

Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020

La industrialización en la era digital Resumen



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020

La industrialización en la era digital
Resumen



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Copyright © 2019 Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos en esta publicación no implican opinión alguna de parte de la Secretaría de ONUDI sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

Las calificaciones de “desarrollados”, “en desarrollo”, “industrializados”, “punteros”, “de segundo nivel”, “de industrialización tardía” y “rezagados” se utilizan para facilitar la presentación estadística y no entrañan necesariamente un juicio sobre la etapa que puede haber alcanzado determinado país o zona en el proceso de desarrollo.

La mención de nombres de empresas o productos comerciales no implica el aval de ONUDI.

El material de esta publicación puede ser citado o reproducido libremente, a condición de que se indique la fuente y se envíe una copia de la publicación que contiene la cita o reimpresión.

Para referencias y citas, por favor utilice: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2019. *Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. La industrialización en la era digital. Resumen*. Viena.

Tabla de contenidos

Página

v	Prólogo
vii	Agradecimientos
ix	Abreviaturas

Resumen La industrialización en la era digital

1	¿Por qué deberíamos preocuparnos por las nuevas tecnologías?
1	Las tecnologías impulsan el DIIS a través de nuevos productos y nuevos procesos
2	¿Cuáles son las nuevas tecnologías que dan forma al panorama industrial?
3	Una transición evolutiva hacia las tecnologías de PDA
4	¿Quién está creando y utilizando las tecnologías de PDA?
4	Un panorama global concentrado
7	Dentro de los diferentes países, son muy pocas las empresas que están adoptando por completo las tecnologías de PDA
9	La difusión de las nuevas tecnologías también se concentra por industria y tamaño
10	¿Qué se necesita para implementar las tecnologías de PDA?
10	Su implementación depende de las capacidades industriales a nivel nacional
11	Las capacidades industriales se desarrollan en las empresas manufactureras
14	La implementación también requiere de capacidades concretas en la mano de obra
15	¿Qué beneficios pueden aportar las tecnologías de producción digital avanzada (PDA)?
16	Fomentar la productividad
16	Reforzar los vínculos intersectoriales
17	Creación y no destrucción de empleos
19	Sostenibilidad para el medio ambiente
20	Los beneficios no son automáticos e implican riesgos
22	¿Qué respuestas se pueden dar mediante políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS?
23	Algunas áreas generales de las medidas de política requieren atención especial
26	Llamado a una mayor colaboración internacional
27	Notas
27	Bibliografía
29	Anexo

Figuras

- | | | |
|-----------|----|--|
| 2 | 1 | Nuevas tecnologías y desarrollo industrial inclusivo y sostenible |
| 3 | 2 | Ámbitos tecnológicos generales de la cuarta revolución industrial |
| 4 | 3 | Tecnologías de producción: de la primera a la cuarta revolución industrial |
| 5 | 4 | Módulos de las tecnologías de PDA |
| 7 | 5 | Cuatro generaciones de tecnologías de producción digital aplicadas a la manufactura |
| 8 | 6 | En los países en desarrollo, la adopción de las tecnologías de PDA sigue siendo limitada |
| 9 | 7 | Las tasas de adopción de tecnologías clave en la producción digital avanzada varían entre las diferentes industrias en Europa |
| 11 | 8 | La implementación de las tecnologías de PDA requiere un aumento de las capacidades industriales |
| 14 | 9 | Las capacidades de producción son clave para la adopción de la innovación en los procesos tecnológicos |
| 15 | 10 | Beneficios previstos de las tecnologías de PDA |
| 16 | 11 | La adopción de tecnologías de PDA está positivamente relacionada con la productividad |
| 17 | 12 | Las economías activas en tecnologías de PDA crecen con mayor rapidez que el resto en todos los grupos de ingresos |
| 18 | 13 | Las industrias manufactureras en las economías que participan activamente en tecnologías de PDA están más integradas con servicios empresariales intensivos en conocimientos, en todos los niveles de ingresos |
| 18 | 14 | Efecto agregado del aumento del uso de robots industriales en industrias individuales para el empleo mundial |
| 20 | 15 | Las tecnologías de PDA presentan un contenido ecológico por encima del promedio |
| 20 | 16 | La mayoría de las empresas que ya participan o están listas para participar en tecnologías de PDA concuerdan en que estas producirán mejoras ambientales |
| 22 | 17 | Las trabajadoras tienen más probabilidades de enfrentar un mayor riesgo de informatización que los hombres, si trabajan para el sector de alimentos, textiles y productos químicos |

Tablas

- | | | |
|-----------|----|--|
| 6 | 1 | De las economías rezagadas a las punteras en el panorama tecnológico emergente |
| 12 | 2 | Capacidades acumuladas de inversión, tecnología y producción para la producción digital avanzada |
| 23 | 3 | Áreas de medidas políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS |
| 29 | A1 | Países y economías clasificadas de acuerdo con su nivel de implementación de tecnologías de PDA en el sector manufacturero |

Prólogo



El surgimiento y la difusión de las tecnologías avanzadas de producción digital (PDA) de la cuarta revolución industrial están alterando radicalmente la producción manufacturera, desdibujando cada vez más las fronteras entre los sistemas de producción física y digital. Los avances

en robótica, inteligencia artificial, fabricación aditiva y análisis de datos generan importantes oportunidades para acelerar la innovación y aumentar el contenido de valor añadido de la producción en las industrias manufactureras.

El presente Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020 contribuye al debate sobre la cuarta revolución industrial presentando nuevas pruebas analíticas y empíricas sobre el futuro de la industrialización en el contexto del actual cambio de paradigma tecnológico.

Una afirmación frecuente es que los robots reemplazarán a los trabajadores de las fábricas, de modo que la industrialización no creará el mismo número de oportunidades de empleo que en el pasado. Otra es que los países avanzados relocalizarán la producción que antes se externalizaba. Una tercera es que el umbral mínimo de aptitudes y capacidades para seguir siendo competitivos en la industria manufacturera será tan alto que excluirá a la mayoría de los países de la siguiente fase de la producción industrial. Este informe examina empíricamente la validez de estos desafíos.

Una de las principales conclusiones de esta publicación es que la industrialización sigue siendo la principal vía para el éxito del desarrollo. La industrialización permite a los países desarrollar y fortalecer las aptitudes y capacidades necesarias para competir y tener éxito dentro del nuevo paradigma tecnológico. El análisis muestra que las tecnologías de PDA aplicadas a la producción manufacturera ofrecen un enorme potencial para impulsar el crecimiento económico y el bienestar humano

y salvaguardar el medio ambiente, contribuyendo así a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esto se refiere, en particular, al Objetivo 9 de desarrollo sostenible —construir una infraestructura resiliente, promover una industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación—, que es fundamental para el mandato de ONUDI. Estas tecnologías pueden aumentar la eficiencia y la productividad de los procesos de producción industrial, y hay pruebas de que también pueden ayudar a crear nuevas industrias.

Esta publicación también muestra que, aunque un gran número de puestos de trabajo serán vulnerables a la automatización a medida que las nuevas tecnologías se vayan difundiendo entre países e industrias, es probable que también cree nuevas industrias y nuevas oportunidades de empleo en sectores más cualificados y basados en el conocimiento. Los datos de este informe sugieren que, si se tienen en cuenta los efectos indirectos a lo largo de la cadena de valor, el aumento de la población de robots utilizados en la fabricación a nivel mundial está creando empleo, no destruyéndolo. Los datos sobre la relocalización de las economías emergentes a las industrializadas debido a la adopción de nuevas tecnologías indican que este fenómeno no está muy extendido. Las conclusiones muestran que la relocalización se ve contrarrestada por la producción deslocalizada en los países en desarrollo, que crea oportunidades de empleo y vínculos en la cadena de valor hacia atrás y hacia adelante.

El impacto de las tecnologías de PDA en los países en desarrollo dependerá en última instancia de sus respuestas políticas. No existe una estrategia política única para que las nuevas tecnologías contribuyan a un desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Nuestro informe de 2020 proporciona algunas orientaciones estratégicas a medida que se ahonde en la cuarta revolución industrial en los próximos años. Hay tres aspectos que merecen especial atención: i) desarrollar las condiciones marco, en particular la infraestructura digital, para incorporar las nuevas tecnologías; ii) fomentar la demanda y el aprovechamiento de las iniciativas en curso que utilizan las tecnologías de PDA; y iii) reforzar las cualificaciones

y las capacidades de investigación necesarias. El informe ofrece varios ejemplos de políticas específicas que se aplican actualmente en diferentes países para abordar cada una de estas dimensiones.

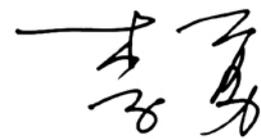
Una conclusión sorprendente que se desprende del informe es el gran número de países que aún no han entrado en la era de los avances tecnológicos en curso. Grandes partes del mundo, sobre todo en los países menos desarrollados y otros países de bajos ingresos, todavía están lejos de utilizar las tecnologías de PDA a gran escala. Los datos a nivel de empresa recopilados para este informe en cinco países en desarrollo refuerzan esta percepción al mostrar que el sector manufacturero de estos países se caracteriza por la existencia de “islas tecnológicas”, en las que coexisten pocos (si es que existen) líderes digitales con una gran mayoría de empresas que utilizan tecnologías anticuadas. Hasta un 70 por ciento del sector manufacturero de las “economías rezagadas” sigue utilizando tecnologías analógicas en su producción manufacturera.

La falta de difusión de tecnologías potencialmente útiles hace más necesario seguir fortaleciendo la alianza mundial en pro del desarrollo sostenible. Es preciso intensificar los esfuerzos para movilizar y compartir conocimientos, pericia, tecnología y recursos financieros a fin de lograr el objetivo de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de no dejar a nadie atrás. Los países de bajos ingresos necesitan una infraestructura digital adecuada y conocimientos especializados para aprovechar la cuarta revolución industrial y evitar el riesgo de quedar más rezagados. Este informe muestra

que los países de bajos ingresos cuentan con méritos para dedicarse a la producción manufacturera, fortalecer la capacidad industrial y aprender la forma de utilizar estas tecnologías de manera productiva. El crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible es esencial para la prosperidad.

Me complace que este informe aporte un enfoque original al análisis de las nuevas tecnologías y la cuarta revolución industrial, y que reafirme el papel de la industrialización como motor del desarrollo. El desarrollo industrial inclusivo y sostenible ayudará a crear economías dinámicas, sostenibles, innovadoras y centradas en las personas, algo por lo que debemos esforzarnos, a medida que la comunidad internacional avanza hacia el logro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Doy las gracias a los funcionarios de la ONUDI y a los expertos internacionales que han trabajado en la preparación de este informe, que espero que sirva de documento de referencia en el debate internacional sobre el desarrollo en relación con la cuarta revolución industrial.



LI Yong
Director General, ONUDI

Agradecimientos

El Informe sobre el Desarrollo Industrial (IDI) 2020 se preparó bajo la dirección general de Li Yong, Director General de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). Es el resultado de dos años de intensos esfuerzos de investigación, debates fructíferos y estrecha colaboración de un equipo interno encabezado por Cecilia Ugaz, Directora del Departamento de Política, Investigación y Estadística. El equipo fue coordinado por Alejandro Lavopa, quien desempeñó un papel decisivo en la exitosa conclusión del informe, e incluyó a Elisa Calza, Nicola Cantore, Nelson Correa, Smeeta Fokeer, Nobuya Haraguchi, Fernando Santiago Rodríguez y Adnan Seric.

Una serie de documentos de antecedentes encargados facilitaron en gran medida la redacción del informe, y fueron proporcionados por los siguientes expertos: Ramiro Albrieu, Caterina Brest López y Martín Rapetti, Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC); Antonio Andreoni, Escuela de Estudios Orientales y Africanos (SOAS) de la Universidad de Londres; Guendalina Anzolin, Universidad de Urbino; Francesco Bogliacino, Universidad Nacional de Colombia; Cristiano Codagnone, Universidad de Milán y Universidad Abierta de Cataluña (Universitat Oberta de Catalunya); Bernhard Dachs, Instituto Austríaco de Tecnología; Michele Delera, Neil Foster-McGregor, Carlo Pietrobelli, Önder Nomaler y Bart Verspagen, Centro de Investigación y Capacitación Económica y Social sobre Innovación y Tecnología de la Universidad de las Naciones Unidas en Maastricht (UNU-MERIT); João Carlos Ferraz, David Kupfer, Jorge Nogueira de Paiva Britto y Julia Torracca, Instituto de Economía de la Universidad Federal de Río de Janeiro (IE-UFRJ); Mahdi Ghodsi, Oliver Reiter, Robert Stehrer y Roman Stöllinger, Instituto de Estudios Económicos Internacionales de Viena (WIIW); Chiharu Ito, Michiko Iizuka e Izumi Suzuki, Instituto Nacional de Posgrado de Estudios Políticos (GRIPS); Bart Kemp y Raquel Vázquez, Instituto Vasco de Competitividad (Orkestra); Erika Kraemer-Mbula, Universidad de

Johannesburgo; Keun Lee, Universidad Nacional de Seúl; Amaia Martínez y Cristina Oyón, Agencia Vasca de Desarrollo Empresarial (SPRI); Mario Pianta, Universidad de Roma Tre; y Alina Sorgner, Universidad John Cabot.

Para sustentar el análisis del informe, se diseñaron y aplicaron encuestas cuidadosamente ponderadas a nivel de las empresas en tres países: Ghana, Tailandia y Viet Nam. El equipo expresa su agradecimiento a las siguientes instituciones asociadas por su meticulosa labor de recopilación de los datos correspondientes: el Consejo de Investigación Científica e Industrial (CSIR)-Instituto de Investigación sobre Políticas Científicas y Tecnológicas (STEPRI), de Ghana, el Organismo de Promoción de la Economía Digital (DEPA), de Tailandia, y el Centro Nacional de Información y Previsión Socioeconómica (NCIF), de Viet Nam. Estas encuestas se realizaron siguiendo el enfoque propuesto en Brasil por la Confederación Nacional de la Industria Brasileña (CNI) y replicado en Argentina por la Unión Industrial Argentina (UIA) en cooperación con CIPPEC y el Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe del Banco Interamericano de Desarrollo (INTAL-IDB). Estamos agradecidos a estas instituciones por facilitar el acceso a los microdatos de las encuestas correspondientes de estos dos países.

Para complementar los resultados de la encuesta, el equipo también recopiló estudios de casos sobre empresas manufactureras de otros países en desarrollo. Nuestro profundo agradecimiento a Ciyong Zou y al personal de las oficinas extrasede de la ONUUDI que han hecho posible el proceso de recopilación de datos, a saber: Manuel Albaladejo, Nadia Aftab, Ralf Bredel, Sooksiri Chamsuk, Stein Hansen, Hanan Hanzaz, Muhammad Hammad Bashir Saeed, Lina Touri, René van Berkel, Rajeev Vijh y Süleyman Yilmaz. El trabajo fue respaldado por Valeria Cantera, Nurshat Karabashov, Sebastián Pérez, Nidhi Sharma, Hongfei Yue y Azhar Zia-ur-Rehman. También estamos agradecidos a las siguientes instituciones que facilitaron la recopilación de datos en algunos de estos países: el Ministerio de Industria y Tecnología

de la Información de China, el Ministerio de Comercio Internacional e Industria de Malasia, la Asociación Turca de Industria y Negocios (TUSIAD) y la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU).

El informe se benefició en gran medida de las observaciones constructivas de los miembros de la Junta Ejecutiva de ONUDI, a saber, Fatou Haidara, Hiroshi Kuniyoshi y Philippe Scholtes. También damos las gracias especialmente a John Weiss, profesor emérito de la Universidad de Bradford, a Jörg Mayer, Oficial Superior de Asuntos Económicos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), y a Alistair Nolan, Analista Superior de Políticas de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), por haber examinado a fondo el borrador del informe y haber mejorado considerablemente varias de sus secciones.

Muchos de los conceptos introducidos y elaborados en el informe se presentaron y examinaron en dos cursos prácticos con expertos internacionales celebrados en la Sede de ONUDI en Viena en noviembre de 2018 y abril de 2019 y en presentaciones internas con personal de ONUDI en mayo de 2019. Durante estas reuniones, Sara Amoroso, de la Comisión Europea, Centro Común de Investigación, y Mike Gregory, de la Universidad de Cambridge, hicieron comentarios muy interesantes; así como los funcionarios de ONUDI Arno Behrens,

Kai Bethke, Bernardo Calzadilla, Tsung Ping Chung, Michele Clara, Jacek Cukrowski, Tareq Emtairah, Ayumi Fujino, Dong Guo, Anders Isaksson, Jaehwan Jung, Bettina Schreck, Nilgun Tas, Valentin Todorov y Shyam Upadhyaya. Asimismo, los funcionarios de ONUDI Weixi Gong, Nan Ji, Olga Memedovic y Alejandro Rivera aportaron valiosas observaciones al borrador.

Los autores del informe fueron respaldados por un talentoso equipo de asistentes de investigación y pasantes de ONUDI, entre ellos Jürgen Amann, Shengxi Cao, Charles Fang Chin Cheng, Alessandra Celani de Macedo y Lorenzo Navarini. Los funcionarios de ONUDI Angie Belsaguy, Nevena Nenadic e Iguaraya Saavedra prestaron un amplio apoyo administrativo, y Niki Rodousakis prestó asistencia en la edición de textos. En la fase final de redacción, la consultora de ONUDI Ascha Lychett Pedersen desempeñó un papel decisivo en la preparación del informe para su impresión. El informe fue editado y diseñado por un equipo de Communications Development Incorporated, dirigido por Bruce Ross-Larson e integrado por Joseph Brinley, Joe Caponio, Mike Crumplar, Debra Naylor (Naylor Design), Chris Trott y Elaine Wilson. La traducción al español ha sido realizada por JPD Systems, LLC y revisada por Juan Carlos Castillo, quien revisó el documento y brindó asistencia para mejorar el idioma.

Abreviaturas

1RI	Primera revolución industrial
2RI	Segunda revolución industrial
3RI	Tercera revolución industrial
4RI	Cuarta revolución industrial
BRICS	Brasil, Federación Rusa, India, China y Sudáfrica
CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Fabricación asistida por computadora
CGV	Cadena global de valor
CIM	Fabricación integrada por computadora
CNC	Control numérico por computadora
CPS	Sistemas ciberfísicos
CTIM	Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas
DIIS	Desarrollo industrial inclusivo y sostenible
EFTP	Enseñanza y formación técnica y profesional
I+D	Investigación y desarrollo
ICIO	Insumo-producto entre países
IdC	Internet de las cosas
IDI	Informe sobre el Desarrollo Industrial
M2M	Máquina a máquina
ODS	Objetivo de desarrollo sostenible
ONU DI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PDA	Producción digital avanzada
PIB	Producto interno bruto
PMD	Países menos desarrollados
PYME	Pequeña y mediana empresa
RFID	Identificación por radiofrecuencia
RIC	Rendimiento industrial competitivo
SEIC	Servicios empresariales intensivos en conocimiento
TDI	Intensivo en tecnología y digitalización
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TPD	Tecnologías de producción digital
VAM	Valor agregado manufacturero

Resumen

La industrialización en la era digital

Las tecnologías de producción digital avanzada pueden fomentar el desarrollo industrial inclusivo y sostenible y los logros de los ODS

La aparición y difusión de las tecnologías de producción digital avanzada (PDA) —inteligencia artificial, análisis de grandes datos, computación en la nube, Internet de las cosas (IdC), robótica avanzada y fabricación aditiva, entre otras— está transformando radicalmente la naturaleza de la producción de manufacturas, desdibujando cada vez más las fronteras entre los sistemas de producción físicos y digitales. En las condiciones adecuadas, la adopción de estas tecnologías por parte de los países en desarrollo puede fomentar el desarrollo industrial inclusivo y sostenible (DIIS) y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Solo unas pocas economías y empresas están creando y adoptando tecnologías de PDA

Sin embargo, la creación y difusión de las tecnologías de PDA sigue concentrada a nivel mundial, con un desarrollo muy débil en la mayoría de las economías emergentes. El Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020 concluye que 10 economías —las economías punteras— son responsables del 90 por ciento de todas las patentes mundiales y del 70 por ciento de todas las exportaciones directamente relacionadas con estas tecnologías. Otras 40 economías, las de segundo nivel, participan activamente en estas tecnologías, aunque con una intensidad mucho menor. El resto del mundo o bien presenta muy poca actividad (los países de industrialización tardía) o no participa en la creación y el uso global de estas tecnologías (los rezagados).

Pero las tecnologías de PDA abren nuevas oportunidades para los procesos de convergencia económica

Las tecnologías de PDA abren nuevas oportunidades para los procesos de convergencia económica, pero su explotación requiere una base mínima de capacidades industriales. Existe una clara relación positiva entre el papel de las diferentes economías como punteras, de segundo nivel, tardías y rezagadas en la creación y uso de estas tecnologías y sus capacidades industriales medias. Un mayor compromiso con estas tecnologías está vinculado a tasas más altas

de crecimiento del valor añadido manufacturero (VAM), impulsado principalmente por un aumento más rápido de la productividad. Y contrariamente a lo que suele pensarse, los países en desarrollo que participan activamente en las tecnologías de PDA también presentan un crecimiento positivo del empleo.

¿Por qué deberíamos preocuparnos por las nuevas tecnologías?

Las tecnologías impulsan el DIIS a través de nuevos productos y nuevos procesos

Nuevas tecnologías y desarrollo industrial inclusivo y sostenible

Las nuevas tecnologías son la base del éxito del desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Permiten la creación de nuevos bienes, lo que conduce a la aparición de nuevas industrias. Y apoyan un aumento en la eficiencia de producción, lo que reduce los precios y abre el consumo al mercado masivo —o aumenta las ganancias, con posibles efectos secundarios para la inversión (Figura 1)—. En el contexto adecuado, las nuevas tecnologías también pueden promover la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.

Las nuevas industrias provienen de las nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías pueden dar lugar a innovación en productos, lo que a su vez conduce a la aparición de nuevas industrias y de los empleos e ingresos asociados a ellas. Esto favorece la industrialización y la inclusión social. Cuando estas innovaciones se orientan a reducir el impacto ambiental —mediante la introducción de procesos manufactureros ecológicos— también promueven la sostenibilidad ambiental del proceso industrial.

La competitividad industrial depende en última instancia de los procesos de escalamiento tecnológico industrial

Las nuevas tecnologías también pueden aumentar la eficiencia de producción, que es clave para mantener y fomentar la competitividad industrial y, por este medio, ampliar la producción manufacturera. En muchos casos, la propia aplicación de las nuevas tecnologías requiere insumos y

Las nuevas tecnologías son la base del éxito del desarrollo industrial inclusivo y sostenible

Figura 1
Nuevas tecnologías y desarrollo industrial inclusivo y sostenible



Nota: La parte superior de la figura muestra cómo las nuevas tecnologías impulsan el desarrollo industrial inclusivo y sostenible (DIIS) mediante la introducción de nuevos productos en el mercado. La parte inferior muestra cómo las nuevas tecnologías de producción también contribuyen al DIIS al aumentar la eficiencia de la producción. A medida que evoluciona la industrialización, también aumenta el potencial innovador de los países. Esto se muestra con la flecha recta que va de derecha a izquierda.

Fuente: Elaborado por ONUDI.

servicios adicionales de otros sectores de la economía, lo que aumenta los efectos multiplicadores del desarrollo industrial fuera de las fronteras de la fábrica. Una mayor eficiencia está asociada a la reducción de las emisiones contaminantes y del consumo de materiales y energía por unidad de producción, lo que puede mejorar la sostenibilidad ambiental del proceso.

¿Cuáles son las nuevas tecnologías que dan forma al panorama industrial?

A lo largo del tiempo se han sucedido las revoluciones industriales del vapor, la electricidad y la computación

Desde la primera revolución industrial (1RI), distintas olas de avances tecnológicos han impulsado el desarrollo económico. Entre 1760 y 1840, la invención de la máquina de vapor, la mecanización de las tareas simples y la construcción de líneas de ferrocarril dieron lugar a la 1RI. Entre finales del siglo XIX y principios del XX, la llegada de la electricidad, las líneas de montaje y la producción en serie consolidaron la segunda revolución industrial (2RI).

El desarrollo de los semiconductores y los ordenadores centrales en la década de 1960, junto con los ordenadores personales e internet, fueron los principales motores de la tercera revolución industrial (3RI).

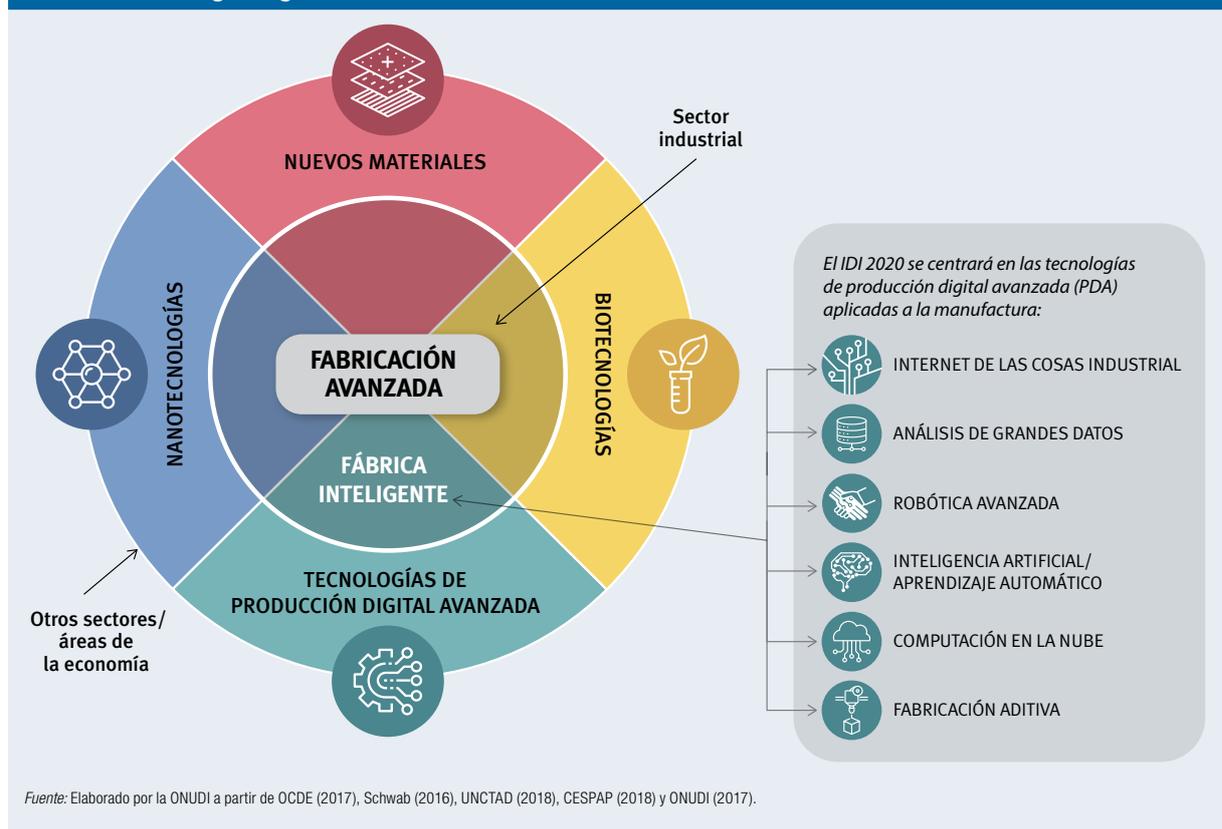
Otra ola tecnológica está dejando su huella en el panorama industrial

Los recientes avances tecnológicos parecen estar impulsando una nueva ola: lo que comúnmente se conoce como la cuarta revolución industrial (4RI). El concepto se basa en el aumento de la convergencia entre diferentes ámbitos tecnológicos emergentes (tecnologías de producción digital, nanotecnologías, biotecnologías y nuevos materiales) y su complementariedad en la producción (Figura 2). La expresión que se utiliza habitualmente para referirse a la adopción de estas tecnologías en la producción manufacturera es fabricación avanzada. En el caso particular de las tecnologías de PDA, su aplicación en los procesos de manufactura da lugar a sistemas de producción de fabricación inteligente, también conocidos como fábrica inteligente o Industria 4.0. La fabricación inteligente implica la

Las tecnologías de PDA dan lugar a sistemas de producción de fabricación inteligente

Figura 2

Ámbitos tecnológicos generales de la cuarta revolución industrial



integración y el control de la producción desde sensores y equipos conectados en redes digitales, así como la fusión del mundo real y el virtual en los llamados sistemas ciberfísicos (CPS), con el apoyo de la inteligencia artificial. Se espera que el paso a la producción de fabricación inteligente deje una impronta duradera en el panorama industrial.

Una transición evolutiva hacia las tecnologías de PDA

Las tecnologías de la cuarta revolución industrial surgen de la producción industrial tradicional

Las tecnologías de PDA constituyen el último escalón en la evolución de las tecnologías de producción industrial tradicionales (Figura 3). De hecho, muchas de estas tecnologías han evolucionado y surgido de los mismos principios de ingeniería y organizativos de revoluciones anteriores, lo que sugiere la existencia de una “transición evolutiva” más de que de una “ruptura revolucionaria”. La automatización

de los procesos, por ejemplo, se remonta a la IRI, mientras que la incorporación de los robots data al menos de la década de 1960 (Andreoni y Anzolin 2019).

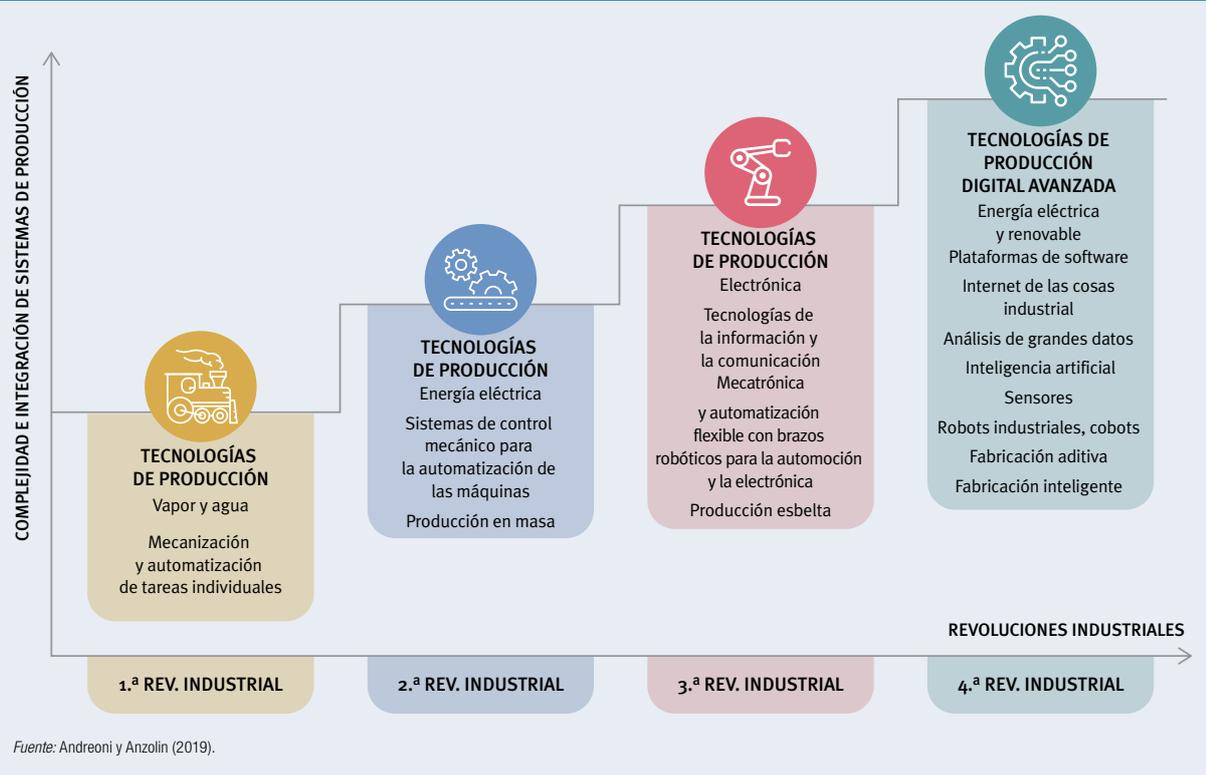
El hardware de PDA es una mezcla de conceptos antiguos y nuevos

Las tecnologías de PDA son el resultado de la combinación de tres componentes principales: hardware, software y conectividad (Figura 4). Los componentes de hardware constan de herramientas, mecanizado y equipos complementarios de los sistemas automatizados inteligentes y los robots industriales modernos, así como cobots (robots que colaboran con los trabajadores en la ejecución de las tareas) e impresoras 3D para la fabricación aditiva. Este conjunto de tecnologías de producción de hardware es muy similar a su predecesor de la 3RI. Lo que diferencia a estas máquinas es su conectividad y la flexibilidad y funcionalidad que ofrecen a la hora de ejecutar tareas productivas.

“A lo largo de la historia, las revoluciones tecnológicas han dividido el mundo en economías punteras y de segundo nivel”

Figura 3

Tecnologías de producción: de la primera a la cuarta revolución industrial



La conectividad de PDA supone un gran cambio con respecto a los procesos anteriores de producción manufacturera

En las tecnologías de PDA, la conectividad se logra a través de los sensores del hardware, y resulta posible gracias a la incorporación de accionadores eléctricos y sensores en las máquinas y herramientas. Una vez que las máquinas y herramientas son capaces de detectar los procesos de producción y los productos (sus componentes, materiales y propiedades funcionales), también pueden recopilar y transmitir datos a través del IdC industrial. Este tipo de conectividad abre el camino para un cambio de paradigma de la producción centralizada a la descentralizada.

La conectividad permite obtener sistemas en red inteligentes

Las tecnologías de producción pasan a ser totalmente digitales cuando su conectividad se ve mejorada por el software, permitiendo el análisis de grandes datos, es decir, el uso de herramientas capaces de procesar grandes cantidades de datos prácticamente en tiempo real. Sobre la base de la fabricación asistida por computadora (CAM), la fabricación integrada por computadora (CIM) y el diseño

asistido por computadora (CAD), junto con las mejoras ofrecidas por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) durante la 3RI, el software de la 4RI ha abierto el camino para los sistemas ciberfísicos. Se trata de sistemas en red inteligentes con sensores, procesadores y accionadores eléctricos integrados que han sido diseñados para detectar los procesos productivos e interactuar con el mundo físico además de ofrecer soporte en tiempo real.

¿Quién está creando y utilizando las tecnologías de PDA?

Un panorama global concentrado

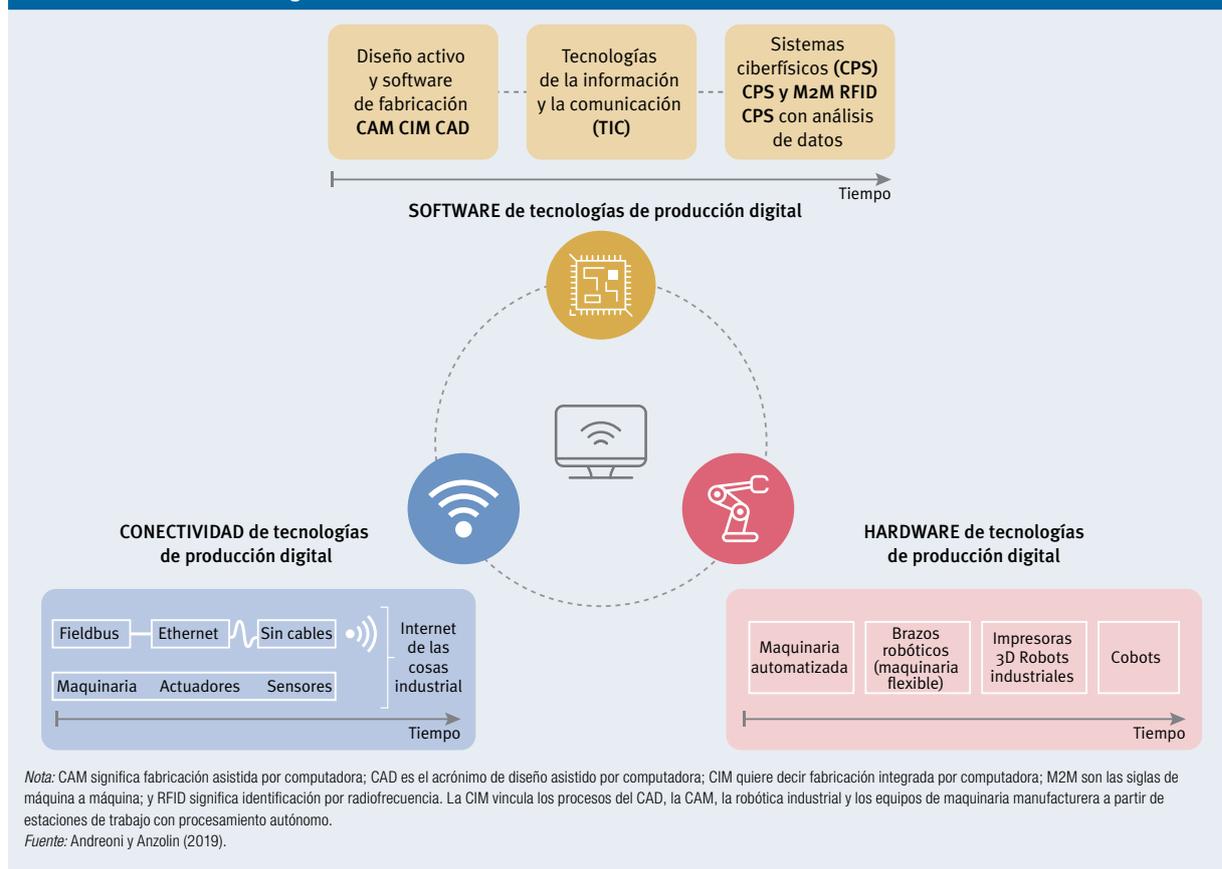
En las revoluciones industriales hay economías punteras y de segundo nivel

A lo largo de la historia, las revoluciones tecnológicas han dividido el mundo en economías punteras y de segundo nivel, en función de su implicación en la creación y el uso de las nuevas tecnologías. Sin embargo, en numerosas ocasiones, muchas regiones del planeta han quedado

10 economías punteras representan el 91 % de las patentes mundiales en tecnologías de PDA

Figura 4

Módulos de las tecnologías de PDA



completamente excluidas de la revolución en curso, incorporándose únicamente cuando habían transcurrido varias décadas, momento en el que las tecnologías eran lo suficientemente baratas y la brecha de capacidad se había reducido. Una fuente de preocupación importante al inicio de una nueva revolución es la medida en la que los países (y en especial aquellos que siguen tratando de desarrollar unas capacidades industriales básicas) se integrarán en el panorama tecnológico emergente.

Las principales economías cuentan con la mayor actividad de PDA

Los actuales avances tecnológicos en PDA están dividiendo de nuevo al mundo entre economías punteras, economías de segundo nivel y economías rezagadas. Una característica notable de la creación y la difusión de tecnologías de PDA es la concentración extrema, especialmente de la actividad relacionada con la creación de patentes y la exportación. En la distribución de la creación de patentes y la exportación,

la media es extraordinariamente elevada con relación a la mediana, y hay muy pocas economías que estén por encima de ella. Así, las principales economías (aquellas que están por encima de la media) concentran la mayoría de la actividad de cada área a nivel mundial.

10 economías punteras representan el 91 % de las patentes y el 70 % de las exportaciones

En la creación de patentes de tecnologías de PDA a nivel mundial, solo 10 economías presentan cuotas de mercado superiores a la media.¹ Estas son las 10 economías por orden de importancia de sus cuotas: Estados Unidos, Japón, Alemania, China, Taiwán, Francia, Suiza, Reino Unido, la República de Corea y los Países Bajos (Tabla 1). En conjunto representan el 91 % de todas las familias de patentes a nivel internacional. Este grupo lidera al resto del mundo en la creación de nuevas tecnologías en el ámbito de las tecnologías de PDA. No solo inventan las nuevas tecnologías, sino que también venden (y adquieren) en los

Solo 50 economías participan activamente en la implementación de las tecnologías de PDA

Tabla 1

De las economías rezagadas a las punteras en el panorama tecnológico emergente

Grupo		Descripción breve	Criterios
Economías punteras (10 economías)		10 países principales en el ámbito de las tecnologías de PDA	Economías con 100 o más solicitudes de familias de patentes globales en tecnologías de PDA (valor medio para todas las economías con alguna actividad de patentes en este ámbito)
Economías de segundo nivel en términos de producción (23 economías)	Como innovadoras	Economías implicadas activamente en la creación de patentes en el ámbito de las tecnologías de PDA	Economías con 20 o más solicitudes de familias de patentes normales o 10 o más solicitudes de familias de patentes globales en tecnologías de PDA (valores medios para todas las economías con alguna actividad de patentes, una vez excluidas las economías punteras)
	Como exportadoras	Economías implicadas activamente en la exportación de bienes relacionados con la PDA	Economías relativamente especializadas en la exportación de bienes relacionados con la PDA que venden grandes volúmenes en los mercados internacionales (por encima de la cuota de mercado media, una vez excluidas las economías punteras)
Economías de segundo nivel en términos de uso (17 economías)	Como importadoras	Economías implicadas activamente en la importación de bienes relacionados con la PDA	Economías relativamente especializadas en la importación de bienes relacionados con la PDA que compran grandes volúmenes en los mercados internacionales (por encima de la cuota de mercado media, una vez excluidas las economías punteras)
Países de industrialización tardía en términos de producción (16 economías)	Como innovadores	Economías con alguna actividad de creación de patentes en tecnologías de PDA	Economías con al menos una solicitud de familia de patentes normal en tecnologías de PDA
	Como exportadores	Economías con alguna actividad de exportación de bienes relacionados con la PDA	Economías que muestran una especialización relativa en la exportación de bienes relacionados con la PDA o que venden grandes volúmenes en los mercados internacionales (por encima de la cuota de mercado media, una vez excluidas las economías punteras)
Países de industrialización tardía en términos de uso (13 economías)	Como importadores	Economías con alguna actividad de importación de bienes relacionados con la PDA	Economías que muestran una especialización relativa en la importación de bienes relacionados con la PDA o que venden grandes volúmenes en los mercados internacionales (por encima de la cuota de mercado media, una vez excluidas las economías punteras)
Economías rezagadas (88 economías)		Economías en las que las tecnologías de PDA están muy poco o nada implementadas	El resto de economías no incluidas en los grupos anteriores

Economías con una implementación activa de tecnologías de PDA

Nota: La caracterización corresponde a 167 economías que, según la División de Estadísticas de las Naciones Unidas, tenían más de 500 000 habitantes en 2017. *La tabla A1 del Anexo recoge las economías que se encuentran en cada categoría.

Fuente: Elaborado por la ONUDI.

mercados globales los bienes que incorporan estas mismas tecnologías, representando casi el 70 % de las exportaciones y el 46 % de las importaciones a nivel internacional. Estas economías son punteras en tecnologías de PDA.

40 economías las siguen, pero con valores más bajos

Hay otras economías que están implementando las nuevas tecnologías, aunque con valores más bajos. Israel, Italia y Suecia, por ejemplo, cuentan con un gran porcentaje de patentes globales, mientras que Australia y Canadá presentan elevados niveles de exportación. En México, Tailandia y Turquía los valores de importación son muy altos. En esta carrera tecnológica, se las considera economías de segundo nivel. Si se observan los valores medios de los indicadores de patentes, exportaciones

e importaciones una vez excluidos los países punteros, el informe identifica 40 economías que se situarían en esta categoría. Estos países cuentan con el 8 % de las patentes globales y suponen casi la mitad de todas las importaciones de bienes que incorporan estas tecnologías.

En el resto del mundo, la actividad en este campo es baja, muy baja o nula

En conjunto, solo 50 economías participan activamente en la implementación de las tecnologías de PDA. Estos países producen o utilizan dichas tecnologías en una medida tal que puede verse reflejada en las estadísticas nacionales. El resto de economías muestran una actividad baja (países de industrialización tardía), muy baja o nula (economías rezagadas) en este ámbito.

En la mayoría de países, las distintas generaciones de tecnologías digitales aplicadas a la manufactura coexisten

Dentro de los diferentes países, son muy pocas las empresas que están adoptando por completo las tecnologías de PDA

En la mayoría de los países, la 4RI afecta a una pequeña parte de la economía

La caracterización global que acabamos de ver se confirma cuando se echa un vistazo al sector industrial de cada país. En la mayoría de países, las distintas generaciones de tecnologías digitales aplicadas a la producción manufacturera coexisten, y las asociadas a la 4RI solo han alcanzado a una pequeña parte del sector.

Los países en desarrollo readaptan las tecnologías de 4RI a sistemas de 3RI incompletos

Las empresas de los países en desarrollo siguen utilizando —a menudo de forma ineficaz— tecnologías de 3RI. Su falta de dominio de las tecnologías de 3RI (automatización

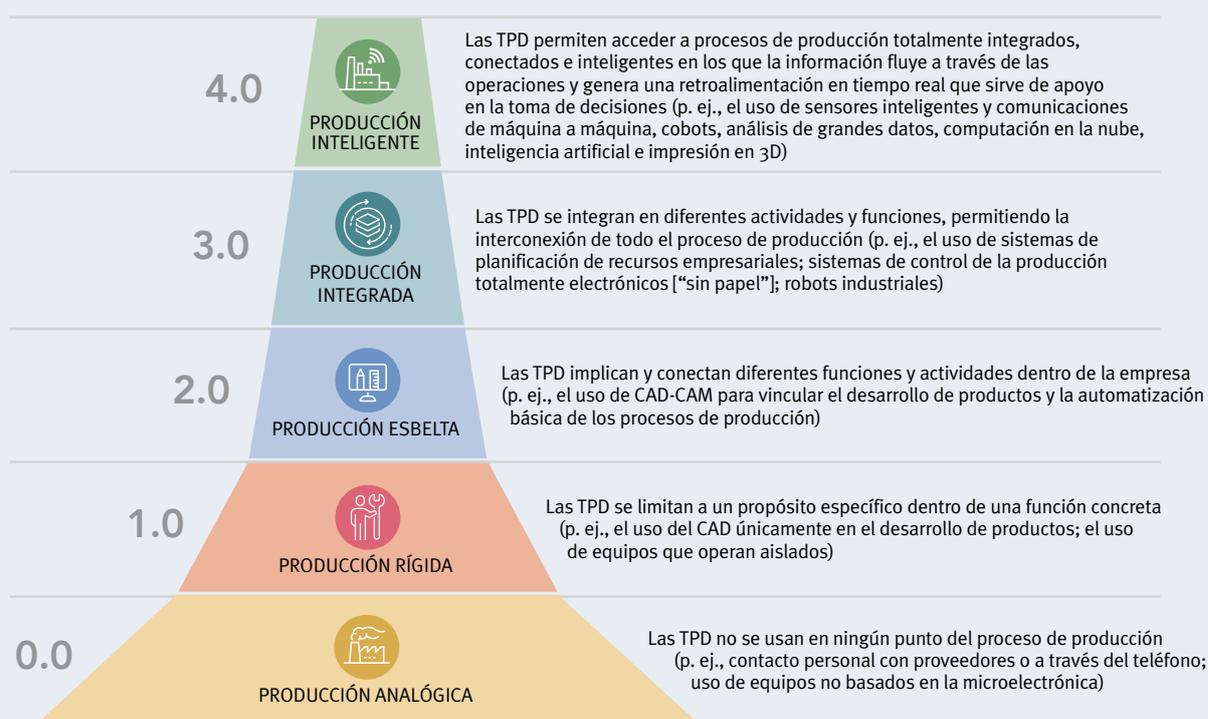
y TIC básicas) también dificulta que saquen partido de todas las oportunidades que ofrecen las tecnologías de PDA y la 4RI. Por tanto, las principales oportunidades para estos países se encuentran en la integración gradual de dichas tecnologías en los sistemas de producción de 3RI ya existentes, modernizando las plantas de producción en áreas de la empresa en las que resulta posible la integración (Andreoni y Anzolin 2019).

Las diferentes generaciones tecnológicas coexisten

Partiendo de la idea de que las empresas de los diferentes países utilizarán en cualquier momento una combinación de tecnologías digitales procedentes de distintos paradigmas tecnológicos que van más allá de lo analógico, el IDI de 2020 identifica cuatro generaciones de producción manufacturera digital según su grado de sofisticación en el uso de tecnologías digitales para la producción (Figura 5).²

Figura 5

Cuatro generaciones de tecnologías de producción digital aplicadas a la manufactura



Nota: TPD es el acrónimo de tecnologías de producción digital; CAD significa diseño asistido por computadora; y CAM quiere decir fabricación con ayuda de computadoras.
Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de datos de Kupfer et al. (2019).

“Solo unas cuantas empresas manufactureras están adoptando las tecnologías de PDA

Hasta un 70 % de las empresas siguen empleando sistemas de producción analógica

La base de la pirámide representa una etapa inicial de la producción en la que las tecnologías digitales no se utilizan en ningún sector de la empresa. Esta parece ser la realidad de los países menos desarrollados (PMD) y las economías con bajos ingresos. La mayor parte del sector manufacturero de los países que se definen como rezagados se encuentra en esta categoría. En Ghana, por ejemplo, casi el 70 % de las empresas analizadas para este informe se incluye en la categoría analógica. Una vez que las empresas comienzan a adoptar las tecnologías digitales, se pueden distinguir cuatro generaciones. La primera, la producción rígida, se caracteriza por el uso de aplicaciones digitales únicamente para fines específicos y aisladas entre sí. La segunda, la producción esbelta, hace referencia a la automatización semi-flexible de la producción con ayuda de la tecnología digital, acompañada por una integración parcial en diferentes áreas de negocio. La tercera, la producción integrada, implica el uso de tecnologías digitales en todas las funciones empresariales. El cuarto y último modo se caracteriza por el uso de tecnologías digitales con retroalimentación de información como ayuda para la toma de decisiones.

El paso a la nueva generación requiere grandes cambios

Las generaciones 1.0 y 2.0 llevan entre nosotros desde que existen los sistemas de programación con control numérico (finales de la década de 1950), aunque dispositivos como los de CAD han evolucionado de forma extraordinaria en los últimos años gracias a la ingeniería paramétrica. A pesar de la sustancial mejora de la eficiencia y la calidad de los procesos, el paso de la generación 1.0 a la generación 2.0 no requiere cambios organizativos importantes. Sin embargo, la evolución de la generación 2.0 a la generación 3.0 sí exige cambios notables para integrar completamente las funciones organizativas, con una estandarización completa y eficaz de los sistemas de procesos e información. La generación 4.0 implica el uso de soluciones basadas en las tecnologías de PDA, como dispositivos de comunicaciones, robotización, sensorización, grandes datos e inteligencia artificial avanzados.

Son pocas las empresas que utilizan las tecnologías más avanzadas

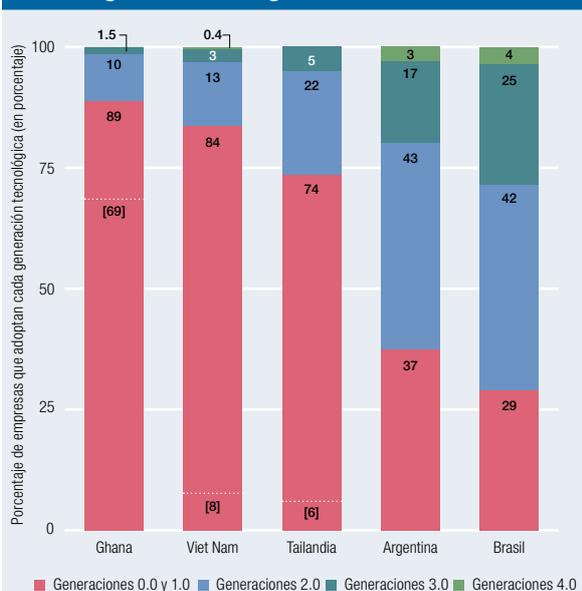
Las evidencias recogidas en cinco países muestran que solo unas cuantas empresas manufactureras están adoptando

las tecnologías de PDA (Figura 6). A pesar de las grandes diferencias existentes a nivel internacional, la difusión de las últimas generaciones de tecnologías digitales (3.0 y 4.0) es incipiente en todos los países analizados: los adoptantes representan un nicho que oscila entre el 1,5 % de Ghana y el 30 % de Brasil. Los resultados de la encuesta también muestran la coexistencia de diferentes generaciones de tecnologías en los países en desarrollo, lo que da lugar a la creación de “islas tecnológicas” compuestas por unas pocas empresas con tecnologías avanzadas rodeadas de una mayoría de empresas con un nivel tecnológico muy inferior.

El salto a la 4RI depende del país y de las condiciones de la industria

Una cuestión clave para los países en los que la mayoría de las empresas manufactureras se encuentran muy por debajo de la frontera tecnológica (concentradas en algún punto entre lo analógico y la generación 1.0) es cómo ascender por la escalera tecnológica. Más en concreto, cabe plantearse si estas empresas pueden saltarse algunas generaciones o pasar directamente a la más avanzada. Las

Figura 6
En los países en desarrollo, la adopción de las tecnologías de PDA sigue siendo limitada



Nota: Los datos en paréntesis indican empresas pertenecientes a la generación 0.0. Debido a la estructura de los cuestionarios utilizados en las encuestas, en el caso de Argentina y Brasil, no se dispone de información sobre la generación 0.0.

Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de datos recopilados en la encuesta a nivel empresarial de la ONUDI "Adopción de tecnologías de producción digital por las empresas industriales" (para Ghana, Tailandia y Viet Nam) y Albrieu et al. (2019) y Kupfer et al. (2019) (para Argentina y Brasil).

Algunas industrias manufactureras tienen mayores probabilidades de adoptar las tecnologías de PDA

diferencias en las capacidades industriales, las dotaciones de factores, las características organizativas y los esfuerzos tecnológicos, así como las condiciones institucionales y de infraestructuras del país, explican por qué algunas empresas (y algunos países) logran ascender por la escalera tecnológica y otros, no.

La difusión de las nuevas tecnologías también se concentra por industria y tamaño

La difusión de las tecnologías de PDA no es uniforme entre industrias

Dentro de un mismo país, las diferencias en la intensidad tecnológica y los procesos de producción incrementan la probabilidad de que algunas industrias manufactureras adopten las tecnologías de PDA. Hay dos industrias que destacan: la informática y la maquinaria así como la de equipos de transporte. En ellas, la adopción de tecnologías clave de PDA es superior a la media (Figura 7). La industria de la informática y la maquinaria presenta el mayor uso de tecnologías de computación en la nube e impresión 3D (entre un 10 y un 15 % por encima de la media), mientras que la industria de los equipos de transporte ocupa el segundo lugar y es la primera en el uso de robots industriales para procesos manufactureros. A medida que las tecnologías

de PDA continúen ampliando su difusión, otras industrias (incluso de baja intensidad tecnológica) podrían convertirse en líderes en la adopción de estas tecnologías.

Las economías punteras y de segundo nivel tienden a especializarse en estas industrias

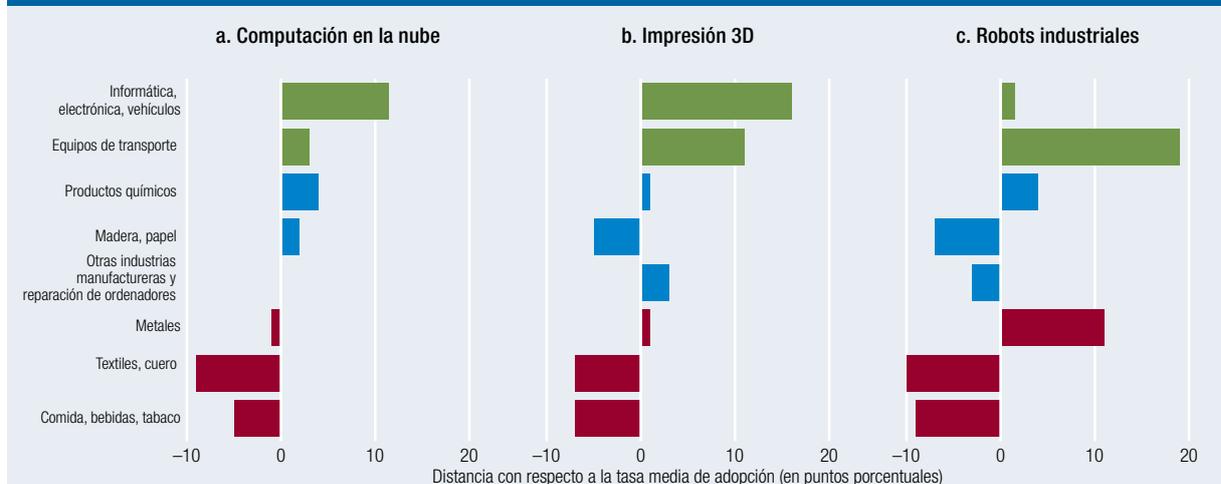
La importante participación en las tecnologías de PDA por parte de las economías punteras y de segundo nivel deriva del hecho de que tienen una proporción mucho mayor de industrias intensivas en tecnología y digitalización (TDI) (entre las que se incluyen la informática y la maquinaria, así como los equipos de transporte) en su VAM. Estas industrias adquirieron relevancia sobre todo después de 2005, año en el que despegó la difusión de las tecnologías de PDA. Su rendimiento superior está fuertemente impulsado por el crecimiento de la productividad. Sin embargo, la historia de su desarrollo no tiene que ver con la sustitución de la mano de obra por las nuevas tecnologías, sino más bien con la contribución de estas últimas a la competitividad y la expansión, lo que hizo que el proceso de desarrollo fuese inclusivo gracias al crecimiento de la productividad y el empleo.

Las grandes empresas adoptan más tecnologías de PDA

En las tecnologías de PDA, el tamaño también importa. Gracias, entre otras cosas, a su mayor inversión en recursos,

Figura 7

Las tasas de adopción de tecnologías clave en la producción digital avanzada varían entre las diferentes industrias en Europa



Nota: Todos los valores son para 2018 y son agregados de los 28 países de la Unión Europea. La tasa de adopción se define como el porcentaje de empresas de una industria que utilizan la tecnología seleccionada. Debido a la disponibilidad de datos, los productos químicos se presentan junto con el petróleo refinado y los productos no metálicos (códigos CIU 19 a 23). Los colores de las barras reflejan la tecnología y la clasificación de intensidad digital de cada industria. Verde = industrias TDI (industrias que son al mismo tiempo intensivas en tecnología y digitalización). Azul = industrias que son intensivas en tecnología o en digitalización, pero no en ambas. Rojo = industrias que no son intensivas ni en tecnología ni en digitalización. Las barras muestran la distancia con respecto a la tasa media de adopción en todas las industrias manufactureras, en puntos porcentuales.

Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de datos de Eurostat (2019).

“ Para poder implementar las tecnologías de PDA, las economías en desarrollo deben impulsar sus capacidades industriales

las grandes empresas tienden a disponer de capacidades técnicas y productivas que les permiten adoptar más fácilmente las nuevas tecnologías. Los datos de los cinco países analizados para este informe respaldan este argumento, ya que un elevado porcentaje de grandes empresas adopta las últimas generaciones de tecnologías de producción digital (generaciones 3.0 y 4.0). En Argentina, por ejemplo, la tasa de adopción en grandes empresas (de más de 100 empleados) es un 20 % superior a la tasa media de adopción. Sin embargo, en algunos casos (como el de Tailandia), en las pequeñas compañías puede haber también una importante penetración de las nuevas tecnologías.

¿Qué se necesita para implementar las tecnologías de PDA?

Su implementación depende de las capacidades industriales a nivel nacional

Los países en desarrollo se enfrentan a cinco grandes retos

La inmensa mayoría de los países en desarrollo están lejos de convertirse en actores consolidados en este campo, ya que han de hacer frente a retos específicos relacionados con la implementación de las nuevas tecnologías. Estos retos pueden agruparse en cinco grandes grupos (Andreoni y Anzolin 2019):

- *Capacidades básicas.* Las capacidades de producción necesarias para absorber, implantar y difundir las tecnologías de producción digital avanzada (PDA) a lo largo de las cadenas de suministro son escasas y presentan una distribución desigual. Además, estas tecnologías han elevado el “umbral de capacidades básicas”, no por ser completamente nuevas, sino porque implican la fusión de tecnologías nuevas y ya existentes en sistemas tecnológicos integrados de gran complejidad.
- *Modernización e integración.* Las empresas de los países en desarrollo capaces de realizar inversiones tecnológicas en este sector ya han destinado recursos a tecnologías más antiguas y deben aprender a modernizar e integrar las nuevas tecnologías de producción digital en sus plantas de producción ya existentes. La creación de plantas totalmente nuevas resulta menos habitual, ya que exige una inversión a largo plazo y un acceso a los mercados importantes.
- *Infraestructura digital.* Estas tecnologías requieren una infraestructura considerable para su uso en la producción. En

algunos países en desarrollo, el suministro de una electricidad asequible y de calidad y una conectividad fiable constituye todo un desafío. Estos y otros cuellos de botella relacionados con las infraestructuras pueden hacer que las inversiones tecnológicas por parte de las empresas individuales resulten demasiado arriesgadas y económicamente inviables.

- *Brecha de capacidad digital.* En muchos países en desarrollo, las empresas implementan algunas tecnologías de PDA, pero muchas de ellas se mantienen dentro de la compañía y, en ocasiones, llegan a unos pocos proveedores de confianza que tienen las capacidades de producción básicas para utilizarlas. Alrededor de estas islas 4RI, la gran mayoría de las empresas siguen utilizando las tecnologías habituales de la 3RI, e incluso de la 2RI. En este contexto, a las empresas líderes les resulta sumamente difícil nutrir a las compañías que están por debajo en sus cadenas de suministro. Cuando esta brecha de capacidad digital es extrema, la difusión de las tecnologías de PDA se ve muy limitada.
- *Acceso y disponibilidad.* Estas tecnologías tienden a ser controladas por un número limitado de países y sus principales empresas. Los países en desarrollo dependen en gran medida de la importación de las mismas, y en muchos casos, a pesar de poder movilizar los recursos necesarios para acceder a ellas, siguen sometidos a los proveedores, quienes les suministran los componentes de hardware y software.

Para poder implementar las tecnologías de PDA, las economías en desarrollo deben impulsar sus capacidades industriales

En conjunto, todos estos retos apuntan en una misma dirección: la necesidad de desarrollar capacidades de producción industrial básicas como requisito previo para entrar en la 4RI. De hecho, las diferencias en la implementación de las tecnologías de PDA reflejan la heterogeneidad de las capacidades industriales a nivel mundial: las economías punteras suelen tener mayores capacidades industriales que las economías de segundo nivel y estas, mayores capacidades que los países de industrialización tardía, que a su vez tienen mayores capacidades que las economías más rezagadas. Cada grupo de países puede ser categorizado además en términos de producción (actividades de innovación y de exportación), las cuales, a su vez, requieren de mayores capacidades industriales que aquellos grupos de países que son categorizados en términos de uso.

En última instancia, las capacidades industriales de un país dependen de las capacidades de sus empresas

Las capacidades industriales distinguen a los países punteros y las economías de segundo nivel de los países de industrialización tardía y los rezagados

En 2017, los países punteros presentaron un índice medio de rendimiento industrial competitivo (RIC) mucho mayor que el resto de grupos de países (Figura 8). El índice RIC de la ONUDI refleja el rendimiento industrial de los países y, por tanto, puede ser un buen indicador de sus capacidades industriales subyacentes. Así, un mayor RIC debería ir asociado a unas capacidades industriales más potentes. De media, el RIC de las economías de segundo nivel en términos de producción era la mitad que el de las economías punteras, aunque superior al de las economías de segundo nivel en términos de uso. Las economías de segundo nivel también presentan mayores valores medios de RIC que los países de industrialización tardía, que a su vez están mejor posicionados que las economías rezagadas. Cada categoría tiene un valor medio de RIC superior a la anterior, lo que da una imagen clara de la escalera de capacidades industriales que los países deben seguir para implementar y mejorar su participación en el uso y producción de las tecnologías de PDA.

Las capacidades industriales se desarrollan en las empresas manufactureras

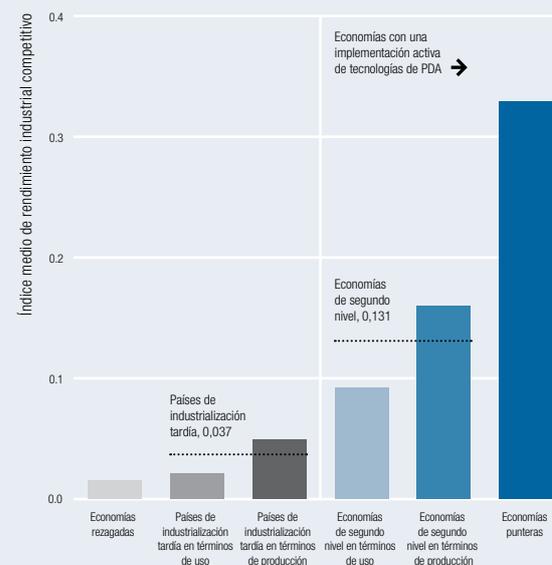
La existencia de capacidades empresariales es una condición previa para la adopción de nuevas tecnologías

En última instancia, las capacidades industriales de un país dependen de las capacidades de sus empresas. Por lo tanto, la difusión de las tecnologías de PDA depende de que las empresas adquieran las capacidades necesarias, es decir, rutinas o procedimientos ejecutables para el rendimiento constante en un contexto específico, obtenidos mediante procesos de aprendizaje dentro de una organización (Cohen et al. 1996). Para implementar las tecnologías de PDA son necesarias muchas capacidades diferentes, pero su adquisición no es un proceso sencillo ni lineal.

Las capacidades de inversión, de tecnología y de producción son fundamentales para la adopción y el uso de las nuevas tecnologías

Las capacidades de inversión y de tecnología permiten a una empresa hacer frente a los cambios tecnológicos. Hablamos de los conocimientos, las capacidades y los recursos tecnológicos que las compañías necesitan para incorporar y utilizar equipos y tecnologías, mejorar la producción y el empleo e incrementar sus competencias tecnológicas y actividades comerciales. Las capacidades de producción están relacionadas con la

Figura 8
La implementación de las tecnologías de PDA requiere un aumento de las capacidades industriales



Nota: Valores de 2017 del índice medio de rendimiento industrial competitivo.
Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de la base de datos del índice de rendimiento industrial competitivo de 2019 (ONUDI 2019b) y el conjunto de datos de Foster Mc-Gregor et al. (2019) derivado de la base de datos estadísticas de patentes mundiales de 2018, edición de otoño (OEP 2018).

experiencia, el aprendizaje práctico y los comportamientos de emprendedores que realizan actividades vinculadas a los procesos productivos. Estas capacidades constituyen el primer paso para que las empresas puedan adquirir las bases necesarias para continuar con las mejoras tecnológicas.

Las capacidades se acumulan gradualmente

A menudo, la adquisición de capacidades es un proceso gradual: las empresas y los países empiezan por industrializarse y, posteriormente, pasan a niveles tecnológicos superiores. El clasificar dentro de los países en desarrollo las distintas capacidades empresariales en básicas, intermedias y avanzadas permite resaltar los pasos sucesivos que las compañías en estos países deben seguir para mejorar gradualmente sus capacidades a lo largo del tiempo (Tabla 2). Las empresas deben pasar por este proceso para aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de PDA y seguir siendo competitivas e innovadoras.

Las capacidades de producción básicas siguen siendo fundamentales

El dominio de las capacidades básicas, a menudo asociadas a la producción, es fundamental para implementar eficazmente las nuevas tecnologías y mantener la eficiencia.

“ En los países en desarrollo, un gran número de empresas con bajas capacidades tecnológicas conviven con otras empresas más avanzadas

Tabla 2

Capacidades acumuladas de inversión, tecnología y producción para la producción digital avanzada

	Inversión	Tecnología	Producción
BÁSICAS	<p>Sencillas, basadas en rutinas</p> <p>Estudio de viabilidad</p> <p>Análisis básico del mercado y la competencia</p> <p>Gestión básica de las finanzas y los flujos financieros</p>	<p>Suministro externo de información (p. ej., de proveedores, redes sectoriales, información pública)</p> <p>Formación y mejora de las capacidades básicas</p> <p>Contratación de personal cualificado</p>	<p>Coordinación de rutinas en plantas</p> <p>Ingeniería rutinaria</p> <p>Mantenimiento rutinario</p> <p>Poca adaptación de los procesos de producción y la optimización de los procesos</p> <p>Diseño, creación de prototipos y personalización de productos básicos</p> <p>Cumplimiento de las normas sobre productos y procesos, gestión de la calidad de los productos</p> <p>Gestión de la calidad</p> <p>Contabilidad básica</p> <p>Embalaje y logística básicos</p> <p>Publicidad básica</p> <p>Control de los proveedores</p> <p>Análisis de las exportaciones básico y algunos vínculos con compradores extranjeros</p>
INTERMEDIAS	<p>Adaptables, basadas en la búsqueda, experimentación, colaboración externa</p> <p>Aprovechamiento de las oportunidades de mercado</p> <p>Búsqueda de equipos y maquinaria</p> <p>Adquisición de equipos y maquinaria</p> <p>Negociación de contratos</p> <p>Negociación de créditos</p>	<p>Aprovechamiento de las oportunidades tecnológicas</p> <p>Transferencia de tecnología</p> <p>Colaboración tecnológica con proveedores y compradores (en diseño y producción y en distribución)</p> <p>Transferencia tecnológica vertical (si hay una cadena de valor global)</p> <p>Vínculos con instituciones tecnológicas (extranjeras)</p> <p>Obtención de licencias de nuevas tecnologías y software</p> <p>Alianzas y redes en el extranjero</p> <p>Proceso formal de contratación de personal</p> <p>Formación, reciclaje y readaptación profesional formalizados</p> <p>Ingeniería, automatización y conocimientos sobre software y capacidades tecnológicas en comunicaciones</p>	<p>Ingeniería de procesos rutinaria</p> <p>Mantenimiento preventivo</p> <p>Adaptación/mejora de tecnologías de producción adquiridas externamente</p> <p>Introducción de técnicas desarrolladas externamente</p> <p>Remodularización y ampliación de procesos</p> <p>Reorganización de la mano de obra</p> <p>Ingeniería inversa (producto)</p> <p>Mejora del diseño de los productos</p> <p>Gestión del ciclo de vida de los productos</p> <p>Certificación de calidad</p> <p>Análisis de productividad</p> <p>Auditoría</p> <p>Control del inventario</p> <p>Departamento de marketing específico</p> <p>Desarrollo de marca básico</p> <p>Gestión de la cadena de suministro/logística</p> <p>Análisis sistemático de los mercados extranjeros</p>

Incluso las actividades productivas más sencillas requieren a menudo de la activación y la convergencia de grupos de capacidades interdependientes. El desarrollo de estas capacidades está relacionado con la existencia de un ecosistema industrial que permita a las empresas del sector trabajar y aprender.

Cada empresa cuenta con un “conjunto único de capacidades”
Las diferentes empresas han de hacer frente a distintos retos relacionados con el aprendizaje, por lo que es muy probable que el ritmo de desarrollo de nuevas capacidades difiera de una a otra (Andreoni y Anzolin 2019). En concreto, en los

países en desarrollo, esta desigualdad refuerza la heterogeneidad de las compañías, de forma que hay un gran número de actores con bajas capacidades y escaso rendimiento que conviven con otros más avanzados. Esta brecha entre las empresas más avanzadas y el resto es lo que se conoce como brecha de capacidad digital.

La brecha de capacidad digital puede perjudicar tanto a las empresas avanzadas como a aquellas con menos capacidades

La consecuencia directa de esta brecha es la creación de las islas 4RI que aparecen recogidas en la figura 6.

La brecha convierte una oportunidad de mejora tecnológica en un cuello de botella para la industrialización digital

Tabla 2 (continuación)

Capacidades acumuladas de inversión, tecnología y producción para la producción digital avanzada

	Inversión	Tecnología	Producción	
AVANZADAS	Innovadoras, arriesgadas, basadas en formas avanzadas de colaboración e I+D	Excelentes capacidades de gestión de proyectos Gestión de los riesgos Diseño de equipos	Investigación de procesos y productos, I+D Sistema de formación reglada Vínculos continuos con instituciones de I+D y universidades, I+D colaborativo Vínculos innovadores con otras empresas y agentes del mercado Concesión de licencias de tecnologías propias a otros Ecosistema de innovación abierto	Ingeniería de procesos Mejora continua de los procesos Innovación en nuevos procesos Innovación en nuevos productos Dominio del diseño de productos Capacidades organizativas avanzadas en innovación Ingeniería, cadena de suministro y logística industriales de primer nivel Administración de inventarios Creación y profundización en la marca Sistema de distribución avanzado y coordinación con vendedores/compradores Canales de comercialización propios y filiales en el extranjero Adquisiciones e inversión directa en el extranjero
	Capacidades de integración en sistemas de producción	Aprovechamiento de las soluciones de integración tecnológicas Aprovechamiento de las soluciones de integración organizativas Análisis de datos para la toma de decisiones y la gestión de riesgos	I+D de productos y procesos integrada Desarrollo de capacidades digitales avanzadas Desarrollo de plataformas de software internas/propias	Mantenimiento predictivo y en tiempo real Sistemas ciberfísicos para el diseño virtual de productos/procesos Integración tecnológica y organizativa Producción ágil e inteligente Control de inventario digital y automatizado Datos de producción y de la cadena de suministro en tiempo real Sistemas de información totalmente integrados en todas las funciones (p. ej., planificación de recursos empresariales) Análisis de grandes datos en todas las etapas de la producción (diseño de productos, producción, marketing, logística, etc.)
SISTÉMICAS				
Habilitación de capacidades institucionales y de infraestructuras	Suministro de energía fiable Conectividad fiable Infraestructura de conectividad de banda ancha (Ethernet e inalámbrica) Infraestructura de instituciones de tecnología digital Política de propiedad de los datos y accesibilidad a las licencias de software			

Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de ONUDI (2002) y de Andreoni y Anzolin (2019).

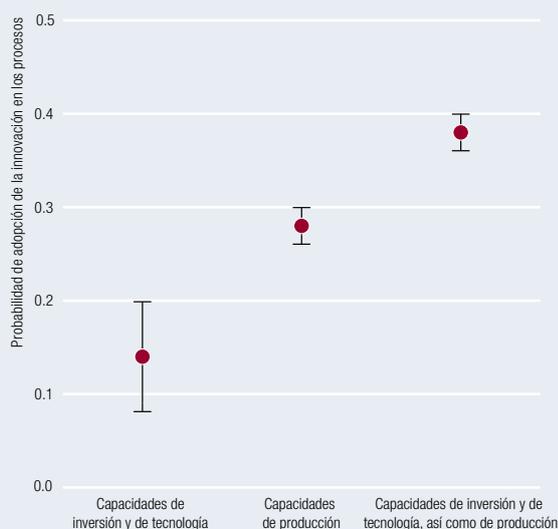
Se trata de unas pocas empresas importantes que han implementado las tecnologías de PDA y operan como islas en un mar de compañías sin capacidades y que siguen utilizando tecnologías obsoletas. Las empresas líderes pueden verse perjudicadas por la brecha, ya que les resulta difícil nutrir a las compañías que están por debajo en sus cadenas de suministro. Así, la brecha convierte una oportunidad de mejora tecnológica en un cuello de botella para la industrialización digital.

La participación en la producción industrial es fundamental para cerrar la brecha

Los debates sobre política tendían a centrarse principalmente en las capacidades de inversión y de tecnología. El IDI 2020 muestra que las capacidades de producción también son fundamentales. Un análisis de los factores determinantes para la adopción de nuevas tecnologías muestra que los más importantes son las capacidades de producción (Figura 9). Estas capacidades solo pueden adquirirse a través de experiencias previas en la producción industrial.

“ La participación en CGV afecta de forma positiva a la probabilidad de adoptar nuevas tecnologías

Figura 9
Las capacidades de producción son clave para la adopción de la innovación en los procesos tecnológicos



Nota: El análisis incluye trece economías africanas (República Democrática del Congo, Ghana, Kenia, Malawi, Namibia, Nigeria, Ruanda, Sudán del Sur, Sudán, República Unida de Tanzania, Uganda, Zambia y Zimbabue) y cuatro economías de Asia meridional (Bangladés, India, Nepal y Pakistán). Sólo se consideran empresas manufactureras. El gráfico muestra los coeficientes y los intervalos de confianza (al 95 %) de los efectos marginales medios de las variables de interés sobre la probabilidad de adoptar una innovación de procesos. Se implementó un modelo de probabilidad lineal con aplicación del método bootstrap en los errores estándar. Se incluyeron variables binarias de tipo dummy para países y sectores.
Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de Bogliacino y Codagnone (2019), derivado de la Encuesta de empresas del Banco Mundial (Seguimiento de la Innovación, 2013-2014).

La combinación de las capacidades de inversión, tecnológicas y de producción conduce a la innovación

Las capacidades de inversión y tecnológicas muestran toda su importancia cuando se combinan con las variables ligadas a la capacidad productiva. Las capacidades productivas son más importantes para explicar la adopción de la tecnología. Esto no significa que las variables de inversión y tecnología carezcan de relevancia. En combinación, las capacidades de inversión, tecnológicas y productivas han permitido mayores tasas de adopción de nuevas tecnologías de proceso que en el caso de las empresas en las que solo estaba presente una de las dos categorías de capacidades.

La participación de las empresas en las cadenas globales de valor está asociada al uso de tecnología de PDA

Para las empresas manufactureras de las economías industriales en desarrollo y emergentes, el aprendizaje sobre las tecnologías de PDA puede depender también de su integración en las redes internacionales de comercio y

producción. Estas redes pueden suponer un canal viable para la transferencia de conocimientos a los proveedores que se sitúan en las etapas iniciales de diseño y producción dentro de una cadena global de valor (CGV). Las evidencias obtenidas en los países encuestados para este informe confirman que la participación en CGV afecta de forma positiva a la probabilidad de adoptar nuevas tecnologías.³ Esta correlación positiva se mantiene cuando se controlan otros factores que pueden moldear la adopción de nuevas tecnologías de producción, como el tamaño, el sector, el capital humano y las inversiones en I+D y maquinaria. La integración en las CGV del sector manufacturero puede suponer una oportunidad importante para que las economías rezagadas se incorporen a la carrera tecnológica.

La implementación también requiere de capacidades concretas en la mano de obra

Las tecnologías de PDA requieren de las “capacidades del futuro”

El cambio tecnológico no es neutro desde el punto de vista de las capacidades demandadas. La adopción de tecnologías de PDA exige el desarrollo de capacidades complementarias a las nuevas tecnologías (Rodrik, 2018). Hay tres grupos de capacidades (las “capacidades del futuro”) que son especialmente importantes para las tecnologías de PDA: las capacidades analíticas; las capacidades específicas relacionadas con la tecnología, entre las que se incluyen ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM) además de las habilidades relacionadas con las TIC; y las capacidades interpersonales. Es probable que los empleos creados por las nuevas tecnologías sean más exigentes en términos de capacidades novedosas y técnicas, además de capacidades analíticas y cognitivas, por lo que las capacidades del futuro constituyen la mejor protección frente al riesgo de desplazamiento tecnológico.

Las empresas con mayor intensidad tecnológica tienen más profesionales de CTIM

El aumento en la demanda de estas capacidades ya se ve reflejado en los perfiles de empleo de las empresas con más intensidad tecnológica. La proporción de empleados de CTIM es sistemáticamente más elevada entre las empresas con mayor dinamismo tecnológico, que han implementado o que están listas para implementar las tecnologías de PDA. Además, estas empresas reconocen la importancia cada vez mayor de las capacidades relacionadas con la tecnología; p. ej.,

Las tecnologías de PDA pueden aumentar las utilidades y el uso del capital, además de mejorar la sostenibilidad ambiental

las capacidades de interacción entre el hombre y la máquina. Se espera también que las capacidades interpersonales adquieran una mayor importancia en el futuro. El motivo puede ser que muchas de las nuevas tecnologías requieren que los empleados trabajen como equipos integrados y aprendan los procedimientos y sistemas con rapidez.

¿Qué beneficios pueden aportar las tecnologías de producción digital avanzada (PDA)?

Las tecnologías de PDA pueden aumentar las utilidades, ser sostenibles para el medio ambiente y ampliar la fuerza de trabajo

Las tecnologías de PDA pueden aumentar las utilidades y el uso del capital de las empresas, integrar mejor la fuerza de trabajo a la producción y mejorar la sostenibilidad ambiental. En la figura 10 se resumen los mecanismos principales que están en juego, en consonancia con el marco conceptual detallado al principio del presente resumen. Los posibles beneficios que las tecnologías de PDA pueden aportar para respaldar el desarrollo industrial inclusivo y sostenible (DIIS) se presentan nuevamente alineados a dos canales principales: la introducción de nuevos y mejores bienes en el

mercado (televisores y relojes inteligentes, dispositivos para controlar el hogar, etc.) y el aumento de la eficiencia de producción por medio de la digitalización y la interconectividad de los procesos productivos. Cada uno de esos amplios canales tiene un efecto directo en las dimensiones principales del DIIS: la competitividad industrial, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social. Los beneficios también traen aparejados riesgos, y no existen garantías de que esos efectos tendrán lugar sin que se produzcan otros cambios. La obtención de beneficios depende de condiciones que son específicas de los países, las industrias y las empresas que participan en la producción manufacturera.

El análisis de datos ampliado mejora los productos y los servicios

Las tecnologías de PDA pueden mejorar características y funcionalidades de los productos y servicios que conllevarían a mejorar aún más los ingresos —así como la innovación de los productos, la personalización y el tiempo para la salida al mercado— y a lograr un paquete de productos y servicios más competitivo. El análisis de datos, por ejemplo, permite aprovechar la recopilación y el análisis en tiempo real de los datos de los clientes, lo que propicia la participación directa de

Figura 10

Beneficios previstos de las tecnologías de PDA



Fuente: Elaborado por ONUDI a partir de datos de Andreoni y Anzolin (2019).

Las economías que se involucran de manera activa en las tecnologías de PDA muestran un crecimiento mucho más rápido que el resto

las demandas de los clientes y facilita la personalización masiva de los productos a un precio asequible. Este entendimiento interno del comportamiento de los clientes puede aportar enormes ventajas para los productos, soluciones y servicios nuevos. Los cambios abren las puertas a posibilidades de modelos comerciales y organizativos nuevos, ya que incorporan servicios a la producción manufacturera. De esta manera, las tecnologías de PDA ofrecen la posibilidad de revitalizar la industrialización y mejorar el crecimiento económico por medio de la creación de bienes nuevos y de la combinación de actividades de fabricación y de servicios.

Fomentar la productividad

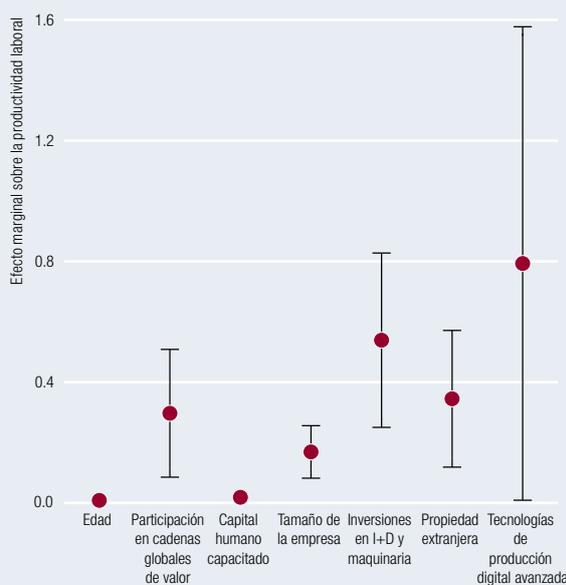
Las empresas que adoptan tecnología avanzada tienen mayor productividad

Las empresas adoptan tecnologías de PDA para volverse más competitivas y eficientes. Un análisis econométrico condicional en lo referente a otros factores que posiblemente afecten la productividad de los países estudiados para el informe investigó si las empresas con mayor nivel de digitalización eran, en promedio, más productivas que las que tenían niveles inferiores (Figura 11). Incluso cuando se utilizaron variables adicionales para controlar por el efecto de factores como la antigüedad, las inversiones en investigación y desarrollo y en maquinaria, el capital humano y la participación en cadenas globales de valor (CGV) de una empresa, la adopción de tecnologías de PDA se relacionó de manera positiva y significativa con la productividad de la empresa. El coeficiente de adopción de tecnologías es alto en comparación con los coeficientes de otros factores significativos.

Las economías punteras y las de segundo nivel son líderes en el crecimiento del valor agregado manufacturero debido a incrementos de la productividad

Lo que sucede con las empresas, también sucede con los países: las economías —punteras y de segundo nivel— que se involucran de manera activa en las tecnologías de PDA muestran un crecimiento mucho más rápido del valor agregado manufacturero (VAM) que el resto —las rezagadas y de industrialización tardía— (Figura 12). En las economías de ingresos bajos y medianos bajos y en las de ingresos altos, las punteras y las de segundo nivel tienen un índice de crecimiento de casi el doble en comparación con las rezagadas y las de industrialización tardía. En las economías de ingresos medianos altos, la diferencia es mayor del 50 %. El crecimiento más rápido en el VAM se puede explicar por la creación más dinámica de empleos, el aumento de la productividad, o ambos. Las

Figura 11
La adopción de tecnologías de PDA está positivamente relacionada con la productividad



Nota: El gráfico ilustra los coeficientes y los intervalos de confianza (al 90 %) de las variables de interés en la productividad de la fuerza laboral, obtenidos a partir de un análisis de regresiones econométricas que tomó en consideración a las empresas encuestadas en Ghana, Tailandia y Viet Nam. La variable "Tecnologías de producción digital avanzada" es una variable binaria que adopta el valor 1, si la empresa utiliza tecnologías de generación 3.0 o 4.0, o de lo contrario, 0. Se incluyeron también variables binarias de tipo dummy para países y sectores. Fuente: Elaborado por la ONUDI a partir de Pietrobelli et al. (2019) sobre la base de los datos recopilados por el estudio a nivel de empresa de ONUDI: "Adopción de tecnologías de producción digital por parte de empresas industriales".

mayores diferencias se observan en la dinámica de la productividad. Es evidente que las economías punteras y las de segundo nivel llevan la delantera en cuanto al aumento de la productividad. Es interesante observar que, en los países desarrollados —de ingresos bajos, medianos bajos y medianos altos—, las economías punteras y las de segundo nivel también muestran un crecimiento positivo en el empleo durante este período. Por el contrario, en las economías de ingresos altos, el aumento de la productividad supera el compensado y produce destrucción neta de los empleos directos.

Reforzar los vínculos intersectoriales

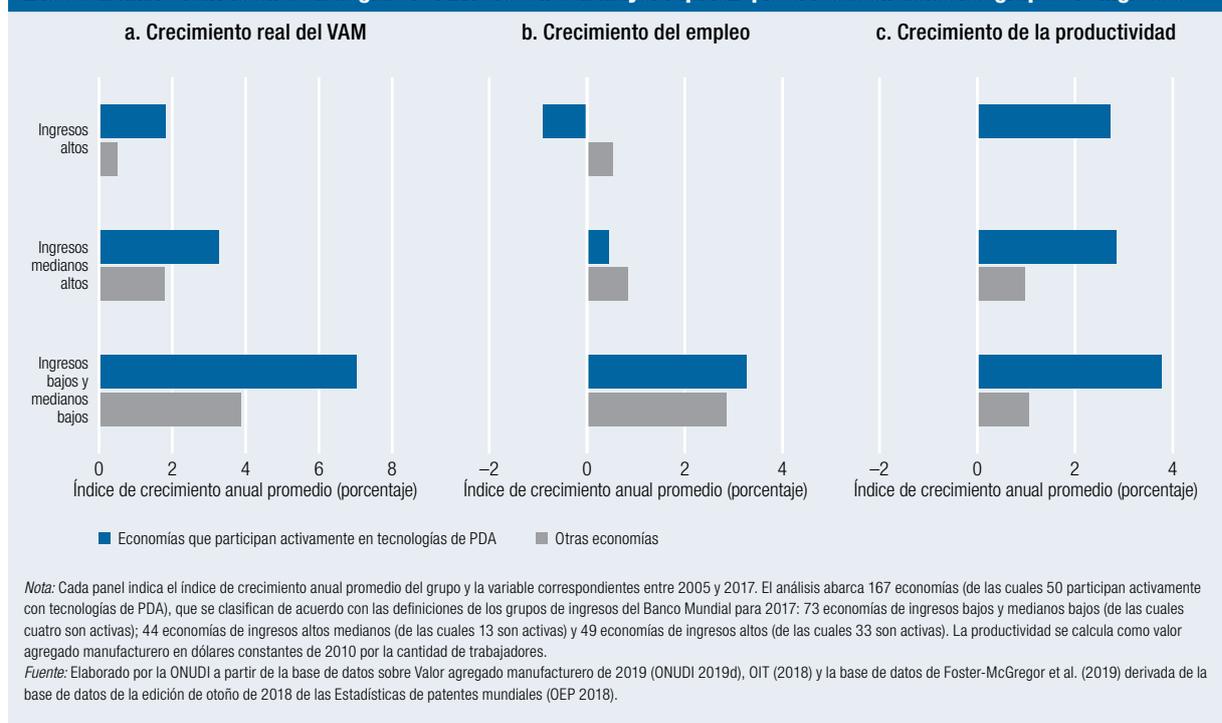
Las tecnologías nuevas fomentan servicios empresariales intensivos en conocimiento

La adopción de tecnologías de PDA en la producción manufacturera requiere el apoyo adicional de otros sectores de la economía, sobre todo de servicios intensivos en conocimientos que proporcionen las soluciones de tecnología de la información y digitales necesarias para implementar la producción inteligente. Esta interacción más contundente con servicios

“A medida que los países adquieren un mayor nivel de implementación de las tecnologías de PDA, los servicios empresariales intensivos en conocimientos adquieren una importancia cada vez mayor

Figura 12

Las economías activas en tecnologías de PDA crecen con mayor rapidez que el resto en todos los grupos de ingresos



brinda la posibilidad de ampliar los efectos multiplicadores de la producción manufacturera en la creación de empleos y el alivio de la pobreza, así como abrir otras puertas de oportunidades para que los países ingresen en el sistema manufacturero.

Tales servicios generan innovación y transmiten conocimientos nuevos

Los servicios empresariales intensivos en conocimiento (SEIC) cumplen un papel importante como generadores de innovación y como portadores de conocimientos nuevos en una economía. Se trata principalmente de servicios intermedios (vendidos a otros sectores en lugar de a los consumidores finales) y, por medio de estos vínculos, difunden innovaciones a lo largo de la cadena de valor.

Las economías punteras y las de segundo nivel suelen recurrir más a los SEIC cuando producen bienes industriales

Cuanto mayores son los ingresos del grupo de países, mayor será la participación de los SEIC en el valor agregado generado por el sector manufacturero, lo que indica la importancia de los insumos intensivos en conocimiento para los tipos de actividades manufactureras emprendidas por las economías de ingresos altos. Los SEIC no solo se relacionan con los niveles de ingresos de los países. Dentro de todos los grupos de ingresos, la integración de los SEIC también es mayor en las economías que participan activamente en las

tecnologías de PDA (Figura 13). A medida que los países adquieren un mayor nivel de participación en el desarrollo y en la implementación de tecnologías de PDA, los SEIC necesitan adquirir un papel cada vez mayor dentro de los procesos de fabricación.

Creación y no destrucción de empleos

Ver más allá de los efectos directos (trabajadores desplazados) y tomar en cuenta los efectos indirectos así como los efectos netos

Se ha expresado inquietud acerca del posible efecto que las tecnologías de PDA pueden tener en el mercado laboral. Pero, cuando se evalúa el efecto definitivo que una tecnología nueva (como los robots) ejerce sobre el empleo, se deben considerar todos los canales. Un enfoque sectorial o industrial dificulta la evaluación del efecto de la tecnología en el empleo para la economía en general. Por lo tanto, se deben analizar los efectos directos e indirectos a nivel agregado que las tecnologías nuevas ejercen sobre el empleo. Los efectos indirectos se basan en los vínculos nacionales e internacionales que se obtienen de las tablas de insumo-producto entre países.⁴

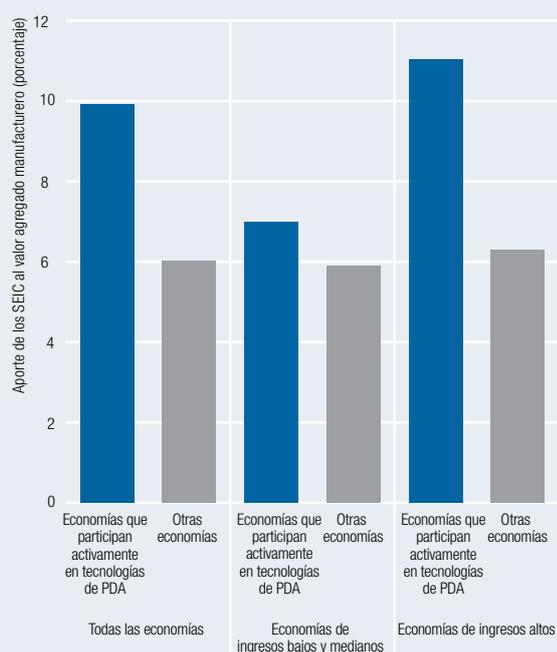
Los efectos indirectos pueden ser más significativos que los directos

Con el fin de evaluar la manera en que las tecnologías de PDA afectan el empleo, el Informe sobre el Desarrollo

“ El aumento de las existencias de robots en una industria tiene efectos indirectos en el resto de la cadena de valor

Figura 13

Las industrias manufactureras en las economías que participan activamente en tecnologías de PDA están más integradas con servicios empresariales intensivos en conocimientos, en todos los niveles de ingresos



Nota: Valores promedio para el período 2005-2015. El valor agregado manufacturero está expresado en dólares en su cotización actual. Este análisis comprende 63 economías, que se clasifican de acuerdo con las definiciones de los grupos de ingresos del Banco Mundial para 2005: 30 economías de ingresos bajos y medianos (de las cuales nueve son activas) y 33 economías de ingresos altos (de las cuales 24 son activas). SEIC es el acrónimo de servicios empresariales intensivos en conocimiento.
Fuente: Elaborado por ONUDI a partir de tablas de insumo-producto entre países (ICIO) (OCDE 2018).

Industrial (IDI) de 2020 concluyó que el aumento de las existencias de robots en una industria en particular tiene un efecto directo en el empleo de esa industria, pero también tiene efectos indirectos en el resto de la cadena de valor (Figura 14). El aumento del uso de robots en una industria tiene efectos indirectos sobre el empleo en las industrias de los clientes y los proveedores. Por ejemplo, la industria que utiliza más robots podría producir productos intermedios de mejor calidad, vender a precios más económicos o ambos para esas industrias cliente que, a su vez, podrían aumentar la competitividad y contratar más trabajadores para ampliar sus empresas. Ese incremento en el uso de robots podría también tener un efecto indirecto en las industrias proveedoras debido a que una mayor automatización y los cambios en los procesos de producción podrían implicar una mayor demanda de ciertos materiales y componentes. Dicho cambio en la demanda que surge de una industria robotizada podría afectar el empleo de las industrias proveedoras de manera positiva o negativa. Al mismo tiempo, clientes y proveedores pueden encontrarse en la misma economía (por lo tanto, afectar el empleo nacional) o en otras economías (por ende, afectar el empleo extranjero).

En el período comprendido entre 2000 y 2014, el aumento de los robots industriales en el sector manufacturero produjo creación neta de empleos a nivel mundial

Una vez que se tienen en cuenta todos los efectos, el aporte del crecimiento anual en las existencias de robots

Figura 14

Efecto agregado del aumento del uso de robots industriales en industrias individuales para el empleo mundial



Fuente: Elaborado por la ONUDI.

Las empresas que participan en tecnologías de PDA prevén aumentar (o al menos conservar) sus niveles de empleo

industriales al aumento del empleo desde 2000 hasta 2014 es positivo, aunque muy pequeño. Los efectos positivos principales provienen de los vínculos entre los proveedores internacionales y los clientes nacionales. Por el contrario, se observan efectos negativos en los vínculos con proveedores nacionales en lo que respecta al empleo. Lo interesante es que la mayoría de los empleos se crearon en economías emergentes debido al aumento de las existencias de robots en las economías industrializadas.

Las empresas que utilizan robots pueden generar más empleos que aquellas que no los utilizan

Esto demuestra la importancia de considerar la posibilidad del crecimiento de la producción debido a la adopción de robots, además del efecto en el cambio del proceso de producción (aumento de la intensidad de capital) en relación con las empresas que no los adoptaron. Si un aumento del uso de robots facilita la gestión de la producción y aumenta la participación en los ingresos de capital en relación con la fuerza laboral sin contribuir demasiado a una mayor competitividad y un aumento de la producción de la empresa o la industria, es probable que la adopción de robots tenga un efecto negativo en el empleo. No obstante, si quienes adopten los robots observan un crecimiento más rápido que aquellos que no los adoptan, debido a una mayor escala de producción, complementariedad intersectorial, redistribución del trabajo en una cadena de valor y el traslado de trabajadores dentro de una empresa, es probable que las empresas y las industrias que adopten robots tengan mayor posibilidad de generar empleos que los que eviten los robots.

Las empresas tecnológicamente dinámicas pueden anticipar niveles de empleo estable (o incluso incrementos en él)

Los resultados coinciden con estudios recientes que, al utilizar datos de largo plazo a nivel empresarial y a nivel de trabajadores, indican que (al menos en economías punteras, como Alemania) la adopción de robots no aumenta el riesgo de desplazamiento de trabajadores manufactureros permanentes (Dauth et al., 2018). Esto también se confirma a nivel micro si se toma en cuenta a los cinco países estudiados en este informe: la mayoría de las empresas que participan o están listas para participar en tecnologías de PDA prevén aumentar (o al menos conservar) sus niveles de empleo junto con la adopción de esas tecnologías.

Las tecnologías nuevas también pueden mejorar las condiciones y la participación de los trabajadores

Las tecnologías de PDA también afectan el aspecto social de la producción manufacturera. Pueden mejorar las condiciones de los trabajadores en la producción industrial, ya que introducen flujos de trabajo y asignación de tareas nuevas, además de elevar el umbral de cualificación de la fuerza laboral. Por ejemplo, las soluciones de automatización del sector automotor ofrecieron oportunidades para reorganizar las tareas de producción, alejando a los trabajadores de las que más exigencias físicas les suponían. Las tecnologías de PDA también pueden mejorar las condiciones laborales en las plantas de fabricación. Hoy en día, las prácticas estándar implican que los trabajadores deban manejar robots de tecnología avanzada. El aumento de la colaboración entre humanos y robots (o cobots) reará una fuerza de trabajo conjunta. Las tecnologías de seguridad y seguimiento también aumentarán la seguridad y mejorarán las condiciones laborales en la sala de fabricación.

Sostenibilidad para el medio ambiente

Las tecnologías de PDA tienden a las soluciones ecológicas

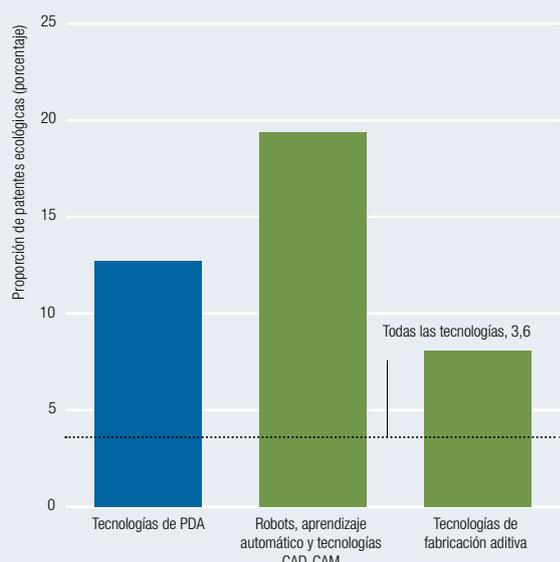
Las tecnologías de PDA presentan un contenido ecológico por encima del promedio (Figura 15). Este es el caso, en especial, para las tecnologías relacionadas con robots, aprendizaje automático y sistemas CAD-CAM y, a menor escala, para las tecnologías de fabricación aditiva. La característica más importante que destacan los evaluadores de patentes de estas tecnologías es la posibilidad que tienen de contribuir a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Este es otro beneficio importante que se debe considerar, particularmente en lo que respecta al marco de DIIS (ver la figura 1).

Las tecnologías de PDA mejoran los procesos de economía circular

Además, se prevé que las tecnologías de PDA mejorarán los procesos de economía circular, de manera que se desvincule el uso de recursos naturales de las consecuencias ambientales del crecimiento económico. Esto, a su vez, respalda los logros del ODS 6 en lo que respecta a la energía, el ODS 12 para el consumo y la producción sostenibles, y el ODS 13 para el cambio climático. En los procesos de economía circular, los flujos de recursos —en particular los materiales y la energía— se reducen y, en la medida de lo posible, se cierran. Los productos están diseñados para ser duraderos, reutilizables y reciclables, y los materiales para productos nuevos provienen

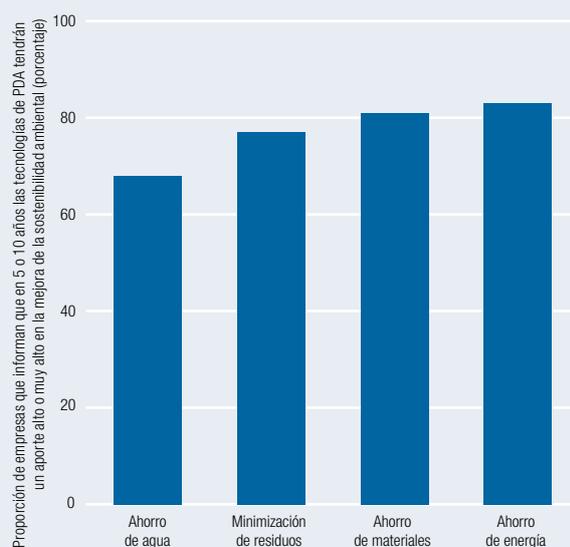
El uso de tecnologías de PDA producirá mejoras ambientales

Figura 15
Las tecnologías de PDA presentan un contenido ecológico por encima del promedio



Nota: Cuando un examinador de patentes considera que una patente contribuye a la mitigación del cambio climático, a esta se le asigna una etiqueta especial Y02. Esta etiqueta permite identificar entre todas las patentes el subgrupo que hace referencia a las tecnologías ecológicas y compararlo con la proporción correspondiente de patentes ecológicas de todas las patentes que se aplican a cualquier área tecnológica (no solo las tecnologías de PDA) de los últimos 20 años. CAD-CAM son los acrónimos para diseño asistido por computadora y para fabricación asistida por computadora, respectivamente. *Fuente:* Elaborado por la ONUDI a partir de la base de datos de Foster-McGregor et al. (2019) derivada de la base de datos de la edición de otoño de 2018 de las Estadísticas de patentes mundiales (OEP 2018).

Figura 16
La mayoría de las empresas que ya participan o están listas para participar en tecnologías de PDA concuerdan en que estas producirán mejoras ambientales



Nota: Los datos derivan de empresas estudiadas en Ghana, Tailandia y Viet Nam e incluyen solo a aquellas empresas que participan actualmente o están listas para participar en tecnologías de PDA. *Fuente:* Elaborado por la ONUDI sobre la base de datos recopilados por el estudio a nivel de empresa de ONUDI, "Adopción de tecnologías de producción digital por parte de empresas industriales", y Kupfer et al. (2019).

de productos viejos. Los modelos de economía circular también reducen la infrautilización de los productos y proporcionan beneficios en el uso eficiente de recursos. Los datos de los dispositivos electrónicos, las redes y los equipos conectados a internet pueden ofrecer a las empresas perspectivas acerca de cómo usan los recursos y cómo podrían mejorar el diseño de sus productos y servicios, el manejo del ciclo de vida del producto o la planificación de la cadena de suministros (Rizos et al., 2018).

Las empresas dinámicas desde el punto de vista tecnológico son optimistas con respecto a las mejoras ambientales

Los datos a nivel empresarial confirman este patrón. En Ghana, Tailandia y Viet Nam, en todas las áreas ambientales (agua, energía, materiales y residuos), la mayoría de las empresas que ya participan o están listas para participar en tecnologías de PDA concuerdan en que el uso de estas tecnologías producirá mejoras ambientales (Figura 16). El uso eficiente de materiales significa sostenibilidad, pero también ahorros que pueden permitir

otros gastos y efectos multiplicadores para las empresas y generar efectos rebote que aumenten la actividad económica y, por lo tanto, las consecuencias ambientales.

Los beneficios no son automáticos e implican riesgos

Las empresas de los países en vías de desarrollo deben enfrentar la reorganización y relocalización de la cadena de suministros

Un aspecto muy inquietante con respecto a las tecnologías de PDA es su posible consecuencia para la organización de la producción mundial. Para las empresas de los países en vías de desarrollo, en especial las que participan en cadenas globales de valor (CGV), son temores habituales factores como la posibilidad de una reorganización de la cadena de suministro, la deslocalización de producción hacia otros países en desarrollo, así como los procesos de relocalización hacia economías desarrolladas.

La digitalización podría aumentar el oligopolio y la concentración del poder

Las empresas de los países en vías de desarrollo podrían verse perjudicadas con la integración progresiva de las tecnologías

Las tecnologías de PDA podrían inducir procesos de relocalización, aunque ello no suele ser muy frecuente.

de PDA en las CGV, ya que es posible que estas deban enfrentarse con barreras a las entradas cada vez mayores. A medida que el aumento de la integración digital de sistemas por medio de plataformas de software afecta la estructura de las CGV, surgen inquietudes acerca de la coordinación y los mecanismos de gobernanza en cadenas de suministro completamente digitalizadas y el posible aumento de la concentración del poder y los mercados oligopolísticos y monopolísticos (Andreoni y Anzolin 2019).

Los procesos de relocalización hacia los países avanzados podrían restarle importancia a la fuerza laboral de bajo costo de los países en vías de desarrollo

Las empresas de los países en vías de desarrollo podrían verse perjudicadas con la difusión progresiva de las tecnologías de PDA en las economías avanzadas. Se prevé que la adopción de estas tecnologías disminuirá la relevancia de la fuerza de trabajo de bajo costo como ventaja comparativa y producirá mayores procesos de relocalización hacia las economías industrializadas, lo que ocasionará la eliminación de algunas actividades de fabricación y reducirá la creación de empleos (Rodrik 2018). La nueva maquinaria y los robots con poca inversión de capital que reemplazan el trabajo manual podrían impulsar a las empresas a traer de vuelta la producción a países con ingresos altos que estén cerca de los mercados grandes de consumidores. Este fenómeno podría contrarrestar la expansión de la CGV de las décadas anteriores para descentralizar la producción desde los países con altos ingresos hacia los países con ingresos más bajos en el caso de actividades que requieren menor cualificación y salarios bajos, como el ensamblaje.

No se observa demasiada relocalización

No obstante, más allá de las hipótesis y los ejemplos anecdóticos, la evidencia general de relocalización todavía es mínima, de manera que es difícil arrojar conclusiones con respecto a las consecuencias definitivas en el empleo de los países en vías de desarrollo y diseñar políticas contundentes para abordarlo. El trabajo empírico para este informe en el que se emplearon datos a 2015 de la Encuesta Europea de Innovación en Producción (European Manufacturing Survey) referentes a empresas de ocho países europeos (Austria, Croacia, Alemania, Países Bajos, Serbia, Eslovenia, España y Suiza) analizó el alcance y los determinantes de la relocalización.⁵ Surgieron tres conclusiones claras.

- En primer lugar, la relocalización no está tan extendida como se percibe en los medios y en el debate de políticas: un 5,9% de todas las empresas relocalizó mientras que un 16,9 % deslocalizó.

- En segundo lugar, el costo de la fuerza laboral no es el motivo principal por el que las empresas relocalizaron desde economías emergentes, pero sí influye en la relocalización desde otros países de ingresos altos. La flexibilidad en la logística parece ser el motivo principal de la relocalización desde economías emergentes. Esta conclusión es sorprendente, debido a que en el debate actual, el miedo al desplazamiento laboral a causa de las tecnologías avanzadas se relaciona con la introducción de máquinas o robots de bajo costo que puedan reemplazar la fuerza laboral humana y reducir más los costos de producción.
- En tercer lugar, la relocalización es más frecuente para algunos sectores (industria química, maquinaria, industria eléctrica o equipos de transporte, antes que en sectores con poca tecnología) y para empresas que adoptan con mayor intensidad las tecnologías de PDA. De manera que las tecnologías de PDA podrían inducir procesos de relocalización, aunque ello no suele ser muy frecuente.

Las diferencias de género son evidentes en el grado de afectación del empleo por la digitalización

Por otra parte, otra área de inquietud es la desigualdad de género. Una mayor adopción de las tecnologías de PDA podría acrecentar la brecha entre hombres y mujeres en los mercados laborales de manufactura, en especial, en los países en vías de desarrollo. Se observó que las trabajadoras que laboran en el sector manufacturero están más expuestas al riesgo de informatización que los hombres, debido a que el riesgo de informatización que enfrentan es en promedio aproximadamente un 2,9 % mayor que sus colegas hombres (Figura 17). Según el tipo de ocupación que desempeñan en la actualidad, las mujeres tienen más probabilidades de enfrentar un mayor riesgo de informatización que los hombres, si trabajan para el sector de alimentos y bebidas, tabaco, textiles, cueros y productos químicos. Resulta interesante que no existen diferencias de género que sean significativas desde el punto de vista estadístico en el riesgo de informatización observado en los sectores de computación, electrónica y vehículos.

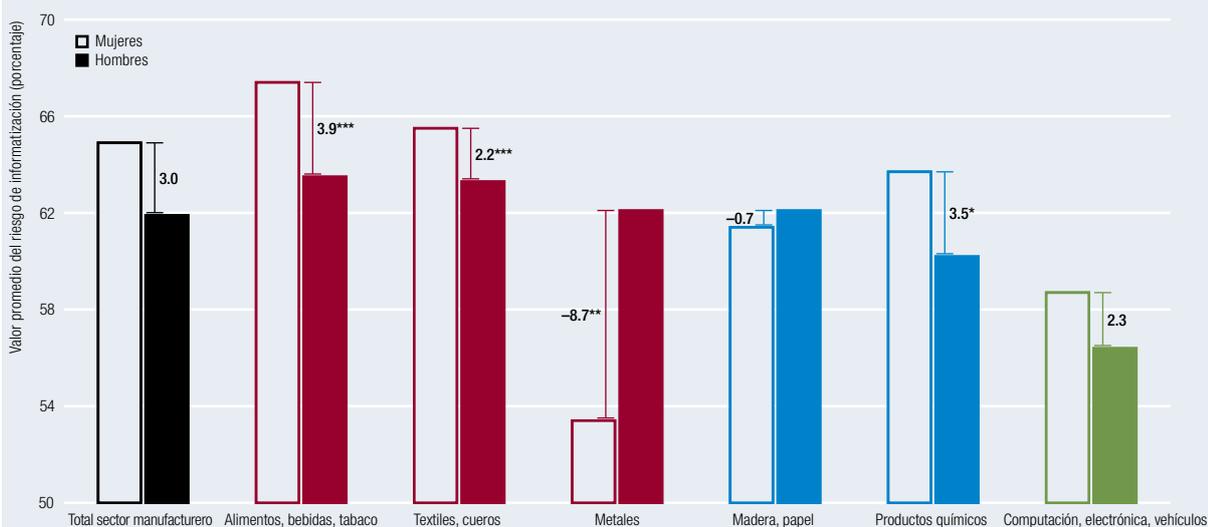
¿Por qué las mujeres tienden a enfrentar un mayor riesgo de perder el empleo debido a la automatización?

Las diferencias de género en el riesgo de informatización pueden explicarse debido a las diferencias en la dotación de capacidades, entre otras. Las mujeres del sector manufacturero obtienen menor puntuación en promedio que los trabajadores hombres en todas aquellas capacidades que son particularmente valiosas para operar tecnologías de PDA y que constituyen los conocimientos de la extensa categoría de las “capacidades del futuro”. Estas capacidades son las que se

“No existen soluciones únicas que sirvan para todos los casos”

Figura 17

Las trabajadoras tienen más probabilidades de enfrentar un mayor riesgo de informatización que los hombres, si trabajan para el sector de alimentos, textiles y productos químicos



Nota: El riesgo de informatización hace referencia a la probabilidad de que una ocupación se informatice en el futuro cercano. La cifra indica las diferencias entre hombres y mujeres en los valores medios del riesgo de informatización por sector. Intervalos de confianza a partir de pruebas t para diferencias en valores medios: *** $p < 0,000$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$. El análisis comprende a Armenia, Estado Plurinacional de Bolivia, Colombia, Georgia, Ghana, Kenia, República Democrática Popular de Laos, Macedonia del Norte, Sri Lanka, Ucrania y Viet Nam. Los colores de las barras reflejan la clasificación de intensidad tecnológica y digital de las industrias. Verde = industrias TDI (industrias que son simultáneamente intensivas en tecnología y digitalización). Azul = industrias que son intensivas en digitalización o tecnología, pero no en ambas. Rojo = industrias que no son intensivas en digitalización ni en tecnología.

Fuente: Elaborado por ONUDI a partir de la base de datos de Sorgner (2019) del Programa de medición de competencias STEP (Banco Mundial 2016).

espera que florezcan en la 4RI y protejan a los trabajadores de la digitalización destructiva porque será menos probable que las tecnologías nuevas los reemplacen; por el contrario, tendrán más probabilidades de complementarlas. Las brechas de género son significativamente negativas en todas las “capacidades del futuro”. Como aspecto más positivo para las trabajadoras, las brechas de género en lo que respecta a las capacidades interpersonales están menos acentuadas. Debido a que la evidencia empírica reciente sustenta el argumento de que las habilidades sociales son cada vez más importantes, una ventaja en esta clase de capacidades puede contribuir a reducir las brechas de género en el futuro.

Una mayor participación equitativa de las mujeres fomenta el desarrollo industrial inclusivo y sostenible

ONUDI reconoce la importancia de llevar a cabo un debate integral sobre la relación entre el género y las tecnologías de PDA en lo que respecta al sector manufacturero. Es necesaria una mayor participación equitativa de las mujeres en la fuerza laboral industrial y el desarrollo de tecnologías para promover el desarrollo industrial inclusivo y sostenible (ONUDI 2019c).

¿Qué respuestas se pueden dar mediante políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS?

Las respuestas dependen en gran medida del contexto

Las respuestas estratégicas a las tecnologías de PDA son diversas entre países y dentro de estos; y dependen en gran medida del contexto ya que reflejan el alcance de la industrialización, la penetración de la infraestructura digital, la acumulación de capacidades tecnológicas y productivas, la tradición de intervención en los asuntos económicos por parte de los gobiernos nacionales, y las prioridades y capacidades nacionales para movilizar a las asociaciones públicas y privadas. No existen soluciones únicas que sirvan para todos los casos, y sigue siendo difícil identificar modelos preelaborados. Por lo general, las respuestas siguen aplicándose a la etapa de prueba, con distintos niveles de articulación dentro de las estrategias de desarrollo nacional a largo plazo.

Y dependen de la posición relativa de las economías

Además, las respuestas dependen de la posición relativa de las economías: las economías punteras, las de segundo nivel

La adopción de las tecnologías de PDA requiere de esfuerzos importantes para el desarrollo de condiciones estructurales

y las rezagadas tienen objetivos distintos y enfrentan desafíos diferentes. Las economías punteras ya están en la frontera en lo que respecta a las tecnologías de PDA. Sus respuestas de política están orientadas a mantener o recuperar el liderazgo industrial, y a conjugar objetivos económicos, sociales y ambientales. En el caso de las economías de segundo nivel, la principal aspiración es acortar la brecha tecnológica con las punteras. Ello implica fomentar el desarrollo impulsado por la innovación y construir sobre la base tecnológica e industrial que ya está implementada. Muchas de estas economías cuentan con empresas listas para la fabricación avanzada e incluso compiten en actividades económicas que estaban tradicionalmente reservadas para países altamente industrializados. Un desafío clave es propagar en el resto de la economía las capacidades que ya están implementadas en la parte más avanzada del sector manufacturero (Rodrik 2018). En el caso de los países rezagados y de industrialización tardía, lo más importante es preparar las condiciones básicas de infraestructura y las capacidades con el fin de prepararse para incorporar las tecnologías nuevas.

Algunas áreas generales de las medidas de política requieren atención especial

Aunque las respuestas dependen en gran medida del contexto, existen tres áreas muy importantes

Para mejorar la preparación para adoptar y explotar las tecnologías nuevas se requiere tomar medidas en tres frentes: el desarrollo de condiciones estructurales, el

fomento de la demanda y el aprovechamiento de las iniciativas en curso, así como el fortalecimiento de las habilidades y de las capacidades de investigación (Tabla 3).

El desarrollo de condiciones estructurales implica la institucionalización de enfoques participativos en los que intervengan las distintas partes interesadas para la formulación de políticas industriales

La adopción de las tecnologías de PDA requiere de esfuerzos importantes para el desarrollo de condiciones estructurales relacionadas con la regulación y la infraestructura digital, con el marco institucional para la formulación de políticas, y con los canales para la colaboración internacional y la transferencia de tecnología. El marco institucional es particularmente importante para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS. En este contexto, la formulación de nuevas políticas industriales tendría que basarse en la colaboración estrecha entre los sectores privados y públicos en las cuales el aprendizaje (identificar limitaciones), la experimentación (encontrar maneras de eliminar esas limitaciones), la coordinación (incorporar a todos los actores relevantes dentro de las mesas de negociación) así como la supervisión (evaluar los resultados) deberían ser los principios orientativos clave (Rodrik 2007, 2018).

Para fomentar la demanda se requieren conocimientos y financiación

Incluso si las condiciones estructurales están dadas, los países deben fomentar la demanda y la adopción de tecnologías nuevas. Esto requiere esfuerzos concentrados

Tabla 3.

Áreas de medidas de políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS

Área general	Asunto para tratar	Medidas específicas	Ejemplos de países
Desarrollo de condiciones estructurales	Reglamentos e infraestructura digital	<i>Actualizar y elaborar reformas en ámbitos regulatorios para facilitar una economía digital</i>	<ul style="list-style-type: none"> En 2018, Mauricio lanzó una estructura de políticas integrales, Digital Mauritius 2030, para impulsar el desarrollo económico. Las áreas específicas de intervención incluyen la gestión de TIC, la gestión de talentos, una estrategia nacional de banda ancha y una mayor protección de los derechos de propiedad intelectual y de datos, privacidad de datos, y seguridad cibernética. Durante los últimos 15 años, Viet Nam llevó a cabo una compleja reforma de gestión para respaldar el surgimiento de la fabricación inteligente. Esta incluía políticas, planes maestros y leyes relacionadas con comercio y transacciones electrónicas, seguridad cibernética, tecnologías de la información, propiedad intelectual, inversión en infraestructura digital e introducción de tecnologías avanzadas en producción y comercio.
		<i>Inversión en infraestructura de TIC y banda ancha que fomente el acceso a internet de alta velocidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> En 2016, Chile anunció el Programa Estratégico de Industrias Inteligentes 2015–2025 para actualizar la infraestructura de TIC con el fin de incrementar la velocidad en banda ancha nacional y para ampliar la penetración de internet de alta velocidad en el país. La estrategia nacional Tailandia 4.0, que se encuentra dentro de la Estrategia Nacional de 20 años del país (2017–2036), promueve reformas institucionales para mejorar las condiciones estructurales, entre ellas, aplicación de incentivos (reducciones impositivas empresariales y subsidios para I+D), inversiones en infraestructura de internet de alta velocidad y el establecimiento de parques digitales y zonas de desarrollo.

Los países deben fomentar la demanda y la adopción de tecnologías nuevas

Tabla 3 (continuación)

Áreas de medidas de políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS

Área general	Asunto para tratar	Medidas específicas	Ejemplos de países
Desarrollo de condiciones estructurales	Infraestructura institucional y rol del sector privado	<i>Institucionalizar enfoques participativos en los que intervengan las distintas partes interesadas para la formulación de políticas industriales, en particular, el diálogo público-privado y el liderazgo compartido entre distintos ministerios</i>	<ul style="list-style-type: none"> En Brasil, el desarrollo del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación en Fabricación Avanzada implicó un enfoque de triple hélice (Gobierno, entidades privadas y organizaciones de formación e investigación). El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicaciones y el Ministerio de Industria, Comercio Internacional y Servicios es el que dirige, a nivel gubernamental. Conocimientos relevantes fueron obtenidos a partir de un equipo de tareas que consultó a organizaciones privadas acerca de sus perspectivas sobre los desafíos y las oportunidades que surgen de la fabricación inteligente en distintas industrias y regiones de Brasil. En México, la estrategia nacional para la Agenda 2030 se estableció al amparo de una colaboración entre el Ministerio de Economía, ProSoft 3.0 (un programa oficial para promover la industria nacional de software), la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de la Información y otras organizaciones del sector privado. En Sudáfrica, el Departamento de Telecomunicaciones y Servicios Postales, el Departamento de Ciencia y Tecnología y el Departamento de Comercio e Industria lideran una estrategia integrada de colaboración con la industria, la fuerza de trabajo y la sociedad civil. Además, se estableció un Comité Presidencial para la 4RI en 2019 con el fin de coordinar tareas entre todas las instituciones gubernamentales involucradas.
	Colaboración internacional y transferencia de tecnología	<i>Facilitar las conexiones con iniciativas internacionales en torno a la adopción de tecnologías de PDA</i>	<ul style="list-style-type: none"> En 2015, China y Alemania acordaron promover la preparación de sus respectivas economías para las tecnologías de PDA en un memorando de entendimiento vinculando Hecho en China 2025 con Industrie 4.0. Las actividades propuestas consideraban la promoción de redes de empresas chinas y alemanas para la fabricación inteligente. La colaboración ya está dando frutos, gracias al Parque Industrial Chino-Alemán establecido en forma conjunta como plataforma para conectar empresas chinas con la tecnología alemana. En 2018, Nuevo León, México, firmó un memorando de entendimiento de dos años con el País Vasco, España, para respaldar la colaboración entre sus respectivas estrategias de tecnología de PDA. El Gobierno de Nuevo León lanzó recientemente el programa MIND4.0 Monterrey 2019, un acelerador de empresas emergentes que imitan una iniciativa piloto similar en el País Vasco (BIND 4.0) para reunir a las empresas de fabricación local con innovadores y emprendedores nacionales y extranjeros.
		<i>Establecer asociaciones con organizaciones extranjeras y empresas multinacionales o empresas asesoras</i>	<ul style="list-style-type: none"> La nueva estrategia de digitalización de Kazajistán, Kazajistán Digital, se benefició con la colaboración entre el Instituto Fraunhofer de Alemania y el Ministerio de Industria y Desarrollo de Infraestructura de Kazajistán. Las actividades incluyeron un estudio de diagnóstico acerca de la preparación de aproximadamente 600 empresas nacionales para la adopción de tecnologías de PDA. Las empresas con producción semiautomatizada contarán con respaldo para que puedan convertirse a la larga en fábricas digitales. Las empresas piloto comenzaron la implementación en octubre de 2018.
Fomentar la demanda y la adopción	Acceso y asequibilidad de las tecnologías de PDA	<i>Desarrollar mecanismos de financiación innovadores e instrumentos de respaldo o ampliar el financiamiento público de catalizadores de ecosistemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> El Gobierno de Sudáfrica propuso al Fondo Soberano de Innovación la financiación de proyectos de alta tecnología en áreas relacionadas con la fabricación inteligente. El Gobierno se comprometió con una inversión en semillas de 1 a 1,5 mil millones de rands (aproximadamente 111 mil millones de dólares estadounidenses) para 2019/2020. El fondo es parte de una estrategia para respaldar a las empresas nacionales para que se beneficien de la transferencia de tecnología. En 2017, el Gobierno de la provincia Zhejiang de China lanzó el Plan de Implementación de la Nube para Empresas, una iniciativa para promocionar la adopción y la innovación en tecnologías de nube, en especial, entre las pequeñas y medianas empresas. La iniciativa conjuga el financiamiento por medio de programas de vales para reducir el costo de tecnologías de nube con un enfoque complejo para fomentar las capacidades. Como parte del programa, se organizaron más de 1100 seminarios acerca de computación en la nube que comprendieron a más de 90 000 empresas industriales y 100 000 participantes.

para que las empresas tomen conocimiento del uso y los beneficios posibles de estas tecnologías junto con la facilitación de financiamiento para su adopción. También

se debería brindar apoyo específico a los actores (por ejemplo, las pequeñas y medianas empresas, PYME) que se encuentran rezagadas desde el punto de vista tecnológico.

Los gobiernos pueden apoyar y fortalecer la creación de estas capacidades por medio de centros de aprendizaje

Tabla 3 (continuación)

Áreas de medidas de políticas para que las tecnologías de PDA operen a favor del DIIS

Área general	Asunto para tratar	Medidas específicas	Ejemplos de países
Fomentar la demanda y la adopción	Concienciación con respecto al uso y los beneficios de las tecnologías de PDA	<i>Desarrollar centros de concienciación y organizar cumbres, conferencias y talleres internacionales para ampliar el conocimiento por parte de las empresas de las tecnologías de PDA</i>	<ul style="list-style-type: none"> En 2017, el Gobierno de India abrió cuatro centros nuevos para promocionar las tecnologías de PDA en Bangalore, Nueva Delhi y Pune. Aunque son independientes, los centros se encuentran dentro del ámbito del Ministerio de Industria, Departamento de Industria Pesada. Su obligación es respaldar la implementación de Make in India, en particular, mejorando la competitividad en los procesos de fabricación gracias a una mejor comprensión y una adopción más amplia de las tecnologías de PDA por parte de las empresas manufactureras pequeñas y medianas. A partir de 2015, el Gobierno de Viet Nam organizó cumbres o convocatorias internacionales anuales para generar conciencia, explorar y, en lo posible, reforzar la colaboración pública y privada o hacer demostraciones de tecnologías y soluciones disponibles para representantes nacionales interesados en las tecnologías de PDA.
	Preparación de actores vulnerables, como las pequeñas y medianas empresas	<i>Proporcionar apoyo dirigido especialmente a actores que están tecnológicamente atrasados</i>	<ul style="list-style-type: none"> En España, el Gobierno del País Vasco lanzó Basque Industry 4.0, que incluye actividades piloto para ayudar a las PYME nacionales a acceder a capacitación en tecnologías de PDA relacionadas con la manufactura, y a espacios diseñados para el autodiagnóstico y el perfeccionamiento de la fabricación avanzada. En 2019, el Gobierno de Malasia lanzó "Industry4WRD Readiness Assessment", un programa dentro de la estrategia nacional Industry4WRD que ayuda a determinar la preparación de pequeñas y medianas empresas para adoptar las tecnologías de PDA.
Reforzar capacidades	Desarrollo de recursos humanos	<i>Mejorar la colaboración internacional en torno al desarrollo de competencias y la empleabilidad.</i>	<ul style="list-style-type: none"> En Colombia, universidades del Valle del Cauca acordaron recientemente colaborar con la Asociación de Industrias de las Tecnologías Electrónicas y de la Información (GAIA) del País Vasco. Las partes prevén fomentar la cultura digital y los emprendimientos entre los estudiantes del Valle del Cauca.
		<i>Ofrecer/facilitar procesos de experimentación y de exposición directa así como de procesos de aprendizaje de las tecnologías nuevas que incluyan nuevos enfoques para la capacitación y formación técnica y vocacional (TVET)</i>	<ul style="list-style-type: none"> El Gobierno de Uruguay, junto con ONUDI y la empresa de control y automatización industrial alemana Festo, establecieron el Centro de Automatización Industrial y Mecatrónica (CAIME), un centro público de tecnología para actualizar conocimientos técnicos y alentar a las empresas nacionales a adoptar procesos de fabricación inteligente. En Malasia, el Ministerio de Recursos Humanos ofrece un Programa nacional de capacitación dual inspirado en el programa de capacitación vocacional dual alemán con la intención de capacitar a los trabajadores en el uso de las tecnologías de PDA.
	Desarrollo de capacidades de investigación	<i>Ampliar el alcance y la cantidad de instituciones de investigación</i>	<ul style="list-style-type: none"> En Chile, la Oficina de Economía del Futuro lanzó el proyecto Astrodata con el fin de capitalizar el posible procesamiento de grandes datos astronómicos y computación en la nube, no solo para el desarrollo de aplicaciones científicas y capital humano, sino también con fines económicos. En Kazajistán, el Ministerio de Educación y Ciencia movilizará las capacidades de investigación del Instituto de Automatización Industrial (con sede en la Universidad Nacional Técnica de Kazajistán) para implementar la investigación y transferencia de tecnología aplicadas relacionadas con los problemas tecnológicos que enfrentan las empresas que procuran utilizar tecnologías de PDA.

Fuente: Elaborado por la ONUDI.

Las capacidades se basan en competencias nuevas e investigación

En definitiva, para que las empresas puedan adoptar tecnologías nuevas, deberían existir las capacidades necesarias en términos de competencias e investigación. Los gobiernos pueden apoyar y fortalecer la creación de estas capacidades por medio de centros de aprendizaje destinados a tales fines y de enfoques nuevos en la

formación y capacitación técnica y vocacional que concuerden con los requisitos emergentes de las empresas. Ampliar el alcance y la cantidad de instituciones de investigación que aborden específicamente las tecnologías de PDA también es fundamental para la incorporación de estas tecnologías y su adaptación al entorno local.

“ Sin el respaldo internacional, los países de ingresos bajos corren el riesgo de quedarse aún más estancados.

Llamado a una mayor colaboración internacional

Las ventanas de oportunidades que se abran dependerán de las respuestas y la preparación individuales

¿Hasta qué punto los avances constantes de las tecnologías de PDA abrirán ventanas de oportunidades para lograr un gran salto tecnológico o para evitar quedarse aún más rezagados? El punto dependerá de las respuestas y la preparación individuales a través de políticas industriales activas, la alfabetización digital, las competencias y la formación, y no solo índices de salarios, mercados nacionales y posiciones en las cadenas globales de valor (Lee et al. 2019, Mayer 2018).

Recuerde que se requiere de compromiso y recursos sustanciales para desarrollar capacidades

Los formuladores de políticas, en especial, en países en vías de desarrollo, deberán recordar que se requiere de compromiso y recursos sustanciales para desarrollar las capacidades que se necesitan para adoptar tecnologías nuevas y asimilar cualquier transformación productiva relacionada (Lee et al. 2019, Steinmueller 2001). Se recomienda dar pasos pequeños, pero bien informados, para probar las opciones tecnológicas y de políticas, de acuerdo con los objetivos deseados, antes de comprometerse íntegramente con la implementación. Existe bastante espacio para seguir investigando la efectividad de las políticas en aras de aprender e intercambiar aprendizajes relacionados con las políticas a través de una mayor cooperación internacional.

La comunidad internacional debería apoyar a las economías rezagadas

Los resultados del informe indican que gran parte del mundo, en especial los PMD y otros países de ingresos bajos, todavía están lejos de involucrarse con las tecnologías nuevas. Esto es un llamado a la acción inmediata de la comunidad internacional para apoyar a los países en vías de desarrollo, en especial los PMD, para que adopten las innovaciones tecnológicas vigentes. Sin el respaldo internacional, los países de ingresos bajos corren el riesgo de quedarse aún más estancados, rezagarse en mayor proporción y no poder cumplir con varios (o quizá ningún) ODS. Como se mencionó anteriormente, este apoyo debería estar orientado a generar capacidades industriales y tecnológicas básicas, intermedias y avanzadas, además de la infraestructura digital.

Existe una buena perspectiva de que la colaboración internacional continuará

La colaboración estrecha entre países que se encuentran en distintas etapas de preparación para la adopción de tecnologías de PDA puede dar lugar a beneficios importantes. La posibilidad de ampliar esa colaboración es significativa. En muchas estrategias nacionales de las economías de segundo nivel, se identificaron algunas economías punteras como socio preferente para facilitar la transferencia de tecnología, el desarrollo de recursos humanos y la implementación conjunta de proyectos piloto, pero también para explorar modelos comerciales conjuntos. También se pueden realizar asociaciones con otros países que se encuentren en niveles similares de adopción de tecnologías de PDA. Las transferencias de conocimiento pueden suceder en una situación más pareja y más cercana a realidades comunes. En el caso de los BRICS, ese tipo de colaboración ya está motivando actividades de investigación y agendas de innovación conjuntas sobre grandes datos, TIC y otras tecnologías de PDA y sus aplicaciones, al igual que sobre infraestructura y conectividad de TIC (Centro de Información de BRICS 2017).

Una colaboración más estrecha debería ser la base de las estrategias nacionales

Una colaboración más estrecha debería ser la base de las estrategias para abordar las visiones divergentes de los países en vías de desarrollo con respecto a los desafíos que las tecnologías de PDA podrían plantear en su recorrido hacia el desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Muchas de estas preguntas no son nuevas, pero los problemas se están tornando cada vez más urgentes debido a las posibles consecuencias de las brechas digitales. Estamos todavía muy lejos de llegar a un consenso respecto de los desafíos y las oportunidades, y es probable que las políticas internas retrasen importantes colaboraciones internacionales. Es por ello que la coordinación y la colaboración en políticas internacionales deberían continuar respaldando los esfuerzos para lograr un gran salto tecnológico, de modo que las organizaciones y los países puedan compartir conocimiento y experiencias acerca de cómo identificar y abordar las oportunidades y los desafíos que surjan de la 4RI, y velar por que nadie quede atrás.

Notas

- 1 En este informe, las patentes globales se definen como aquellas que se aplican de forma simultánea en al menos dos de las siguientes oficinas de patentes: la Oficina Europea de Patentes, la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos, la Oficina de Patentes de Japón y la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de China.
- 2 Estas generaciones fueron propuestas por primera vez por el IEL (2018), siendo desarrolladas en el documento de antecedentes de la ONUDI preparado por Kupfer *et al.* (2019).
- 3 Para conocer todos los resultados, consulte el documento de antecedentes de la ONUDI preparado por Pietrobelli *et al.* (2019).
- 4 El análisis se basa en un documento de antecedentes de ONUDI preparado por Ghodsi *et al.* (2019) y se suma al trabajo empírico actual sobre la relación entre el cambio tecnológico, el aumento de empleo y el crecimiento industrial, cuyos precursores fueron Abeliansky y Prettner (2017), Acemoglu y Restrepo (2018), y Graetz y Michaels (2018).
- 5 Consulte el documento de antecedentes de ONUDI preparado por Dachs y Seric (2019) si desea conocer información detallada del análisis.

Bibliografía

- Abeliansky, A. y Prettner, K. 2017. *Automation and Demographic Change*. Göttingen: Centro de Investigación Europea, de la Gobernanza y del Desarrollo Económico (CEGE), Universidad de Göttingen.
- Acemoglu, D. y Restrepo, P. 2018. *Artificial Intelligence, Automation and Work*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Department of Economics.
- Albrieu, R., Ferraz, J. C., Rapett, M., Brest Lopez, C., Nogueira de Paiva Britto, J., Kupfer, D. y Torracca, J. 2019. *The Adoption of Digital Technologies in Developing Countries: Insights from Firm-level Surveys in Argentina and Brazil*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Andreoni, A. y Anzolin, G., 2019. *A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Banco Mundial. 2014-2013. *Encuesta Empresarial del Banco Mundial*. Washington, DC. Disponible en: https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog?sort_by=rank&sort_order=desc&sk=enterprise+survey [Consultado el 11 de agosto de 2019].
- . 2016. *STEP Skills Measurement Program*. Washington, DC. Disponible en: <https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/step>. [Consultado el 15 de julio de 2019].
- Bogliacino, F. y Codagnone, C., 2019. *Adoption of Industry 4.0 in Developing Countries: Learning from Process Innovation*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Centro de Información de BRICS, 2017. *BRICS Leaders Xiamen Declaration*. Disponible en: <http://www.brics.utoronto.ca/docs/170904-xiamen.html>.
- CESPAP (Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico). 2018. *Frontier Technologies for Sustainable Development in Asia and the Pacific*. Bangkok.
- Cohen, M. D., Burkhart, R., Dosi, G., Egidi, M., Marengo, L., Warglien, M. y Winter, S., 1996. Routines and Other Recurring Action Patterns of Organizations: Contemporary Research Issues. *Industrial and Corporate Change*, 5(3), pp. 653–698.
- Dachs, B. y Seric, A., 2019. *Industry 4.0 and Changing Topography of Global Value Chains*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J. y Woessner, N. 2018. *Adjusting to Robots: Worker-Level Evidence*. Federal Reserve Bank of Minneapolis, Opportunity and Inclusive Growth Institute.
- Eurostat. 2019. *Encuesta Comunitaria sobre el Uso de las TIC y el Comercio Electrónico en las Empresas*. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database> [Consultado el 10 de mayo de 2019].
- Foster-McGregor, N., Nomaler, Ö. y Verspagen, B., 2019. *Measuring the Creation and Adoption of New Technologies Using Trade and Patent Data*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Ghodsi, M., Reiter, O., Stehrer, R. y Stöllinger, R., 2019. *Robotization, Employment, and Industrial Growth*

- Intertwined Across Global Value Chains*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
- Graetz, G. y Michaels, G., 2018. Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100(5), pp. 753–768.
- IEL (Euvaldo Lodi Institute), 2018. *Industria 2027 Final Report: Building the Future of Brazilian Industry*. Rio de Janeiro.
- Kupfer, D., Ferraz, J. C. y Torracca, J., 2019. *A Comparative Analysis on Digitalization in Industry in Selected Developing Countries: Firm Level Data on Industry 4.0*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Lee, K., 2019. *Economics of Technological Leapfrogging*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2019. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Lee, K., Wong, C.-Y., Intarakumnerd, P. y Limapornvanich, C., 2019. Is the Fourth Industrial Revolution a Window of Opportunity for Upgrading or Reinforcing the Middle-Income Trap? Asian Model of Development in Southeast Asia. *Journal of Economic Policy Reform*, pp. 1–18.
- Mayer, J., 2018. *Digitalization and Industrialization: Friends or Foes?* Documento de Investigación de UNCTAD N.º 25. Ginebra: Naciones Unidas.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2017. *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. París: OECD Publishing.
- . 2018. Tablas de Insumo-Producto entre países (ICIO), NA08, ISIC REV.4, Edición 2018. París. Disponibles en: <http://oe.cd/icio> [Consultadas el 4 de mayo de 2019].
- OEP (Oficina Europea de Patentes). 2018. *Worldwide Patent Statistical Database 2018 Autumn Edition*. Disponible en: <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html#tab-1> [Consultado el 17 de junio de 2019].
- OIT (Organización Internacional del Trabajo). 2018. *Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo: Tendencias 2019*. Ginebra.
- ONUUDI [Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial]. 2002. *Industrial Development Report 2002/3: Competing through innovation and learning*. Viena.
- . 2017a. *Informe Anual de la ONUUDI 2018*. Viena.
- . 2017. *Industry 4.0 - The Opportunities behind the Challenge*. Viena.
- . 2019a. *Artificial Intelligence and Sustainable Energy*. Viena.
- . 2019b. *Competitiveness Industrial Performance Index, Edition 2018*. Viena. Base de datos. Disponible en: <https://stat.unido.org/> [Consultado el 17 de junio de 2019].
- . 2019c. *Inclusive and Sustainable Industrial Development: The Gender Dimension*. Viena.
- . 2019d. *Manufacturing Value Added 2019. Base de datos*. Disponible en: <https://stat.unido.org/> [Consultado el 17 de junio de 2019].
- Pietrobelli, C. y Delera, M., Calza, E. y Lavopa, A., 2019. *Does Value Chain Participation Facilitate the Adoption of Digital Technologies in Developing Countries?* Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Rizos, V., Behrens, A., Drabik, E., Rinaldi, D. y Tuokko, K., 2018. *The Role of Business in the Circular Economy: Markets, Processes and Enabling Policies. Report of a CEPS Task Force*. Bruselas: Centro de Estudios de Política Europea.
- Rodrik, D., 2007. *Industrial Policy for the 21st Century*. En *One Economics, Many Recipes*. Princeton: Princeton University Press.
- Rodrik, D., 2018. *New Technologies, Global Value Chains, and Developing Economies*. NBER Working Paper No. 25164.
- Schwab, K., 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Ginebra: Foro Económico Mundial.
- Sorgner, A., 2019. *The Impacts Of New Digital Technologies On Gender Equality In Developing Countries*. Documento de antecedentes preparado para el Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
- Steinmueller, E., 2001. *ICTs and the Possibilities for Leapfrogging by Developing Countries*. *International Labour Review*, 140(2), pp. 193–210.
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). 2018. *Technology and Innovation Report 2018: Harnessing frontier technologies for sustainable development*. Ginebra: Naciones Unidas.

Anexo

Tabla A1

Países y economías clasificadas de acuerdo con su nivel de implementación de tecnologías de PDA en el sector manufacturero

Economías punteras (10 economías)	Economías de segundo nivel (40 economías)		Economías de industrialización tardía (29 economías)		Economías rezagadas (88 economías)
	Como productoras (23 economías)	Como usuarias (17 economías)	Como productoras (16 economías)	Como usuarias (13 economías)	
<i>Economías que implementan de forma activa las tecnologías de PDA</i>					
China	Australia	Argelia	Bosnia Herzegovina	Costa Rica	Todas las demás economías que, de acuerdo con la División de Estadística de Naciones Unidas, cuentan con más de 500 000 habitantes en 2017
Francia	Austria	Argentina	Bulgaria	Costa de Marfil	
Alemania	Bélgica	Bangladesh	Chile	Ecuador	
Japón	Brasil	Bielorrusia	Rep. Dominicana	Egipto	
Rep. de Corea	Canadá	Colombia	Estonia	El Salvador	
Países Bajos	Croacia	Hungría	Grecia	Etiopía	
Suiza	Chequia	Indonesia	Kirguistán	Malawi	
Taiwán, Provincia de China	Dinamarca	República Islámica de Irán	Letonia	Serbia	
Reino Unido	Finlandia	Malasia	Rep. de Moldavia	Túnez	
Estados Unidos	Hong Kong, China (SAR)	México	Nueva Zelanda	Turkmenistán	
	India	Portugal	Nigeria	Uganda	
	Irlanda	Rumanía	Filipinas	Uzbekistán	
	Israel	Arabia Saudita	Eslovenia	Zambia	
	Italia	Sudáfrica	Ucrania		
	Lituania	Tailandia	Emiratos Árabes Unidos		
	Luxemburgo	Turquía	República Bolivariana de Venezuela		
	Noruega	Viet Nam			
	Polonia				
	Federación Rusa				
	Singapur				
	Eslovaquia				
	España				
	Suecia				

Fuente: Elaborado por ONUDI a partir de la base de datos de Foster-McGregor et al. (2019).

“Las nuevas tecnologías son un arma de doble filo para los países en desarrollo. Pueden permitir dar un salto adelante y acelerar el proceso de convergencia económica. Pero a falta de capacidades, habilidades e instituciones básicas, también levantan barreras a la convergencia por parte de los rezagados. Este informe, abundante en datos, presenta una imagen actualizada del panorama tecnológico y esboza estrategias para aprovechar al máximo las oportunidades al tiempo que se evitan las trampas”.

Dani Rodrik, Universidad de Harvard

“En este informe, la ONUDI recuerda al mundo que la industrialización sigue siendo esencial para el desarrollo económico. Sostiene que, gracias al aumento de la productividad y al desarrollo de nuevos sectores de producción, las tecnologías digitales ofrecen importantes oportunidades en términos de mejora de los niveles de vida y de sostenibilidad medioambiental. También plantean grandes desafíos, dada la limitada difusión de estas tecnologías en la mayoría de los países en desarrollo. Por lo tanto, pide que se realicen esfuerzos significativos para desarrollar la infraestructura digital, crear las capacidades humanas esenciales y fortalecer las capacidades de investigación de los países en desarrollo, todos ellos también ámbitos en los que se puede intensificar la cooperación internacional”.

José Antonio Ocampo, Banco Central de Colombia y Universidad de Columbia

