38
Información y Comunicaciones	83.03	43.82	63.52	40.52	55.75
Actividades inmobiliarias	69.10	22.08	45.31	16.36	40.14
Actividades profesionales	81.14	37.06	54.49	33.20	50.75
Servicios administrativos	78.30	33.50	42.70	29.10	46.29
Enseñanza privada	83.29	32.56	63.32	38.20	53.04
Salud	78.51	24.74	48.32	25.80	44.64
Actividades artísticas	80.16	32.95	37.91	27.64	45.30
Otros servicios	77.80	31.70	43.56	27.74	45.73
Total	74.48	29.43	43.93	22.30	43.59

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015; análisis del autor

Las métricas de digitalización del cuadro V-16 deben ser analizadas tanto en lo que se refieren a los estadios de las cadenas productivas como en términos de la situación por sector industrial.

Avance relativo de la digitalización de infraestructura

El índice de digitalización de infraestructura en todos los sectores es alto (superior a 65, y con un promedio ponderado de 74.48). El mismo es calculado en base a la adopción de las siguientes tecnologías maduras: computación, Internet, Intranet, extranet, y redes LAN. En este sentido, se puede concluir que, de acuerdo a los datos de la encuesta industrial del Instituto Nacional de estadística e Informática, el sector productivo peruano demuestra una alta adopción de tecnologías digitales maduras.

Rezago importante en la digitalización de la cadena de aprovisionamiento

Esto no es el caso en la cadena de aprovisionamiento. El índice en el estadio de “Insumos” incluye el acceso en línea a información de bienes y servicios, acceso en línea a información del gobierno, interacción en línea con el gobierno (como por ejemplo, pagos de impuestos), entrega en línea de órdenes de compra de insumos, y uso de banca electrónica (para pagar suministros). Contrariamente a lo que ocurre en Chile y Colombia, con excepción del sector de hidrocarburos, el índice de digitalización

de la cadena de aprovisionamiento es bajo (inferior a 45 y con un promedio prorrateado de 29.43). Esto implica que, de acuerdo a los conceptos microeconómicos introducidos arriba en la discusión de este estadio para Chile, se puede concluir que el sector productivo peruano está incurriendo una penalidad en los costos de insumos. Esta situación es particularmente aguda en agricultura y pesca, comercio, transporte y almacenamiento, alojamiento y restaurantes, y salud. Para enfatizar este punto, solamente 12.10% de los establecimientos encuestados (esta estadística está multiplicada por el factor de ponderación lo que implica el conjunto del universo de empresas) compra insumos por Internet, lo que es extremadamente bajo aún de acuerdo a los estándares latinoamericanos. El único sector estratégico (de acuerdo a la inferencia de los diferentes ejercicios de priorización presentados arriba para Perú) es el de hidrocarburos, en el cual 18.40% de los establecimientos adquiere insumos por Internet.

Posición intermedia en el estadio de procesamiento

Como se indicó arriba, el estadio de procesamiento de la cadena de valor asume, como es de esperar, características diferentes acorde con el sector industrial considerado. En industrias manufactureras, el mismo incluye, al más alto nivel de análisis, la gestión de procesos de fabricación. La digitalización de este estadio mide el grado de integración interno y externo (mediante tercerización) de procesos mediante la adopción de tecnologías como Enterprise Resource Planning (ERP) y el acceso de información a funciones como contabilidad, gestión de inventario, logística y producción. En otras industrias del sector servicios, la etapa de procesamiento incluye la gestión de procesos operacionales que involucran la gestión de un producto intangible (el servicio) pero que requieren también de un insumo informacional importante.

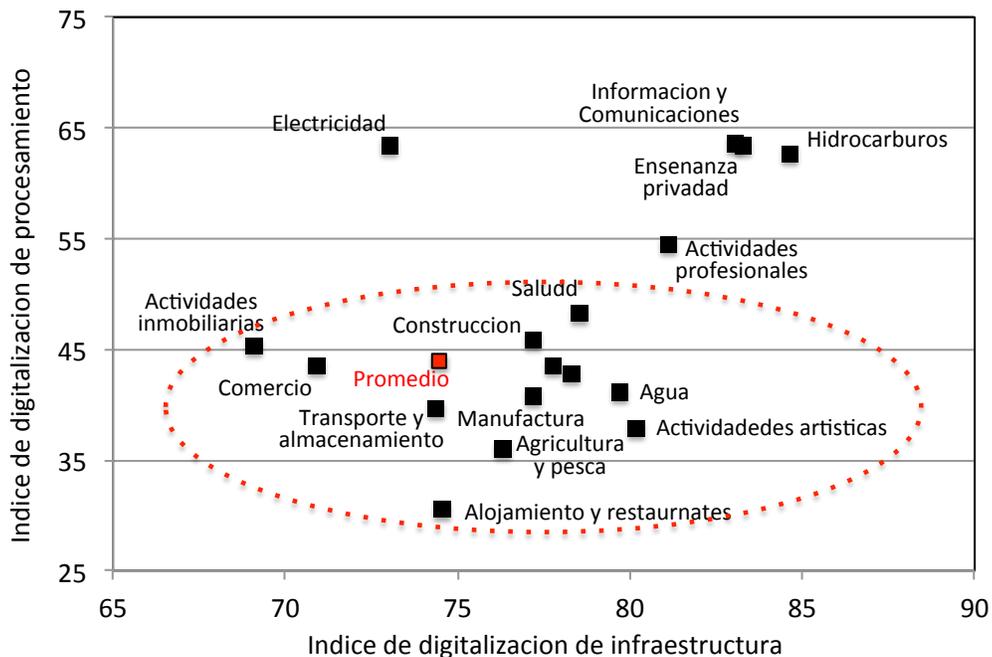
En este caso, la digitalización de procesamiento es medida con base en las siguientes métricas:

- Porcentaje de empleados que usan computadoras
- Porcentaje de empleados que acceden a Internet
- Porcentaje de empleados que usan correo electrónico
- Porcentaje de establecimientos que usan VoIP y videoconferencia
- Porcentaje de establecimientos que realizan la capacitación en línea
- Reclutamiento de personal en línea

Como ya se menciona arriba, esta es un área donde se considera que las métricas no son totalmente adecuadas para medir un fenómeno mucho más complejo. Sin embargo, consideramos que los resultados proveen una perspectiva inicial de lo que ocurre en este estadio de la cadena. Nueve sectores industriales peruanos demuestran una digitalización del procesamiento menor al resto del aparato productivo: agricultura y pesca, industrias manufactureras, transporte y almacenamiento, y alojamiento y restaurantes. Uno de ellos (agricultura y pesca) ha sido definido como sector estratégico (esto podría ser extendido al sector manufacturero).

Como se mencionó arriba, el rezago de estos sectores pone de manifiesto uno de los aspectos más problemáticos de la digitalización de la producción en América Latina: la adopción de tecnologías digitales (medida por el índice de digitalización de infraestructura) no se condice con su asimilación en los procesos productivos. Si se observa el índice de digitalización comparado entre el estadio de infraestructura y el de procesamiento un conjunto de sectores industriales peruanos presenta una diferencia importante entre ambos (ver gráfico VI-1).

Gráfico VI-1. Perú: Índice de digitalización de infraestructura vs. Índice de digitalización de procesamiento por sector industrial (2015)



Fuente: análisis del autor

Rezago relativo del estadio de distribución

El análisis de la digitalización de la cadena de distribución confirma la conclusión respecto del estadio de la cadena de aprovisionamiento. El estadio de la distribución cubre todas las funciones de interacción con el mercado, principalmente la venta y la provisión de servicio post-venta. La digitalización de la distribución es medida por indicadores más precisos que en el caso del procesamiento:

- Existencia de sitio web
- Recepción electrónica de órdenes de compra
- Uso de Internet para distribución de productos
- Uso de Internet para atención a clientes

Ningún sector industrial del Perú se encuentra en estadio intermedio o avanzado de desarrollo de digitalización de la distribución. El único sector que se aproxima al estado intermedio de desarrollo es el de Información y Comunicaciones.

Como lo es en el caso colombiano, el rezago de la digitalización del estadio de distribución está confirmado por el volumen de transacciones de comercio electrónico en Perú. En el 2015, tan solo 0.90% del comercio minorista peruano estaba siendo transado mediante canales electrónicos, comparado con 3.79% en Argentina, 3.63% en Brasil, 12.83% en Dinamarca, y 13.41% en el Reino Unido (Euromonitor, 2016).

Rezago relativo de los sectores estratégicos

Para concluir, el análisis del desarrollo de la digitalización por estadio de la cadena de valor peruana revela tres sectores estratégicos con rezago en relación al resto de la economía: agricultura y pesca, las industrias manufactureras, y hoteles y restaurantes. Los mismos representan 38.50% del producto bruto del país, lo que pone de manifiesto la importancia de resolver el desafío. El único sector estratégico que demuestra un nivel de digitalización de procesos productivos relativamente avanzado es hidrocarburos, el cual tiene un peso equivalente a 4.15% del producto bruto.

VI.3. Gestión de tecnologías maduras en el sector productivo en Perú

El análisis de asimilación de tecnologías maduras en Perú presentado arriba plantea claramente la dicotomía entre alta adopción tecnológica y baja incorporación en procesos productivos, especialmente en las cadenas de aprovisionamiento y distribución. Reiterando lo planteado arriba, de acuerdo a la encuesta realizada por el autor, las barreras más importantes a la asimilación de tecnologías digitales en América Latina son:

- La digitalización no es una prioridad de la alta gerencia
- Existe una falta de mano de obra calificada
- Las organizaciones exhiben una resistencia al cambio tecnológico
- La transformación digital no es parte de la estrategia de la empresa
- Los beneficios de la asimilación de tecnologías digitales no han sido claramente explicitados
- Existen barreras de tipo regulatorio
- Las responsabilidades para implementar la transformación no han sido claramente asignadas
- Falta de coordinación entre funciones para abordar la transformación digital
- La función de tecnologías de información carece de una visión estratégica
- La infraestructura de tecnologías de información no está preparada
- Los riesgos de implementación son muy altos

En el caso de Perú, la Encuesta Económica Anual del 2015 permite realizar una serie de inferencias respecto a cuatro de estas barreras (ver cuadro VI-6).

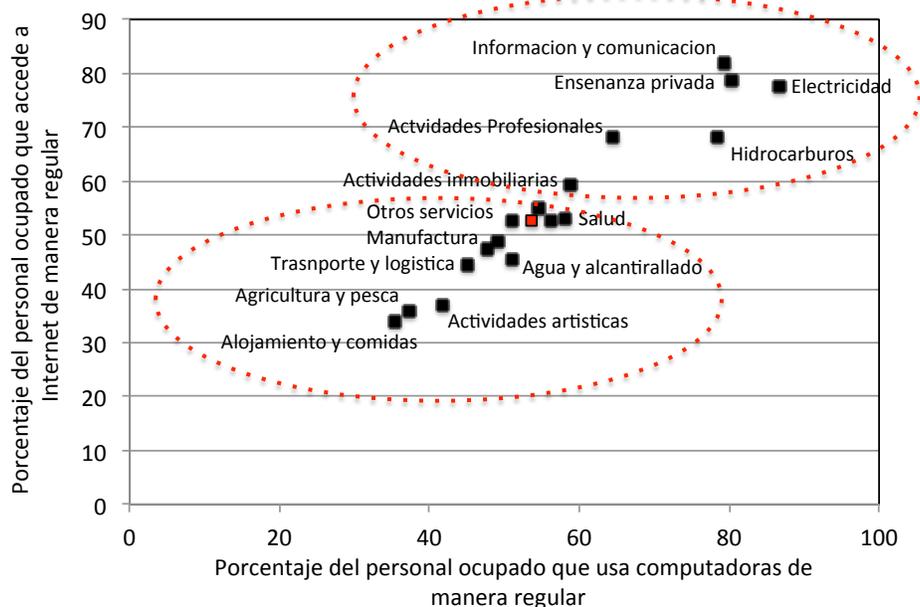
Cuadro VI-6. Gestión de tecnologías maduras: categorización de información

	Perú
Falta de mano de obra calificada	Grado de capacitación al personal en el uso de TIC
Los beneficios de la asimilación de tecnologías digitales no han sido claramente explicitados	Inversiones para una mejora en los procesos productivos u operacionales
Las responsabilidades para implementar la transformación no han sido claramente asignadas	Empresa cuenta con una unidad que ejecute proyectos de innovación, mejoras tecnológicas o el desarrollo de nuevos productos
La infraestructura de tecnologías de información no está preparada	Porcentaje de empleados que usan Internet y computación de manera regular

La Encuesta Económica Anual del 2015 de Perú permite validar parcialmente algunas de las conclusiones mencionadas arriba. Por ejemplo:

- Solo 15.4% de empresas peruanas ha realizado inversiones para una mejora en los procesos productivos u operativos en su organización. Esto permite inferir el bajo número de establecimientos que han realizado un análisis de costo / beneficio en relación a la asimilación potencial de tecnologías digitales.
- Tan solo 6.1% de empresas encuestadas cuenta con una unidad que ejecuta proyectos de innovación, mejoras tecnológicas o el desarrollo de nuevos productos. Coincidentemente, la falta de inversiones en la mejora de procesos productivos conlleva la ausencia de una función encargada de llevar adelante proyectos innovadores en tecnología.
- Si bien 91.8% de empresas peruanas utilizan Internet, el promedio de empleados que acceden a Internet de manera regular es la mitad: 52.7%. En el caso de uso de computadores, este porcentaje es de 53.7%. Esto permite inferir una falta de preparación de las tecnologías digitales para incorporar desarrollos que permitan aumentar la productividad en todas las áreas empresarias. Esta conclusión no es consistente en todos los sectores industriales (ver gráfico VI-2).

Gráfico VI-2. Perú: Proporción del personal ocupado que utiliza las tecnologías de información de manera regular (2015)

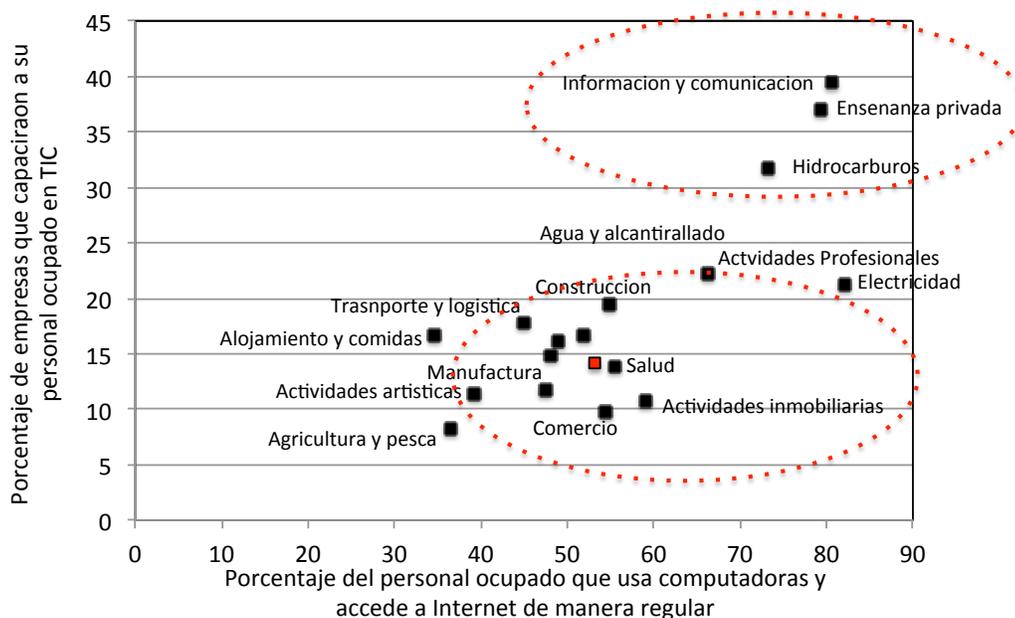


Fuente: Perú. Encuesta Económica Anual del 2015

Inferiendo causalidad entre uso regular de TIC por parte de empleados en la figura y grado de preparación de la infraestructura digital de la hipótesis generada en la encuesta citada arriba, se puede concluir que los sectores peruanos que son naturalmente menos intensivos en el uso de TIC (alojamiento y comidas, agricultura y pesca, actividades artísticas) y aquellos que deberían demostrar un mayor desarrollo (transporte y logísticas, manufactura) son los más limitados.

- Finalmente, la relación entre uso regular de TIC (eje horizontal) y porcentaje de empresas que capacitan a su personal en tecnologías (eje vertical) permite identificar brechas de personal calificado (ver gráfico VI-3).

Gráfico VI-3. Perú: Proporción del personal ocupado que utiliza las tecnologías de información de manera regular vs. Empresas que capacitan al personal ocupado en TIC (2015)



Fuente: Perú. Encuesta Económica Anual del 2015

Como puede observarse en el gráfico 5, ciertos sectores industriales (comercio, salud, manufactura, transporte y logística, y construcción) poseen un alto porcentaje de personal usando TIC de manera regular y, sin embargo, el porcentaje de empresas dedicadas a la capacitación en TIC es inferior al 20%. Esto permite concluir que la falta de personal calificado podría significar una barrera a la digitalización de la producción en estos sectores en Perú.

Para resumir, la información de la Encuesta Económica Anual del 2015 permite validar, de manera parcial, la existencia de algunas barreras a la asimilación de tecnologías digitales en Perú.

V.4. Uso de tecnologías de avanzada en Perú

Como se menciona en el capítulo III, el análisis de la asimilación de tecnologías avanzadas cubre las siguientes:

- Internet de las cosas o “Internet of Things”
- Robótica
- Impresoras 3D
- Computación en la nube
- Big data/analíticas
- Inteligencia artificial/machine learning

En el caso peruano, un análisis de algunas respuestas a la Encuesta Económica del 2015 permite proveer una evidencia del grado de adopción de algunas de ellas y generar un índice de desarrollo de tecnologías de avanzada. Sin embargo, dado que el proceso de extracción de datos es extenso, se proporciona inicialmente algunas métricas que permiten generar una perspectiva inicial del desarrollo de IoT y computación en la nube.

La difusión de Internet de las cosas es analizada utilizando la variable sustituta (“proxy”) de dispositivos M2M. Como se indica en el capítulo III, ambas tecnologías no son equivalentes, aunque el despliegue de dispositivos M2M lleva a la instalación de plataformas IoT. A finales del 2016, Perú consta de una base instalada de dispositivos M2M de 300,650 (fuente: GSMA Intelligence). La misma ha estado creciendo a una tasa anual de 24.6% desde el 2013.

En lo que respecta a IoT, los ingresos reportados por un operador de telecomunicaciones indican que los sectores con demanda potencial más importante incluyen transporte y almacenamiento, las industrias manufactureras, y los servicios empresariales de apoyo. Un estudio de IDC valida los resultados indicando que los tres segmentos principales de inversión en IoT en el 2016 son el Monitoreo de Carga, Smart Grid, y las Operaciones de Manufactura⁹. De acuerdo a esta firma, el mercado corporativo de IoT de Perú en el 2016 es estimado en US\$ 73.1 millones. Para generar una distribución más detallada, los totales han sido reasignados por sector industrial de acuerdo a la distribución de ingresos de una empresa de telecomunicaciones colombiana.

Cuadro VI-7. Perú: Distribución del mercado de IoT por Sector Industrial (2016)

	Mercado (en US\$ millones)	Porcentaje
Agropecuario	\$ 8.19	11.21 %
Minería e Hidrocarburos	\$ 13.67	18.71 %
Manufactura	\$ 14.91	20.41 %
Construcción	\$ 4.40	6.02 %
Transporte y almacenamiento	\$ 18.42	25.21 %
Servicios administrativos	\$ 13.48	18.45 %
Total	\$ 73.08	

Fuentes: IDC; Operador de telecomunicaciones; análisis del autor

El mercado peruano de computación en la nube en el 2016, de acuerdo a Dominio Consultores alcanza US\$ 50 millones, lo que incluye US\$25 millones en SaaS y US\$ 25 millones en “hosting”. De acuerdo a una encuesta de estos analistas, 44.8% de las empresas grandes y medianas peruanas ya adquieren software y servicios en la nube.

Nuevamente, para generar una distribución del mercado, los totales han sido reasignados por sector industrial de acuerdo a la distribución de ingresos de una empresa de telecomunicaciones colombiana.

⁹ IDC (2016). *Worldwide Internet of Things Spending Guida by Vertical Market and Wearable Tracker*. Basado en 120 entrevistas empresariales.

Cuadro VI-8. Perú: Distribución de Computación en la Nube por Sector (2016)

	Mercado (en US\$ millones)	Porcentaje
Agropecuario	\$ 2.70	5.41 %
Minería e Hidrocarburos	\$ 7.80	15.61 %
Manufactura	\$ 8.06	16.13 %
Construcción	\$ 1.36	2.72%
Transporte y almacenamiento	\$ 6.64	13.29 %
Servicios administrativos	\$ 24.80	49.60 %
Total	\$ 50.00	10.60 %

Fuentes: Dominio Consultores; operador de telecomunicaciones; análisis del autor

VII. ANÁLISIS COMPARADO

VII.1. Primer nivel: Digitalización de procesos productivos (tecnologías maduras)

El análisis comparado entre los tres países del nivel de digitalización de procesos productivos a partir de la adopción de tecnologías maduras muestra una imagen consistente. En las tres naciones, el índice de digitalización de infraestructura es alto, lo que indica un elevado grado de adquisición de tecnologías maduras. El mismo es calculado en base a la adopción de las siguientes tecnologías maduras: computación, Internet, Intranet, extranet, y redes LAN. Asimismo, no existen diferencias significativas entre sectores industriales (ver cuadro VII-1).

Cuadro VII-1. Índice de Digitalización de Infraestructura por Sector Industrial (2014-5) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Chile	Colombia	Perú
Agricultura y pesca	64.37		76.30
Hidrocarburos	66.35 (*)		84.63
Industrias manufactureras	74.20	77.54	77.16
Suministro de electricidad	76.30 (**)		73.02
Suministro de agua y alcantarillado			79.70
Construcción	76.61		77.19
Comercio	58.66	74.44	70.91
Transporte y almacenamiento	68.36	62.17	74.38
Alojamiento y restaurantes	66.37	60.51	74.53
Información y Comunicaciones	76.36	68.48	83.03
Actividades inmobiliarias		61.73	69.10
Actividades profesionales	77.13	65.38	81.14
Servicios administrativos	70.62		78.30
Enseñanza privada			83.29
Salud			78.51
Actividades artísticas			80.16
Otros servicios	67.10	60.11	77.80
Total	66.78	77.00	74.48

Avanzado	Transicional	Limitado
----------	--------------	----------

(*) Minas y canteras

(**) Electricidad, agua y alcantarillado

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal; DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas; Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015; análisis del autor

En lo que se refiere a la digitalización de la cadena de aprovisionamiento, su nivel de desarrollo varía por país. El índice en el estadio de la cadena de aprovisionamiento incluye el acceso en línea a información de bienes y servicios, acceso en línea a información del gobierno, interacción en línea con el gobierno (como por ejemplo, pagos de impuestos), entrega en línea de órdenes de compra de insumos, y uso de banca electrónica (para pagar suministros). En Chile el nivel de digitalización de la cadena de aprovisionamiento es intermedio, destacándose los sectores eléctrico y de información y comunicaciones, con un nivel avanzado. En Colombia, la digitalización de la cadena de aprovisionamiento es más homogénea entre sectores industriales: todos demuestran un nivel intermedio. Sobre Colombia cabe destacar que la muestra utilizada sólo abarca a empresas con 10 o más empleados, lo que lleva a que el nivel de digitalización de la infraestructura sea algo más avanzado. En el caso de Perú, con excepción del sector de hidrocarburos, el índice de digitalización de la cadena de aprovisionamiento es bajo (inferior a 45 y con un promedio prorrateado de 29.43) (ver cuadro VII-2).

Cuadro VII-2. Índice de Digitalización de la cadena de aprovisionamiento por Sector Industrial (2014-5) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Chile	Colombia	Perú
Agricultura y pesca	39.68		17.72
Hidrocarburos	40.69 (*)		48.24
Industrias manufactureras	53.48	45.93	33.57
Suministro de electricidad	76.30 (**)		38.43
Suministro de agua y alcantarillado			31.54
Construcción	58.51		34.37
Comercio	35.22	47.68	27.20
Transporte y almacenamiento	34.36	51.27	23.75
Alojamiento y restaurantes	35.93	52.09	23.76
Información y Comunicaciones	65.62	53.96	43.82
Actividades inmobiliarias		51.27	22.08
Actividades profesionales	61.70	53.54	37.06
Servicios administrativos	45.75		33.50
Enseñanza privada			32.56
Salud			24.74
Actividades artísticas			32.95
Otros servicios	38.73	51.24	31.70
Total	42.99	48.02	29.43

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

(*) Explotación de minas y canteras

(**) Suministro de electricidad, gas y agua

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal; DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas; Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015; análisis del autor

Como se observa en el cuadro VII-2, ciertos sectores chilenos (agricultura y pesca, comercio, transporte y almacenamiento, y alojamiento y restaurantes) presentan un subdesarrollo en la digitalización de la cadena de aprovisionamiento. Como se menciona arriba, la digitalización de la cadena de aprovisionamiento en Colombia oscila entre un índice de 47.68 (manufactura) y 53.96 (información y comunicaciones). En el caso de Perú, debido a la baja digitalización de la cadena de aprovisionamiento, la totalidad de los sectores productivos peruanos, con excepción de hidrocarburos, están incurriendo una penalidad en los costos de insumos. Esta situación es particularmente aguda en agricultura y pesca, comercio, transporte y almacenamiento, alojamiento y restaurantes, y salud.

En el caso del estadio de procesamiento, el índice de digitalización es calculado con base en las siguientes métricas:

- Porcentaje de empleados que usan computadoras
- Porcentaje de empleados que acceden a Internet
- Porcentaje de empleados que usan correo electrónico
- Porcentaje de establecimientos que usan VoIP y videoconferencia
- Porcentaje de establecimientos que realizan la capacitación en línea
- Reclutamiento de personal en línea

Como ya se menciona arriba, esta es un área donde se considera que las métricas no son totalmente adecuadas para medir un fenómeno mucho más complejo. Sin embargo, consideramos que los resultados proveen una perspectiva inicial de lo que ocurre en este estadio de la cadena (ver cuadro VII-3).

Cuadro VII-3. Índice de Digitalización de Procesamiento por Sector Industrial (2014-5) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Chile	Colombia	Perú
Agricultura y pesca	60.53		36.08
Hidrocarburos	61.78 (*)		62.68
Industrias manufactureras	72.03	49.26	40.78
Suministro de electricidad	75.14 (**)		63.37
Suministro de agua y alcantarillado			41.06
Construcción	74.79		45.81
Comercio	56.09	60.98	43.55
Transporte y almacenamiento	66.69	65.23	39.69
Alojamiento y restaurantes	63.85	57.42	30.57
Información y Comunicaciones	76.34	81.31	63.52
Actividades inmobiliarias		66.59	45.31
Actividades profesionales	74.38	74.38	54.49
Servicios administrativos	70.80		42.70
Enseñanza privada			63.32
Salud			48.32
Actividades artísticas			37.91
Otros servicios	62.40	60.95	43.56
Total	54.41	57.84	43.93

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

(*) Explotación de minas y canteras

(**) Suministro de electricidad, gas y agua

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal; DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas; Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015; análisis del autor

En Chile, cinco sectores presentan un desarrollo intermedio en el estadio de procesamiento (agricultura y pesca, minería, comercio, alojamiento y restaurantes, y otros servicios). En Colombia, cuatro sectores presenta un desarrollo intermedio en el estadio de procesamiento (industrias manufactureras, comercio, alojamiento y restaurantes y otros servicios). Por otra parte, nueve sectores industriales peruanos demuestran una digitalización del procesamiento menor al resto del aparato productivo: agricultura y pesca, industrias manufactureras, transporte y almacenamiento, y alojamiento y restaurantes. Uno de ellos (agricultura y pesca) ha sido definido como sector estratégico (esto podría ser extendido al sector manufacturero). Como se mencionó arriba, este rezago de estos sectores pone de manifiesto uno de los aspectos más problemáticos de la digitalización de la producción en América Latina: la adopción de tecnologías digitales (medida por el índice de digitalización de infraestructura) no se condice con su asimilación en los procesos productivos.

Finalmente, el análisis de la digitalización de la cadena de distribución confirma la conclusión respecto del estadio de la cadena de aprovisionamiento. La digitalización de la distribución es medida por indicadores más precisos que en el caso del procesamiento:

- Existencia de sitio web
- Recepción electrónica de órdenes de compra
- Uso de Internet para distribución de productos
- Uso de Internet para atención a clientes

Cuadro VII-4. Índice de Digitalización de Distribución por Sector Industrial (2014-5) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Chile	Colombia	Perú
Agricultura y pesca	17.12		10.62
Hidrocarburos	27.94 (*)		31.90
Industrias manufactureras	35.25	38.33	24.30
Suministro de electricidad	47.27 (**)		25.74
Suministro de agua y alcantarillado			32.60
Construcción	27.78		20.56
Comercio	28.85	32.35	18.00
Transporte y almacenamiento	16.70	41.96	19.76
Alojamiento y restaurantes	32.55	43.55	30.22
Información y Comunicaciones	50.23	47.73	40.52
Actividades inmobiliarias		38.47	16.36
Actividades profesionales	36.16	42.66	33.20
Servicios administrativos	30.27		29.10
Enseñanza privada			38.20
Salud			25.80
Actividades artísticas			27.64
Otros servicios	32.22	37.85	27.74
Total	28.27	36.37	22.30

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

(*) Explotación de minas y canteras

(**) Suministro de electricidad, gas y agua

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal; DANE - EAM Indicadores básicos de TIC en empresas; Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú) – Encuesta Económica Anual 2015; análisis del autor

En Chile, con excepción del sector de Información y Comunicaciones, todos los sectores industriales presentan un nivel limitado de digitalización en la cadena de distribución. La situación en la cadena de distribución Colombiana es exactamente similar a la chilena: solamente Información y Comunicaciones tiene un desarrollo intermedio. En el caso peruano, ningún sector industrial se encuentra en estadio intermedio de desarrollo de digitalización. Nuevamente, el único sector que se aproxima al estado intermedio de desarrollo de la distribución es el de Información y Comunicaciones. En todos los casos, el rezago de la digitalización del estadio de distribución está confirmado por el volumen de transacciones de comercio electrónico. En el 2015, tan solo 0.90% del comercio minorista peruano estaba siendo transado mediante canales electrónicos, comparado con 2.40% en Chile, y 2.08% en Colombia. Cuando se lo compara con los países industrializados, la brecha es clara: 12.83% en Dinamarca, y 13.41% en el Reino Unido (Euromonitor, 2016).

El rezago en la digitalización de la cadena de distribución tiene un impacto negativo en la eficiencia de empresas. De manera similar al caso de la cadena de aprovisionamiento, los canales electrónicos representan una oportunidad de aumentar la cobertura de mercados, la maximización de precios (sobre todo en bienes

exportables), y la reducción de inventario de productos de viabilidad temporal limitada.

VII.2. Segundo nivel: Gestión de tecnologías maduras

Este nivel de análisis ayuda a explicar la razón por la cual no se registra un índice de digitalización de procesos productivos elevado en el primer nivel de análisis. En los capítulos precedentes, se explicó cómo la baja acumulación de capital intangible, definida esta como la reducida capacitación de empleados para operar en el nuevo entorno digitalizado, la ausencia de cambios en procesos productivos para asimilar la tecnología, y la falta de reestructuración organizativa, actúa como un obstáculo a la asimilación de tecnologías en los estadios verticales de la cadena de valor. La información compilada de las encuestas industriales permite validar o inferir la existencia de estas barreras.

Por ejemplo, en Chile 13.73% de los establecimientos encuestados en la Cuarta Encuesta Longitudinal consideran que los trabajadores de la empresa no están calificados para utilizar la última tecnología disponible. Esta situación es más aguda en los sectores de Construcción (19.37%), Actividades de alojamiento y comidas (21.71%), y Suministro de Electricidad, gas y Agua (17.98%). Asimismo, 20.11% de los establecimientos encuestados afirma desconocer cuál es la última tecnología disponible. Esta situación es más aguda en Comercio (24.41%), y transporte y almacenamiento (35.92%).

De la misma manera, en Colombia la Encuesta del DANE contiene una pregunta que permite validar parcialmente las barreras relativas a la acumulación de capital intangible: empresas que no usaron Internet clasificadas según razones de no uso y razones para motivarse a hacerlo. En primer lugar, la falta de prioridad de la alta gerencia para la asimilación de tecnologías digitales es consistente con el elevado porcentaje de empresas que no usan Internet porque no lo considera necesario (entre 76.7% y 70.0%). En segundo lugar, la falta de capacitación de empleados es mencionada como una barrera importante en el sector manufacturero. Finalmente, la falta de confianza en Internet, mencionada entre 15.9% y 11.0% de las respuestas, podría ser asociada a la “resistencia al cambio”.

Finalmente, en el caso peruano la Encuesta Económica Anual del 2015 permite validar parcialmente algunas de las conclusiones mencionadas arriba. Por ejemplo, tan solo 15.4% de empresas peruanas ha realizado inversiones para una mejora en los procesos productivos u operativos en su organización. Esto permite inferir el bajo número de establecimientos que han realizado un análisis de costo / beneficio en relación a la asimilación potencial de tecnologías digitales. Por otra parte, la falta de inversiones en la mejora de procesos productivos conlleva la ausencia de una función encargada de llevar adelante proyectos innovadores en tecnología. Solamente, 6.1% de empresas encuestadas cuenta con una unidad que ejecuta proyectos de innovación, mejoras tecnológicas o el desarrollo de nuevos productos. Finalmente, si bien 91.8% de empresas peruanas utilizan Internet, el promedio de empleados que acceden a

Internet de manera regular es la mitad: 52.7%. Esto permite inferir una falta de preparación de empleados para incorporar desarrollos tecnológicos que permitan aumentar la productividad en todas las áreas empresarias.

En resumen, en los tres países estudiados se pueden encontrar elementos que prestan apoyo a la existencia de brechas a la acumulación de capital intangible en ciertos sectores industriales:

- Falta de prioridad para la alta gerencia (Colombia, Perú)
- Capacitación limitada de empleados (Chile, Colombia, Perú)
- Falta de conocimiento de las últimas tecnologías disponibles (Chile, Perú)
- Resistencia al cambio (Colombia)

VII.3. Tercer nivel: Adopción de tecnologías de avanzada

Como se menciona en el capítulo III, el análisis de la asimilación de tecnologías avanzadas cubre las siguientes:

- Internet de las cosas o “Internet of Things”
- Robótica
- Impresoras 3D
- Computación en la nube
- Big data/analíticas
- Inteligencia artificial/machine learning

Hasta el momento, Chile es el único país que dispone de información suficiente para generar una primera visión respecto a la asimilación de tecnologías digitales de avanzada. Considerando los tres componentes del índice de tecnologías de avanzada - hibridación del mundo físico y digital (IoT), comunicación y procesamiento de datos (computación en la nube, ciberseguridad, y fibra óptica), y aplicaciones de gestión - , Chile presenta un desarrollo bajo. Esta conclusión está basada en un índice agregado de desarrollo de tecnologías de avanzada de 10.83 sobre 100. Esto resulta de una penetración de 4.29% de dispositivos M2M, una adopción de 7.08% de software en la nube, un desarrollo sofisticado de tecnologías de ciberseguridad, una utilización intensa de redes sociales, y 26.38% de adopción en software de gestión.

En el caso colombiano, algunas estadísticas permiten proveer una perspectiva inicial del grado de adopción. A finales del 2016, Colombia constaba de una base instalada de dispositivos M2M de 1,750,439, que ha estado creciendo a una tasa anual de 27.7% desde el 2013. En lo que respecta a IoT, el mercado de empresas privadas de IoT de Colombia en el 2015 es estimado en US\$ 484 millones, mientras que el mercado de gobierno suma US\$ 83.6 millones. Los sectores más intensos de uso de IoT incluyen el sector de ciudades inteligentes, la logística, y las industrias manufactureras. Por otro lado, el mercado colombiano de computación en la nube en el 2016, de acuerdo a Frost

& Sullivan alcanza US\$ 136.2 millones. Los sectores industriales más intensos en adopción son la administración pública y los servicios financieros.

En el caso de Perú, En lo que respecta a IoT, el mercado corporativo de IoT de Perú en el 2016 es estimado en US\$ 73.1 millones. Los sectores con demanda potencial más importante incluyen transporte y almacenamiento, las industrias manufactureras, y los servicios empresariales de apoyo. Un estudio de IDC valida los resultados indicando que los tres segmentos principales de inversión en IoT en el 2016 son el Monitoreo de Carga, Smart Grid, y las Operaciones de Manufactura. Por otra parte, el mercado peruano de computación en la nube en el 2016 alcanza US\$ 50 millones, lo que incluye US\$25 millones en SaaS y US\$ 25 millones en "hosting". De acuerdo a una encuesta de estos analistas, 44.8% de las empresas grandes y medianas peruanas ya adquieren software y servicios en la nube. El sector industrial más intenso en términos de uso de computación en la nube es el de servicios administrativos de apoyo.

IDENTIFICACION DE BRECHAS DE CAPITAL HUMANO EN EL USO DE TECNOLOGIAS DIGITALES AVANZADAS

VIII. INTRODUCCIÓN

El propósito de este tercer entregable del estudio “Industrialización Inclusiva y Sostenible en América Latina” es analizar la disponibilidad de recursos humanos necesarios para asimilar y gestionar tecnologías digitales en los procesos productivos. En particular, se analiza la capacidad cuantitativa y cualitativa del sistema educativo para generar suficientes recursos humanos necesarios para apoyar el proceso de desarrollo de la digitalización latinoamericana. Como en los entregables anteriores, el presente documento está enfocado en el análisis de tres países: Colombia, Chile y Perú.

Para ello, el documento comienza presentando un diagnóstico general de las brechas de formación técnica y profesional de recursos humanos para la utilización de tecnologías digitales y desarrollo del Internet industrial en la región. A continuación, se estudia la situación de las brechas en cada uno de los países considerados. El análisis se enfoca no solo en la capacidad del sistema educativo para generar suficientes recursos, sino que también aborda el nivel de capacitación de la fuerza de trabajo para asimilar las tecnologías digitales. Finalmente, la conclusión presenta una perspectiva comparada de la situación de los tres países. Esto sentará el contexto para el análisis de las deficiencias regionales en materia de formación de recursos humanos capacitados en el uso de tecnologías digitales, el tema del cuarto entregable.

IX. SITUACIÓN GENERAL DE LA BRECHA DE CAPITAL HUMANO EN AMÉRICA LATINA

América Latina está enfrentada a dificultades en el acceso a capital humano suficiente para apoyar y dirigir procesos de digitalización e innovación. En 2005, la UNESCO reconoce la necesidad de establecer políticas acordes para alcanzar una sociedad del conocimiento desarrollada en la que todos los individuos de un país tengan capacidad de acceso y creación de conocimiento. El informe de esta organización hace especial hincapié en los sistemas educativos y en su rol fundamental para la promoción de la innovación. A pesar del hecho que la sociedad del conocimiento avanza a nivel internacional, incluso en los países emergentes, desde hace décadas¹⁰, los sistemas educativos, particularmente en estos últimos, muestran todavía un desfase en la formación de competencias para el cambio constante y la innovación continua. Esta brecha se evidencia en la dificultad de las empresas para acceder al talento requerido. Por ejemplo, 36% de los empleadores a nivel mundial reporta la escasez de recursos humanos disponibles en relación a la demanda de personal calificado por parte de las firmas (ManPower Group, 2014). Más específicamente, un estudio del Instituto AIEP y la Asociación Chilena de Empresas de Tecnología de Información (ACTI) (2014) de

¹⁰ Ver Porat (1975) y Katz (1988).

Chile reveló que en los próximos años se registrará un aumento del 32% en la demanda de técnicos y profesionales de las tecnologías de la información en este país. En base a esta estimación, se calcula que en el mediano plazo se necesitarán 94 mil especialistas de este tipo¹¹. De la misma manera, de acuerdo a Bumerán, portal para la búsqueda de trabajos, para el 2017 se necesitarán 16.000 expertos en redes de tecnologías de información y comunicación, excediendo la oferta casi en un 35%. Según cifras de Fedesoft (2017), en Colombia se necesitan 12,000 nuevos profesionales graduados por año para suplir tan solo la demanda de empleo calificado de la industria del software¹². Finalmente, en Perú dentro de las diez carreras profesionales más demandadas en el mercado laboral durante el 2014 se encuentra Computación e Informática, según Trabajando.com.

La situación del capital humano en América Latina constituye uno de los principales desafíos de las políticas públicas en la medida en que esta representa un factor principal de la sociedad del conocimiento y una condición sistémica de la innovación. En efecto, el índice de capital humano elaborado por el Foro Económico Mundial¹³ muestra que la región se encuentra en una posición intermedia en el ranking mundial, con un promedio de 66.95 sobre 100, por detrás de América del Norte, Europa Occidental, Europa del Este y Asia del Este y Pacífico (ver cuadro IX-1).

Cuadro IX-1. Índice de Capital Humano por región (2016)

Región	Países	Índice
América del Norte	Estados Unidos, Canadá	80.41
Europa Occidental	Italia, Portugal, Grecia, España, Francia, Alemania, Finlandia, Noruega, Suecia, Dinamarca, Países Bajos, Bélgica, Suiza, Reino Unido, Luxemburgo, Austria	79.96
Europa del Este y Asia Central	Estonia, Eslovenia, Republica Checa, Ucrania, Rusia, Kazakstán, Polonia, Macedonia, Rumania, Moldava, Albania, Kirguistán	75.02
Asia del Este y Pacífico	Japón, Singapur, Corea, Camboya, Laos, Myanmar, Malasia, Filipinas, China, Indonesia	69.75
América Latina y el Caribe	Chile, Argentina, Brasil, Cuba, Haití, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Brasil, Honduras, Paraguay, Republica Dominicana, Perú, El Salvador, Bolivia, Guyana, Trinidad & Tobago, México, Colombia, Uruguay, Jamaica, Panamá, Ecuador, Barbados	66.95
Medio Oriente y África del Norte	Israel, Bahréin, Qatar, Emiratos Unidos, Argelia, Marruecos, Túnez, Mauritania, Yemen, Arabia Saudita, Egipto, Jordania, Kuwait	61.54
Asia del Sur	Sri Lanka, Bután, Bangladesh, India, Nepal, Pakistán	59.92
África Sub-Sahariana	Mauricio, Ghana, Sud África, Zambia, Etiopía, Nigeria, Uganda, Kenia, Ruanda, Tanzania, Mali, Burundi, Burkina Faso, Benín, Gabón, Mozambique, Botswana, Lesoto, Nigeria, Costa de Marfil, Malawi, Madagascar, Namibia, Camerún, Zambia, Chad	55.44

¹¹ 38% de los encuestados como parte de este estudio considera que existirá un déficit de 25% entre demanda de fuerza de trabajo digital y oferta.

¹² Es así como el 80% de los profesionales graduados de carreras TI consiguen en menos de un año un empleo dentro de las actuales 1600 empresas de TI, de las cuales 950 se dedican netamente al desarrollo del software.

¹³ El índice cuantifica cómo los países están desarrollando (oferta) y desplegando (demanda) su capital humano y realiza un seguimiento del progreso en el tiempo analizando la performance educativa y las posibilidades que ofrece el mercado laboral local para 5 grupos etarios.

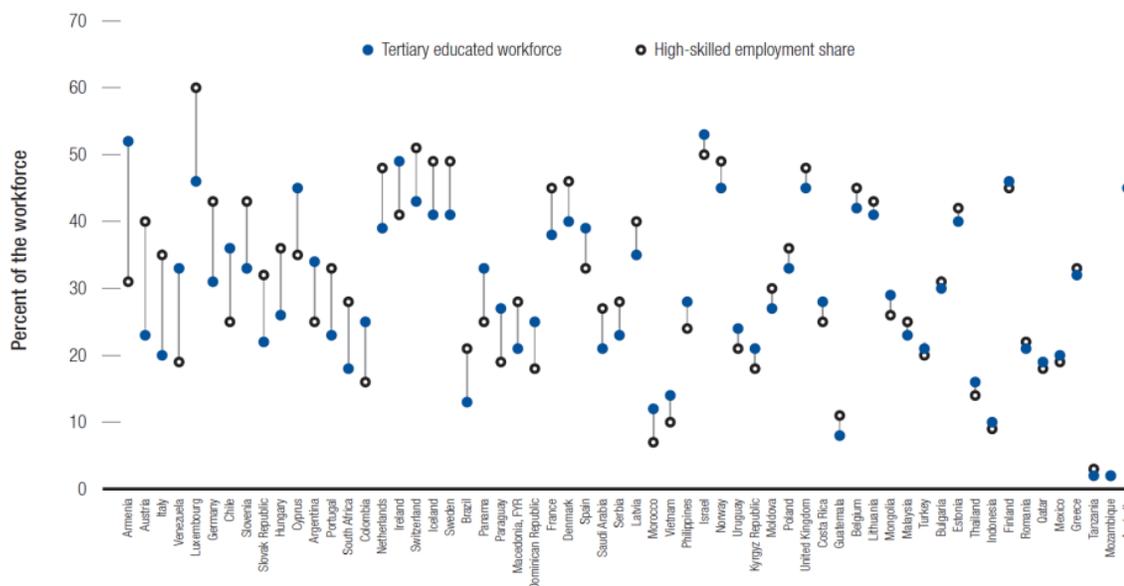
Fuente: World Economic Forum, The Human Capital Report, 2016

De la región de América Latina y el Caribe, los países mejor posicionados son Cuba (puesto 36 con un índice de 75.55), seguido por Chile (puesto 45, con un índice de 71.45), Panamá (puesto 52 con un índice de 71.18), Ecuador (puesto 53 con un índice de 70.84), Argentina (puesto 56 con un índice de 70.70), Uruguay (puesto 69 con un índice de 69.96), Costa Rica (62 con un índice de 69.72), Colombia (puesto 64 con un índice de 69.58), y México (puesto 62 con un índice de 69.25). Por otro lado, Perú (puesto 79 con un índice 66.31), Brasil (puesto 83 con un índice de 64.51), y Venezuela (puesto 89 con un índice de 62.94) clasifican en una posición más rezagada.

Además de realizar un ranking general, este índice mide el desempeño del talento humano de los países para distintos grupos etarios. Una característica de la región es que sus índices son mejores que los de Asia Pacífico para los grupos 54-65 años y mayores de 65 años. Los datos muestran una paridad entre América Latina y Asia Pacífico en el grupo 24-35 y el grupo 15-24, Sin embargo, para los menores de 15 años la región muestra un retraso respecto de la dotación de talento humano de Asia Pacífico y Medio Oriente-Norte de África, que superan a la región en formación de talento en las etapas tempranas.

Estos índices no solo muestran que la región no está desplegando y desarrollando su potencial de capital humano de cara al futuro, sino que también prueban que las economías de la región no están haciendo uso eficiente del capital humano ya existente. Estas brechas se visualizan en el gráfico que muestra las diferencias entre aprendizaje alcanzado y empleo disponible para países seleccionados (WEF, 2016). En Argentina, Chile y Colombia, por ejemplo, la magnitud de la fuerza laboral con estudios superiores es alrededor de 10 puntos porcentuales mayor que la oferta de trabajo calificado, es decir hay exceso de oferta de trabajo calificado en relación a la magnitud de la fuerza laboral con estudios superiores. Brasil también muestran un mayor nivel de oferta de trabajo calificado, evidenciando dificultades en la optimización del desarrollo y despliegue de talento humano (ver gráfico IX-1).

Gráfico IX-1. Brecha entre el nivel de instrucción y la disponibilidad de empleo de alta cualificación, países seleccionados, 2015



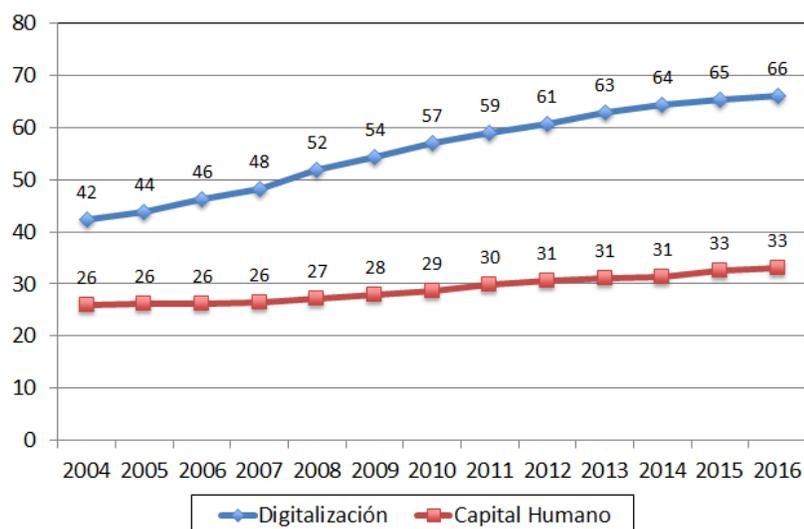
Source: Human Capital Index 2015 and ILOSTAT.
Note: Sorted by gap between share of tertiary educated workforce and share of high-skilled employment.

Es decir que la brecha de talento en América Latina y el Caribe presenta dos dimensiones deficitarias: primero, el sistema educativo no responde a la demanda de fuerza de trabajo en el espacio de la digitalización, y, segundo, la oferta de mano de obra calificada no es aprovechada de manera eficiente.

La brecha de talentos es una de las mayores preocupaciones tanto de las economías avanzadas como emergentes. A nivel global, los crecientes niveles de escolarización, las mejoras en los sistemas de salud y el crecimiento exponencial en la adopción de tecnologías digitales no han generado por sí mismas mejoras en los niveles de disponibilidad de capital humano, en el mundo en desarrollo. Esta tendencia puede ser demostrada comparando la evolución histórica de los índices de digitalización y el de capital humano¹⁴. La única región que presenta una tendencia de crecimiento armonizada entre digitalización y capital humano es Europa Occidental, como lo demuestra el análisis realizado en base a series históricas de 2004 a 2016 (ver gráfico IX-2).

¹⁴ El índice de digitalización es un indicador compuesto por 24 variables agrupadas en seis pilares (asequibilidad, confiabilidad de infraestructura, accesibilidad, capacidad de redes de telecomunicaciones, uso de tecnologías digitales, y capital humano), mientras que el índice de capital humano está compuesto por dos variables: ingenieros como porcentaje de la población y fuerza de trabajo con educación secundaria o terciaria como porcentaje de la fuerza de trabajo). Ver Sabagh et al., 2012, Katz, R et al. (2013a), Katz et al. (2013b), y Katz, R. et al. (2014).

Gráfico IX-2. Europa Occidental: Índice de Digitalización versus Índice de Capital Humano (2004-2016)

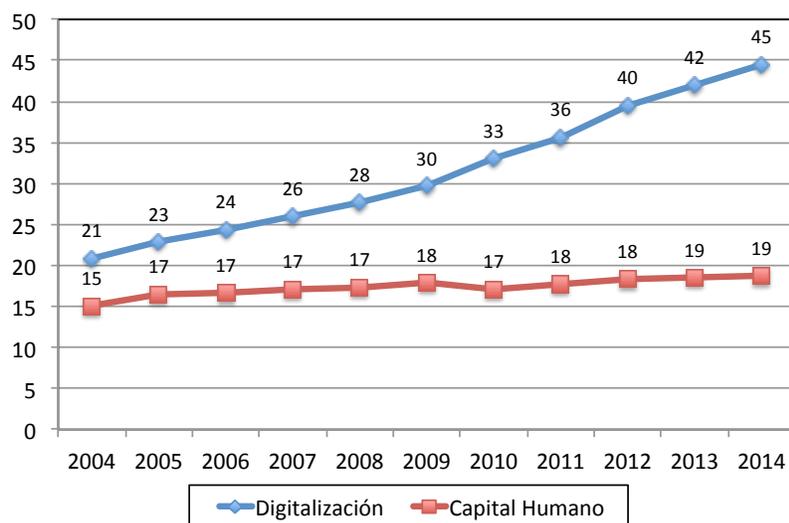


Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

El índice de digitalización de Europa Occidental ha crecido entre el 2004 y el 2016 a una tasa anual de 3.76%, mientras que el índice de capital humano lo ha hecho a una tasa de 2.06%. Esto demuestra que aun en regiones desarrolladas, donde el crecimiento de la oferta y demanda de talento digital esta alienada, la capacidad productiva del sistema educativo está marginalmente rezagada con respecto al desarrollo de la digitalización.

Comparando la tendencia de Europa Occidental, en América Latina y el Caribe el índice de capital humano aumenta a una tasa aun más lenta en relación al crecimiento de la digitalización (gráfico IX-3).

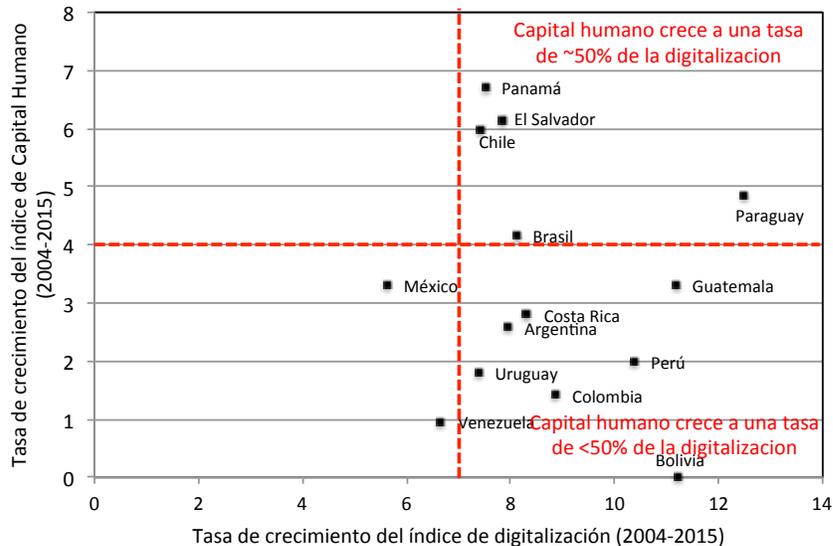
Gráfico IX-3. América Latina y el Caribe: Índice de Digitalización versus Índice de Capital Humano (2004-2016)



Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

De acuerdo a las series del gráfico 3, el índice de digitalización en América Latina ha crecido a una tasa anual de 7.32%, mientras que el índice de capital humano lo ha hecho a una tasa de 2.78%. El rezago de la variable de capital humano en relación a la digitalización en América Latina y el Caribe no es homogéneo. Hay ciertos países con un desfase mayor que otros. Las diferencias más grandes entre las tendencias de países de la región pueden ser observadas en el gráfico IX-4.

Grafico IX-4. América Latina y el Caribe: Tasas de crecimiento del Índice de Digitalización vs. Índice de Capital Humano (2004-2015)



Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

Como puede observarse en el gráfico 4, la tasa de crecimiento del índice de capital humano en todos los países de la región entre el 2004 y el 2015 fue sustancialmente inferior a la del índice de digitalización. Asimismo, no se encontró una correlación positiva entre la tasa de crecimiento de ambos índices. Finalmente, el gráfico 4 permite diferenciar dos grupos de países: aquellos donde la tasa de crecimiento del índice de capital humano es aproximadamente la mitad de la del índice de digitalización (con lo cual se podría argumentar que existe un cierto equilibrio entre demanda y oferta de capital humano) y aquellas naciones donde el índice de capital humano está creciendo a una tasa inferior al 50% a la del índice de digitalización (con lo que se produce un desfase entre demanda y oferta de capital humano). Es importante observar el número importante de países que se encuentra en la última categoría (Guatemala, Costa Rica, Argentina, Perú, Uruguay, Colombia y Venezuela).

Qué es lo que explica este desfase en el crecimiento de ambas variables? El avance de la digitalización latinoamericana en la última década estuvo mayormente motorizado por las mejoras en la oferta de servicios que hacen a la capacidad, asequibilidad, acceso y uso de tecnologías digitales. Por ejemplo, entre el 2004 y el 2015 el acceso tecnológico aumentó un 175% mientras el uso creció un 169%. Sin embargo, el índice de capital humano sólo avanzó 35%. Esta tendencia es preocupante. El aumento en el

nivel de accesibilidad y el uso de tecnologías digitales que no esta acompañado de un aumento en el nivel de capital humano resulta en una situación donde la digitalización corre el riesgo de frenar su impacto sostenido en el desarrollo, puesto que la tecnología no tendrá uso eficiente en términos productivos (tanto en términos de aumento de la digitalización de la producción como en el crecimiento de industrias digitales). Para que el efecto económico y social del aumento en los niveles de digitalización sea sostenido es necesario promover activamente políticas que mejoren los usos productivos de la tecnología y para ello es necesario repensar y activamente mejorar las políticas de formación de capital humano digital en la región. Esto requiere un mejor alineamiento entre las necesidades de formación y el tipo de perfil promedio del graduado del sistema universitario.

La región ha hecho un enorme progreso en materia de matriculación. En 1970 dos millones de jóvenes latinoamericanos en edad universitaria se encontraban matriculados en la educación superior. En el año 2000, la cifra ascendió a 13,5 millones y en el año 2008 está alcanzó 22 millones, equivalente al 13,8% de la matrícula terciaria a nivel mundial, por encima del peso poblacional de la región en el mundo (CINDA, 2011). Finalmente en el 2014, la matrícula alcanzó a registrar 26,4 millones. Sin embargo, el aumento de la matrícula no significa necesariamente un incremento proporcional en el número de graduados en disciplinas científicas y de ingeniería.

En relación a los títulos según disciplina científica en 2013, las ciencias sociales ocupan el primer lugar en América Latina representando el 54% del total de títulos. Le siguen luego la ingeniería y carreras de tecnología con un 14% y las ciencias médicas, 15%. Las disciplinas humanísticas representaron el 7% y las ciencias naturales el 6% (RICYT, 2015). En total, América Latina contabilizaba cerca de 36,000 graduados en carreras de ingeniería y tecnología en el 2013. Algunos países de la región se encontraban mejor posicionados en relación al porcentaje de titulación de grado en carreras de ingeniería y carreras tecnológicas. Mientras que en Brasil y Argentina representan cerca del 9% de los graduados, en Chile un 16%, en México los graduados en dichas carreras contabilizan un 24% y en Colombia un 22% (RICYT, 2015).

La sociedad de la información requiere mayor número de graduados en estas últimas disciplinas y esfuerzo por parte de las políticas públicas para mejorar el aprendizaje a nivel medio para que pueda ser un piso adecuado en el fomento a la demanda de estas carreras. Es prioritario que se reduzcan las asimetrías de información para que los aspirantes universitarios en condiciones preexistentes de acceso a las carreras técnicas opten por ellas, fomentando la circulación de información relevante en materia de salarios y empleabilidad esperados en estas áreas. En este punto, las asociaciones y cámaras empresarias cumplen un rol fundamental porque estas pueden señalar, a través de campañas de información, las ventajas económicas asociadas con optar por estas carreras.

A continuación se analizará la situación particular de Chile, Colombia y Perú para determinar hasta qué punto esta tendencia general puede ser identificada en cada uno de estos países.

X. CHILE

El análisis de la brecha de capital humano en lo referente al impacto en la digitalización para el caso chileno debe ser abordado en dos dimensiones. En primer lugar, se analiza cuál es la influencia que la falta de capacitación del personal empleado en empresas puede ejercer en el nivel de digitalización de la producción. Nos referimos en este caso no a la producción de mano de obra especializada por parte del sistema educativo, sino al nivel de entrenamiento del recurso humano ya empleado. En segundo lugar, se analiza la brecha de capital humano entre el aumento de la digitalización y la producción del sistema educativo. Es decir, hasta qué punto se está generando un nivel suficiente de capital humano para satisfacer las necesidades impuestas por la digitalización de la producción.

X.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

El análisis del nivel de desarrollo de la digitalización de la producción en Chile (incluido en el segundo entregable) concluyó que el país presenta un alto nivel de adopción de tecnologías digitales maduras (banda ancha, computación, etc.), combinado con un estadio intermedio de digitalización de las cadenas de aprovisionamiento y de procesamiento de materia prima, así como un bajo nivel de digitalización de las cadenas de distribución. Esta situación es relativamente consistente en todos los sectores industriales chilenos, aunque las comunicaciones y servicios financieros presentan una digitalización más avanzada (ver cuadro X-1).

Cuadro X-1. Chile: Digitalización por Sector Industrial (2014) (100-65: Avanzado; 65-45: Transicional; <45: Limitado)

	Infra estructura	Insumos	Procesamiento	Distribución	Total
Agricultura, ganadería, Caza y Pesca	64.37	39.68	60.53	17.12	49.07
Explotación de Minas y Canteras	66.05	40.69	61.78	27.94	52.02
Industrias manufactureras	74.20	53.48	72.03	35.25	59.72
Construcción	76.61	58.51	74.79	27.78	60.27
Comercio	58.66	35.22	56.09	28.85	48.49
Transporte y almacenamiento	68.36	34.36	66.69	16.70	49.95
Alojamiento y restaurantes	66.37	35.93	63.85	32.55	52.47
Información y comunicaciones	76.36	65.62	76.34	50.23	66.84
Actividades financieras	75.73	63.67	74.19	51.24	65.69
Actividades profesionales	77.13	61.70	74.38	36.16	62.61
Suministro de electricidad, gas y agua	76.30	62.37	75.14	47.27	64.94
Actividades administrativas	70.62	45.75	70.80	30.27	56.22
Otros servicios	67.10	38.73	62.40	32.22	52.82
Total	66.78	42.99	54.41	28.27	53.22

	Avanzado		Transicional		Limitado
--	----------	--	--------------	--	----------

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística. Cuarta Encuesta Longitudinal (2014); análisis del autor

Para reiterar, el análisis de digitalización por sector industrial revela, en términos generales, el alto nivel de adopción de tecnologías digitales maduras, combinado con

una más baja asimilación de las mismas en los procesos productivos. Esta diferencia fue explicada en el segundo entregable a partir de la falta de acumulación de capital intangible, definida esta como la ausencia generalizada de una reorganización de procesos de negocio para asimilar el potencial tecnológico, de la restructuración organizativa, así como por la capacitación limitada de personal en el manejo de tecnologías digitales. Este último factor está directamente ligado a la brecha en el desarrollo de recursos humanos.

Una pregunta de la Encuesta Longitudinal de Empresas chilena del 2014 permite adentrarse en la verificación de la importancia explicativa de la variable de capacitación del capital humano en la falta de acumulación de capital intangible. La respuesta a la pregunta en la Encuesta Longitudinal muestra que, a nivel agregado, 13.73% de los establecimientos encuestados consideran que los trabajadores de la empresa no están calificados para utilizar la última tecnología digital disponible. Los resultados por sector industrial indican que la estimación de falta de capacitación puede alcanzar 21.71% en empresas de alojamiento y restauración, y 19.73% en construcción (ver cuadro X-2).

Cuadro X-2. Chile: Porcentaje de empresas que consideran que el personal no está calificado para utilizar la última tecnología digital disponible (2014)

Sector Industrial	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	14.08%
Explotación de minas y canteras	17.32%
Industrias Manufactureras	17.13%
Construcción	19.37%
Comercio al por mayor y al por menor	12.74%
Transporte y almacenamiento	10.63%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	21.71%
Información y comunicaciones	13.29%
Actividades financieras y de seguros	6.66%
Actividades profesionales; científicas y técnicas	5.62%
Suministro de electricidad, gas y agua	17.98%
Actividades de servicios (Actividades inmobiliarias -Actividades de servicios administrativos y de apoyo)	10.06%
Otros servicios (Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas-Otras actividades de servicios)	8.51%
Total	13.73%

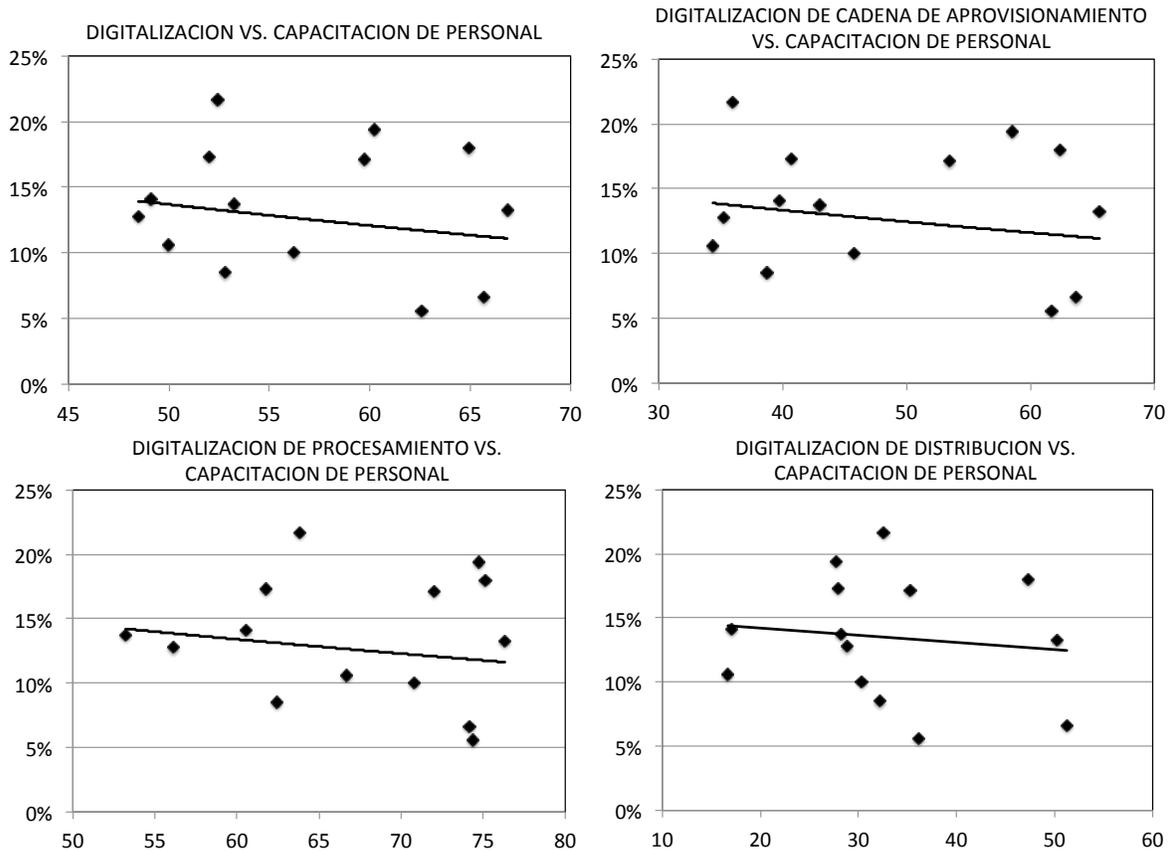
Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas, 2014

Como puede observarse en el cuadro 3, las brechas más importantes de personal calificado para operar las tecnologías digitales más recientes se ubican en los sectores de construcción, alojamiento y comidas, y suministro de electricidad, gas y agua. Por otro lado, los sectores con menor brecha son, como es de esperar, las actividades financieras, y las actividades profesionales, y transporte y abastecimiento.

Verificando la hipótesis planteada arriba, el nivel de digitalización de la producción por sector industrial está directamente correlacionado con el nivel de capacitación en tecnologías digitales de los empleados. El gráfico 5 presenta la relación entre el nivel de digitalización en los cuatro estadios de la cadena de valor – digitalización agregada,

digitalización de la cadena de aprovisionamiento, de procesamiento y de los canales de distribución – por sector industrial (situado en el eje horizontal de los cuatro diagramas de dispersión) y el porcentaje de empresas que consideran que su personal no está calificado para utilizar la última tecnología disponible.

Gráfico X-1. Chile: Correlación entre el nivel de digitalización y capacitación de personal (2014)



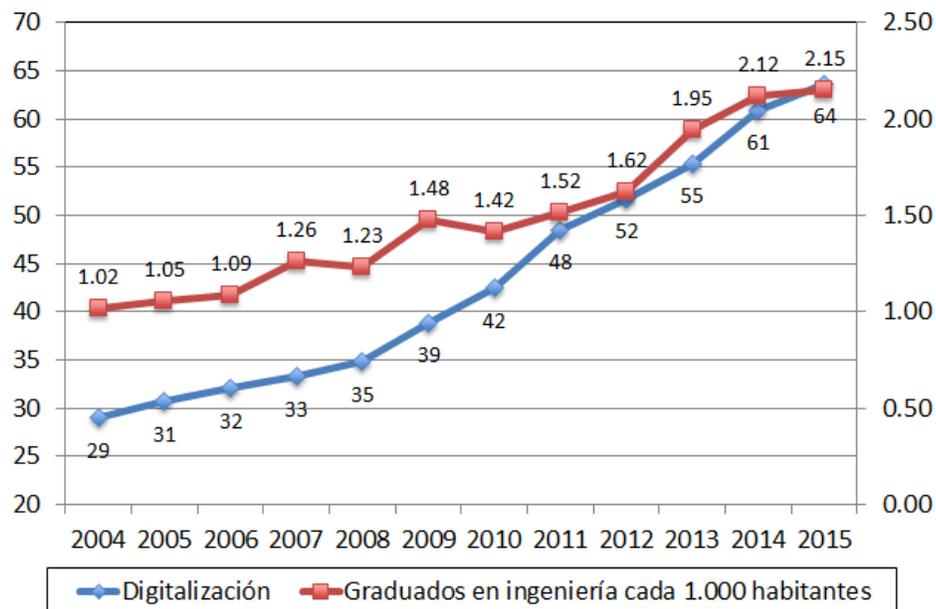
Fuente: análisis del autor de la Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas

Este análisis permite determinar que la falta de personal capacitado en tecnologías digitales tiene cierta influencia en el bajo nivel de digitalización de procesos productivos en Chile: en otras palabras, cuanto más alto es el porcentaje de empleados no calificados en el uso de tecnologías digitales, más bajo es el nivel de digitalización por sector industrial, tanto a nivel agregado como en términos de los tres estadios de la cadena de valor. Obviamente, como puede observarse, la relación es direccional y sumamente atenuada lo que indica la existencia de otras variables explicando los bajos niveles de digitalización de procesos productivos. Sin embargo, el análisis permite inferir que, cuanto menos, el aumento del nivel de capacitación del recurso humano puede tener un impacto en el nivel de digitalización de procesos productivos, sobre todo en lo que se refiere a las tecnologías digitales maduras.

X.2. Digitalización y generación de capital humano

La relación entre el nivel de digitalización y la capacidad del sistema educativo para generar suficiente capital humano en Chile puede ser analizada de diferentes maneras. En primer lugar, el gráfico X-2 presenta la evolución del índice de digitalización del país en relación al porcentaje de ingenieros respecto de la población total (asumiendo que esta última variable es representativa de la producción de capital humano digital).

Gráfico X-2. Chile: Evolución del índice de digitalización vs. Graduados en ingeniería cada 1.000 habitantes (2004-2015)



Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

Como puede observarse en el gráfico 6, el avance en la digitalización chilena a una tasa anual de 7.42%, ha sido acompañado por un incremento en el número de graduados en ingeniería y ciencias, a una tasa anual de 7.02%. De acuerdo a ello podría inferirse que ambas tendencias están alineadas y que el aumento en la producción de capital humano ha sido tan solo levemente inferior a las necesidades del avance de la digitalización.

Las estadísticas anuales del número de graduados de estudios terciarios en ingeniería, y ciencias en Chile¹⁵ confirma la tendencia al aumento de la población de ingenieros (ver cuadro X-3).

¹⁵ El indicador de la UNESCO consigna el número de graduados por área de estudio (Programas de educación; Programas de artes y humanidades; Programas de ciencias sociales; Programas de administración, negocios y leyes; Programas de matemática; estadística y ciencias naturales; Programas de información y comunicación; Programas de ingeniería, manufactura y construcción; Programas de agricultura, pesca y veterinaria; Programas de salud, Programas de servicio; y otros programas). Para el desarrollo del análisis se consideran a los graduados en los programas de ingeniería, manufactura y construcción, y a los de matemática, estadística y ciencias naturales.

Cuadro X-3. Chile: Graduados de nivel terciario en ingeniería y ciencias

Año	Total Graduados	Graduados en ingeniería y ciencias	Porcentaje de total graduados	Graduados en ingeniería y ciencias cada 1,000,000 habitantes
2004	67,185 (E)	16,289 (E)	24.24% (E)	1,018 (E)
2005	70,129 (E)	17,003 (E)	24.24% (E)	1,052 (E)
2006	73,203	17,748	24.24%	1,087
2007	87,485	20,839	23.82%	1,263
2008	92,230	20,521	22.25%	1,230
2009	121,915	24,928	20.45%	1,477
2010	120,464	24,164	20.02%	1,416
2011	133,448 (E)	26,149 (E)	19.59% (E)	1,515 (E)
2012	147,549	28,297	19.18%	1,622
2013	176,217 (E)	34,303 (E)	19.47%(E)	1,946 (E)
2014	191,141	37,767	19.76%	2,119
2015	195,713 (E)	38,670 (E)	19.76% (E)	2,148 (E)
2016	198,420 (E)	39,205 (E)	19.76% (E)	2,155 (E)
2017	197,301 (E)	38,984 (E)	19.76% (E)	2,122 (E)
TACC	8.64%	6.94%	-1.56%	5.81%

Fuente: análisis del autor en base a datos de UNESCO y CNED

De acuerdo a las estadísticas del cuadro X-3, si bien el número de graduados en ingeniería y ciencias de Chile ha crecido a una tasa anual de 6.94%, el número total de graduados ha progresado a una tasa mayor (8.64%). Esto determina que el porcentaje de graduados en ingeniería y ciencias del total de graduados universitarios se ha reducido entre el 2004 y el 2015. La diferencia entre el aumento en el número total de graduados en el nivel terciario y la misma estadística para las ciencias y la ingeniería revela el problema endémico en América Latina en lo que se refiere al perfil de capital humano necesario para apoyar el desarrollo de la digitalización. esto ya ha sido detallado en el capítulo anterior.

Corresponde mencionar, sin embargo, que la situación actual de la matrícula universitaria en Chile muestra una tendencia que podría revertir esta tendencia. En efecto, el análisis de la matrícula universitaria hasta el 2016 indica un progreso sostenido en términos de estudiantes cursando carreras tecnológicas (ver cuadro X-4).

Cuadro X-4. Chile: Estudiantes Universitarios Matriculados por disciplina (2005-2016)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Alumnos matriculados	637,434	668,853	713,701	755,177	816,578	904,109	989,394	1,035,267	1,080,569	1,126,019	1,152,951	1,168,901
Administración y Comercio	107,195	102,343	109,688	122,314	133,363	151,463	170,299	178,812	189,094	200,929	212,827	226,165
Agricultura, Silvicultura Pesca y Veterinaria	29,957	30,363	31,134	31,268	30,114	29,472	28,869	28,205	27,486	26,741	27,372	28,447
Arte y Arquitectura	44,674	48,631	50,255	52,082	52,566	55,148	55,092	54,214	53,378	52,004	51,286	51,043
Ciencias	12,010	12,171	12,509	13,587	13,841	14,284	14,531	14,458	14,887	16,075	16,518	16,647
Ciencias Sociales	59,472	61,691	61,804	62,528	65,411	70,548	75,211	77,552	79,734	83,585	85,342	88,902
Derecho	47,058	55,512	59,704	44,350	43,094	42,280	43,161	41,348	39,875	40,015	39,937	40,464
Educación	96,472	97,616	104,213	113,751	120,775	131,655	139,589	140,603	137,144	135,994	133,600	133,878
Humanidades	8,898	10,503	11,263	11,865	11,967	12,914	13,468	13,516	13,350	13,305	12,845	13,097
Salud	68,171	84,800	98,558	114,575	136,673	161,208	188,119	204,155	208,564	217,168	222,936	226,522
Tecnología	163,527	165,223	174,573	188,857	208,774	235,137	261,055	282,404	317,057	340,203	350,288	343,736
Tecnología (como % del total)	0.26	0.25	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.29	0.30	0.30	0.29

Fuente: Ministerio de Educación (Chile). Matricula del sistema de educación superior.

Como se observa en el cuadro 5, los estudiantes matriculados en carreras de tecnología en Chile se han duplicado entre el 2005 y el 2016. Esto permite proyectar que la situación desventajosa registrada hasta el 2015 reflejaba una tendencia de arrastre negativo que puede llegar a revertirse en el futuro cercano.

X.3. Conclusión

El análisis de la brecha de capital humano requerido para apoyar el desarrollo de la digitalización de la producción en Chile permite extraer las siguientes conclusiones:

- 13.73% de los establecimientos industriales consideran que sus trabajadores no están calificados para utilizar las tecnologías digitales. Los resultados por sector industrial indican que la estimación de falta de capacitación puede alcanzar 21.71% en empresas de alojamiento y restauración, y 19.73% en construcción, mientras que los sectores donde la falta de capacitación es un factor menos importante son las actividades financieras (6.66 % de los establecimientos encuestados) y las actividades científicas y técnicas (5.62 % de establecimientos).
- La falta de capacitación tecnológica de empleados representa una barrera en la limitada acumulación de capital intangible, lo que se traduce en un índice de digitalización inferior. En consecuencia, el aumento del nivel de capacitación de

la fuerza de trabajo tendrá un impacto en el nivel de digitalización de procesos productivos, sobre todo en lo que se refiere a las tecnologías digitales maduras.

- Si bien el avance en la digitalización chilena ha sido acompañado por un incremento en la capacidad del sistema educativo para generar graduados en disciplinas científicas y técnicas, la tasa de aumento en la producción de capital humano digital no ha sido suficiente en la pasada década para acomodar las necesidades del avance de la digitalización.
- Sin embargo, el aumento significativo de la matrícula de estudiantes universitarios en carreras tecnológicas permite proyectar que la situación desventajosa registrada hasta el 2015 reflejaba una tendencia de arrastre negativo que puede llegar a revertirse en el futuro cercano.

XI. COLOMBIA

De la misma manera como fue analizada la situación chilena, se estudiarán las principales brechas en capital humano para Colombia, primero abordando las barreras en términos de la fuerza de trabajo, y en segundo lugar analizando la capacidad del sector educativo para generar recursos humanos.

XI.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

Dos encuestas industriales colombianas proveen una perspectiva sobre la brecha de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo. Las encuestas anuales del DANE de empresas medianas y grandes de los sectores manufacturero, comercio y servicios presentan resultados a la pregunta que explica la no adopción de Internet debido a que “los empleados no saben usarlo” (ver cuadro XI-1).

Cuadro XI-1. Colombia: No uso de Internet debido a la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en empresas medianas y grandes¹⁶ (porcentaje de empresas que no usan Internet) (2015)

Sector	2014		2015	
	Empresas que no usan	Porcentaje de las que no usan debido a falta de capacitación	Empresas que no usan	Porcentaje de las que no usan debido a falta de capacitación
Servicios	2.0 %	10.0%	1.64 %	10.0 %
Comercio	1.9 %	10.8%	1.54 %	6.3 %
Manufactura	2.1 %	15.9%	1.95 %	16.7 %

Fuente: DANE. *Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de TIC en Empresas, 2015*

Como puede observarse en el cuadro 6, si bien la no adopción de Internet es extremadamente reducida en las empresas medianas y grandes colombianas, entre aquellas que no lo usan, la falta de capacitación es una variable explicativa importante.

¹⁶ Empresas de más de 10 empleados.

Cuando se analiza el universo de microempresas y pequeñas/medianas en base a la encuesta del Ministerio TIC, la no utilización de Internet aumenta significativamente, alcanzando 25% (ver cuadro XI-2).

Cuadro XI-2. Colombia: No uso de Internet en microempresas, pequeñas y medianas¹⁷ (2015)

Sector	Empresas que no usan
Manufactura	36 %
Comercio	22 %
Alojamiento y servicios de comida	56 %
Actividades profesionales, científicas y técnicas	3 %
Otras actividades de servicio	22 %
Otros sectores	54 %
Total	25%

Fuente: MITIC (2016). Encuesta de caracterización de las MIPYME colombianas y su relación con la tecnología

Entre los sectores más rezagados, se ubican las actividades de hotelería y restauración, así como la manufactura. De toda la muestra analizada, 6.11 % de los establecimientos explica que no usa Internet debido a la falta de capacitación¹⁸. En conclusión, la importancia de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en la justificación de la no adopción de Internet (y, por consiguiente, retraso en la digitalización) en Colombia aparece en el sector de mipymes.

En este contexto, la “Encuesta de caracterización de las MIPYME colombianas y su relación con la tecnología” (MITIC, 2016) analiza, entre otros aspectos, las necesidades de capacitación de la fuerza de trabajo en microempresas y pymes colombianas. Las respuestas permiten generar una visión de las barreras enfrentadas por las mipymes de este país (ver cuadro XI-3).

Cuadro XI-3. Colombia: Necesidades de capacitación de Mipymes (porcentaje de empresas) (2015)

Área	2013	2014	2015
Montaje de pagina web	25 %	40 %	48 %
Aprovechamiento de las redes sociales	21 %	37 %	45 %
Manejo de herramientas como Excel	24 %	41 %	43 %
Uso de computadoras	21 %	34 %	37 %
Montaje de aplicaciones móviles		39 %	40 %
Elaboración de contenidos de video, audio, o texto	17 %	38 %	38 %
Uso de herramientas colaborativas	18 %	40 %	37 %
Uso de tableta		30 %	26 %

Fuente: MITIC (2016)

¹⁷ 5,018 empresas de menos de 100 empleados.

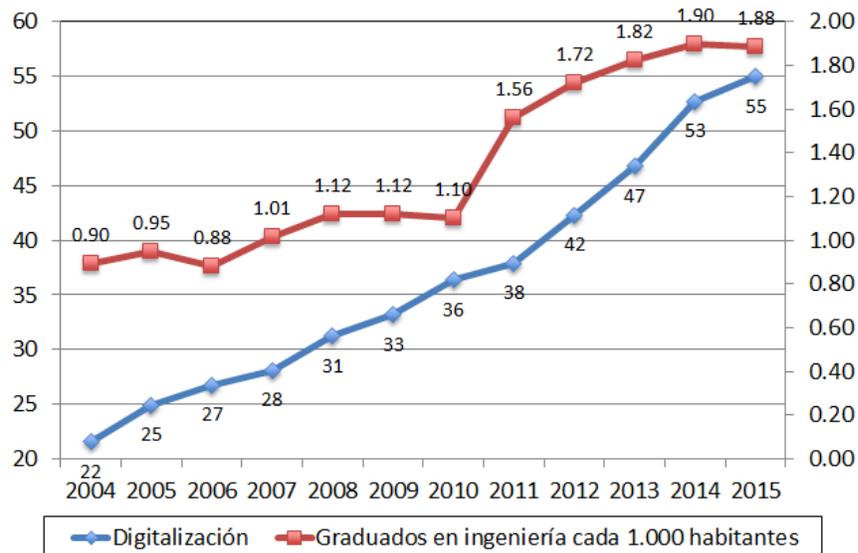
¹⁸ La pregunta expresa “Porque motivo no tiene contratado un servicio de Internet?” y provee la opción “No sabe utilizar los dispositivos para conectarse a Internet”.

Como puede observarse en el cuadro 8, las necesidades de capacitación aumentan en todas las áreas con la excepción de “uso de tableta”, con lo cual puede inferirse que la importancia de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en el sector de mipymes colombianas se ha acrecentado desde el 2013. En otras palabras, con la creciente sofisticación de tecnologías digitales y su impacto en los procesos de negocio, la importancia de la capacitación se acrecienta.

XI.2. Digitalización y producción de capital humano

Siguiendo un abordaje similar al utilizado en el análisis de la producción de capital humano en Chile, se analiza el caso colombiano. En primer lugar, el gráfico XI-1 presenta la evolución comparada del índice de digitalización del país y el número de graduados en ingeniería cada 1.000 habitantes.

Gráfico XI-1. Colombia: Evolución del índice de digitalización vs. Graduados en ingeniería y ciencias cada 1.000 habitantes (2004-2015)



Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

Como puede observarse en el gráfico XI-1, el avance en la digitalización colombiana a una tasa anual de 8.87%, si bien ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros, esta lo ha sido a una tasa anual de 6.98%. De acuerdo a ello podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que, por lo tanto, la brecha se está acrecentando.

Las estadísticas anuales del número de graduados de estudios terciarios en ingeniería, y ciencias¹⁹ confirma la tendencia histórica respecto de la población de ingenieros (ver cuadro XI-4).

Cuadro XI-4. Colombia: Graduados de nivel terciario en ingeniería y ciencias

Año	Total Graduados	Graduados en ingeniería y ciencias	Porcentaje de total graduados	Graduados en ingeniería y ciencias cada 1,000,000 habitantes
2004	146,349	37,949	25.93%	896
2005	139,753	40,720	29.14%	949
2006	146,543	38,127	26.02%	878
2007	177,947	44,501	25.01%	1,013
2008	206,308	49,843	24.16%	1,121
2009	212,445	50,450	23.75%	1,122
2010	227,378	50,047	22.01%	1,100
2011	299,792	71,885	23.98%	1,561
2012	344,904	80,086	23.22%	1,719
2013	351,790	85,833	24.40%	1,822
2014	359,607	90,503	25.17%	1,899
2015	374,738	90,721	24.21%	1,882
TACC	8.92%	8.25%	-0.62%	6.98%

Fuente: análisis del autor en base a datos de UNESCO y Ministerio de Educación de Colombia

De acuerdo a las estadísticas del cuadro 9, el número de graduados en ingeniería y ciencias de Colombia lo ha hecho a una tasa anual del 8.25%, mientras el total de graduados lo ha hecho a una tasa del 8.92%. Cuando se compara esta tendencia con la chilena presentada en el capítulo anterior, puede observarse que el crecimiento en el número de graduados en ingeniería y ciencias está más alineado con el crecimiento total de graduados.

De la misma manera que se observó un cambio importante en la tendencia con respecto a la producción universitaria de talento universitario en Chile, se registra un cambio en Colombia (ver cuadro XI-5).

¹⁹ El indicador de la UNESCO consigna el número de graduados por área de estudio (Programas de educación; Programas de artes y humanidades; Programas de ciencias sociales; Programas de administración, negocios y leyes; Programas de matemática; estadística y ciencias naturales; Programas de información y comunicación; Programas de ingeniería, manufactura y construcción; Programas de agricultura, pesca y veterinaria; Programas de salud, Programas de servicio; y otros programas). Para el desarrollo del análisis se consideran a los graduados en los programas de ingenierías manufactura y construcción; ya los de matemática, estadística y ciencias naturales.

**Cuadro XI-5. Colombia: Estudiantes Universitarios Matriculados por disciplina
(2005-2016)**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Agronomía, veterinaria y afines	2,270	2,515	2,037	2,586	2,981	3,090	3,339	8,032	8,302	7,599	7,666	6,487
Bellas artes	3,827	4,775	4,967	6,567	7,002	7,732	6,837	9,336	10,938	10,948	11,289	12,951
Ciencias de la educación	16,436	11,000	11,432	17,248	21,139	23,654	31,630	39,137	44,049	34,938	35,747	36,174
Ciencias de la salud	14,191	14,277	13,416	16,087	16,777	16,488	18,127	23,793	26,519	26,727	26,956	28,058
Ciencias sociales y humanas	25,637	24,055	32,651	39,405	50,934	47,744	48,479	50,589	58,454	57,658	52,992	57,873
Economía, administración, contaduría y afines	46,039	42,411	43,913	51,553	57,632	63,248	68,589	95,016	114,342	127,552	133,553	141,541
Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	35,690	38,083	35,095	41,330	46,218	46,630	46,040	66,983	74,850	80,154	84,305	84,974
Matemáticas y ciencias naturales	2,259	2,637	3,032	3,171	3,625	3,820	4,007	4,902	5,236	5,679	6,198	5,747
Sin clasificar	0	0	0	0	0	39	330	2,004	2,214	535	901	933

Fuente: Ministerio de Educación (Colombia). Graduados por Departamento.

Como se observa en el cuadro 10, la matrícula de estudiantes universitarios en carreras de ingeniería y afines, así como matemáticas y afines en Colombia ha crecido exponencialmente entre el 2004 y el 2015. Nuevamente, en base a estos datos se puede concluir que la tendencia histórica al desfasaje entre necesidades de la digitalización y producción del sistema educativo se esta revertiendo.

XI.3. Conclusión

El análisis de la brecha de capital humano en el contexto de la digitalización en Colombia permite extraer las siguientes conclusiones:

- Si bien el uso de Internet es extremadamente elevado en las empresas medianas y grandes colombianas, entre aquellas que no lo usan, la falta de capacitación es una variable explicativa importante.
- La relevancia de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en la justificación de la no adopción de Internet (y, por consiguiente, retraso en la digitalización) en Colombia aparece en el sector de mipymes. 6.11% de los establecimientos con menos de 100 empleados encuestados explica que no usa Internet debido a la falta de capacitación de sus empleados.
- Con la creciente sofisticación de tecnologías digitales y su impacto en los procesos de negocio, la importancia de la capacitación se acrecienta. El peso de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en el sector de mipymes colombianas se ha acrecentado desde el 2013.
- Si bien el avance en la digitalización colombiana ha sido acompañado por un incremento en la capacidad del sistema educativo para generar graduados en disciplinas científicas y técnicas, la tasa de aumento en la producción de capital

humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización.

- Sin embargo, el avance registrado en los últimos años en la matrícula de las ciencias relacionadas con la formación de capital humano en digitalización indica una tendencia positiva.

XII. PERÚ

A continuación se analizan las brechas de capital humano para el caso peruano. En primer lugar, se estudian las barreras en la fuerza de trabajo y en segundo lugar se analiza la capacidad del sector educativo para generar recursos humanos.

XII.1. Digitalización y capacitación de la fuerza de trabajo

La Encuesta Económica Anual del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú estima que hacia el 2015 8.2% de las empresas no accedían a Internet, mientras que 5.1% no usaban computadoras²⁰. A nivel de la fuerza de trabajo, 46.3% del personal ocupado no usaba computadoras, y 47.3% no accedía a Internet. La diferencia en el uso de Internet y computadoras entre empresa y empleado no adoptante de tecnología es relevante en la medida que demuestra la importancia de la capacitación individual para el manejo de tecnologías digitales (ver cuadro XI-6).

Cuadro XII-1. Perú: No Adopción de tecnologías Digitales en Empresas y Empleados por sector industrial (2014)

Sector Industrial	Empresas		Empleados	
	Computadoras	Internet	Computadoras	Internet
Agricultura y pesca	6.1	6.1	46.3	47.3
Hidrocarburos	4.0	4.0	62.8	64.1
Industrias manufactureras	2.7	4.4	21.6	31.8
Suministro de electricidad	14.6	15.7	13.2	22.5
Suministro de agua	1.0	6.7	48.9	54.7
Construcción	1.5	3.8	45.5	44.9
Comercio	8.6	12.7	43.8	47.3
Transporte y almacenamiento	3.8	6.0	54.8	55.4
Alojamiento y servicio de comida	3.8	9.2	64.5	66.2
Informática y comunicaciones	0.4	0.6	20.6	18.1
Actividades inmobiliarias	7.3	15.7	41.2	40.6
Actividades profesionales, científicas y técnicas	0.9	3.1	35.4	31.9
Actividades de servicios administrativos	1.2	3.6	50.8	51.2
Enseñanza privada	1.0	1.1	19.6	21.5
Atención de la salud	1.8	1.8	41.9	47.1
Actividades artísticas, entretenimiento	0.2	1.1	58.3	63.1
Otras actividades de servicios	0.3	7.5	49.0	47.3
Total	5.1	8.2	46.3	47.3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (2016). Encuesta Económica Anual

²⁰ Muestra de 75,798 empresas pequeñas, medianas y grandes.

Las estadísticas del cuadro XI-6 son ilustrativas en dos dimensiones. En primer lugar, como se adujo en el segundo entregable de este estudio, la adopción de tecnologías digitales por parte de empresas no es equivalente a la asimilación de las mismas en procesos productivos. Si bien la tasa de adopción de computación e Internet por parte de empresas es elevada en casi todos los sectores industriales peruanos (con excepción de empresas de suministro de electricidad, comercio y actividades inmobiliarias), el uso cotidiano de las mismas por parte de empleados es marcadamente reducido. Mientras que en algunos sectores la baja tasa de adopción puede ser relacionada con el tipo de ocupación (por ejemplo, los empleados en la hotelería y restauración), es razonable considerar que en la mayoría de casos, la misma se debe a la baja asimilación de digitalización de procesos productivos.

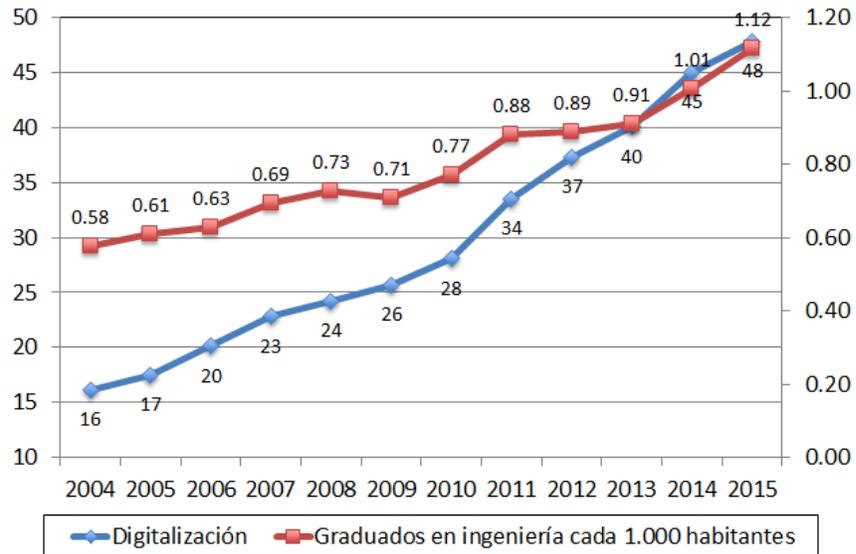
En segundo lugar, la diferencia en adopción entre empresas y empleados podría estar relacionada con un déficit en capacitación. En otras palabras, una gran masa de empleados no utiliza la tecnología simplemente porque no está preparada para hacerlo.

En este contexto, la misma encuesta reporta que 14.1% de las empresas respondió que ofreció cursos de capacitación en operaciones de banca electrónica (39.8%), herramientas de oficina como Excel (32.9%), manejo de redes sociales (28.7%), transacciones por Internet con proveedores de insumos (22.1%), diseño de página web (20.5%), operaciones con instituciones públicas (18.7%), entre otras funciones. De acuerdo a estas estadísticas es razonable considerar que dada la baja utilización de tecnología por parte de la fuerza de trabajo, el esfuerzo desplegado por empresas en términos de capacitación no es suficiente.

XII.2. Digitalización y producción de capital humano

Siguiendo un abordaje similar al utilizado en el análisis de la producción de capital humano en Chile, se analiza el caso peruano. En primer lugar, el gráfico XII-1 presenta la evolución del índice de digitalización del país en relación al número de graduados en ingeniería cada 1.000 habitantes.

Grafico XII-1. Perú: Evolución del índice de digitalización vs. Graduados en ingeniería y ciencias cada 1.000 habitantes (2004-2015)



Fuente: análisis del autor en base al Índice de Digitalización con datos de Telecom Advisory Services

Como puede observarse en el grafico 7, el avance en la digitalización peruana a una tasa anual de 10.38%, si bien ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros, esta lo ha sido a una tasa anual de 6.17%. De acuerdo a ello podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que la brecha esta acrecentandose.

Las estadísticas anuales del número de graduados de estudios terciarios en ingeniería, y ciencias²¹ confirma la tendencia en el aumento de la población de ingenieros (ver cuadro XII-2).

²¹ Se incluye a las carreras de ciencias de la computación, estadística, física, informática, todas las ingenierías, matemática y química en base a la información del Censo Universitario de INEI

Cuadro XII-2. Perú: Graduados de nivel terciario en ingeniería y ciencias

Año	Total Graduados	Graduados en ingeniería y ciencias	Porcentaje de total graduados	Graduados en ingeniería y ciencias cada 1,000,000 habitantes
2004	57,923	15,857 (e)	27.38% (e)	577
2005	61,948	16,959 (e)	27.38% (e)	610
2006	64,744	17,724 (e)	27.38% (e)	630
2007	72,113	19,741 (e)	27.38% (e)	693
2008	76,384	20,911 (e)	27.38% (e)	726
2009	75,546	20,681 (e)	27.38% (e)	710
2010	82,838	22,677 (e)	27.38% (e)	770
2011	96,011	26,284 (e)	27.38% (e)	882
2012	97,658	26,734 (e)	27.38% (e)	887
2013	101,327	27,739 (e)	27.38% (e)	910
2014	113,435	31,054 (e)	27.38% (e)	1,008
2015	126,990	34,764 (e)	27.38% (e)	1,116
TACC	7.40%	7.40%	0.00%	6.17%

Fuente: análisis del autor en base a datos de INEI

De acuerdo a las estadísticas del número de graduados en ingeniería y ciencias de Perú lo ha hecho a una tasa anual del 7.40%, la misma en lo que respecta al numero de graduados total. Esto indicaría que el perfil de la matrícula no se esta modificando favorablemente en dirección de la formación del talento digital.

XII.3. Conclusión

El análisis de la brecha de capital humano en el contexto de la digitalización de la producción en el Perú permite extraer las siguientes conclusiones:

- Si bien el uso de Internet y computación es elevado a nivel de empresas, la adopción individual de tecnología en la fuerza de trabajo es mucho mas reducida. Eso puede indicar la falta de asimilación de tecnologías digitales en procesos productivos.
- Si bien 14% de las empresas peruanas implementan programas de capacitación digital, considerando la baja utilización de tecnologías a nivel individual se puede inferir que este esfuerzo no es suficiente
- Si bien el avance en la digitalización en el Perua ha sido acompañado por un incremento en la capacidad del sistema educativo para generar graduados en disciplinas científicas y técnicas, la tasa de aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización. El avance en la digitalización peruana a una tasa anual de 10.38%, si bien ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros, esta lo ha sido a una tasa anual de 6.17%. De acuerdo a ello podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido

suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que la brecha esta acrecentandose.

- En este contexto, la tendencia en la matricula actual detectada en Chile y Colombia donde se observó un aumento marcado de graduados en disciplinas de ingeniería y ciencias indicando una reversión de la tendencia histórica, no es registrada en el caso peruano.

XIII. ANALISIS COMPARADO

En conclusión, el análisis de la brecha de capital humano en América Latina, particularmente en Chile, Colombia, y Perú permite identificar un panorama complejo.

En primer lugar, el nivel de capacitación digital de la fuerza de trabajo es limitado. Esta variable tiene una importancia explicativa en la falta de acumulación de capital intangible y de avance a la digitalización de la producción. En Chile, 13.73% de los establecimientos industriales consideran que sus trabajadores no están calificados para utilizar las tecnologías digitales (la estimación de falta de capacitación puede alcanzar 21.71% en empresas de alojamiento y restauración, y 19.73% en construcción). En Colombia, si bien el uso de Internet (y la capacitación de personal) es extremadamente elevado en las empresas medianas y grandes colombianas, entre aquellas que no lo usan, la falta de capacitación es una variable explicativa importante. La relevancia de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en la justificación de la no adopción de Internet (y, por consiguiente, retraso en la digitalización) en Colombia aparece de manera mas clara en el sector de mipymes. 6.11% de los establecimientos con menos de 100 empleados encuestados explica que no usa Internet debido a la falta de capacitación de sus empleados. Con la creciente sofisticación de tecnologías digitales y su impacto en los procesos de negocio, la importancia de la capacitación se acrecienta. El peso de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en el sector de mipymes colombianas se ha acrecentado desde el 2013. Finalmente, en el caso peruano, si bien la tasa de adopción de computación e Internet por parte de empresas es elevada en casi todos los sectores industriales, el uso cotidiano de las mismas por parte de empleados es marcadamente reducido. A nivel de la fuerza de trabajo, 46.3% del personal ocupado no usaba computadoras, y 47.3% no accedía a Internet. La falta de capacitación tecnológica de empleados representa una barrera en la limitada acumulación de capital intangible, lo que se traduce en un índice de digitalización inferior. En consecuencia, el aumento del nivel de capacitación de la fuerza de trabajo tendrá un impacto en el nivel de digitalización de procesos productivos, sobre todo en lo que se refiere a las tecnologías digitales maduras.

En segundo lugar, el desarrollo acelerado de la digitalización no ha sido acompañado en la última década por cambios en la producción de talento en el nivel terciario. Si bien el avance en la digitalización chilena ha sido seguido por un incremento en la capacidad del sistema educativo para generar graduados en disciplinas científicas y técnicas. Así, la tasa de aumento en la producción de capital humano digital no ha sido

suficiente en la pasada década para acomodar las necesidades del avance de la digitalización. El avance en la digitalización colombiana a una tasa anual de 8.87%, si bien ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros, esta lo ha sido a una tasa anual de 6.98%. De acuerdo a ello podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que, por lo tanto, la brecha se está acrecentando. Finalmente, el avance en la digitalización peruana a una tasa anual de 10.38%, ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros a una tasa anual de 6.17%. De acuerdo a ello también podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que la brecha esta acrecentándose

El desfasaje entre oferta y demanda de talento digital se está revirtiendo al menos en el caso chileno y colombiano debido al aumento exponencial de la matrícula de ingeniería y ciencias registrada en los últimos años. El aumento significativo de la matrícula de estudiantes universitarios en carreras tecnológicas de ambos países permite proyectar que la situación desventajosa registrada hasta el 2015 reflejaba una tendencia de arrastre negativo que puede llegar a revertirse en el futuro cercano. Esta tendencia todavía no se ha manifestado en el caso peruano.

ANALISIS DE PROGRAMAS DE CAPACITACION EN TECNOLOGIAS DIGITALES AVANZADAS

XIV. INTRODUCCIÓN

El propósito de este cuarto entregable del estudio “Industrialización Inclusiva y Sostenible en América Latina” es analizar programas de capacitación de recursos humanos en tecnologías de avanzada (por ejemplo, carreras de robótica, graduados por año, etc.). Para ello, se han analizado los programas universitarios de los tres países que constituyen el foco del estudio: Colombia, Chile y Perú.

Este documento comienza formalizando la lista de tecnologías digitales de avanzada que requieren la formación de recursos humanos. A continuación, se define la estructura de departamentos universitarios y programas que ofrecen formación académica y el tipo de carreras. Este análisis complementa el tercer entregable donde se cuantificó la capacidad del sistema educativo para generar suficientes recursos humanos para apoyar la transformación digital de las economías latinoamericanas. Finalmente, la conclusión presenta una perspectiva comparada de la situación de los tres países.

XV. FORMALIZACION DE LA LISTA DE TECNOLOGIAS DIGITALES DE AVANZADA

El primer entregable de este estudio estableció la diferencia entre tecnologías digitales maduras y avanzadas. Entre las tecnologías digitales maduras, se consideraban la banda ancha, computación y sistemas informativos, y telecomunicaciones móviles. Entre las tecnologías digitales de avanzada se contaban la robótica, la inteligencia artificial (aprendizaje de maquinas o machine learning), computación en la nube, Internet de las Cosas, impresión 3D, y sensores de diverso tipo.

La distinción entre tecnologías maduras y de avanzada está basada no en su posicionamiento en el ciclo de I+D de cada tecnología (es decir si ya han sido desarrolladas y están disponibles para su asimilación en procesos productivos), sino en el estado de la mismas en el proceso de adopción masiva. En términos generales, todo ciclo de vida tecnológico está compuesto por tres etapas: desarrollo, adopción, e impacto económico. En este sentido, una tecnología de avanzada ya puede haber sido desarrollada (al menos en sus aspectos esenciales para ser incorporada en un proceso productivo) pero todavía está transitando las etapas iniciales de adopción. La comprensión de la diferencia entre las tres etapas del ciclo de vida tecnológico puede ser ilustrada a partir del desarrollo de la digitalización de procesos productivos.

De la misma manera que otras revoluciones tecnológicas como la máquina de vapor, el telégrafo y el automóvil, la digitalización evoluciona en termino de “olas” (Katz, 2017). La primera ola estaba asociada con la introducción y adopción de tecnologías maduras, como lo son los sistemas de gestión, el procesamiento automático de datos aplicados al

monitoreo de negocios, y las tecnologías de telecomunicaciones que permiten el acceso remoto a información. La segunda ola de digitalización involucró la difusión de Internet y sus correspondientes plataformas (buscadores, “marketplaces”, etc.) que permiten la vinculación entre consumidores y empresas y entre empresas para la compra de insumos y la distribución al mercado. Finalmente, la tercer ola incluye la difusión de tecnologías enfocadas en el mejoramiento de la toma de decisiones gerenciales, así como la automatización de operaciones rutinarias llevadas adelante en la producción de bienes. La periodicidad de cada ola permite visualizar la diferencia entre ciclos de vida (ver cuadro XV-1).

Cuadro XV-1. Digitalización: Innovación tecnológica, adopción e impacto

Innovación tecnológica	Desarrollo	Adopción	Impacto económico y social
1era Ola: computación, banda ancha, telecomunicaciones móviles	1950 - 1975	1960 - 2000	1990 - 2010
2da Ola: Plataformas de Internet, computación en la nube	1970 - 1990	1995 - en proceso	2005 - en proceso
3er Ola: Internet de las Cosas, Robótica, Inteligencia Artificial, Aprendizaje de maquinas, Blockchain	1980 - en proceso	2010 - en proceso	2020 - en proceso

Fuente: elaboración del autor

En este contexto, las brechas de capital humano deben ser conceptualizadas en términos de a la ola referida, así como a la etapa considerada. Por ejemplo, brechas de capital humano en la etapa de desarrollo se refieren a la formación limitada de investigadores involucrados en la creación de nuevos productos, mientras que la falta de capital humano en la etapa de adopción se refiere a la provisión limitada de recursos para la asimilación de tecnología en empresas. Al más alto nivel, un investigador involucrado en el desarrollo de tecnologías digitales se ha graduado con un título de grado, y un posgrado de por lo menos una maestría, y mejor aún, un doctorado. Por otro lado, un profesional dedicado a la incorporación de tecnología digital en procesos productivos debe poseer una certificación de estudios de grado y quizás una maestría.

Estos conceptos genéricos debe ser adaptados a cada ola de digitalización. Por ejemplo, en lo que se refiere a las primeras dos olas, es posible utilizar recursos que no hayan completado estudios de grado o que hayan recibido un diploma de dos años de estudio (como por ejemplo, una tecnicatura o certificado). Este no es el caso para la tercera ola considerando que la implantación de tecnologías de avanzada en procesos productivos requiere al menos un título de grado (ingeniero de sistemas o una maestría). De esta manera, el siguiente análisis de brechas en los programas de formación de capital humano en el marco de la digitalización se enfocará en cada una de las olas de innovación y etapas del ciclo de vida (es decir diferenciando desarrollo, o I+D, de adopción).

XVI. CHILE

XVI.1. Metodología

La compilación de programas de capacitación en tecnologías digitales avanzadas procede de manera gradual, ajustando la búsqueda a partir del número total de universidades en Chile. A partir de este universo, se eliminan todas las instituciones que no ofrecen diplomas en computación, ingeniería eléctrica, o estadística²²). Una vez compilada la lista de universidades que ofrecen por lo menos un diploma en las disciplinas mencionadas arriba, se identificaron aquellos que incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, y big data/analíticos. Con ello se obtuvo la lista de todos los diplomas y cursos disponibles para Chile.

En algunos casos, los sitios de Internet de la Universidad proveen información sobre el número de profesores o estudiantes. Esto fue incluido en la base de datos. En muchos casos, se intento contactar directamente al departamento requiriendo esta última información, aunque la tasa de respuesta fue muy reducida.

XVI.2. Universidades y programas

Chile posee 85 universidades²³. De las mismas, 53 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información (ver cuadro XVI-1).

Cuadro XVI-1. Chile: Universidades con programas en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Ranking en Chile ²⁴
1	Universidad de Chile (pública)	1
2	Pontificia Universidad Catolica de Chile (privada)	2
3	Universidad de Concepción (pública)	3
4	Universidad de Santiago de Chile (pública)	4
5	Universidad Técnica Federico Santa María (privada)	5
6	Universidad Diego Portales (privada)	6
7	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso María (privada)	7
8	Universidad Austral de Chile (privada)	8
9	Universidad de Valparaíso (pública)	9
10	Universidad Andrés Bello (privada)	10
11	Universidad de la Frontera (pública)	11
12	Universidad de Talca (pública)	12
13	Universidad del Bio-Bio (pública)	13
14	Universidad Catolica del Norte (pública)	14
15	Universidad de Tarapacá (privada)	15
16	Universidad de la Serena (pública)	16
17	Universidad Adolfo Ibáñez (privada)	17
18	Universidad de los Lagos (pública)	18
19	Universidad del Desarrollo (privada)	19
20	Universidad de los Andes Santiago de Chile (privada)	20
21	Universidad Catolica de Temuco (pública)	21
22	Universidad de Antofagasta (pública)	22
23	Universidad Catolica de la Santísima	23

²² Se incluye la disciplina de estadística dado que muchos programas de aprendizaje de máquinas son alojados en estos departamentos.

²³ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

²⁴ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

24	Universidad Arturo Prat (pública)	24
25	Universidad de Magallanes (pública)	25
26	Universidad Católica del Maule (pública)	26
27	Universidad Mayor Chile	27
28	Universidad Santo Tomás Santiago de Chile	28
29	Universidad Autónoma de Chile (privada)	30
30	Universidad San Sebastián Chile	31
31	Universidad de Playa Ancha Valparaíso (pública)	32
32	Universidad de Atacama (pública)	33
33	Universidad Tecnológica Metropolitana (pública)	35
34	Universidad Central de Chile	36
35	Universidad Católica Silva Henríquez (privada)	37
36	Universidad Bernardo O'Higgins (privada)	38
37	Universidad Tecnológica de Chile (pública)	39
38	Universidad Finis Terrae (privada)	40
39	Duocuc Universidad Católica (privada)	43
40	Universidad Adventista Católica (privada)	44
41	Universidad de las Américas Chile (privada)	45
42	Universidad de Vina del Mar	46
43	Universidad de Artes Ciencias y Comunicación (privada)	47
44	Universidad Pedro de Valdivia (Universidad Mariano Egana)	55
45	Universidad Ciencias de la informática (privada)	56
46	Instituto Profesional de Chile (privada)	60
47	Universidad La República (privada)	62
48	Universidad Internacional SEK Autónoma (privada)	63
49	Universidad de Aconcagua (privada)	67
50	Universidad iberoamericana de Ciencias y tecnologías (privada)	72
51	Instituto de ciencias tecnológicas CIISA (privada)	74
53	Academia politécnica Militar (pública)	77

Fuente: compilación del autor

Estas universidades alojan un total de 109 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones (ver cuadro XVI-2).

Cuadro XVI-2. Chile: Programas universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Programas
1	Universidad de Chile	ingeniería en información y control de gestión
		Ingeniería de negocios con tecnologías de información
		Magister Ciencias, mención computación
2	Pontificia Universidad Católica de Chile	Sistemas Autónomos y Robóticos
		ingeniería en tecnologías de la información
		ingeniería de sistemas
3	Universidad de Concepción	ingeniería electrónica
		ingeniería en telecomunicaciones
		ingeniería informática
		ciencias de la computación
4	Universidad de Santiago de Chile	ingeniería informática
		ingeniería eléctrica
5	Universidad Técnica Federico Santa María	ingeniería electrónica
		ingeniería informática
		ingeniería civil telemático
6	Universidad Diego Portales	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones
7	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Estadística
		ingeniería en informática
		ingeniería electrónica
8	Universidad Austral de Chile	ingeniería civil electrónica
		ingeniería civil en informática
9	Universidad de Valparaíso	ingeniería civil en informática
		ingeniería en estadística

10	Universidad Andrés Bello	ingeniería en automatización y robótica
		ingeniería civil informática
		ingeniería en computación e informática
		ingeniería en telecomunicaciones
11	Universidad de la Frontera	ingeniería de computación e informática
		ingeniería de sistemas
		ingeniería eléctrica
12	Universidad de Talca	Ingeniería Civil en Computación
		Ingeniería civil mecatrónica
		Ingeniería civil en bioinformática
		Sistemas de Ingeniería
13	Universidad del Bio-Bio	ingeniería civil en automatización
		ingeniería de ejecución en electrónica
14	Universidad Católica del Norte	ingeniería en computación e informática
		Ingeniería informática
15	Universidad de Tarapacá	Ingeniería de software
		ingeniería de gestión y tecnología
		ingeniería eléctrica-electrónica
		ingeniería civil en computación e informática
16	Universidad de la Serena	Mecánica computacional
17	Universidad Adolfo Ibáñez	Ingeniería industrial e investigación de Operaciones
		ingeniería civil informática
18	Universidad de los Lagos	ingeniería civil en informática
19	Universidad del Desarrollo	ingeniería industrial y de sistemas
20	Universidad de los Andes Santiago de Chile	ingeniería civil en ciencias de la computación
		Ingeniería civil eléctrica
21	Universidad Católica de Temuco	ingeniería en informática
22	Universidad de Antofagasta	ingeniería de ejecución en electrónica
23	Universidad Católica de la Santísima	ingeniería civil informática
24	Universidad Arturo Prat	ingeniería civil en computación e informática
		ingeniería civil electrónica
25	Universidad de Magallanes	Ingeniería civil en Computación e informática
		ingeniería en computación e informática
26	Universidad Católica del Maule	ingeniería civil informática
		ingeniería ejecución en computación e informática
		ingeniería civil electrónica
27	Universidad Mayor Chile	ingeniería en informática
		ingeniería civil computación e informática; ingeniería civil en informática
		ingeniería en informática
28	Universidad Santo Tomás Santiago de Chile	ingeniería en informática
29		ingeniería en electricidad y electrónica industrial
30	Universidad Autónoma de Chile	ingeniería civil en informática
		ingeniería en informática
31	Universidad San Sebastián Chile	ingeniería civil informática
32	Universidad de Playa Ancha Valparaíso	ingeniería en informática
33	Universidad de Atacama	Ingeniería Civil en Computación e informática; informática y ciencias de la computación
		Tecnologías de la información e innovación
34	Universidad Tecnológica Metropolitana	ingeniería civil electrónica
		ingeniería en informática; ingeniería civil en computación mención informática
35	Universidad Central de Chile	ingeniería civil en computación e informática
36	Universidad Católica Silva Henríquez	ingeniería en informática
37	Universidad Bernardo O'Higgins	ingeniería en informática
38	Universidad Tecnológica de Chile	gestión de tecnologías de la información
		ingeniería en automatización y control industrial
		ingeniería en informática
		ingeniería electrónica
39	Universidad Finis Terrae	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones
40	Doce Universidad Católica	ingeniería en informática
		ingeniería en electricidad y automatización industrial
41	Universidad Adventista Católica	ingeniería en informática
		ingeniería en electrónica y telecomunicaciones
42	Universidad de las Américas Chile	ingeniería civil en computación e informática
		ingeniería de ejecución en informática
43	Universidad de Viña del Mar	ingeniería civil informática

45	Universidad de Artes Ciencias y Comunicación	ingeniería informática multimedia
45	Universidad Pedro de Valdivia (Universidad Mariano Agana)	ingeniería industrial
46	Universidad Ciencias de la informática	Análisis de sistemas
		ingeniería en informática
		Ingeniería civil informática
		Ingeniería en ejecución en informática plan especial
47	Instituto Profesional de Chile	ingeniería en informática
		ingeniería en electricidad y electrónica
		ingeniería en mecánica automotriz y autotronics
		automatización y control industrial
48	Universidad La Republica	ingeniería civil industrial
49	Universidad Internacional SEK Autónoma	ingeniería en computación e informática
50	Universidad de Aconcagua	ingeniería civil industrial
		automatización y control industrial
51	Universidad iberoamericana de Ciencias y tecnologías	ingeniería de ejecución en electrónica
		ingeniería civil electrónica
		ingeniería civil informática
52	Instituto de ciencias tecnológicas CIISA	ingeniería en informática
		análisis de sistemas
		programación computacional
53	Academia politécnica Militar	Ingeniería en sistemas de armas; mención en vehículos militares
		Ingeniería en sistemas tecnológicos de la información y comunicación;
		mención en informática y computación

Fuente: compilación del autor

De estos 109 programas de nivel terciario, 81 incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, o big data/analíticos (ver cuadro XVI-3).

Cuadro XVI-3. Chile: Programas en Tecnologías Digitales Avanzadas

Nu- mero	Universidad	Programas	Robótica / Control	Inteligencia Artificial	Big data /analíticos
1	Universidad de Chile	ingeniería en información y control de gestión	x		x
		Ingeniería de negocios con tecnologías de información	-	-	-
		Magister Ciencias, mención computación	-	-	-
2	Pontificia Universidad Católica de Chile	Sistemas Autónomos y Robóticos	x	x	
		ingeniería en tecnologías de la información	x	x	
		ingeniería de sistemas	x		
3	Universidad de Concepción	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería en telecomunicaciones	x		
		ingeniería informática		x	
		ciencias de la computación		x	
4	Universidad de Santiago de Chile	ingeniería informática			x
		ingeniería eléctrica	x		
5	Universidad Técnica Federico Santa María	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería informática		x	
		ingeniería civil telemático			x
6	Universidad Diego Portales	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones	-	-	-
7	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Estadística	x		
		ingeniería en informática	-	-	-
		ingeniería electrónica	x		
8	Universidad Austral de Chile	ingeniería civil electrónica	x		
		ingeniería civil en informática	x		x
9	Universidad de Valparaíso	ingeniería civil en informática			x
		ingeniería en estadística			x
		ingeniería en automatización y robótica	x		
10	Universidad Andrés Bello	ingeniería civil informática		x	
		ingeniería en computación e informática	-	-	-
		ingeniería en telecomunicaciones	x		
11	Universidad de la Frontera	ingeniería de computación e informática		x	

		ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería eléctrica	x		
12	Universidad de Talca	Ingeniería Civil en Computación		x	
		Ingeniería civil meca trónica	x		
		Ingeniería civil en bioinformática			x
		Sistemas de Ingeniería	-	-	-
13	Universidad del Bio bío	ingeniería civil en automatización	x		
		ingeniería de ejecución en electrónica	x		
14	Universidad Catolica del Norte	ingeniería en computación e informática	x		
		Ingeniería informática	x	x	x
15	Universidad de Tarapacá	Ingeniería de software	N/A	N/A	N/A
		ingeniería de gestión y tecnología	N/A	N/A	N/A
		ingeniería electrica-electronica	x		
		ingeniería civil en computación e informática			x
16	Universidad de la Serena	Mecánica computacional	x		
17	Universidad Adolfo Ibáñez	Ingeniería industrial e investigación de Operaciones			x
		ingeniería civil informática	x		x
18	Universidad de los Lagos	ingeniería civil en informática		x	x
19	Universidad del Desarrollo	ingeniería industrial y de sistemas	-	-	-
20	Universidad de los Andes Santiago de Chile	ingeniería civil en ciencias de la computación	x	x	
		Ingeniería civil eléctrica	x	x	
21	Universidad Catolica de Temuco	ingeniería en informática		x	x
22	Universidad de Antofagasta	ingeniería de ejecución en electrónica	x		
23	Universidad Catolica de la Santísima	ingeniería civil informática		x	
24	Universidad Arturo Prat	ingeniería civil en computación e informática		x	x
		ingeniería civil electrónica	x		
25	Universidad de Magallanes	Ingeniería civil en Computación e informática	-	-	-
		ingeniería en computación e informática	-	-	-
26	Universidad Catolica del Maule	ingeniería civil informática		x	
		ingeniería ejecución en computación e informática	-	-	-
27	Universidad Mayor Chile	ingeniería civil electrónica	x		
		ingeniería en informática	x	x	
		ingeniería civil computación e informática; ingeniería civil en informática	x	x	x
28	Universidad Santo Tomas Santiago de Chile	ingeniería en informática	-	-	-
		ingeniería en electricidad y electrónica industrial	x		
29	Universidad Autónoma de Chile	ingeniería civil en informática		x	
		ingeniería en informática	-	-	-
30	Universidad San Sebastián Chile	ingeniería civil informática			x
31	Universidad de Playa Ancha Valparaíso	ingeniería en informática		x	
32	Universidad de Atacama	Ingeniería Civil en Computación e informática; informática y ciencias de la computación		x	
		Tecnologías de la información e innovación	-	-	-
33	Universidad Tecnológica Metropolitana	ingeniería civil electrónica	x		
		ingeniería en informática;			x
34	Universidad Central de Chile	ingeniería civil en computación e informática		x	
35	Universidad Catolica Silva Henríquez	ingeniería en informática	-	-	-
36	Universidad Bernardo O'Higgins	ingeniería en informática	-	-	-
37	Universidad tecnológica de Chile	gestión de tecnologías de la información	-	-	-
		ingeniería en automatización y control industrial	x	x	
		ingeniería en informática			x
38	Universidad Finis Terrae	ingeniería electrónica	x		
39	Doc Universidad Catolica	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones	-	-	-
40	Universidad Católica	ingeniería en informática			x
41	Universidad Adventista Católica	ingeniería en electricidad y automatización industrial	x		
42	Universidad de las Américas Chile	ingeniería en informática	-	-	-
ingeniería en electrónica y telecomunicaciones		x			
43	Universidad de Vina del Mar	ingeniería civil en computación e informática		x	
		ingeniería de ejecución en informática	-	-	-
44	Universidad de Artes Ciencias y Comunicación	ingeniería civil informática	N/A	N/A	N/A
45	Universidad de Artes Ciencias y Comunicación	ingeniería informática multimedia	-	-	-
45	Universidad Pedro de Valdivia (Universidad Mariano Egana)	ingeniería industrial	x		-
46	Universidad Ciencias de la informática	Análisis de sistemas	x		

		ingeniería en informática			x
		Ingeniería civil informática	x		x
		Ingeniería en ejecución en informática plan especial			x
47	Instituto Profesional de Chile	ingeniería en informática			x
		ingeniería en electricidad y electrónica	x		
		ingeniería en mecánica automotriz y autotónica automatización y control industrial	x		
48	Universidad La Republica	ingeniería civil industrial	x		
49	Universidad Internacional SEK Autónoma	ingeniería en computación e informática	x		
50	Universidad de Aconcagua	ingeniería civil industrial			x
		automatización y control industrial	x		
		ingeniería de ejecución en electrónica	x		
51	Universidad Iberoamericana de Ciencias y tecnología	ingeniería civil electrónica	x		
		ingeniería civil informática		x	x
52	Instituto de ciencias tecnológicas CIISA	ingeniería en informática	-	-	-
		análisis de sistemas	-	-	-
		programación computacional	-	-	-
53	Academia politécnica Militar	Ingeniería en sistemas de armas; mención en vehículos militares	x		
		ciencias de la computación	x	x	

Fuente: compilación del autor

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunas de las universidades analizadas (ver cuadro XVI-4).

Cuadro XVI-4. Chile: Profesores en Tecnologías Digitales

Numero	Universidad	Departamentos	Profesores
1	Universidad de Chile	ingeniería en información y control de gestión	
		Ingeniería de negocios con tecnologías de información	
		Magister Ciencias, mención computación	
2	Pontificia Universidad Católica de Chile	Sistemas Autónomos y Robóticos	21
		ingeniería en tecnologías de la información	
		ingeniería de sistemas	19
3	Universidad de Concepción	ingeniería electrónica	
		ingeniería en telecomunicaciones	
		ingeniería informática	
		ciencias de la computación	15
4	Universidad de Santiago de Chile	ingeniería informática	19
		ingeniería eléctrica	31
5	Universidad Técnica Federico Santa María	ingeniería electrónica	25
		ingeniería informática	23
		ingeniería civil telemático	11
6	Universidad Diego Portales	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones	13
7	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Estadística	
		ingeniería en informática	11
		ingeniería electrónica	20
8	Universidad Austral de Chile	ingeniería civil electrónica	
		ingeniería civil en informática	
9	Universidad de Valparaíso	ingeniería civil en informática	10
		ingeniería en estadística	12
10	Universidad Andrés Bello	ingeniería en automatización y robótica	
		ingeniería civil informática	
		ingeniería en computación e informática	
		ingeniería en telecomunicaciones	
11	Universidad de la Frontera	ingeniería de computación e informática	6
		ingeniería de sistemas	
		ingeniería eléctrica	21
12	Universidad de Talca	Ingeniería Civil en Computación	
		Ingeniería civil mecatrónica	3
		Ingeniería civil en bioinformática	2

		Sistemas de Ingeniería	25
13	Universidad del Bio bío	ingeniería civil en automatización	
		ingeniería de ejecución en electrónica	
14	Universidad Católica del Norte	ingeniería en computación e informática	
		Ingeniería informática	
15	Universidad de Tarapacá	Ingeniería de software	
		ingeniería de gestión y tecnología	
		ingeniería eléctrica-electrónica	
		ingeniería civil en computación e informática	
16	Universidad de la Serena	Mecánica computacional	
17	Universidad Adolfo Ibáñez	Ingeniería industrial e investigación de Operaciones	27
		ingeniería civil informática	
18	Univer. de los Lagos	ingeniería civil en informática	5
19	Universidad del Desarrollo	ingeniería industrial y de sistemas	-
20	Universidad de los Andes Santiago de Chile	ingeniería civil en ciencias de la computación	-
		Ingeniería civil eléctrica	-
21	Universidad Católica de Temuco	ingeniería en informática	7
22	Universidad de Antofagasta	ingeniería de ejecución en electrónica	
23	Universidad Católica de la Santísima	ingeniería civil informática	-
24	Universidad Arturo Prat	ingeniería civil en computación e informática	7
		ingeniería civil electrónica	4
25	Universidad de Magallanes	Ingeniería civil en Computación e informática	18
		ingeniería en computación e informática	
26	Universidad Católica del Maule	ingeniería civil informática	13
		ingeniería ejecución en computación e informática	
27	Universidad Mayor Chile	ingeniería civil electrónica	16
		ingeniería en informática	-
		ingeniería civil computación e informática; ingeniería civil en informática	27
28	Universidad Santo Tomás Santiago de Chile	ingeniería en informática	-
		ingeniería en electricidad y electrónica industrial	-
29	Universidad Autónoma de Chile	ingeniería civil en informática	18
		ingeniería en informática	19
30	Universidad San Sebastián Chile	ingeniería civil informática	13
31	Universidad de Playa Ancha Valparaíso	ingeniería en informática	-
32	Universidad de Atacama	Ingeniería Civil en Computación e informática; informática y ciencias de la computación	9
		Tecnologías de la información e innovación	9
33	Universidad Tecnológica Metropolitana	ingeniería civil electrónica	-
		ingeniería en informática; ingeniería civil en computación mención informática	-
34	Universidad Central de Chile	ingeniería civil en computación e informática	-
35	Universidad Católica Silva Henríquez	ingeniería en informática	-
36	Universidad Bernardo O'Higgins	ingeniería en informática	11
37	Universidad tecnológica de Chile	gestión de tecnologías de la información	8
		ingeniería en automatización y control industrial	-
		ingeniería en informática	-
		ingeniería electrónica	-
38	Universidad Finis Terrae	ingeniería civil en informática y telecomunicaciones	4
39	Duoc Universidad Católica	ingeniería en informática	-
		ingeniería en electricidad y automatización industrial	-
40	Universidad Adventista Católica	ingeniería en informática	-
41		ingeniería en electrónica y telecomunicaciones	-
42	Universidad de las Américas Chile	ingeniería civil en computación e informática	-
43	Universidad de Vina del Mar	ingeniería civil informática	16
44	Universidad de Artes Ciencias y Comunicación	ingeniería informática multimedia	5
45	Universidad Pedro de Valdivia (Universidad Mariano Egana)	ingeniería industrial	-
46	Universidad Ciencias de la informática	Análisis de sistemas	-
		ingeniería en informática	-
		Ingeniería civil informática	-
		Ingeniería en ejecución en informática plan especial	-

47	Instituto Profesional de Chile	ingeniería en informática	-
		ingeniería en electricidad y electrónica	-
		ingeniería en mecánica automotriz y autotronica	-
		automatización y control industrial	-
48	Universidad La Republica	ingeniería civil industrial	-
49	Universidad Internacional SEK Autónoma	ingeniería en computación e informática	6
50	Universidad de Aconcagua	ingeniería civil industrial	-
		automatización y control industrial	-
		ingeniería de ejecución en electrónica	-
51	Universidad Iberoamericana de Ciencias y tecnología	ingeniería civil electrónica	-
		ingeniería civil informática	-
52	Instituto de ciencias tecnológicas CIISA	ingeniería en informática	-
		análisis de sistemas	-
		programación computacional	-
53	Academia politécnica Militar	Ingeniería en sistemas de armas; mención en vehículos militares	-
		Ingeniería en sistemas tecnológicos de la información y comunicación; mención en informática y computación	-
Total			529

Fuente: compilación del autor

Considerando tan solo algunos de los 109 departamentos, se han podido identificar 529 profesores.

El cuadro XVI-5 presenta el numero de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como el numero de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro XVI-5. Chile: Oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Numero de Programas/cursos			Numero de Títulos (*)		
	Robótica /Control	Inteligencia Artificial/ML	Big data /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	25	12	11	8	22	39
Otras Universidades	24	14	13	0	5	57
Total	49	26	24	8	27	96

(*) Considera que una Universidad puede otorgar mas de un titulo en diferentes especialidades

Fuente: compilación del autor

Como puede observarse en el cuadro 5, la oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual Chile lleva adelante investigación básica y aplicada de alto nivel. Al mismo tiempo, esto puede tener un impacto en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores.

A nivel del énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada existe en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y big data son minoritarios²⁵. En general, la oferta esta concentrada en cursos aislados provistos en el marco de

²⁵ Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y big data esta limitada a unos pocos cursos, dado que Chile todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en machine learning).

programas genéricos de ingeniería eléctrica o análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades (por ejemplo, el diploma en Sistemas Autónomos y Robóticos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, o el Departamento de Ingeniería de Automatización y Robótica de la Universidad Andrés Bello).

Finalmente, la oferta de programas en tecnologías avanzadas esta concentrada en las veinte universidades con mas alto posicionamiento en el ranking chileno (diez de ellas son privadas). Las mismas concentran 50% de toda la oferta de cursos, todos los programas de doctorado y la mayor parte de la oferta de Maestrías en las disciplinas consideradas.

XVII. COLOMBIA

XVII.1 Metodología

La compilación de programas en tecnologías digitales avanzadas procedió de la misma manera como lo fue en el caso Chileno. A partir del universo total de instituciones de altos estudios, se eliminaron todas las universidades que no cuentan con al menos, un programa en computación, ingeniería eléctrica, o estadística²⁶). Una vez compilada la lista de universidades con al menos un programa en las disciplinas mencionadas arriba, se identificaron aquellos que incluyen en su curricula cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, y big data/analíticos. Para ello, se examinaron los programas identificando una oferta de cursos claramente mencionado en las tres áreas de análisis (robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, big data/analíticos) o bien se realizo una inferencia de acuerdo al siguiente mapa de categorización (ver cuadro XVII-6).

Cuadro XVII-6. Categorización de cursos

Nomenclatura de cursos	Asignación
<ul style="list-style-type: none"> • Control de sistemas • Simulación • Automatización 	Robótica / control
<ul style="list-style-type: none"> • Inteligencia de negocios • Analíticos de negocio • Marketing digital • Data mining 	Big data / analíticos
<ul style="list-style-type: none"> • Inteligencia Artificial • Interacción hombre- maquina • Sistemas inteligentes • Aprendizaje de maquinas 	Inteligencia Artificial / aprendizaje de maquinas

Con ello se obtuvo la lista de todos los programas y cursos disponibles para Colombia. En algunos casos, los sitios de Internet de la Universidad proveen información sobre el

²⁶ Se incluye la disciplina de estadística dado que muchos programas de aprendizaje de maquinas son alojados en estos departamentos.

numero de profesores o el numero de estudiantes. Esto fue incluido en la base de datos. En muchos casos, se intento contactar directamente al departamento requiriendo esta ultima informacion, aunque la tasa de respuesta fue muy baja.

El numero de profesores y titulos ofrecidos fue tambien obtenido de los sitios de cada uno de los departamentos de universidades.

XVII.2. Universidades y programas

Colombia posee 290 instituciones de estudio superior²⁷. De las mismas, 156 ofrecen programas de formacion en computacion, ingenieria electrica, o sistemas de informacion (ver cuadro XVII-7).

Cuadro XVII-7. Colombia: Universidades con programas en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Ranking en Colombia ²⁸
1	Universidad Nacional de Colombia	1
2	Universidad de los Andes Colombia	2
3	Universidad de Antioquia	3
4	Pontificia Universidad Javeriana	4
5	Universidad del Rosario	5
6	Universidad Pontificia Bolivariana	6
7	Universidad del Valle Cali	7
8	Universidad Antonio Narino	8
9	Universidad del Norte Barranquilla	9
10	Universidad Industrial de Santander	10
11	Universidad EAFIT	11
12	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	12
13	Universidad ICESI	13
14	Universidad Tecnológica de Pereira	14
15	Universidad de Cauca	15
16	Universidad de Cartagena	16
17	Universidad de la Sabana	17
18	Universidad de Caldas	18
19	Universidad del Tolima	19
20	Universidad Autónoma de Bucaramanga	20
21	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	21
22	Universidad de Medellín	22
23	Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca	23
24	Universidad del Magdalena	24
25	Universidad de Santander	25
26	Instituto Tecnológico Metropolitano	26
27	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	27
28	Universidad de Nariño	28
29	Universidad Autónoma de Occidente	29
30	Universidad de Ibagué	30
31	Universidad Autónoma del Caribe	31
32	Universidad CES	32
33	Universidad de Córdoba Colombia	33
34	Universidad de Pamplona	34
35	Universidad Pedagógica Nacional Bogotá	35
36	Universidad del Quindío	36
37	Universidad de La Salle Colombia	37

²⁷ Fuente: 42 Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

²⁸ Fuente: W43ebometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

38	Universidad del Atlántico	38
39	Universidad EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia	39
40	Universidad Santo Tomas Bogotá	40
41	Universidad Central Colombia	41
42	Universidad Tecnológica de Bolívar	42
43	Universidad Cooperativa de Colombia	43
44	Pontificia Universidad Javeriana Cali	44
45	Universidad El Bosque	45
46	Universidad Santiago de Cali	46
47	Corporación Universidad de la Costa	47
48	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	48
49	Universidad Sur colombiana	49
50	Universidad de los Llanos	51
51	Universidad Militar Nueva Granada	52
52	Universidad Externado de Colombia	54
53	Universidad Católica de Oriente	55
54	Universidad Autónoma de Manizales	56
55	Universidad de San Buenaventura Cali	57
56	Universidad Mariana Pasto Nariño	58
57	Universidad Sergio Arboleda	59
58	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	60
59	Universidad Católica de Colombia	61
60	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	62
61	Colegio de Estudios Superiores de Administración CESA	63
62	Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO	64
63	Universidad Libre Cali	66
64	Universidad Simón Bolívar Colombia	67
65	Corporación Universitaria del Caribe	69
66	Universidad Libre Colombia	70
67	Universidad EAN	71
68	Universidad Francisco de Paula Santander	72
69	Universidad de Manizales	73
70	Universidad Manuela Beltrán	74
71	Fundación Universitaria San Agustín	76
72	Corporación Universitaria Lasallista	77
73	Universidad de San Buenaventura Bogotá	78
74	Institución Tecnológica Colegio Mayor de Bolívar	79
75	Universidad del Sinú	81
76	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	82
77	Universidad de San Buenaventura Medellín	83
78	Fundación Universitaria Luis Amigó	84
79	Universitaria de Investigación y Desarrollo	85
80	Institución Universitaria Unión Latina UNILATINA	86
81	Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	89
82	Fundación Universitaria Católica del Norte	90
83	Universidad de Boyacá	91
84	Universidad Piloto de Colombia	92
85	Universidad Piloto de Colombia	92
86	Corporación Universitaria Adventista	93
87	Universidad Católica de Manizales	94
88	Universidad Autónoma de Colombia	95
89	Universidad Católica de Pereira (Popular del Risaralda)	96
90	Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia	98
91	Universidad Tecnológica del Chocó	100
92	Instituto Tecnológico del Putumayo	101
93	Universidad Autónoma Latinoamericana	102
94	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior	103
95	Instituto Caro y Cuervo Seminario Andrés Bello	105
96	Universidad Santo Tomás Bucaramanga	106
97	Universidad de la Guajira UNIGUAJIRA	107
98	Universidad Popular del Cesar	108
99	Universidad de la Amazonia Colombia	110
100	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	111
101	Tecnológico de Antioquia	113
102	Fundación Universitaria Ceipa	114

103	Institución Universitaria de Envigado	115
104	Corporación Universitaria UNITEC	116
105	Universidad Libre Barranquilla	117
106	Fundación Universitaria Sánitas UNISANITAS	118
107	Institución Universitaria Antonio José Camacho	119
108	Fundación Universitaria María Cano	120
109	Universidad de América Bogotá	121
110	Instituto Tecnológico Pascual Bravo	122
111	Fundación Universitaria de Popayán	125
112	Universidad Libre Seccional Pereira	126
113	Fundación Universitaria de San Gil	127
114	Fundación Universitaria Los Libertadores	128
115	Universidad Incca de Colombia	130
116	Unidad Central del Valle del Cauca	131
117	Corporación Universitaria Republicana	132
118	Corporación Universitaria Republicana	132
119	Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico	134
120	Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA	135
121	Universidad de Cundinamarca	137
122	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti CESMAG	138
123	Universitaria Agustiniiana (Nueva Colombia)	139
124	Politécnico Grancolombiano	140
125	Fundación Universidad San Martín	141
126	Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium	142
127	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena	143
128	Fundación Universitaria Juan de Castellanos	144
129	Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle	146
130	Corporación Universitaria del Meta	147
131	Corporación Universitaria Comfacaucá	148
132	Fundación Universitaria Panamericana	150
133	Unidades Tecnológicas de Santander	152
134	Corporación Universitaria Autónoma del Cauca	154
135	Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia	155
136	Fundación Universitaria INPAHU	156
137	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	157
138	Instituto Universitario de la Paz	159
139	Universidad Libre Seccional Cúcuta	160
140	Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova	161
141	Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo	162
142	Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío	163
143	Instituto Departamental de Bellas Artes	164
144	Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	166
145	Corporación Universitaria Rafael Núñez	167
146	Corporación Universitaria de Sabaneta Emilio Valderrama UNISABANETA	168
147	Escuela Superior de Guerra	169
148	CESDE	171
149	Corporación Universitaria del Huila	172
150	Corporación Colegiatura Colombiana	173
151	Institución Universitaria Salazar y Herrera	175
152	Universidad del Sinú Seccional Cartagena	176
153	Institución Universitaria Colegio mayor del Cauca	196
154	Tecnológica Industrial Colombiana	216
155	Tecnológica de Colombia	234
156	ELITE Escuela Latinoamericana de Ingenieros Tecnólogos y Empresarios	282

Fuente: compilación del autor

Estas universidades ofrecen un total de 261 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones (ver cuadro XVII-8).

Cuadro XVII-8. Colombia: Programas universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Programa
1	Universidad Nacional de Colombia	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica
		estadística
2	Universidad de los Andes Colombia	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería de información
3	Universidad de Antioquia	ingeniería de software
		ingeniería de sistemas
		ingeniería de telecomunicaciones
4	Pontificia Universidad Javeriana	ingeniería electrónica
		Maestría Analítica para la inteligencia de negocios
5	Universidad del Rosario	ciencias de las matemáticas aplicadas y ciencias de la computación
6	Universidad Pontificia Bolivariana	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas e informática
		ingeniería de telecomunicaciones
7	Universidad del Valle Cali	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas; con énfasis en ciencias de la computación
		estadística; estadística aplicada
8	Universidad Antonio Nariño	ingeniería de sistemas y computación; especialización en ingeniería de software
		ingeniería electrónica; mecatronica
		ingeniería en control y automatización industrial
9	Universidad del Norte Barranquilla	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica
10	Universidad Industrial de Santander	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
		ingeniería de telecomunicaciones
1	Universidad EAFIT	ingeniería de sistemas
		ingeniería de software
12	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Ciencias de la información y las comunicaciones
		ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
13	Universidad ICESI	ingeniería de sistemas
		informática y telecomunicaciones
14	Universidad Tecnológica de Pereira	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica
		sistemas automáticos de producción
15	Universidad de Cauca	ingeniería de sistemas
		ingeniería en automática industrial
		ingeniería electrónica; electrónica y telecomunicaciones
16	Universidad de Cartagena	computación
		ingeniería de sistemas
17	Universidad de la Sabana	ingeniería de software
		ingeniería informática
18	Universidad de Caldas	ingeniería de sistemas y computación
		Sistemas e informática
19	Universidad Autónoma de Bucaramanga	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
		gestión, aplicación y desarrollo de software
		ingeniería con área de investigación: automática
20	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	ingeniería con área de investigación: informática
		ingeniería de sistemas
		ingeniería en automatización
21	Universidad de Medellín	ingeniería y analítica de datos
		ingeniería de sistemas
		ingeniería de software
		ingeniería informática
22	Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca	ingeniería electrónica
		Ingeniería y arquitectura

23	Universidad del Magdalena	Ingeniería de sistemas
24	Universidad de Santander	Ingeniería electrónica
		Ingeniería de software
25	Instituto Tecnológico Metropolitano	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
26	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	automatización y control industrial
		ingeniería electrónica
27	Universidad de Nariño	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica
28	Universidad Autónoma de Occidente	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
29	Universidad de Ibagué	ingeniería informática
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones
		ingeniería electrónica
30	Universidad Autónoma del Caribe	ingeniería de control
		ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones
		ingeniería de sistemas
31	Universidad de Córdoba Colombia	tecnología en análisis y diseño de sistemas y computación
		ingeniería mecatronica
		ingeniería de sistemas
32	Universidad de Pamplona	ingeniería mecánica
		ingeniería electrónica
33	Universidad del Quindío	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
		ingeniería electrónica
34	Universidad de La Salle Colombia	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería en automatización
35	Universidad del Atlántico	ingeniería (con áreas de investigación en: visión artificial, robótica y control)
		ingeniería mecánica
36	Universidad EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería mecatronica
37	Universidad Santo Tomas Bogotá	ingeniería electrónica
		ingeniería de telecomunicaciones
		estadística; estadística aplicada
38	Universidad Central Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
39	Universidad Tecnológica de Bolívar	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
40	Universidad Cooperativa de Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
41	Pontificia Universidad Javeriana Cali	ingeniería de software
		ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica
42	Universidad El Bosque	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
43	Universidad Santiago de Cali	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
44	Corporación Universidad de la Costa	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
45	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
46	Universidad Sur colombiana	ingeniería electrónica
		ingeniería de software
47	Universidad de los Llanos	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		ingeniería de software
48	Universidad Militar Nueva Granada	ingeniería mecatronica
49	Universidad Católica de Oriente	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
50	Universidad Autónoma de Manizales	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		Tecnología en Automatización industrial

51	Universidad de San Buenaventura Cali	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		ingeniería de software
52	Universidad Mariana Pasto Nariño	ingeniería mecatronica
		ingeniería de sistemas
53	Universidad Sergio Arboleda	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones
54	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	ingeniería electrónica
55	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	ingeniería de sistemas
55	Universidad Católica de Colombia	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones
56	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
57	Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO	ingeniería de sistemas
		informática
58	Universidad Libre Cali	ingeniería de sistemas
59	Universidad Simón Bolívar Colombia	ingeniería de sistemas
60	Corporación Universitaria del Caribe	ingeniería de sistemas
61	Universidad Libre Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecánica
62	Universidad EAN	ingeniería de sistemas
63	Universidad Francisco de Paula Santander	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
64	Universidad de Manizales	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones
65	Universidad Manuela Beltrán	ingeniería electrónica
		ingeniería de software
66	Corporación Universitaria Lasallista	ingeniería informática
67	Universidad de San Buenaventura Bogotá	ingeniería mecatronica
68	Institución Tecnológica Colegio Mayor de Bolívar	el mantenimiento electromecánico
69	Universidad del Sinú	ingeniería de sistemas de información
70	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
		ingeniería electrónica
71	Universidad de San Buenaventura Medellín	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
72	Fundación Universitaria Luis Amigó	ingeniería de sistemas
73	Universitaria de Investigación y Desarrollo	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
74	Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	ingeniería de sistemas
		Automatización industrial
75	Fundación Universitaria Católica del Norte	ingeniería informática
76	Universidad de Boyacá	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
77	Universidad Piloto de Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
78	Corporación Universitaria Adventista	ingeniería de sistemas
79	Universidad Autónoma de Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
80	Universidad Católica de Pereira (Popular del Risaralda)	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones
81	Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia	ingeniería en informática
82	Universidad Tecnológica del Chocó	ingeniería en telecomunicaciones e informática
83	Instituto Tecnológico del Putumayo	ingeniería de sistemas
		desarrollo de software
84	Universidad Autónoma Latinoamericana	ingeniería informática
85	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
86	Universidad Santo Tomás Bucaramanga	ingeniería mecatronica
87	Universidad de la Guajira UNIGUAJIRA	ingeniería de sistemas
88	Universidad Popular del Cesar	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
89	Universidad de la Amazonia Colombia	ingeniería de sistemas
90	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	ingeniería informática
		ingeniería con énfasis en gestión de la automatización
		ingeniería en instrumentación y control
91	Tecnológico de Antioquia	Ingeniería en software por ciclos propedéuticos
92	Tecnológico de Antioquia	tecnología en gestión informática

93	Institución Universitaria de Envigado	ingeniería de sistemas ingeniería electrónica
94	Corporación Universitaria UNITEC	ingeniería de sistemas
95	Universidad Libre Barranquilla	ingeniería de sistemas
96	Institución Universitaria Antonio José Camacho	ingeniería de sistemas
97		ingeniería electrónica
98	Fundación Universitaria María Cano	ingeniería de software tecnología en robótica y automatización
99	Instituto Tecnológico Pascual Bravo	ingeniería de sistemas
100	Fundación Universitaria de Popayán	ingeniería electrónica
101	Universidad Libre Seccional Pereira	ingeniería de sistemas
102	Fundación Universitaria de San Gil	ingeniería de sistemas
103	Fundación Universitaria Los Libertadores	ingeniería electrónica
104		ingeniería de sistemas
105	Universidad Incca de Colombia	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
		ingeniería de software
106	Unidad Central del Valle del Cauca	ingeniería de sistemas ingeniería electrónica
107	Corporación Universitaria Republicana	ingeniería de sistemas
108	Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico	ingeniería mecatronica Automatización electrónica industrial
109	Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA	ingeniería mecatronica
110	Universidad de Cundinamarca	ingeniería de sistemas
111		ingeniería electrónica
112	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti CESMAG	ingeniería de sistemas
		ingeniería electrónica
		ingeniería computacional
113	Universitaria Agustiniiana (Nueva Colombia)	ingeniería mecatronica
114	Politécnico Gran colombiano	ingeniería de sistemas
115	Fundación Universidad San Martín	ingeniería de sistemas
116	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena	ingeniería electrónica
117		ingeniería de sistemas
118	Fundación Universitaria Juan de Castellanos	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
		ingeniería de sistemas
119	Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle	ingeniería en sistemas tecnología en sistemas de información
120	Corporación Universitaria del Meta	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
121	Corporación Universitaria Comfauca	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
122	Fundación Universitaria Panamericana	ingeniería de sistemas
		ingeniería de software
123	Unidades Tecnológicas de Santander	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
124	Corporación Universitaria Autónoma del Cauca	ingeniería de sistemas informáticos
		ingeniería electrónica
125	Fundación Universitaria INPAHU	ingeniería de software por ciclos propedéuticos
126	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
127	Instituto Universitario de la Paz	ingeniería informática
128	Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova	ingeniería civil
129	Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
130	Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío	ingeniería de software
		ingeniería mecatronica
131	Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	ingeniería de sistemas
132	Corporación Universitaria Rafael Núñez	ingeniería de sistemas
133		tecnología en sistemas de información de software
134	Corporación Universitaria de Sabaneta J Emilio Valderrama UNISABANETA	ingeniería informática
135	Corporación Universitaria del Huila	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica

136	Institución Universitaria Salazar y Herrera	ingeniería electrónica; tecnología en electrónica y telecomunicaciones
		ingeniería de sistemas
137	Universidad del Sinú Seccional Cartagena	ingeniería de sistemas por ciclos propedéuticos
138	Institución Universitaria Colegio mayor del Cauca	ingeniería informática
		desarrollo de software
139	Tecnológica Industrial Colombiana	ingeniería de sistemas
		ingeniería mecatronica
140	Tecnológica de Colombia	tecnología en mecánica automotriz
141	ELITE Escuela Latinoamericana de Ingenieros Tecnólogos y Empresarios	ingeniería informática

Nota: La diferencia con el numero total de universidades que ofrecen programas de capacitación (156) se debe a que la denominación del programa no puede ser encontrado en el sitio.

Fuente: compilación del autor

De estos 261 programas, 212 ofrecen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, o big data/analíticos (ver cuadro XVII-9).

Cuadro XVII-9. Colombia: Programas en Tecnologías Digitales Avanzadas

Nu- mero	Universidad	Programa	Robótica / Control	Inteligencia Artificial	Big data /analíticos
1	Universidad Nacional de Colombia	ingeniería de sistemas y computación	x	x	
		ingeniería electrónica	x		
		estadística		x	
2	Universidad de los Andes Colombia	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas y computación			x
		ingeniería de información			x
		ingeniería de software	x		
3	Universidad de Antioquia	ingeniería de sistemas	x		
		ingeniería de telecomunicaciones	-	-	-
		ingeniería electrónica	x		
4	Pontificia Universidad Javeriana	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería electrónica	x		
		Maestría Analítica para la inteligencia de negocios			x
5	Universidad del Rosario	ciencias de las matemáticas aplicadas y ciencias de la computación			x
6	Universidad Pontificia Bolivariana	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas e informática	-	-	-
		ingeniería de telecomunicaciones	-	-	-
7	Universidad del Valle Cali	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas; con énfasis en ciencias de la computación		x	x
		estadística; estadística aplicada			x
8	Universidad Antonio Nariño	ingeniería de sistemas y computación; especialización en ingeniería de software		x	
		ingeniería electrónica; mecatronica	x		
		ingeniería en control y automatización industrial	x		
9	Universidad del Norte Barranquilla	ingeniería de sistemas y computación			x
		ingeniería electrónica	x	x	
10	Universidad Industrial de Santander	ingeniería de sistemas		x	x
		ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de telecomunicaciones	x		
1	Universidad EAFIT	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería de software		x	
12	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Ciencias de la información y las comunicaciones			x
		ingeniería de sistemas	x		
		ingeniería electrónica	x		
13	Universidad ICESI	ingeniería de sistemas		x	
		informática y telecomunicaciones			x
14	Universidad Tecnológica de Pereira	ingeniería de sistemas y computación		x	
		ingeniería electrónica	x		
15	Universidad de Cauca	sistemas automáticos de producción	x		
		ingeniería de sistemas		x	

		ingeniería en automática industrial	X	X	
		ingeniería electrónica; electrónica y telecomunicaciones	X	X	X
		computación		X	X
16	Universidad de Cartagena	ingeniería de sistemas	X	X	
		ingeniería de software		X	
17	Universidad de la Sabana	ingeniería informática	X		X
18	Universidad de Caldas	ingeniería de sistemas y computación	X	X	X
		Sistemas e informática	-	-	-
19	Universidad Autónoma de Bucaramanga	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería mecatronica	X		
		gestión, aplicación y desarrollo de software	-	-	-
		ingeniería con área de investigación: automática	X		
		ingeniería con área de investigación: informática		X	
20	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería en automatización	X	X	
		ingeniería y analítica de datos			X
21	Universidad de Medellín	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería de software	-	-	-
		ingeniería informática	X	X	
		ingeniería electrónica	X		
22	Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca	ingeniería y arquitectura	-	-	-
23	Universidad del Magdalena	ingeniería de sistemas		X	
24		ingeniería electrónica	X		
	Universidad de Santander	ingeniería de software		X	
		ingeniería electrónica	X		
25	Instituto Tecnológico Metropolitano	ingeniería de sistemas	X	X	X
		ingeniería mecatronica	X	X	
		automatización y control industrial	X		
26	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas y computación		X	
27	Universidad de Nariño	ingeniería de sistemas	X	X	
		ingeniería electrónica	X		
28	Universidad Autónoma de Occidente	ingeniería informática		X	
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones	X		
29	Universidad de Ibagué	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de control	X		
		ingeniería de sistemas	X	X	X
30	Universidad Autónoma del Caribe	ingeniería electrónica y telecomunicaciones	X		
		ingeniería de sistemas	-	-	-
		tecnología en análisis y diseño de sistemas y computación	X		
		ingeniería mecatronica	X		
31	Universidad de Córdoba Colombia	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería mecánica	X		
32	Universidad de Pamplona	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	-	-	
		ingeniería mecatronica	X	X	
33	Universidad del Quindío	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas y computación	X		
34	Universidad de La Salle Colombia	ingeniería en automatización	X		
		ingeniería (con áreas de investigación en: vision artificial, robótica y control)	X	X	
35	Universidad del Atlántico	ingeniería mecánica	X		
36	Universidad EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia	ingeniería de sistemas y computación			X
		ingeniería mecatronica	X		
		ingeniería electrónica	X		
37	Universidad Santo Tomas Bogotá	ingeniería de telecomunicaciones			X
		estadística; estadística aplicada		X	X
38	Universidad Central Colombia	ingeniería de sistemas		X	X
		ingeniería electrónica	X		
39	Universidad Tecnológica de Bolívar	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería mecatronica	X		

40	Universidad Cooperativa de Colombia	ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería electrónica	X		
41	Pontificia Universidad Javeriana Cali	ingeniería de software			
		ingeniería de sistemas y computación		X	
42	Universidad El Bosque	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas		X	
43	Universidad Santiago de Cali	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas		X	
44	Corporación Universidad de la Costa	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	X		
45	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	ingeniería de sistemas	X		X
		ingeniería electrónica	X		
46	Universidad Sur colombiana	ingeniería electrónica	X	X	
		ingeniería de software	-	-	-
47	Universidad de los Llanos	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	X		
		ingeniería de software	-	-	-
48	Universidad Militar Nueva Granada	ingeniería mecatronica	X	X	
49	Universidad Católica de Oriente	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	X		
50	Universidad Autónoma de Manizales	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	-	-	-
		Tecnología en Automatización industrial	X		
51	Universidad de San Buenaventura Cali	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería de software	-	-	-
52	Universidad Mariana Pasto Nariño	ingeniería mecatronica	X	X	
		ingeniería de sistemas	X	X	
53	Universidad Sergio Arboleda	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-	-	-
		ingeniería electrónica	X		
54	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	ingeniería de sistemas	-	-	-
55	Universidad Católica de Colombia	ingeniería de sistemas y computación	-	-	-
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones	X		
56	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	ingeniería de sistemas	X	X	
		ingeniería electrónica	X		
57	Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO	ingeniería de sistemas	-	-	-
		informática	-	-	-
58	Universidad Libre Cali	ingeniería de sistemas	X		
59	Universidad Simón Bolívar Colombia	ingeniería de sistemas		X	
60	Corporación Universitaria del Caribe	ingeniería de sistemas	-	-	-
61	Universidad Libre Colombia	ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería mecánica	X		
62	Universidad EAN	ingeniería de sistemas	-	-	-
63	Universidad Francisco de Paula Santander	ingeniería de sistemas	X	X	
		ingeniería electrónica	X		
64	Universidad de Manizales	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-	-	-
65	Universidad Manuela Beltrán	ingeniería electrónica	X		
		ingeniería de software			X
66	Corporación Universitaria Lasallista	ingeniería informática		X	
67	Universidad de San Buenaventura Bogotá	ingeniería mecatronica	X		
68	Institución Tecnológica Colegio Mayor de Bolívar	el mantenimiento electromecánico	X		
69	Universidad del Sinú	ingeniería de sistemas de información	X		
70	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería mecatronica	X		
		ingeniería electrónica	X		
71	Universidad de San Buenaventura Medellín	ingeniería de sistemas		X	
		ingeniería electrónica	X		
72	Fundación Universitaria Luis Amigó	ingeniería de sistemas	-	-	-
73	Universitaria de Investigación y Desarrollo	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería electrónica	X		
74	Universidad Francisco de Paula	ingeniería de sistemas		X	

	Santander Ocaña	Automatización industrial	x		
75	Fundación Universitaria Católica del Norte	ingeniería informática		x	
76	Universidad de Boyacá	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería mecatronica	x		
77	Universidad Piloto de Colombia	ingeniería de sistemas			
		ingeniería mecatronica	x	x	
78	Corporación Universitaria Adventista	ingeniería de sistemas	-	-	-
79	Universidad Autónoma de Colombia	ingeniería de sistemas			x
		ingeniería electrónica	x		
80	Universidad Católica de Pereira (Popular del Risaralda)	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-	-	-
81	Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia	ingeniería en informática	-	-	-
82	Universidad Tecnológica del Chocó	ingeniería en telecomunicaciones e informática	-	-	-
83	Instituto Tecnológico del Putumayo	ingeniería de sistemas	x	x	
		desarrollo de software	-	-	-
84	Universidad Autónoma Latinoamericana	ingeniería informática		x	
85	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior	ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
		ingeniería electrónica	N/A	N/A	N/A
86	Universidad Santo Tomás Bucaramanga	ingeniería mecatronica	x	x	
87	Universidad de la Guajira UNIGUAJIRA	ingeniería de sistemas		x	
88	Universidad Popular del Cesar	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería electrónica	x		
89	Universidad de la Amazonia Colombia	ingeniería de sistemas		x	
90	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	ingeniería informática		x	
		ingeniería con énfasis en gestión de la automatización	x		
		ingeniería en instrumentación y control	x	x	
91	Tecnológico de Antioquia	Ingeniería en software por ciclos propedéuticos		x	
92		tecnología en gestión informática			x
93	Institución Universitaria de Envigado	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería electrónica	x		
94	Corporación Universitaria UNITEC	ingeniería de sistemas	-	-	-
95	Universidad Libre Barranquilla	ingeniería de sistemas		x	
96	Institución Universitaria Antonio José Camacho	ingeniería de sistemas	-	-	-
97		ingeniería electrónica	x		
98	Fundación Universitaria María Cano	ingeniería de software		x	
		tecnología en robótica y automatización	x		
99	Instituto Tecnológico Pascual Bravo	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería electrónica	x		
100	Fundación Universitaria de Popayán	ingeniería de sistemas		x	
101	Universidad Libre Seccional Pereira	ingeniería de sistemas	x		
102	Fundación Universitaria de San Gil	ingeniería de sistemas	x		
		ingeniería electrónica	x		
103	Fundación Universitaria Los Libertadores	ingeniería de sistemas		x	x
104		ingeniería electrónica	x	x	
		ingeniería de sistemas		x	
105	Universidad Inca de Colombia	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de software	-	-	-
106	Unidad Central del Valle del Cauca	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería electrónica	x		
107	Corporación Universitaria Republicana	ingeniería de sistemas		x	
108	Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico	ingeniería mecatronica	x		
		Automatización electrónica industrial	x		
109	Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA	ingeniería mecatronica	x		
110	Universidad de Cundinamarca	ingeniería de sistemas		x	
111		ingeniería electrónica	x		
112	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería electrónica	x		

	CESMAG	ingeniería computacional		x	x
113	Universitaria Agustiniense (Nueva Colombia)	ingeniería mecatrónica	x	x	
114	Politécnico Gran colombiano	ingeniería de sistemas	-	-	-
115	Fundación Universidad San Martín	ingeniería de sistemas	x		
116	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena	ingeniería electrónica	x		
117		ingeniería de sistemas			
118	Fundación Universitaria Juan de Castellanos	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas			x
119	Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle	ingeniería en sistemas		x	
		tecnología en sistemas de información		x	
120	Corporación Universitaria del Meta	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas	-	-	-
121	Corporación Universitaria Comfacaucá	ingeniería de sistemas			x
		ingeniería mecatrónica	x		
122	Fundación Universitaria Panamericana	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería de software	-	-	-
123	Unidades Tecnológicas de Santander	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas	-	-	-
124	Corporación Universitaria Autónoma del Cauca	ingeniería de sistemas informáticos	-	-	-
		ingeniería electrónica	x		
125	Fundación Universitaria INPAHU	ingeniería de software por ciclos propedéuticos	-	-	-
126	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería mecatrónica	x		
127	Instituto Universitario de la Paz	ingeniería informática	x		
128	Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova	ingeniería civil	-	-	-
129	Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas	x		
130	Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío	ingeniería de software			
		ingeniería mecatrónica	x	x	
131	Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	ingeniería de sistemas	-	-	-
132	Corporación Universitaria Rafael Núñez	ingeniería de sistemas	-	-	-
133		tecnología en sistemas de información de software	-	-	-
134	Corporación Universitaria de Sabaneta J Emilio Valderrama UNISABANETA	ingeniería informática	x		x
135	Corporación Universitaria del Huila	ingeniería de sistemas		x	
		ingeniería mecatrónica	x	x	
136	Institución Universitaria Salazar y Herrera	ingeniería electrónica; tecnología en electrónica y telecomunicaciones	x		
		ingeniería de sistemas			
137	Universidad del Sinú Seccional Cartagena	ingeniería de sistemas por ciclos propedéuticos	x	x	
138	Institución Universitaria Colegio mayor del Cauca	ingeniería informática	-	-	-
		desarrollo de software	-	-	-
139	Tecnológica Industrial Colombiana	ingeniería de sistemas	-	-	-
		ingeniería mecatrónica	x		
140	Tecnológica de Colombia	tecnología en mecánica automotriz	x		
141	ELITE Escuela Latinoamericana de Ingenieros Tecnólogos y Empresarios	ingeniería informática		x	x

Fuente: compilación del autor

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunos de los departamentos (ver cuadro XVII-10).

Cuadro XVII-10. Colombia: Profesores en Tecnologías Digitales

Numero	Universidad	Programa	Profesores
1	Universidad Nacional de Colombia	ingeniería de sistemas y computación	N/A
		ingeniería electrónica	21
		estadística	8
2	Universidad de los Andes Colombia	ingeniería electrónica	17

		ingeniería de sistemas y computación	33
		ingeniería de información	-
		ingeniería de software	7
3	Universidad de Antioquia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería de telecomunicaciones	-
		ingeniería electrónica	-
4	Pontificia Universidad Javeriana	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
		Maestría Analítica para la inteligencia de negocios	-
5	Universidad del Rosario	ciencias de las matemáticas aplicadas y ciencias de la computación	6
6	Universidad Pontificia Bolivariana	ingeniería electrónica	14
		ingeniería de sistemas e informática	5
		ingeniería de telecomunicaciones	12
7	Universidad del Valle Cali	ingeniería electrónica	34
		ingeniería de sistemas; con énfasis en ciencias de la computación	10
		estadística; estadística aplicada	11
8	Universidad Antonio Nariño	ingeniería de sistemas y computación; especialización en ingeniería de software	N/A
		ingeniería electrónica; mecatronica	N/A
		ingeniería en control y automatización industrial	N/A
9	Universidad del Norte Barranquilla	ingeniería de sistemas y computación	14
		ingeniería electrónica	21
10	Universidad Industrial de Santander	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
		ingeniería de telecomunicaciones	-
11	Universidad EAFIT	ingeniería de sistemas	17
		ingeniería de software	7
12	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Ciencias de la información y las comunicaciones	21
		ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	48
13	Universidad ICESI	ingeniería de sistemas	9
		informática y telecomunicaciones	12
14	Universidad Tecnológica de Pereira	ingeniería de sistemas y computación	-
		ingeniería electrónica	20
		sistemas automáticos de producción	-
15	Universidad de Cauca	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería en automática industrial	-
		ingeniería electrónica; electrónica y telecomunicaciones	-
		computación	-
16	Universidad de Cartagena	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería de software	-
17	Universidad de la Sabana	ingeniería informática	-
18	Universidad de Caldas	ingeniería de sistemas y computación	-
		Sistemas e informática	-
19	Universidad Autónoma de Bucaramanga	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
		gestión, aplicación y desarrollo de software	18
		ingeniería con área de investigación: automática	-
		ingeniería con área de investigación: informática	-
20	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	ingeniería de sistemas	32
		ingeniería en automatización	11
		ingeniería y analítica de datos	7
21	Universidad de Medellín	ingeniería de sistemas	12
		ingeniería de software	-
		ingeniería informática	3
		ingeniería electrónica	-
22	Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca	ingeniería y arquitectura	-
23	Universidad del Magdalena	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
24	Universidad de Santander	ingeniería de software	-
		ingeniería electrónica	9
25	Instituto Tecnológico Metropolitano	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
		automatización y control industrial	-
26	Universidad Pedagógica y	ingeniería electrónica	-

	Tecnológica de Colombia	ingeniería de sistemas y computación	-
27	Universidad de Nariño	ingeniería de sistemas	28
		ingeniería electrónica	13
28	Universidad Autónoma de Occidente	ingeniería informática	14
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones	22
29	Universidad de Ibagué	ingeniería electrónica	8
		ingeniería de control	-
		ingeniería de sistemas	7
30	Universidad Autónoma del Caribe	ingeniería electrónica y telecomunicaciones	14
		ingeniería de sistemas	16
		tecnología en análisis y diseño de sistemas y computación	N/A
		ingeniería mecatronica	15
31	Universidad de Córdoba Colombia	ingeniería de sistemas	11
		ingeniería mecánica	7
32	Universidad de Pamplona	ingeniería electrónica	14
		ingeniería de sistemas	42
		ingeniería mecatronica	9
33	Universidad del Quindío	ingeniería electrónica	37
		ingeniería de sistemas y computación	27
34	Universidad de La Salle Colombia	ingeniería en automatización	-
		ingeniería (con áreas de investigación en: vision artificial, robótica y control)	-
35	Universidad del Atlántico	ingeniería mecánica	-
36	Universidad EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia	ingeniería de sistemas y computación	-
		ingeniería mecatronica	-
37	Universidad Santo Tomas Bogotá	ingeniería electrónica	19
		ingeniería de telecomunicaciones	31
		estadística; estadística aplicada	27
38	Universidad Central Colombia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
39	Universidad Tecnológica de Bolívar	ingeniería electrónica	10
		ingeniería de sistemas	7
		ingeniería mecatronica	10
40	Universidad Cooperativa de Colombia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
41	Pontificia Universidad Javeriana Cali	ingeniería de software	-
		ingeniería de sistemas y computación	28
		ingeniería electrónica	-
42	Universidad El Bosque	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
43	Universidad Santiago de Cali	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
44	Corporación Universidad de la Costa	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
45	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	ingeniería de sistemas	18
		ingeniería electrónica	13
46	Universidad Sur colombiana	ingeniería electrónica	13
		ingeniería de software	-
47	Universidad de los Llanos	ingeniería electrónica	128
		ingeniería de sistemas	-
		ingeniería de software	-
48	Universidad Militar Nueva Granada	ingeniería mecatronica	20
49	Universidad Católica de Oriente	ingeniería electrónica	7
		ingeniería de sistemas	6
50	Universidad Autónoma de Manizales	ingeniería electrónica	24
		ingeniería de sistemas	-
		Tecnología en Automatización industrial	-
51	Universidad de San Buenaventura Cali	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
		ingeniería de software	-
52	Universidad Mariana Pasto Nariño	ingeniería mecatronica	-
		ingeniería de sistemas	-
53	Universidad Sergio Arboleda	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-
		ingeniería electrónica	-
54	Fundación Universitaria Konrad	ingeniería de sistemas	-

	Lorenz		
55	Universidad Católica de Colombia	ingeniería de sistemas y computación	15
		ingeniería electrónica y telecomunicaciones	12
56	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
57	Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO	ingeniería de sistemas	-
58		informática	-
59	Universidad Libre Cali	ingeniería de sistemas	-
60	Universidad Simón Bolívar Colombia	ingeniería de sistemas	-
61	Corporación Universitaria del Caribe	ingeniería de sistemas	14
62	Universidad Libre Colombia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecánica	-
63	Universidad EAN	ingeniería de sistemas	-
64	Universidad Francisco de Paula Santander	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
65	Universidad de Manizales	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-
66	Universidad Manuela Beltrán	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de software	-
67	Corporación Universitaria Lasallista	ingeniería informática	-
68	Universidad de San Buenaventura Bogotá	ingeniería mecatronica	-
69	Institución Tecnológica Colegio Mayor de Bolívar	el mantenimiento electromecánico	-
70	Universidad del Sinú	ingeniería de sistemas de información	-
71	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
		ingeniería electrónica	-
72	Universidad de San Buenaventura Medellín	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
73	Fundación Universitaria Luis Amigó	ingeniería de sistemas	-
74	Universitaria de Investigación y Desarrollo	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
75	Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	ingeniería de sistemas	-
		Automatización industrial	-
76	Fundación Universitaria Católica del Norte	ingeniería informática	-
77	Universidad de Boyacá	ingeniería de sistemas	13
		ingeniería mecatronica	7
78	Universidad Piloto de Colombia	ingeniería de sistemas	23
		ingeniería mecatronica	3
79	Corporación Universitaria Adventista	ingeniería de sistemas	-
80	Universidad Autónoma de Colombia	ingeniería de sistemas	11
		ingeniería electrónica	-
81	Universidad Católica de Pereira (Popular del Risaralda)	ingeniería de sistemas y telecomunicaciones	-
82	Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia	ingeniería en informática	-
83	Universidad Tecnológica del Chocó	ingeniería en telecomunicaciones e informática	-
84	Instituto Tecnológico del Putumayo	ingeniería de sistemas	-
		desarrollo de software	-
85	Universidad Autónoma Latinoamericana	ingeniería informática	8
86	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
87	Universidad Santo Tomás Bucaramanga	ingeniería mecatronica	-
88	Universidad de la Guajira UNIGUAJIRA	ingeniería de sistemas	-
89	Universidad Popular del Cesar	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
90	Universidad de la Amazonia Colombia	ingeniería de sistemas	14

91	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	ingeniería informática	-
		ingeniería con énfasis en gestión de la automatización	-
		ingeniería en instrumentación y control	7
91	Tecnológico de Antioquia	Ingeniería en software por ciclos propedéuticos	-
		tecnología en gestión informática	-
92	Institución Universitaria de Envigado	ingeniería de sistemas	5
		ingeniería electrónica	4
93	Corporación Universitaria UNITEC	ingeniería de sistemas	-
94	Universidad Libre Barranquilla	ingeniería de sistemas	-
95	Institución Universitaria Antonio José Camacho	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
96	Fundación Universitaria María Cano	ingeniería de software	-
		tecnología en robótica y automatización	-
97	Instituto Tecnológico Pascual Bravo	ingeniería de sistemas	4
		ingeniería electrónica	4
98	Fundación Universitaria de Popayán	ingeniería de sistemas	26
99	Universidad Libre Seccional Pereira	ingeniería de sistemas	12
100	Fundación Universitaria de San Gil	ingeniería de sistemas	19
		ingeniería electrónica	8
101	Fundación Universitaria Los Libertadores	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
102	Universidad Inca de Colombia	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
		ingeniería de software	-
103	Unidad Central del Valle del Cauca	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
104	Corporación Universitaria Republicana	ingeniería de sistemas	-
105	Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico	ingeniería mecatronica	21
		Automatización electrónica industrial	8
106	Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA	ingeniería mecatronica	18
107	Universidad de Cundinamarca	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
108	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti CESMAG	ingeniería de sistemas	20
		ingeniería electrónica	17
		ingeniería computacional	-
109	Universitaria Agustiniiana (Nueva Colombia)	ingeniería mecatronica	-
110	Politécnico Gran colombiano	ingeniería de sistemas	-
111	Fundación Universidad San Martin	ingeniería de sistemas	-
112	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena	ingeniería electrónica	1
		ingeniería de sistemas	6
113	Fundación Universitaria Juan de Castellanos	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
114	Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle	ingeniería en sistemas	-
		tecnología en sistemas de información	-
115	Corporación Universitaria del Meta	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-
116	Corporación Universitaria Comfacauca	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
117	Fundación Universitaria Panamericana	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería de software	-
118	Unidades Tecnológicas de Santander	ingeniería electronica	-
		ingeniería de sistemas	-
119	Corporación Universitaria Autónoma del Cauca	ingeniería de sistemas informaticos	-
		ingeniería electronica	-
120	Fundación Universitaria INPAHU	ingeniería de software por ciclos propedéuticos	-
121	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
122	Instituto Universitario de la Paz	ingeniería informatica	-
123	Escuela Militar de Cadetes General José María Cordova	ingeniería civil	-
124	Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo	ingeniería electronica	-
		ingeniería de sistemas	-

125	Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío	ingeniería de software	-
		ingeniería mecatronica	-
126	Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	ingeniería de sistemas	-
127	Corporación Universitaria Rafael Nuñez	ingeniería de sistemas	-
		tecnología en sistemas de informacion de software	-
128	Corporación Universitaria de Sabaneta J Emilio Valderrama UNISABANETA	ingeniería informatica	-
129	Corporación Universitaria del Huila Institución Universitaria Salazar y Herrera	ingeniería de sistemas	6
		ingeniería mecatronica	1
		ingeniería electronica; tecnología en electronica y telecomunicaciones	-
		ingeniería de sistemas	-
130	Universidad del Sinú Seccional Cartagena	ingeniería de sistemas por ciclos propedeuticos	-
131	Institucion Universitaria Colegio mayor del Cauca	ingeniería informatica	-
		desarrollo de software	-
132	Tecnologica Industrial Colombiana	ingeniería de sistemas	-
		ingeniería mecatronica	-
133	Tecnologica de Colombia	tecnología en mecanica automotriz	-
134	ELITE Escuela Latinoamericana de Ingenieros Tecnologos y Empresarios	ingeniería informatica	-
TOTAL			1,391

Fuente: compilación del autor

Considerando tan solo algunos de los 261 programas, se han podido identificar 1,391 profesores.

El cuadro XVII-11 presenta el numero de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como el numero de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro XVII-11. Colombia: Oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Numero de Programas/cursos			Numero de Títulos (*)		
	Robótica /Control	Inteligencia Artificial/ML	Big data /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	25	18	14	7	27	27
Otras Universidades	109	63	17	3	22	83
Total	134	81	31	10	49	110

(*) Considera que una Universidad puede otorgar mas de un titulo en diferentes especialidades

Fuente: compilación del autor

Como puede observarse en el cuadro XVII-11, la oferta de doctorados en tecnologías digitales es relativamente limitada. Se han identificado tan solo 10 programas en Colombia, siete de los cuales ofrecidos por las primeras veinte universidades. Al mismo tiempo, tal como fue detectado en el caso chileno, existe un énfasis en la oferta de cursos y programas en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y big

data son minoritarios²⁹. Aun así, se debe notar la baja presencia de programas y cursos en big data/analíticos.

Finalmente, las veinte universidades con más alto posicionamiento en el ranking chileno concentran más del 50% de toda la oferta de programas de doctorado aunque la oferta de Maestrías en las disciplinas consideradas está más distribuida (50/50).

XVIII. PERÚ

XVIII.1 Metodología

La compilación de programas en tecnologías digitales avanzadas procedió de la misma manera como lo fue en el caso Chileno. A partir del universo total de instituciones de altos estudios, se eliminaron todas las universidades que no cuentan con al menos un programa en computación, ingeniería eléctrica, o estadística³⁰). Una vez compilada la lista de universidades con al menos un programa en las disciplinas mencionadas arriba, se identificaron todos los cursos por universidad disponibles en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, y big data/analíticos. El mapa de cursos mencionados fue el siguiente:

Cuadro XVIII-12. Categorización de cursos

Nomenclatura de cursos	Asignación
<ul style="list-style-type: none"> • Control de sistemas • Simulación • Automatización 	Robótica / control
<ul style="list-style-type: none"> • Inteligencia de negocios • Analíticos de negocio • Marketing digital • Data mining 	Big data / analíticos
<ul style="list-style-type: none"> • Inteligencia Artificial • Interacción hombre- máquina • Aprendizaje de máquinas 	Inteligencia Artificial / aprendizaje de máquinas

Con ello se obtuvo la lista de todos los programas y cursos disponibles para Perú. En algunos casos, los sitios de Internet de la Universidad proveen información sobre el número de profesores o el número de estudiantes. Esto fue incluido en la base de datos. En muchos casos, se intentó contactar directamente al departamento requiriendo esta última información, aunque la tasa de respuesta fue muy baja.

XVIII.2. Universidades y programas

²⁹ Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y big data está limitada a unos pocos cursos, dado que Perú todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en machine learning).

³⁰ Se incluye la disciplina de estadística dado que muchos programas de aprendizaje de máquinas son alojados en estos departamentos.

Perú posee 166 universidades³¹. De las mismas, 103 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información (ver cuadro XVIII-13).

Cuadro XVIII-13. Perú: Universidades con programas en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Ranking en Perú ³²
1	Pontificia Universidad Católica del Perú	1
2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	2
3	Universidad Nacional Agraria la Molina	3
4	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	4
5	Universidad Nacional de Ingeniería	5
6	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	6
7	Universidad ESAN	7
8	Universidad de San Martín de Porres	8
9	Universidad de Lima	9
10	Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC	10
11	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	11
12	Universidad Católica de Santa María	12
13	Universidad San Ignacio de Loyola	13
14	Universidad de Piura	14
15	Universidad Católica San Pablo	15
16	Universidad del Pacífico	16
17	Universidad Nacional de Trujillo	17
18	Universidad Científica del Sur	18
19	Universidad Nacional Federico Villarreal	20
20	Universidad Nacional de la Amazonia Peruana	21
21	Universidad Peruana Unión	22
22	Universidad Nacional de Cajamarca	23
23	Universidad César Vallejo	24
24	Universidad Nacional del Altiplano	25
25	Universidad Católica Sedes Sapientiae	26
26	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	27
27	Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo	28
28	Universidad Privada Antenor Orrego	29
29	Universidad Peruana los Andes	30
30	Universidad Nacional del Callao	31
31	Universidad Ricardo Palma	32
32	Universidad Nacional Agraria de la Selva	33
33	Universidad Señor de Sipán	34
34	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	35
35	Universidad Nacional de Piura	36
36	Universidad Tecnológica del Perú	37
37	Universidad Alas Peruanas	38
38	Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote	39
39	Universidad Privada Sergio Bernales	40
40	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	41
41	Universidad Privada del Norte	42
42	Universidad Femenina del Sagrado Corazón	43
43	Universidad Inca Garcilaso de la Vega	45
44	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	47
45	Universidad Particular Tecnológica de los Andes	48
46	Universidad Privada de Tacna	49
47	Universidad Nacional de Ucayali	52
48	Universidad Nacional de Educación	53
49	TECSUP	54
50	Universidad Nacional del Santa Chimbote	55
51	Universidad Nacional del Centro del Perú	56

³¹ Fuente: [42 Webometrics.info/en](http://42webometrics.info/en). Ranking Web of Universities.

³² Fuente: W43webometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

52	Universidad Privada San Juan Bautista	57
53	Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	58
54	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	59
55	Universidad Norbert Wiener	60
56	Universidad Nacional de San Martín	61
57	Universidad Andina del Cusco	62
58	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	64
59	Instituto Superior Tecnológico CIBERTEC	65
60	Universidad de Ciencias y Humanidades	66
61	Instituto Superior Tecnológico	67
62	Universidad Nacional de Huancavelica	69
63	Universidad José Carlos Mariátegui	70
64	Universidad Científica del Perú	71
65	Universidad de Chiclayo	72
66	Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez	73
67	Universidad Continental	74
68	Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios	75
69	Universidad Nacional Hermilio Valdizan	76
70	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	77
71	Universidad Nacional de Moquega	80
72	Universidad de Huánuco	81
73	Universidad Privada San Pedro	82
74	Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo	83
75	Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	84
76	Universidad Juan Mejía Baca	91
77	Universidad Peruana de Ciencias e Informática	92
78	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	93
79	Universidad Peruana de las Américas	94
80	Universidad La Salle	95
81	Universidad Nacional José María Arguedas	100
82	Universidad de Lambayeque	101
83	Universidad Peruana Simón Bolívar	105
84	Universidad Católica de Trujillo Benedito XVI	106
85	Universidad Privada Telesup	108
86	Universidad Autónoma del Perú	109
87	Universidad para el Desarrollo Andino	112
88	Instituto Continental	113
89	Universidad Peruana de Integración Global	116
90	Instituto Tecnológico del Norte	118
91	Universidad Nacional de Jaén	119
92	Universidad Peruana del Centro	120
93	Universidad Nacional de Cañete	121
94	Universidad Privada de Pucallpa	122
95	Universidad Nacional Autónoma de Chota	123
96	Universidad Privada Leonardo Da Vinci	125
97	Universidad SISE	126
98	Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba	127
99	Universidad Autónoma San Francisco	128
100	Universidad Nacional de Barranca	130
101	Universidad Peruana de Investigación y Negocios	131
102	Universidad Peruana Austral del Cusco	166

Fuente: compilación del autor

Estas universidades ofrecen un total de 152 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones (ver cuadro XVIII-14).

Cuadro XVIII-14. Perú: Universidades con programas en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información

Numero	Universidad	Programa
1	Pontificia Universidad Catolica del Perú	Ingeniería informática
		estadística
		Ingeniería electrónica; mecatronica
2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Ingeniería de Sistemas e informática; software
		Gobierno de Tecnologías de información
		Ingeniería electrónica y eléctrica
3	Universidad Nacional Agraria la Molina	Estadística e informática
4	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	estadística
		ingeniería informática y de sistemas
		ingeniería electrónica
5	Universidad Nacional de Ingeniería	Ingeniería de sistemas
		Ingeniería eléctrica y electrónica
		Ingeniería de telecomunicaciones
6	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Ciencias de la computación
		Ingeniería de software
		Ingeniería de Sistemas de información
		Ingeniería electrónica
		Dirección de Sistemas y Tecnologías de la información
Dirección de gestión de las telecomunicaciones		
7	Universidad ESAN	Dirección de Tecnologías de información
8	Universidad de San Martin de Porres	Ingeniería de computación y sistemas
		Ingeniería electrónica
9	Universidad de Lima	Ingeniería de sistemas
10	Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC	Ciencia de la computación
		ingeniería mecatrónica
11	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Ingeniería de sistemas
		Ciencia de la computación; informática
		ingeniería electrónica
12	Universidad Catolica de Santa María	ingeniería electrónica
		ingeniería de sistemas
13	Universidad San Ignacio de Loyola	Ingeniería de Sistemas de información; informática
14	Universidad de Piura	Ingeniería industrial y de sistemas
		ingeniería mecanico-electrica
15	Universidad Catolica San Pablo	Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones
		Ingeniería informática
16	Universidad del Pacifico	Ingeniería de la información
17	Universidad Nacional de Trujillo	Ingeniería de sistemas
		Ingeniería mecatrónica
18	Universidad Científica del Sur	Ingeniería de sistemas empresariales
19	Universidad Nacional Federico Villarreal	ingeniería electrónica e informática
		ingeniería de sistemas
20	Universidad Nacional de la Amazonia Peruana	Ingeniería de Sistemas e informática
21	Universidad Peruana Unión	Ingeniería de sistemas
22	Universidad Nacional de Cajamarca	Ingeniería de sistemas
23	Universidad Cesar Vallejo	Ingeniería de sistemas
24	Universidad Nacional del Altiplano	Ingeniería de sistemas
		ingeniería informática; estadística
		Ingeniería mecánica eléctrica
		Ingeniería electrónica
25	Universidad Catolica Sedes Sapientiae	Ingeniería informática
		ingeniería sistemas
26	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Ingeniería mecánica y eléctrica
27	Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo	ingeniería de sistemas y computación
		ingeniería mecánica eléctrica
28	Universidad Privada Antenor Orrego	ingeniería de software
		ingeniería de computación y sistemas
29	Universidad Peruana los Andes	ingeniería de sistemas y computación
30	Universidad Nacional del Callao	Ingeniería eléctrica y electrónica
		Ingeniera industrial y de sistemas
31	Universidad Ricardo Palma	Ingeniería electrónica

		Ingeniería informática
32	Universidad Nacional Agraria de la Selva	Ingeniería de sistemas y informática
33	Universidad Señor de Sipan	ingeniería de sistemas
34	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	ingeniería en informática y sistemas
35	Universidad Nacional de Piura	ingeniería informática
36	Universidad Tecnológica del Perú	Ingeniería de Sistemas e informática; ingeniería de Software Ingeniería electromecánica
37	Universidad Alas Peruanas	Ingeniería de Sistemas e informática Ingeniería electrónica y telecomunicaciones
38	Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote	ingeniería de sistemas
39	Universidad Privada Sergio Bernales	ingeniería de sistemas
40	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	ingeniería de sistemas
41	Universidad Privada del Norte	Ingeniería de sistemas ingeniería electrónica; mecatronica
42	Universidad Femenina del Sagrado Corazón	ingeniería de sistemas y gestión de tecnologías de información
43	Universidad Inca Garcilaso de la Vega	Ingeniería de sistemas, computo y telecomunicaciones
44	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	Ingeniería de Sistemas e informática estadística e informática
45	Universidad Particular Tecnológica de los Andes	ingeniería de sistemas e informática
46	Universidad Privada de Tacna	Ingeniería de sistemas Ingeniería electrónica
47	Universidad Nacional de Ucayali	Ciencia de la computación Ingeniería de sistemas
48	Universidad Nacional de Educación	electrónica e informática
49	TECSUP	diseño de software e integración de sistemas electrónica y automatización
50	Universidad Nacional del Santa Chimbote	Ingeniería de Sistemas e informática
51	Universidad Nacional del Centro del Perú	Ingeniería de Sistemas
52	Universidad Privada San Juan Bautista	ingeniería de computación y sistemas
53	Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	ingeniería de sistemas ingeniería informática Ingeniería electrónica
54	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	ingeniería informática y sistemas
55	Universidad Norbert Wiener	Ingeniería de Sistemas e informática
56	Universidad Nacional de San Martín	Programación informática Ingeniería en telecomunicaciones
57	Universidad Andina del Cusco	ingeniería de sistemas
58	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	ingeniería de sistemas
59	Instituto Superior Tecnológico CIBERTEC	ingeniería mecatronica automotriz
60	Universidad de Ciencias y Humanidades	Ingeniería de Sistemas e informática
61	Instituto Superior Tecnológico	ingeniería mecatronica industrial; automotriz; electrónica industrial
62	Universidad Nacional de Huancavelica	Ingeniería de sistemas ingeniería electrónica
63	Universidad José Carlos Mariátegui	Ingeniería de Sistemas e informática
64	Universidad Científica del Perú	ingeniería informática y de sistemas
65	Universidad de Chiclayo	ingeniería informática y de sistemas
66	Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez	Ingeniería mecánica eléctrica ingeniería de sistemas
67	Universidad Continental	Gestión de la tecnología de la información Ingeniería de sistemas y informática
68	Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios	ingeniería de sistemas
69	Universidad Nacional Herminio Valdizan	ingeniería sistemas e informática
70	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	Ingeniería de sistemas y computación
71	Universidad Nacional de Moquega	Ingeniería de Sistemas e informática
72	Universidad de Huanuco	Ingeniería de Sistemas e informática
73	Universidad Privada San Pedro	ingeniería informática y sistemas Ingeniería mecánica eléctrica
74	Universidad Privada Antonio Guillermo Urrel	Ingeniería de sistemas y informática
75	Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	ingeniería de sistemas ingeniería mecánica eléctrica
76	Universidad Juan Mejía Baca	ingeniería teleinformática
77	Universidad Peruana de Ciencias e Informática	Ingeniería de sistemas

		Ingeniería en telecomunicaciones
78	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	Ingeniería de sistemas Ingeniería electrónica y telecomunicaciones
79	Universidad Peruana de las Américas	ingeniería de sistemas y computación tecnologías de la información
80	Universidad La Salle	ingeniería de software
81	Universidad Nacional José María Arguedas	ingeniería de sistemas
82	Universidad de Lambayeque	ingeniería de sistemas
83	Universidad Peruana Simón Bolívar	ingeniería de sistemas y seguridad informática
84	Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI	ingeniería informática Ingeniería mecánica eléctrica
85	Universidad Privada Telesup	Ingeniería de Sistemas e informática Ingeniería electrónica y telecomunicaciones
86	Universidad Autónoma del Perú	ingeniería de sistemas
87	Universidad para el Desarrollo Andino	ingeniería informática
88	Instituto Continental	computación e informática
89	Universidad Peruana de Integración Global	ingeniería de sistemas e informática
90	Instituto Tecnológico del Norte	computación e informática industrial y sistemas
91	Universidad Nacional de Jaén	Ingeniería mecánica y eléctrica
92	Universidad Peruana del Centro	ingeniería civil
93	Universidad Nacional de Cañete	ingeniería de sistemas
94	Universidad Privada de Pucallpa	ingeniería de sistemas
95	Universidad Nacional Autónoma de Chota	ingeniería civil
96	Universidad Privada Leonardo Da Vinci	ingeniería de sistemas y tecnologías de información
97	Universidad SISE	administración de redes y seguridad informática
98	Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba	ingeniería civil
99	Universidad Autónoma San Francisco	ingeniería mecánica
100	Universidad Nacional de Barranca	ingeniería civil
101	Universidad Peruana de Investigación y Negocios	ingeniería de sistemas e informática
102	Universidad Peruana Austral del Cusco	Ingeniería de sistemas y informática

Fuente: compilación del autor

De estos 152 programas de nivel terciario, 118 ofrecen programas o cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, o big data/analíticos (ver cuadro XVIII-15).

Cuadro XVIII-15. Perú: Programas en Tecnologías Digitales Avanzadas

Nu- mero	Universidad	Programas	Robótica / Control	Inteligencia Artificial	Big data /analíticos
1	Pontificia Universidad Católica del Perú	Ingeniería informática	x		x
		estadística			x
		Ingeniería electrónica; mecatronica	x	x	
2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Ingeniería de Sistemas e informática; software	x	x	x
		Gobierno de Tecnologías de información	x		x
		Ingeniería electrónica y eléctrica	N/A	N/A	N/A
3	Universidad Nacional Agraria la Molina	Estadística e informática		x	x
4	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	estadística	N/A	N/A	N/A
		ingeniería informática y de sistemas	x	x	
		ingeniería electrónica	x	x	
5	Universidad Nacional de Ingeniería	Ingeniería de sistemas	x	x	
		Ingeniería eléctrica y electrónica	x		
		Ingeniería de telecomunicaciones	x		
6	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Ciencias de la computación		x	x
		Ingeniería de software			x
		Ingeniería de Sistemas de información			x
		Ingeniería electrónica	x	x	
		Dirección de Sistemas y Tecnologías de la información			x
		Dirección de gestión de las	-	-	-

		telecomunicaciones			
7	Universidad ESAN	Dirección de Tecnologías de información			x
8	Universidad de San Martín de Porres	Ingeniería de computación y sistemas	x	x	x
		Ingeniería electrónica	x		
9	Universidad de Lima	Ingeniería de sistemas	x	x	x
10	Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC	Ciencia de la computación		x	x
		ingeniería mecatrónica	x		
11	Universidad nacional de San Agustín de Arequipa	Ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
		Ciencia de la computación; informática	x	x	
		ingeniería electrónica	x		
12	Universidad Católica de Santa María	ingeniería electrónica	x		
		ingeniería de sistemas		x	x
13	Universidad San Ignacio de Loyola	Ingeniería de Sistemas de información; informática		x	
14	Universidad de Piura	Ingeniería industrial y de sistemas	x		
		ingeniería mecánico-eléctrica	x		
15	Universidad Católica San Pablo	Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones	x		
		Ingeniería informática	x	x	x
16	Universidad del Pacífico	Ingeniería de la información			x
17	Universidad Nacional de Trujillo	Ingeniería de sistemas		x	
		Ingeniería mecatrónica	x		
18	Universidad Científica del Sur	Ingeniería de sistemas empresariales		x	
19	Universidad Nacional Federico Villarreal	ingeniería electrónica e informática	x	x	
		ingeniería de sistemas	x	x	
20	Universidad Nacional de la Amazonia Peruana	Ingeniería de Sistemas e informática		x	x
21	Universidad Peruana Unión	Ingeniería de sistemas		x	
22	Universidad Nacional de Cajamarca	Ingeniería de sistemas	x	x	x
23	Universidad César Vallejo	Ingeniería de sistemas		x	x
24	Universidad Nacional del Altiplano	Ingeniería de sistemas		x	x
		ingeniería informática; estadística		x	x
		Ingeniería mecánica eléctrica	x		
		Ingeniería electrónica	x		
25	Universidad Católica Sedes Sapientiae	Ingeniería informática		x	x
		ingeniería sistemas		x	
26	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Ingeniería mecánica y eléctrica	x		
27	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	ingeniería de sistemas y computación		x	x
		ingeniería mecánica eléctrica	x		
28	Universidad Privada Antenor Orrego	ingeniería de software		x	x
		ingeniería de computación y sistemas	x	x	x
29	Universidad Peruana los Andes	ingeniería de sistemas y computación	x	x	x
30	Universidad Nacional del Callao	Ingeniería eléctrica y electrónica	x		
		Ingeniería industrial y de sistemas	-	-	-
31	Universidad Ricardo Palma	Ingeniería electrónica	x		
		Ingeniería informática	x	x	
32	Universidad Nacional Agraria de la Selva	Ingeniería de sistemas e informática	x		
33	Universidad Señor de Sipán	ingeniería de sistemas	-	-	-
34	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	ingeniería en informática y sistemas		x	x
35	Universidad Nacional de Piura	ingeniería informática		x	x
36	Universidad Tecnológica del Perú	Ingeniería de Sistemas e informática; ingeniería de Software		x	
		Ingeniería electromecánica	x		
37	Universidad Alas Peruanas	Ingeniería de Sistemas e informática	x		x
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	x		
38	Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote	ingeniería de sistemas		x	x
39	Universidad Privada Sergio Bernales	ingeniería de sistemas		x	x
40	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
41	Universidad Privada del Norte	Ingeniería de sistemas	x	x	
		ingeniería electrónica; mecatrónica	x		
42	Universidad Femenina del Sagrado Corazón	ingeniería de sistemas y gestión de tecnologías de información		x	x

43	Universidad Inca Garcilaso de la Vega	Ingeniería de sistemas, computo y telecomunicaciones			x
44	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	Ingeniería de Sistemas e informática estadística e informática	x	x	
45	Universidad Particular Tecnológica de los Andes	ingeniería de sistemas e informática		x	x
46	Universidad Privada de Tacna	Ingeniería de sistemas	x		
		Ingeniería electrónica			
47	Universidad Nacional de Ucayali	Ciencia de la computación	x	x	x
		Ingeniería de sistemas	x	x	x
48	Universidad Nacional de Educación	electrónica e informática	-	-	-
49	TECSUP	diseño de software e integración de sistemas electrónica y automatización			x
			x		
50	Universidad Nacional del Santa Chimbote	Ingeniería de Sistemas e informática		x	
51	Universidad Nacional del Centro del Perú	Ingeniería de Sistemas	x	x	
52	Universidad Privada San Juan Bautista	ingeniería de computación y sistemas	N/A	N/A	N/A
53	Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	ingeniería de sistemas		x	x
		ingeniería informática		x	
		Ingeniería electrónica	x		
54	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	ingeniería informática y sistemas	-	-	-
55	Universidad Norbert Wiener	Ingeniería de Sistemas e informática	x	x	
56	Universidad Nacional de San Martín	Programación informática	N/A	N/A	N/A
		Ingeniería en telecomunicaciones	N/A	N/A	N/A
57	Universidad Andina del Cusco	ingeniería de sistemas	x	x	x
58	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	ingeniería de sistemas	-	-	-
59	Instituto Superior Tecnológico CIBERTEC	ingeniería mecatronica automotriz	x		
60	Universidad de Ciencias y Humanidades	Ingeniería de Sistemas e informática			x
61	Instituto Superior Tecnológico	ingeniería mecatronica industrial; automotriz; electrónica industrial	x		
62	Universidad Nacional de Huancavelica	Ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
		ingeniería electrónica	x		
63	Universidad José Carlos Mariátegui	Ingeniería de Sistemas e informática	x		x
64	Universidad Científica del Perú	ingeniería informática y de sistemas			x
65	Universidad de Chiclayo	ingeniería informática y de sistemas	x		
66	Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez	Ingeniería mecánica eléctrica	N/A	N/A	N/A
		ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
67	Universidad Continental	Gestión de la tecnología de la información			x
		Ingeniería de sistemas y informática	x	x	x
68	Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios	ingeniería de sistemas	N/A	N/A	N/A
69	Universidad Nacional Herminio Valdizan	ingeniería sistemas e informática	x		x
70	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	Ingeniería de sistemas y computación			x
71	Universidad Nacional de Moquegua	Ingeniería de Sistemas e informática	x	x	x
72	Universidad de Huanuco	Ingeniería de Sistemas e informática	x	x	
73	Universidad Privada San Pedro	ingeniería informática y sistemas	-	-	-
		Ingeniería mecánica eléctrica	x		
74	Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo	Ingeniería de sistemas y informática	x	x	x
75	Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	ingeniería de sistemas	x	x	
		ingeniería mecánica eléctrica	x		
76	Universidad Juan Mejía Baca	ingeniería teleinformática	-	-	-
77	Universidad Peruana de Ciencias e Informática	Ingeniería de sistemas		x	
		Ingeniería en telecomunicaciones	x		
78	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	Ingeniería de sistemas	x		
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	x		
79	Universidad Peruana de las Américas	ingeniería de sistemas y computación tecnologías de la información	x		x
80	Universidad La Salle	ingeniería de software		x	
81	Universidad Nacional José María Arguedas	ingeniería de sistemas	-	-	-
82	Universidad de Lambayeque	ingeniería de sistemas	x		
83	Universidad Peruana Simón Bolívar	ingeniería de sistemas y seguridad informática	x		x
84	Universidad Católica de Trujillo Benedicto	ingeniería informática	N/A	N/A	N/A

	XVI	Ingeniería mecánica eléctrica	x		
85	Universidad Privada Telesup	Ingeniería de Sistemas e informática	x	x	
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	x		
86	Universidad Autónoma del Perú	ingeniería de sistemas		x	x
87	Universidad para el Desarrollo Andino	ingeniería informática	x		
88	Instituto Continental	computación e informática	-	-	-
89	Universidad Peruana de Integración Global	ingeniería de sistemas e informática	x	x	
90	Instituto Tecnológico del Norte	computación e informática	-	-	-
		industrial y sistemas	x		
91	Universidad Nacional de Jaén	Ingeniería mecánica y eléctrica	x		
92	Universidad Peruana del Centro	ingeniería civil	-	-	-
93	Universidad Nacional de Cañete	ingeniería de sistemas		x	x
94	Universidad Privada de Pucallpa	ingeniería de sistemas		x	
95	Universidad Nacional Autónoma de Chota	ingeniería civil	-	-	-
96	Universidad Privada Leonardo Da Vinci	ingeniería de sistemas y tecnologías de información			x
97	Universidad SISE	administración de redes y seguridad informática	-	-	-
98	Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba	ingeniería civil	-	-	-
99	Universidad Autónoma San Francisco	ingeniería mecánica	x	x	
100	Universidad Nacional de Barranca	ingeniería civil	N/A	N/A	N/A
101	Universidad Peruana de Investigación y Negocios	ingeniería de sistemas e informática	-	-	-
102	Universidad Peruana Austral del Cusco	Ingeniería de sistemas y informática	x		

Fuente: compilación del autor

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunos de los departamentos (ver cuadro XVIII-16).

Cuadro XVIII-16. Perú: Profesores en tecnologías Digitales Avanzadas

Numero	Universidad	Programas	Profesores
1	Pontificia Universidad Católica del Perú	Ingeniería informática	N/A
		estadística	N/A
		Ingeniería electrónica; mecatronica	N/A
2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Ingeniería de Sistemas e informática; software	60
		Gobierno de Tecnologías de información	15
		Ingeniería electrónica y eléctrica	19
3	Universidad Nacional Agraria la Molina	Estadística e informática	-
4	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	estadística	-
		ingeniería informática y de sistemas	27
		ingeniería electrónica	14
5	Universidad Nacional de Ingeniería	Ingeniería de sistemas	31
		Ingeniería eléctrica y electrónica	-
		Ingeniería de telecomunicaciones	-
6	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Ciencias de la computación	-
		Ingeniería de software	-
		Ingeniería de Sistemas de información	-
		Ingeniería electrónica	-
		Dirección de Sistemas y Tecnologías de la información	11
		Dirección de gestión de las telecomunicaciones	-
7	Universidad ESAN	Dirección de Tecnologías de información	38
8	Universidad de San Martín de Porres	Ingeniería de computación y sistemas	-
		Ingeniería electrónica	-
9	Universidad de Lima	Ingeniería de sistemas	115
10	Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC	Ciencia de la computación	26
		ingeniería mecatronica	22
11	Universidad nacional de San Agustín de Arequipa	Ingeniería de sistemas	-
		Ciencia de la computación; informática	-
		ingeniería electrónica	-
12	Universidad Católica de Santa María	ingeniería electrónica	-
		ingeniería de sistemas	-

13	Universidad San Ignacio de Loyola	Ingeniería de Sistemas de información; informática	-
14	Universidad de Piura	Ingeniería industrial y de sistemas	19
		ingeniería mecánico-eléctrica	15
15	Universidad Católica San Pablo	Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones	N/A
		Ingeniería informática	-
16	Universidad del Pacífico	Ingeniería de la información	-
17	Universidad Nacional de Trujillo	Ingeniería de sistemas	2
		Ingeniería mecatrónica	2
18	Universidad Científica del Sur	Ingeniería de sistemas empresariales	25
19	Universidad Nacional Federico Villarreal	ingeniería electrónica e informática	-
		ingeniería de sistemas	24
20	Universidad Nacional de la Amazonia Peruana	Ingeniería de Sistemas e informática	-
21	Universidad Peruana Unión	Ingeniería de sistemas	-
22	Universidad Nacional de Cajamarca	Ingeniería de sistemas	-
23	Universidad César Vallejo	Ingeniería de sistemas	-
24	Universidad Nacional del Altiplano	Ingeniería de sistemas	-
		ingeniería informática; estadística	-
		Ingeniería mecánica eléctrica	4
		Ingeniería electrónica	22
25	Universidad Católica Sedes Sapientiae	Ingeniería informática	-
		ingeniería sistemas	-
26	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Ingeniería mecánica y eléctrica	-
27	Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo	ingeniería de sistemas y computación	13
		ingeniería mecánica eléctrica	-
28	Universidad Privada Antenor Orrego	ingeniería de software	-
		ingeniería de computación y sistemas	20
29	Universidad Peruana los Andes	ingeniería de sistemas y computación	-
30	Universidad Nacional del Callao	Ingeniería eléctrica y electrónica	-
		Ingeniería industrial y de sistemas	-
31	Universidad Ricardo Palma	Ingeniería electrónica	-
		Ingeniería informática	-
32	Universidad Nacional Agraria de la Selva	Ingeniería de sistemas e informática	-
33	Universidad Señor de Sipán	ingeniería de sistemas	-
34	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	ingeniería en informática y sistemas	-
35	Universidad Nacional de Piura	ingeniería informática	-
36	Universidad Tecnológica del Perú	Ingeniería de Sistemas e informática; ingeniería de Software	-
		Ingeniería electromecánica	-
37	Universidad Alas Peruanas	Ingeniería de Sistemas e informática	17
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	3
38	Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote	ingeniería de sistemas	-
39	Universidad Privada Sergio Bernales	ingeniería de sistemas	-
40	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	ingeniería de sistemas	-
41`	Universidad Privada del Norte	Ingeniería de sistemas	12
		ingeniería electrónica; mecatrónica	-
42	Universidad Femenina del Sagrado Corazón	ingeniería de sistemas y gestión de tecnologías de información	18
43	Universidad Inca Garcilaso de la Vega	Ingeniería de sistemas, computo y telecomunicaciones	-
44	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	Ingeniería de Sistemas e informática	-
		estadística e informática	-
45	Universidad Particular Tecnológica de los Andes	ingeniería de sistemas e informática	-
46	Universidad Privada de Tacna	Ingeniería de sistemas	7
		Ingeniería electrónica	7
47	Universidad Nacional de Ucayali	Ciencia de la computación	-
		Ingeniería de sistemas	-
48	Universidad Nacional de Educación	electrónica e informática	-
49	TECSUP	diseño de software e integración de sistemas	-
		electrónica y automatización	-
50	Universidad Nacional del Santa Chimbote	Ingeniería de Sistemas e informática	-
51	Universidad Nacional del Centro del Perú	Ingeniería de Sistemas	-
52	Universidad Privada San Juan Bautista	ingeniería de computación y sistemas	N/A
		ingeniería de sistemas	18
53	Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	ingeniería informática	-
		Ingeniería electrónica	-
		ingeniería informática y sistemas	-
54	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	ingeniería informática y sistemas	-
55	Universidad Norbert Wiener	Ingeniería de Sistemas e informática	29
56	Universidad Nacional de San Martín	Programación informática	-

		Ingeniería en telecomunicaciones	-
57	Universidad Andina del Cusco	ingeniería de sistemas	30
58	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	ingeniería de sistemas	12
59	Instituto Superior Tecnológico CIBERTEC	ingeniería mecatronica automotriz	-
60	Universidad de Ciencias y Humanidades	Ingeniería de Sistemas e informática	14
61	Instituto Superior Tecnológico	ingeniería mecatronica industrial; automotriz; electrónica industrial	-
62	Universidad Nacional de Huancavelica	Ingeniería de sistemas	-
		ingeniería electrónica	-
63	Universidad José Carlos Mariátegui	Ingeniería de Sistemas e informática	-
64	Universidad Científica del Perú	ingeniería informática y de sistemas	-
65	Universidad de Chiclayo	ingeniería informática y de sistemas	10
66	Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez	Ingeniería mecánica eléctrica	27
		ingeniería de sistemas	-
67	Universidad Continental	Gestión de la tecnología de la información	11
		Ingeniería de sistemas y informática	-
68	Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios	ingeniería de sistemas	-
69	Universidad Nacional Herminio Valdizan	ingeniería sistemas e informática	18
70	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	Ingeniería de sistemas y computación	17
71	Universidad Nacional de Moquegua	Ingeniería de Sistemas e informática	4
72	Universidad de Huanuco	Ingeniería de Sistemas e informática	N/A
73	Universidad Privada San Pedro	ingeniería informática y sistemas	-
		Ingeniería mecánica eléctrica	12
74	Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo	Ingeniería de sistemas y informática	13
75	Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	ingeniería de sistemas	20
		ingeniería mecánica eléctrica	-
76	Universidad Juan Mejía Baca	ingeniería teleinformática	-
77	Universidad Peruana de Ciencias e Informática	Ingeniería de sistemas	-
		Ingeniería en telecomunicaciones	-
78	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	Ingeniería de sistemas	-
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	-
79	Universidad Peruana de las Américas	ingeniería de sistemas y computación	-
		tecnologías de la información	-
80	Universidad La Salle	ingeniería de software	-
81	Universidad Nacional José María Arguedas	ingeniería de sistemas	-
82	Universidad de Lambayeque	ingeniería de sistemas	-
83	Universidad Peruana Simón Bolívar	ingeniería de sistemas y seguridad informática	-
84	Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI	ingeniería informática	-
		Ingeniería mecánica eléctrica	-
85	Universidad Privada Telesup	Ingeniería de Sistemas e informática	-
		Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	-
86	Universidad Autónoma del Perú	ingeniería de sistemas	-
87	Universidad para el Desarrollo Andino	ingeniería informática	-
88	Instituto Continental	computación e informática	-
89	Universidad Peruana de Integración Global	ingeniería de sistemas e informática	20
90	Instituto Tecnológico del Norte	computación e informática	-
		industrial y sistemas	-
91	Universidad Nacional de Jaén	Ingeniería mecánica y eléctrica	N/A
92	Universidad Peruana del Centro	ingeniería civil	-
93	Universidad Nacional de Cañete	ingeniería de sistemas	-
94	Universidad Privada de Pucallpa	ingeniería de sistemas	-
95	Universidad Nacional Autónoma de Chota	ingeniería civil	-
96	Universidad Privada Leonardo Da Vinci	ingeniería de sistemas y tecnologías de información	-
97	Universidad SISE	administración de redes y seguridad informática	-
98	Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba	ingeniería civil	-
99	Universidad Autónoma San Francisco	ingeniería mecánica	-
100	Universidad Nacional de Barranca	ingeniería civil	-
101	Universidad Peruana de Investigación y Negocios	ingeniería de sistemas e informática	-
102	Universidad Peruana Austral del Cusco	Ingeniería de sistemas y informática	-
Total			843

Fuente: compilación del autor

Considerando tan solo algunos de los 109 departamentos, se han podido identificar 843 profesores afiliados con la oferta de capacitación en tecnologías digitales.

El cuadro XVIII-17 presenta el numero de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como el numero de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro XVIII-17. Perú: Oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Numero de Programas/cursos			Numero de Títulos (*)		
	Robótica /Control	Inteligencia Artificial/ML	Big data /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	24	19	16	10	18	37
Otras Universidades	54	43	37	6	32	99 (**)
Total	78	52	53	16	50	136

(*) Considera que una Universidad puede otorgar mas de un titulo en diferentes especialidades

(**) Adicionalmente, las universidades peruanas otorgan ocho tecnicaturas o certificados profesionales en tecnologías digitales.

Fuente: compilación del autor

Como puede observarse en el cuadro 17, la oferta de capacitación de posgrado en tecnologías digitales es moderada. En total, existen 16 programas de doctorado, la mayor parte de los cuales están concentradas en las veinte universidades mejor posicionadas en el país.

Al mismo tiempo, el énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada existe en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y big data son minoritarios³³. Finalmente, las veinte universidades con mas alto posicionamiento en el ranking chileno concentran mas del 50% de toda la oferta de programas de doctorado aunque la oferta de Maestrías y títulos de grado en las disciplinas consideradas esta mucho mas distribuida.

XIX. ANALISIS COMPARADO

Como se definió al comienzo de este capitulo, las brechas de capital humano deben ser conceptualizadas en términos de a la ola referida, así como a la etapa considerada. Por ejemplo, brechas de capital humano en la etapa de desarrollo se refieren a la formación limitada de investigadores involucrados en la creación de nuevos productos, mientras que la falta de capital humano en la etapa de adopción se refiere a la provisión limitada de recursos para la asimilación de tecnología en empresas. Al más alto nivel, un investigador involucrado en el desarrollo de tecnologías digitales se ha graduado con un título de grado, y un posgrado de por lo menos una maestría, y mejor aún, un doctorado. Por otro lado, un profesional dedicado a la incorporación de tecnología

³³ Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y big data está limitada a unos pocos cursos, dado que Perú todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en machine learning).

digital en procesos productivos debe poseer una certificación de estudios de grado y quizás una maestría.

En términos generales, se observa que la oferta de programas de capacitación en tecnologías digitales maduras en los tres países es abundante. Por ejemplo, de las 85 universidades chilenas, 53 ofrecen títulos universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. En Colombia, de las 290 instituciones de estudio superior, 165 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. Finalmente, de las 166 universidades peruanas, 103 ofrecen programas en tecnologías digitales, de título de grado a doctorado.

El número de títulos ofrecidos es asimismo abundante. Las universidades chilenas ofrecen 109 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones. Las universidades colombianas ofrecen un total de 261 programas, mientras que las peruanas ofrecen 152.

Finalmente, estos programas de nivel terciario incluyen un número importante de cursos en tecnologías digitales de avanzada. Por ejemplo, de los 109 programas ofrecidos en Chile, 81 incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o big data/analíticos. De los 261 programas ofrecidos en Colombia, 212 ofrecen cursos en las tecnologías digitales de avanzada. De los 152 programas de educación terciaria en Perú, 118 ofrecen cursos o diplomas en tecnologías digitales de avanzada.

Si bien no se dispone de números que cubren la totalidad de instituciones de nivel superior, las cifras compiladas indican un nivel importante de profesores. En las 53 universidades chilenas que ofrecen títulos universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información se identificaron 529 profesores. En las 165 universidades colombianas que ofrecen este tipo de programas se registran, como mínimo 1,391 profesores. En el caso peruano, se identificaron 843 profesores.

Por otra parte la oferta de capacitación de posgrado (especialmente doctorados) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual los países estudiados llevan adelante investigación básica y aplicada de alto nivel. En Chile se identificaron tan solo 8 programas de doctorado y 27 de maestría en tecnologías digitales (la mayor parte de los mismos esta concentrada en las veinte universidades mejor posicionados en el ranking de instituciones chilenas), mientras que en Colombia se identificaron 10 doctorados (es de notar que los programas de maestría son mas numerosos: 49), y en Perú se compilo información sobre 16 programas de doctorado.

Finalmente, en lo que se refiere a la concentración en tecnologías de avanzada, la robótica y control tienden a concentrar la mayor parte de la oferta de capacitación. Por ejemplo, en Chile, se identificaron 49 programas en esta concentración o cursos mientras que la inteligencia artificial presenta 26 cursos (y dos programas especiales) y big data/analíticos solamente 24. En Colombia, se identificaron 134 programas o

cursos en robótica, 81 en inteligencia artificial y 31 en big data/analíticos. En Perú, se compilaron 78 programas con cursos en robótica y control, 52 cursos en inteligencia artificial, y 53 en big data/analíticos.

La información compilada permite concluir en los siguientes aspectos respecto de la brecha de formación de capital humano:

- En términos generales, se puede concluir que la oferta de programas y títulos de grado en tecnologías digitales es importante (sin concluir que es adecuada. En Chile se ofrecen 96 títulos de grado (licenciatura, ingeniería), en Colombia, 110, y en Perú, 136.
- Si a esto, se suma el número de instituciones con programas de formación en tecnologías digitales (53 en Chile, 165 en Colombia, y 103 en Perú), es razonable concluir que la brecha de capital humano está posicionada menos en la oferta de capacitación y más en otras variables relacionadas con la demanda de formación.
- Una brecha de oferta existe claramente en los programas de capacitación de alto nivel (principalmente doctorados). Esto tiene un impacto en el nivel y recursos dedicados a investigación y desarrollo en la región, con lo que es crítico aumentar el énfasis en la creación de dichos programas.
- En lo que hace a tecnologías de avanzada, el énfasis en robótica y control es visible en los tres países, mientras que tanto la inteligencia artificial como el big data/analíticos requieren un mayor énfasis.

CONCLUSION GENERAL

El propósito de este estudio ha sido determinar el estado de la industria 4.0 (o digitalización de la producción) en América Latina. El mismo se ha enfocado en el análisis por sector industrial en Chile, Colombia, y Perú. Para ello, el estudio comenzó por realizar un diagnóstico de la situación de la digitalización de la producción a partir de la adopción de tecnologías maduras (por ejemplo, banda ancha, uso de Internet en las cadenas de aprovisionamiento y los canales de distribución) en procesos productivos. A continuación, se estudiaron los modelos de gestión de tecnologías digitales maduras. Una vez completados los análisis de asimilación de tecnologías maduras, se procedió a analizar la adopción de tecnologías de avanzada (robótica, sensores, internet de las cosas, etc.). En el contexto de asimilación de tecnologías digitales, se identificaron las brechas tecnológicas y de formación técnica y profesional de recursos humanos para la utilización de tecnologías avanzadas e Internet industrial.

Primer nivel de analisis: adopcion de tecnologias digitales maduras

El análisis comparado entre los tres países del nivel de digitalización de procesos productivos a partir de la adopción de tecnologías maduras muestra una imagen consistente. En las tres naciones, el índice de digitalización de infraestructura es alto, lo que indica un elevado grado de adquisición de tecnologías maduras. El mismo es calculado en base a la adopción de las siguientes tecnologías maduras: computación, Internet, Intranet, extranet, y redes LAN. Asimismo, no existen diferencias significativas entre sectores industriales.

En lo que se refiere a la digitalización de la cadena de aprovisionamiento, su nivel de desarrollo varía por país. El índice en el estadio de la cadena de aprovisionamiento incluye el acceso en línea a información de bienes y servicios, acceso en línea a información del gobierno, interacción en línea con el gobierno (como por ejemplo, pagos de impuestos), entrega en línea de órdenes de compra de insumos, y uso de banca electrónica (para pagar suministros). En Chile el nivel de digitalización de la cadena de aprovisionamiento es intermedio, destacándose los sectores eléctrico y de información y comunicaciones, con un nivel avanzado. En Colombia, la digitalización de la cadena de aprovisionamiento es más homogénea entre sectores industriales: todos demuestran un nivel intermedio. Sobre Colombia cabe destacar que la muestra utilizada sólo abarca a empresas con 10 o más empleados, lo que lleva a que el nivel de digitalización de la infraestructura sea algo más avanzado. En el caso de Perú, con excepción del sector de hidrocarburos, el índice de digitalización de la cadena de aprovisionamiento es bajo.

En Chile, cinco sectores presentan un desarrollo intermedio en el estadio de procesamiento (agricultura y pesca, minería, comercio, alojamiento y restaurantes, y otros servicios). En Colombia, cuatro sectores presentan un desarrollo intermedio en el estadio de procesamiento (industrias manufactureras, comercio, alojamiento y restaurantes y otros servicios). Por otra parte, nueve sectores industriales peruanos

demuestran una digitalización del procesamiento menor al resto del aparato productivo: agricultura y pesca, industrias manufactureras, transporte y almacenamiento, y alojamiento y restaurantes.

En Chile, con excepción del sector de Información y Comunicaciones, todos los sectores industriales presentan un nivel limitado de digitalización en la cadena de distribución. La situación en la cadena de distribución Colombiana es exactamente similar a la chilena: solamente Información y Comunicaciones tiene un desarrollo intermedio. En el caso peruano, ningún sector industrial se encuentra en estadio intermedio de desarrollo de digitalización. Nuevamente, el único sector que se aproxima al estado intermedio de desarrollo de la distribución es el de Información y Comunicaciones. En todos los casos, el rezago de la digitalización del estadio de distribución está confirmado por el volumen de transacciones de comercio electrónico. En el 2015, tan solo 0.90% del comercio minorista peruano estaba siendo transado mediante canales electrónicos, comparado con 2.40% en Chile, y 2.08% en Colombia. El rezago en la digitalización de la cadena de distribución tiene un impacto negativo en la eficiencia de empresas. De manera similar al caso de la cadena de aprovisionamiento, los canales electrónicos representan una oportunidad de aumentar la cobertura de mercados, la maximización de precios (sobre todo en bienes exportables), y la reducción de inventario de productos de viabilidad temporal limitada.

Segundo nivel de análisis: gestión de tecnologías maduras

Este nivel de análisis ayuda a explicar la razón por la cual no se registra un índice de digitalización de procesos productivos elevado en el primer nivel de análisis. La causa central está situada en la baja acumulación de capital intangible, definida esta como la reducida capacitación de empleados para operar en el nuevo entorno digitalizado, la ausencia de cambios en procesos productivos para asimilar la tecnología, y la falta de reestructuración organizativa, actúa como un obstáculo a la asimilación de tecnologías en los estadios verticales de la cadena de valor. La información compilada de las encuestas industriales permite validar o inferir la existencia de estas barreras.

Por ejemplo, en Chile 13.73% de los establecimientos encuestados en la Cuarta Encuesta Longitudinal consideran que los trabajadores de la empresa no están calificados para utilizar la última tecnología disponible. En Colombia, la falta de prioridad de la alta gerencia para la asimilación de tecnologías digitales es consistente con el elevado porcentaje de empresas que no usan Internet porque no lo considera necesario. En Perú, de acuerdo a la Encuesta Economía Anual, tan solo 15.4% de empresas peruanas ha realizado inversiones para una mejora en los procesos productivos u operativos en su organización.

Tercer nivel de análisis: adopción de tecnologías de avanzada

A pesar de la falta de información adecuada al momento se puede inferir que la adopción de tecnologías digitales de avanzada en los países estudiados es baja. Chile es el único país que dispone de información suficiente para generar una primera visión

respecto a la asimilación de tecnologías digitales de avanzada. Considerando los tres componentes del índice de tecnologías de avanzada - hibridación del mundo físico y digital (IoT), comunicación y procesamiento de datos (computación en la nube, ciberseguridad, y fibra óptica), y aplicaciones de gestión -, Chile presenta un desarrollo bajo. Esta conclusión está basada en un índice agregado de desarrollo de tecnologías de avanzada de 10.83 sobre 100. Esto resulta de una penetración de 4.29% de dispositivos M2M, una adopción de 7.08% de software en la nube, un desarrollo sofisticado de tecnologías de ciberseguridad, una utilización intensa de redes sociales, y 26.38% de adopción en software de gestión.

Brechas de capital humano en el uso de tecnologías digitales avanzadas

El análisis de la brecha de capital humano en tecnologías digitales en Chile, Colombia, y Perú permite identificar un panorama complejo.

En primer lugar, el nivel de capacitación digital de la fuerza de trabajo es limitado. Esta variable tiene una importancia explicativa en la falta de acumulación de capital intangible y en el avance limitado en la digitalización de la producción. En Chile, 13.73% de los establecimientos industriales consideran que sus trabajadores no están calificados para utilizar las tecnologías digitales (la estimación de falta de capacitación puede alcanzar 21.71% en empresas de alojamiento y restauración, y 19.73% en construcción). En Colombia, si bien el uso de Internet (y la capacitación de personal) es extremadamente elevado en las empresas medianas y grandes colombianas, entre aquellas que no lo usan, la falta de capacitación es una variable explicativa importante. El peso de la falta de capacitación de la fuerza de trabajo en el sector de mipymes colombianas se ha acrecentado desde el 2013. Finalmente, en el caso peruano, si bien la tasa de adopción de computación e Internet por parte de empresas es elevada en casi todos los sectores industriales, el uso cotidiano de las mismas por parte de empleados es marcadamente reducido. A nivel de la fuerza de trabajo, 46.3% del personal ocupado no usaba computadoras, y 47.3% no accedía a Internet. La falta de capacitación tecnológica de empleados representa una barrera en la limitada acumulación de capital intangible, lo que se traduce en un índice de digitalización inferior. En consecuencia, el aumento del nivel de capacitación de la fuerza de trabajo tendrá un impacto en el nivel de digitalización de procesos productivos, sobre todo en lo que se refiere a las tecnologías digitales maduras.

En segundo lugar, el desarrollo acelerado de la digitalización no ha sido acompañado en la última década por cambios en la producción de talento en el nivel terciario. Si bien el avance en la digitalización chilena ha sido seguido por un incremento en la capacidad del sistema educativo para generar graduados en disciplinas científicas y técnicas. Así, la tasa de aumento en la producción de capital humano digital no ha sido suficiente en la pasada década para acomodar las necesidades del avance de la digitalización. El avance en la digitalización colombiana a una tasa anual de 8.87%, si bien ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros, esta lo ha sido a una tasa anual de 6.98%. De acuerdo a ello podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del

avance de la digitalización, y que, por lo tanto, la brecha se está acrecentando. Finalmente, el avance en la digitalización peruana a una tasa anual de 10.38%, ha sido acompañado por un incremento en la población de ingenieros a una tasa anual de 6.17%. De acuerdo a ello también podría inferirse que el aumento en la producción de capital humano no ha sido suficiente para acomodar las necesidades del avance de la digitalización, y que la brecha esta acrecentándose

El desfase entre oferta y demanda de talento digital se está revirtiendo al menos en el caso chileno y colombiano debido al aumento exponencial de la matrícula de ingeniería y ciencias registrada en los últimos años. El aumento significativo de la matrícula de estudiantes universitarios en carreras tecnológicas de ambos países permite proyectar que la situación desventajosa registrada hasta el 2015 reflejaba una tendencia de arrastre negativo que puede llegar a revertirse en el futuro cercano. Esta tendencia todavía no se ha manifestado en el caso peruano.

Análisis de programas de capacitación en tecnologías digitales

Este análisis ha permitido comprender mejor la naturaleza del desfase entre oferta y demanda de capital humano. En términos generales, se observa que la oferta de programas de capacitación en tecnologías digitales maduras en los tres países es abundante. Por ejemplo, de las 85 universidades chilenas, 53 ofrecen títulos universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. En Colombia, de las 290 instituciones de estudio superior, 165 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. Finalmente, de las 166 universidades peruanas, 103 ofrecen programas en tecnologías digitales, de título de grado a doctorado.

El número de títulos ofrecidos es asimismo abundante. Las universidades chilenas ofrecen 109 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones. Las universidades colombianas ofrecen un total de 261 programas, mientras que las peruanas ofrecen 152.

Finalmente, estos programas de nivel terciario incluyen un número importante de cursos en tecnologías digitales de avanzada. Por ejemplo, de los 109 programas ofrecidos en Chile, 81 incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o big data/analíticos. De los 261 programas ofrecidos en Colombia, 212 ofrecen cursos en las tecnologías digitales de avanzada. De los 152 programas de educación terciaria en Perú, 118 ofrecen cursos o diplomas en tecnologías digitales de avanzada.

Si bien no se dispone de números que cubren la totalidad de instituciones de nivel superior, las cifras compiladas indican un nivel importante de profesores. En las 53 universidades chilenas que ofrecen títulos universitarios en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información se identificaron 529 profesores. En las 165 universidades colombianas que ofrecen este tipo de programas se registran, como mínimo 1,391 profesores. En el caso peruano, se identificaron 843 profesores.

Por otra parte la oferta de capacitación de posgrado (especialmente doctorados) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual los países estudiados llevan adelante investigación básica y aplicada de alto nivel. En Chile se identificaron tan solo 8 programas de doctorado y 27 de maestría en tecnologías digitales (la mayor parte de los mismos esta concentrada en las veinte universidades mejor posicionados en el ranking de instituciones chilenas), mientras que en Colombia se identificaron 10 doctorados (es de notar que los programas de maestría son mas numerosos: 49), y en Perú se compilo información sobre 16 programas de doctorado.

Finalmente, en lo que se refiere a la concentración en tecnologías de avanzada, la robótica y control tienden a concentrar la mayor parte de la oferta de capacitación. Por ejemplo, en Chile, se identificaron 49 programas en esta concentración o cursos mientras que la inteligencia artificial presenta 26 cursos (y dos programas especiales) y big data/analíticos solamente 24. En Colombia, se identificaron 134 programas o cursos en robótica, 81 en inteligencia artificial y 31 en big data/analíticos. En Perú, se compilaron 78 programas con cursos en robótica y control, 52 cursos en inteligencia artificial, y 53 en big data/analíticos.

La información compilada permite concluir en los siguientes aspectos respecto de la brecha de formación de capital humano:

- En términos generales, se puede concluir que la oferta de programas y títulos de grado en tecnologías digitales es importante (sin concluir que es adecuada. En Chile se ofrecen 96 títulos de grado (licenciatura, ingeniería), en Colombia, 110, y en Perú, 136.
- Si a esto, se suma el numero de instituciones con programas de formación en tecnologías digitales (53 en Chile, 165 en Colombia, y 103 en Perú), es razonable concluir que la brecha de capital humano esta posicionada menos en la oferta de capacitación y mas en otras variables relacionadas con la demanda de formación.
- Una brecha de oferta existe claramente en los programas de capacitación de alto nivel (principalmente doctorados). Esto tiene un impacto en el nivel y recursos dedicados a investigación y desarrollo en la región, con lo que es critico aumentar el énfasis en la creación de dichos programas
- En lo que hace a tecnologías de avanzada, el énfasis en robótica y control es visible en los tres países, mientras que tanto la inteligencia artificial como el big data/analíticos requieren un mayor énfasis.

BIBLIOGRAFÍA

AIEP (2014) *Estudio Cuantitativo, Escuela de Tecnología de la información y Telecomunicaciones (TIC): Expectativas del profesional del futuro*

CINDA Centro Interuniversitario de Desarrollo, (2011), *Educación Superior en Iberoamérica*. Informe. Universia.

DANE (2015). *Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de TIC en Empresas. Módulo de Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC en EAM, EAC y EAS*. Bogotá.

DANE (2015). *Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de TIC en Empresas. Módulo de Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC en EAM, EAC y EAS*. Bogota.

Fedesoft (2017), Observatorio TI.

J. Del Vecchio, F. Paternina, C. Henríquez, (2015). "Cloud computing a model for the development of enterprises", *Prospect*, Vol 13, N° 2, 81-87.

IDC (2016). *Worldwide Internet of Things Spending Guide by Vertical Market and Wearable Tracker*.

Indra (2015). *Industria Conectada 4.0: Presentación de la Iniciativa*. Madrid: 23 de julio.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). *Perú: Tecnología de Información y Comunicación en las Empresas. Encuesta Económica Anual*. Lima

Katz, R. (1988). *The Information Society: an International Perspective*. New York: Praeger.

Katz, R. (2015). *El ecosistema y la economía digital en América Latina*. Madrid: Ariel.

Katz, R. (2016). *Latin America 4.0: the digital transformation in the value chain*. Miami: GA Digital Transformation Center.

Katz, R. (2017). *The Social and Economic Impact of Digital Transformation of the Economy*. International Telecommunications Union: Global Symposium of Regulators 2017.

Katz, R. y Koutroumpis, P. (2103a) "Measuring digitization: A growth and welfare multiplier", *Technovation*, Vol. 33, Issues 10-11, pp. 311-386.

Katz, R., Koutroumpis, P. y Callorda, F (2013b). "The Latin American path towards digitization", *Info*, Vol. 15, No. 3, pp. 6-24.

Katz, R., Koutroumpis, P. y Callorda, F (2014). "Using a Digitization index to measure economic and social impact of digital agendas", *Info*, Vol. 16, No. 1, pp. 32-44.

Katz, R. y Callorda, F. (2016). *Iniciativas empresariales y políticas públicas para acelerar el desarrollo de un ecosistema digital iberoamericano*. Informe al Consejo Iberoamericano de la Productividad y la Competitividad. Septiembre

Manpower Group, (2014), *The Talent Shortage Continues*. Retrieved in: https://www.manpower.de/fileadmin/manpower.../2014_Talent_Shortage_WP_

MITIC (2016). *Encuesta de caracterización de las MIPYME colombianas y su relación con la tecnología*. Bogota.

Ministerio de Economía, Fomento, y Turismo (2015). *Informe de resultados: Tecnologías de la información y comunicación en las empresas*. Tercera Encuesta Longitudinal de Empresas. Santiago: octubre.

Porat, M. (1978). "Global Implications of the Information Society", *Journal of Communication*, Vol. 28, No. 1, pp 70-80.

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - RICYT (2015), *El Estado de la Ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos*. Buenos Aires: REDES/OEI.

Sabbag, K., Friedrich, R., El-Darwiche, B., Singh, M., Ganediwalla, S. and Katz, R. (2012), "Maximizing the impact of digitization", in Dutta, S. and Bilbao-Osorio, B. (Eds.), *The Global Information Technology Report 2012*, World Economic Forum and Insead, Geneva.

UNCTAD (2009). *Manual para la producción de estadísticas sobre la economía de la información*. Ginebra.

UNESCO (2005). *Hacia las Sociedades del Conocimiento*. Informe Mundial. Paris.

World Economic Forum (2016). *The Human Capital Report*, Geneva.