

# Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0 - Resumen Ejecutivo



Elaborado para:



**Consultoría:**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana – Resumen Ejecutivo.

**Cliente:**

Climate Technology Centre and Network

UN City, Marmorvej 51, 2100 Copenhagen, Denmark.

<https://www.ctc-n.org>

**Elaborado por:**

DEUMAN

Dirección: Av. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

Teléfono: +56 2 32247478

[www.deuman.com](http://www.deuman.com)

**Fecha de presentación:**

Julio de 2022

## Índice

1.	Introducción	5
2.	Objetivos	6
2.1	Objetivo general	6
2.2	Objetivos específicos	6
3.	Diagnóstico del desarrollo de la industria 4.0 en favor de la EC	7
3.1	La industria 4.0	7
3.1.1	La cuarta revolución industrial	7
4.	Industria 4.0 y Economía Circular	10
4.1	Tecnologías de la Industria 4.0 y su relación con la Economía Circular	10
4.2	Pasaporte Digital del Producto y del ciclo de vida: herramientas de apoyo de políticas de economía circular	13
4.3	Modelo producto-como-servicio: habilitador de patrones sostenibles de consumo	14
5	Metodología	16
5.1	Metodología para la evaluación del alistamiento en Industria 4.0 de países en vías de desarrollo	16
5.2	Metodología de evaluación de las tendencias de Industria 4.0 en las iniciativas circulares de Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay y República Dominicana	18
6.	Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial	19
6.1	Análisis de Industria 4.0 en los países de la asistencia	19
6.1.1	Análisis gubernamental	19
6.1.2	Nivel de preparación	20
6.1.3	Análisis de actores y beneficios potenciales	1

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Poder combinatorio de algunas tecnologías digitales en actividades de EC.	23
Tabla 2. Regulaciones para el fomento de la industria 4.0 en Ecuador	42
Tabla 3. Leyes relacionadas al desarrollo de la Industria 4.0 en República Dominicana	95
Tabla 4. Regulaciones en Cuba relacionadas a la industria 4.0	120

## Índice de figuras

Figura 1. Evolución de las revoluciones industriales y el impacto de las tecnologías de producción	8
Figura 2. Tecnologías disruptivas/habilitadoras de la Industria 4.0 y su impacto en la transformación productiva.	9
Figura 3. Clasificación de las economías a nivel global según la adopción de TADP	10
Figura 4 Tecnologías de Industria 4.0 que se espera tengan el impacto más profundo en las organizaciones.	12
Figura 5 Evaluación del índice GRAMI 4.0 a nivel global	13
Figura 6 Índice GRAMI 4 en los países latinoamericanos.	13
Figura 7. Apalancamiento mutuo de la Economía circular y la Industria 4.0	15
Figura 8. Acciones en materia de datos del Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión Europea.	25
Figura 9. Modelo de Arquitectura de Referencia de Industria 4.0 -RAMI4.0	27
Figura 10. Pasaporte digital en el ciclo de vida del producto de Economía Circular.	28
Figura 11. Trayectoria de la Innovación hacia la Industria 4.0.	32
Figura 12. Industria 4.0 y la Economía circular	33
Figura 13. Indicadores por cada dimensión considerada para el análisis sobre el desarrollo de la industria I4.0	34
Figura 14. Dimensiones del marco de evaluación de Circularidad&I4.0.	41

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

## Siglas y acrónimos

TADP	Tecnologías Avanzadas Digitales de Producción
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
IDR	Industrial Development Report
ONUUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
CPPS	Sistemas cibernéticos de producción, en inglés
IDI	Índice de Dependencia Importadora
CAD/CAM	Diseño y fabricación asistidos por computadora, en inglés
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
CGV	Cadenas Globales de Valor
CIT	Ciencia, tecnología e innovación
STEM	Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en inglés.
IoT	Internet de las cosas
IA	Inteligencia Artificial
FA	Fabricación Aditiva
AMETIC	Asociación de empresas de electrónica, tecnologías de la información, telecomunicaciones y contenidos digitales
DPP	Pasaporte Digital del Producto, en inglés
AAS	Capa de administración de activos, en inglés
DCLP	Pasaporte de Ciclo de Vida Digital, en inglés
B2B	Empresa a Empresa
B2C	Empresa a consumidor
UNEP	United Nations Environment Programme
PSS	Sistema de Producto-Servicio, en inglés
LP	Lean Production
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ISO	International Organization for Standardization
GII	Global Innovation Index
EIT	Enabling Trade Index
GTI	Global Competitiveness Index
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior en Ciencia y Tecnología
WIPO	World Intellectual Property Organization
RFID	Identificación por Radiofrecuencia

## 1. Introducción

Este informe presenta los resultados del **Producto 5 Diagnóstico general de la Industria 4.0.** para el proyecto **Diagnóstico del Estado Actual de la Economía Circular para desarrollar una hoja de ruta para Cuba, Ecuador, El Salvador, República Dominicana y Paraguay.** El objetivo de este documento es presentar un diagnóstico general para cada país, analizando su situación actual y el potencial de implementación de la Industria 4.0, definida como la transformación intensiva de información de la fabricación en un entorno conectado de big data, personas, procesos, servicios, sistemas y activos industriales habilitados para IoT con la generación, el aprovechamiento y la utilización de datos e información procesables para realizar una industria inteligente y ecosistemas de innovación y colaboración industrial<sup>1</sup>, en función de indicadores de preparación o alistamiento a nivel nacional, cuya selección obedece a una síntesis de las buenas prácticas internacionales.

**La Industria 4.0** ofrece enormes oportunidades para favorecer una economía circular, en la que los productos al final de su vida útil se reutilizan, refabrican y reciclan. La Industria 4.0 es un cambio de paradigma de la fabricación y producción inteligentes. Para cumplir con este objetivo, este documento consta de tres secciones principales. **La primera sección** es una revisión general de la Industria 4.0 tomando como base estudios realizados por organismos multilaterales como ONUDI y CEPAL, balanceados con otros estudios académicos relevantes en la materia con énfasis en los factores y modelos de evaluación que sirven como antecedentes a la investigación, brindando información sobre sus tecnologías habilitadoras y los diferentes modelos de evaluación que a nivel macro se han utilizado para evaluar el alistamiento de los países del planeta para la Industria 4.0, con énfasis en países en vías de desarrollo. También se ofrece un estudio del estado del arte de la influencia de la Industria 4.0 para la Economía Circular; se profundiza en el rol de las tecnologías digitales en la sostenibilidad y la circularidad, el modelo de negocio Producto como Servicio, la trazabilidad del producto en su ciclo de vida a través del monitoreo de sus datos con tecnologías I4.0, y la influencia del paradigma *Lean Production* en el logro de los objetivos de la economía circular.

**En una segunda sección** se explica el abordaje metodológico del estudio para evaluar la Industria 4.0, adaptando el Índice de Alistamiento de Industria 4.0 (GRAMI 4.0) de Tripathi & Gupta<sup>2</sup>, al análisis de fuentes de datos específicas para el contexto de estudio para la evaluación del nivel de alistamiento de los países objeto de estudio. **Seguidamente**, se explica mediante la aplicación de la metodología propuesta, un análisis del nivel de preparación de cada país donde se evaluó la situación del país y de los actores priorizados en el documento 2.2 de esta consultoría, en ello veremos que las tecnologías de la Industria 4.0 pueden ayudar a mejorar el diseño de sistemas innovadores de productos y servicios y pueden influir en las propuestas de valor, hacia arriba y hacia abajo en la cadena de valor, afectando los modelos de negocio en sí y todo el ecosistema de valor. En las conclusiones se ofrecen hallazgos y recomendaciones generales para ser tenidos en cuenta en futuras proyecciones de la región para fomentar la Industria 4.0.

---

<sup>1</sup> I-Scoop (s.f.) Industry 4.0 and the fourth revolution explained. Disponible en: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

<sup>2</sup> Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI : 10.1108/BIJ-07-2020-0354

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

- Mapeo de casos de éxito de aplicación de la industria 4.0 en favor de la economía circular a nivel internacional y adopción de algunas prácticas a nivel local teniendo en cuenta los desarrollos tecnológicos en los cinco países objeto de estudio (Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay, República Dominicana).

### 2.2 Objetivos específicos

- Análisis de tecnologías, beneficios y oportunidades de la cuarta revolución industrial.
- Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial y en particular la situación y etapa de desarrollo en la que se encuentra.
- Diagnóstico general del nivel de desarrollo de industrias 4.0 en los cinco países y análisis de las principales tecnologías propias de la cuarta revolución industrial.
- Diagnóstico de potencial beneficio de aplicar industria 4.0 a economía circular.
- Identificación de actividades económicas circulares definidas en el Producto 2 que puedan verse potenciadas con la incorporación de tecnologías propias de la industria 4.0, permitiéndoles hacer más eficientes sus procesos productivos y servicios, optimizar el uso de recursos y energía, y desarrollar nuevos modelos de negocio.

## P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.



### 3. Diagnóstico del desarrollo de la industria 4.0 en favor de la EC

#### 3.1 La industria 4.0

##### 3.1.1 La cuarta revolución industrial

La cuarta revolución industrial<sup>3</sup>, caracterizada por un conjunto de tecnologías emergentes que buscan la hibridación del mundo físico y el digital, genera una dinámica que configura nuevos ecosistemas y la transformación digital de la producción de bienes y servicios en la sociedad<sup>4</sup>. La **evolución de las revoluciones industriales** hasta la actual cuarta revolución industrial o Industria 4.0:

Figura 1. Evolución de las revoluciones industriales y el impacto de las tecnologías de producción



Fuente: Junta de Andalucía, 2020

<sup>3</sup> Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum. Geneva. Obtenido de Geneva: World Economic Forum: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>

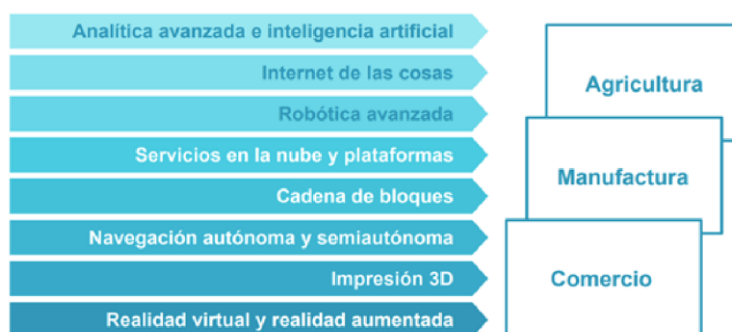
<sup>4</sup> CEPAL. (2018). Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital, Santiago de Chile: Naciones Unidas. Santiago de Chile: ILPES.

#### P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

El sector de manufactura **se caracteriza por la convergencia de tecnologías avanzadas digitales de producción (TADP), también llamadas tecnologías disruptivas o habilitadoras de la Industria 4.0**, que incluyen tecnología de inteligencia artificial, impresión 3D, big data, robótica y otros, con avances en almacenamiento y generación de energía, así como computación cuántica. Las TADP y los procesos de producción industrial han generado además el concepto de fábrica inteligente, basado en la optimización continua<sup>5</sup>:

Figura 2. Tecnologías disruptivas/habilitadoras de la Industria 4.0 y su impacto en la transformación productiva



Fuente: CEPAL, 2021

**Uno de los rasgos distintivos de la Industria 4.0 es la convergencia tecnológica.** Además, se estaría amplificando el efecto mediante capacidades integradas de Industria 4.0, incidiendo en la mejora del desempeño operacional de la cadena, en la agilidad de la toma de decisiones y, por ende, en mayor productividad laboral. Otro aspecto que suele incluirse al definir la cuarta revolución industrial son los sistemas ciberfísicos de producción (CPPS por sus siglas en inglés).<sup>6</sup>

### 3.2 Industria 4.0 en el mundo

Un análisis reciente, realizado para el **Informe de Desarrollo Industrial (IDR) 2020 (ONUUDI, 2019)**, indica que la creación de tecnologías avanzadas digitales de producción de la cuarta revolución industrial sigue estando extremadamente concentrada en unas pocas economías, llamadas punteras. El principal hallazgo de esta evaluación es que **sólo 10 economías, explican el 91 por ciento de todas las solicitudes de patentes globales en este campo tecnológico y casi el 70 por ciento de las exportaciones de bienes de capital asociados a estas tecnologías.** Después de estas primeras 10 economías “más comprometidas” con la Industria 4.0, se aprecia un rango de **otros 40 países subdivididos, cuyas economías se catalogan de “segundo nivel” e incluye otras dos categorías: 23 como productoras y 17 como usuarias** (basada en los niveles de importaciones de TADP). **Un tercer nivel lo ocupan las llamadas “economías de industrialización tardía”** con valores más discretos de patentes y de importaciones de TADP.

Por último, se catalogan **las restantes 88 economías como “rezagadas”**, presumiblemente porque sus valores de patentes de TADP son nulos o demasiados escasos; así como sus niveles de importación de las tecnologías consideradas en el estudio de ONUUDI (2019)<sup>7</sup>. La situación de los cinco países objeto

<sup>5</sup> ONUDI. (2021). UNIDO Strategic Framework for the Fourth Industrial. General Conference. Nineteenth session. Viena.

<sup>6</sup> García, C. A., Castellanos, E. X., & García, M. V. (2019). Desarrollo de sistemas ciber-físicos de producción para Procesamiento por lotes usando normas IEC-61499 e ISA-88. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 27(3), 443-453.

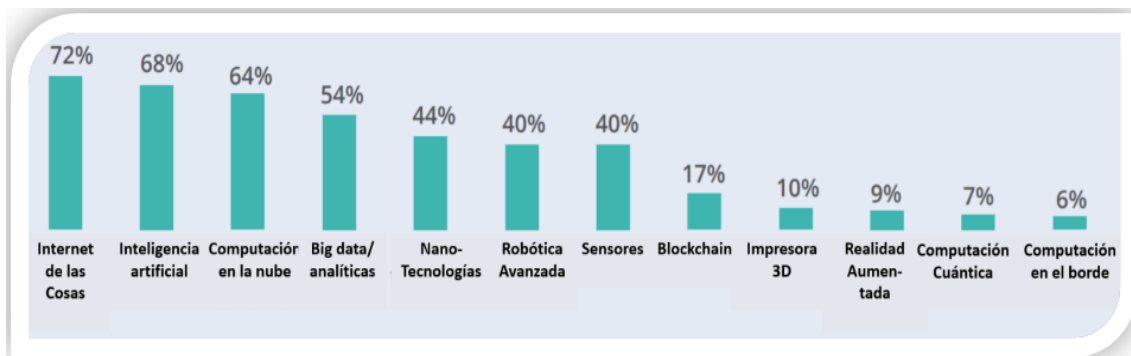
<sup>7</sup> ONUDI. (2019). Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. La industrialización en la era digital. Resumen. Viena.

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

de estudio, es diferente respecto al nivel de preparación y desarrollo de Industria 4.0. **República Dominicana** se ubica como productora, entre las economías de industrialización tardía, mientras **Ecuador** y **El Salvador** aparecen como usuarias, en este mismo rango. El resto de los países de América Latina y el Caribe, según este informe, parecen estar en el grupo de “economías rezagadas” donde estarían incluidas **Paraguay** y **Cuba**. Si bien esta evaluación es un acercamiento importante en la obtención de una panorámica global de la Industria 4.0, su concepción es aún limitada.

**Figura 3. Tecnologías de Industria 4.0 que se espera tengan el impacto más profundo en las organizaciones**



Fuente: Deloitte, 2020.

De acuerdo a la OECD<sup>8</sup>, **algunos países han desarrollado políticas industriales, como parte de las estrategias de ciencia, tecnología e innovación, o como estrategias independientes, pero no exclusivamente, en la fabricación.** El Diagnóstico sobre Industria 4.0 realizado a Brasil, Chile, México y Uruguay<sup>9</sup> empleó para su análisis una metodología de evaluación basada en dos grupos de indicadores. Un primer grupo que refleja la capacidad del cambio de cada país en términos de complejidad económica y el peso de la manufactura en el producto interno bruto.

El segundo grupo de indicadores se refiere a palancas de cambio, en términos de la capacidad de innovación de las empresas, la calidad del capital humano y la calidad de gobernanza del país. Otro estudio macro multifactorial lo constituye el **Índice de alistamiento global de Industria 4.0 (GRAMI 4.0)**<sup>10</sup>. Este Índice ha sido aplicado a un universo grande de países del mundo como se aprecia en la Figura 4. Los países de América Latina y el Caribe en esta encuesta obtienen resultados discretos, encabezados por Chile, Uruguay y Brasil, como se aprecia en la Figura 5.

<sup>8</sup> Planes-Satorra, S., & Paunov, C. (2019). The digital innovation policy landscape in 2019. Paris: OECD Publishing.

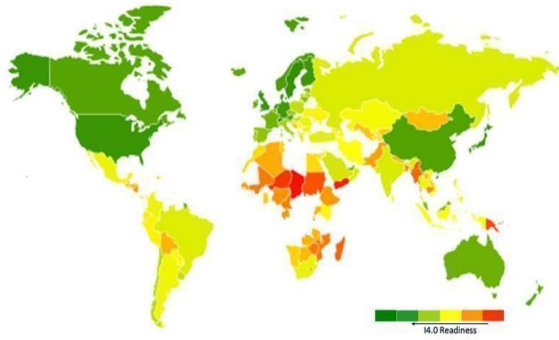
<sup>9</sup> American Sustainable Development Foundation. (Noviembre de 2020). Diagnóstico sobre Industria 4.0 realizado a Brasil, Chile, México y Uruguay . Obtenido de Proyecto: Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta: [https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/Entregable\\_51\\_20201123\\_CTCN.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/Entregable_51_20201123_CTCN.pdf)

<sup>10</sup> Tripathi, S., & Gupta, M. (2021). A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. Benchmarking: An International Journal., 28(10), 3006-3039. doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2020-0354>

#### P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

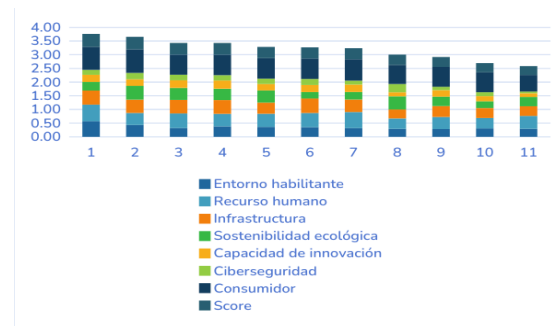
Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Figura 4. Evaluación del índice GRAMI 4.0 a nivel global



Fuente: Tripathi & Gupta, 2021

Figura 5 Índice GRAMI 4 en los países latinoamericanos.



Fuente: Elaboración propia a partir de valores de GRAMI4.0.

A partir de estas consideraciones, para el presente estudio que persigue evaluar cinco países en vías de desarrollo (Cuba, Ecuador, El Salvador, República Dominicana y Paraguay), se requiere un método de evaluación más personalizado al contexto de cada país, que aunque incorpore un grupo de indicadores generales para evaluar el nivel de alistamiento en Industria 4.0 en los cinco países para ofrecer una oportunidad de realizar análisis comparados, pueda también ser complementado con otras evidencias locales que sean factibles realizarse hacia el interior de sectores industriales.

## 4. Industria 4.0 y Economía Circular

### 4.1 Tecnologías de la Industria 4.0 y su relación con la Economía Circular

Las tecnologías de la Industria 4.0 pueden ayudar a mejorar el diseño de sistemas innovadores de productos y servicios y pueden influir en las propuestas de valor, hacia arriba y hacia abajo en la cadena de valor, afectando los modelos de negocio en sí y todo el ecosistema de valor. La digitalización puede verse también como uno de los facilitadores de la economía circular debido a que genera visibilidad e inteligencia en productos y activos. La digitalización impulsa los modelos de negocio de economía circular al **ayudar a cerrar el ciclo, ralentizar el ciclo de materiales y reducir el ciclo con una mayor eficiencia de los recursos**<sup>11</sup>.

Las tecnologías digitales asociadas a la Industria 4.0 como la Internet de las Cosas, la cadena de bloques (blockchain), la impresión en 3D y automatización, computación en la nube y analíticas big data **permiten utilizar los flujos de información y los análisis de datos para reducir la generación de residuos y cerrar los ciclos de materiales mediante la reutilización y el reciclaje y la adopción de procesos de fabricación más eficientes y de logística inversa**<sup>12</sup>. A continuación, se resume las tecnologías asociadas a la industria 4.0:

<sup>11</sup> Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (2018). Digitalisation as an enabler of circular economy. *Procedia CIRP*, 45-49.

<sup>12</sup> Schröder, P., Albaladejo, M., & Alonso-Ribas, P. (2021). *La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia*. Londres: Chatham House.

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

 <p><b>Big data e Inteligencia Artificial (IA)</b></p>	<p>Conjuntos de datos de gran volumen, complejos y en constante crecimiento, provenientes de diversas fuentes. Permite el monitoreo automático y remoto de la eficiencia durante el proceso de fabricación.</p>	 <p><b>Blockchain o cadena de bloque</b></p>	<p>Mejora los flujos de información a lo largo de la cadena de valor y mejora la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores.</p>
 <p><b>Internet de las cosas (IoT)</b></p>	<p>Sistema de componentes conectados e identificables capaces de representación y accesibilidad virtuales que conducen a una estructura similar a Internet para localizar, detectar y/u operar remotamente los componentes con flujos de datos.</p>	 <p><b>Fabricación aditiva (FA)</b></p>	<p>Los procesos aditivos permiten construir objetos mediante la creación y consolidación de capas, a diferencia de las técnicas de moldeo o sustractivas.</p>
 <p><b>Computación en la nube</b></p>	<p>Modelo para permitir un fácil acceso a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables que se pueden administrar dinámicamente</p>	 <p><b>Gemelo digital</b></p>	<p>Recopilación virtual de información sobre un producto específico y su ciclo de vida completo, desde la fase de diseño hasta la gestión al final de su vida útil, por ejemplo, en términos de reciclaje.</p>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

**Tabla 1. Poder combinatorio de algunas tecnologías digitales en actividades de EC.**

Actividades de Economía Circular	Analíticas Big Data	Inteligencia Artificial	Internet de las cosas	Computación en la nube	Cadena de bloques	Impresión 3D
1. Trazabilidad para informar acerca del origen, calidad y autenticidad de productos y materiales						
2. Parsimonia de materiales para facilitar bucles dentro de procesos de fabricación						
3. Trazabilidad de componentes y productos para mantenimiento y reparación						
4. Refabricación y fabricación descentralizada						
5. Pasaporte digital para apoyar desmontaje, reutilización y reciclaje						
6. Trazabilidad de basura para una mejor recolección y reciclaje						
7. Plataformas para compartir activos						
8. Desmaterialización y producto como servicio						
9. Plataformas de intercambio de materiales						
10. Fabricación como servicio						
11. Información de producto mejorado para ofrecer opciones al consumidor						
12. Datos y herramientas mejoradas para diseño de productos y materiales						
13. Datos y herramientas mejoradas para desmantelamiento y recuperación de materiales						

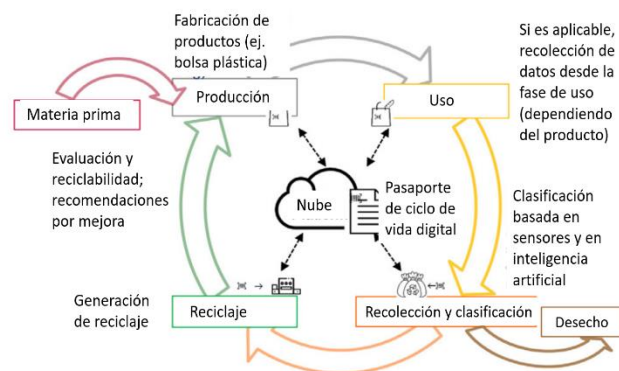
Fuente: Adaptado de (Barteková & Börkey, 2022)

## 4.2 Pasaporte Digital del Producto y del ciclo de vida: herramientas de apoyo de políticas de economía circular

Los **Pasaportes Digitales de Productos (DPP)** emergen como una nueva herramienta esencial para permitir un registro holístico e integral de los aspectos de sostenibilidad en el futuro. Entre otras cosas, **el DPP tiene por objeto proporcionar información coherente de "seguimiento y localización" sobre el origen, la composición, las opciones de reparación y desmontaje de un producto, así como sobre su manipulación al final de su vida útil**<sup>13</sup>. El DPP proporcionará información estandarizada sobre el ciclo de vida de todos los productos regulados y brindará la capacidad de rastrear productos. El DPP tiene el potencial de proporcionar a diferentes actores (información relevante sobre un producto y así forzar decisiones hacia el desarrollo sostenible<sup>14</sup>. En el caso de las baterías, por ejemplo, para 2026, será obligatorio, en la Unión Europea, acompañar ciertas baterías con una estructura de datos accesible en línea y vinculada a la batería física a través de un código QR. Contendrá información sobre, p. capacidad, vida útil y presencia de sustancias peligrosas<sup>15</sup>.

Extendiendo el concepto de Pasaporte de Producto Digital, surge el concepto **Pasaporte del Ciclo de Vida Digital (DLCP)**, definido por el Ministerio de Medio Ambiente alemán. Es un nodo dinámico y digital para el intercambio de información entre todos los actores involucrados en el ciclo de vida de un producto. El DLCP va más allá de la idea del pasaporte de producto digital en el sentido de que las partes interesadas a lo largo del ciclo de vida pueden leer y escribir contenido. Está destinado a ser accesible y fácil de usar para todos los actores. **Basado en datos estandarizados, cuantifica e informa los impactos ambientales y el uso de recursos naturales considerando todo el ciclo de vida de un producto**<sup>16</sup>. Está alojado en una plataforma en la nube y los productores, usuarios, recicladores y otras partes interesadas pueden acceder a través de una aplicación web progresiva a lo largo del ciclo de vida del producto. Esta información puede beneficiar a los recicladores más adelante en el ciclo de vida. La figura 6 muestra el papel del Pasaporte del ciclo de vida digital en una cadena circular.

Figura 6. Pasaporte digital en el ciclo de vida del producto de Economía Circular



Fuente: Adaptado de (Plociennik, y otros, 2022).

<sup>13</sup> Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:https://doi.org/10.3390/

<sup>14</sup> Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:https://doi.org/10.3390/

<sup>15</sup> Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

<sup>16</sup> Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

### 4.3 Modelo producto-como-servicio: habilitador de patrones sostenibles de consumo

Los nuevos modelos de “**producto como servicio**” se consideran un factor desencadenante de patrones de consumo más sostenibles<sup>17</sup>. Un **Sistema de Producto-Servicio (PSS)** es “una oferta integrada de productos y servicios que ofrece valor en uso. Ofrece la oportunidad de desvincular el éxito económico del consumo material y, por lo tanto, reducir el impacto ambiental de la actividad económica”. Los PSS, en lugar de comprar productos, los clientes pagarán para usarlos, mientras que el fabricante podrá seguir siendo el propietario del producto con el fin de brindar servicios de valor agregado a lo largo de su ciclo de vida y garantizar una responsabilidad extendida del productor<sup>18</sup>. La evolución de los PSS en la época de los Sistemas de Producción Ciberfísicos, característicos de la Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, ha dado lugar a los “Smart PSS” o PSS Inteligentes (Sistemas Producto-Servicio Inteligentes). Los PSS inteligentes están habilitados por la amplia adopción de los Sistemas de Producción Ciberfísicos, de los cuales la Tecnología de la Información está integrada en el propio producto para la creación de valor<sup>19</sup>.

Otro concepto que está íntimamente relacionado con el modelo “Producto como Servicio” o Sistema Producto-Servicio, es el de Producción Ajustada o Lean. El concepto “Sistemas de Producto-Servicio Lean Circulares”<sup>20</sup> tiene como objetivo evolucionar los negocios tradicionales y los modelos de negocio de PSS. Otro término de interés en este contexto es el de Sistema inteligente de producto-servicio (Smart PSS), que se entiende como la integración de productos inteligentes y servicios electrónicos en soluciones únicas. Los productos inteligentes utilizan las TIC para recopilar, procesar y producir datos, mientras que los servicios electrónicos son portales web, aplicaciones y medios que ayudan a la comunicación entre proveedores y consumidores.

Otras tecnologías clave de la Industria 4.0, como es el caso de la Internet de las Cosas (IoT), están ayudando a cerrar el ciclo, al hacer que PSS sea mejorado con nuevas funcionalidades que pueden usarse para reducir factores críticos como el costo y el impacto ambiental. IoT también puede ayudar a reducir los riesgos al predecir dichos factores a través del análisis de big data<sup>21</sup>. Una empresa o iniciativa puede ser evaluada según la trayectoria que sigue la innovación atendiendo a la servitización y a la digitalización que trae aparejada la Industria 4.0<sup>22</sup>

---

<sup>17</sup> Schröder, P., Albaladejo, M., & Alonso-Ribas, P. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fortalecer la resiliencia. Londres: Chatham House.

<sup>18</sup> UNEP. (s/a). The role of Product-Service Systems in a sustainable society. UNEP.

<sup>19</sup> Zheng, P., Wang, Z., Chen, C. H., & Khoo, L. P. (2019). A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100973.

<sup>20</sup> Romero, D., & Rossi, M. (2017). Towards circular lean product-service systems. *Procedia CIRP*, 13-18.

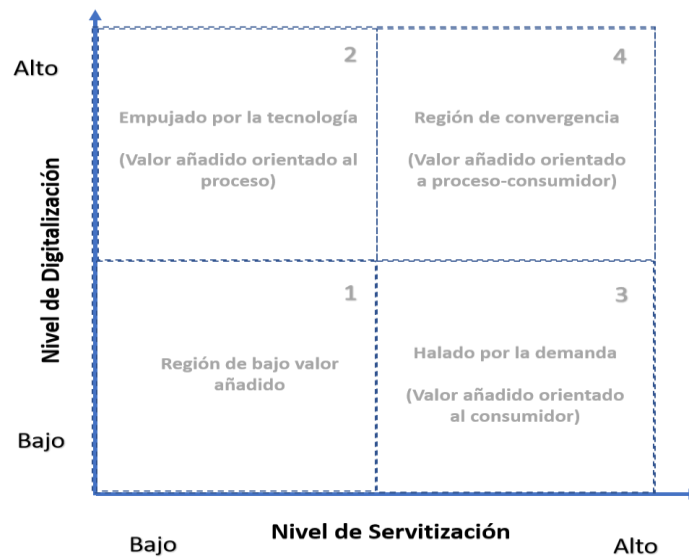
<sup>21</sup> Pirola, F., Boucher, X., Wiesner, S., & Pezzotta, G. (2020). Digital technologies in product-service systems: A literature review and a research agenda. *Comput. Ind.*, 123, 103301.

<sup>22</sup> Frank, A. G., Mendes, G. H., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 341-351.

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

**Figura 7. Trayectoria de la Innovación hacia la Industria 4.0.**



Fuente: (Frank, Mendes, Ayala, & Ghezzi, 2019)

La servitización está vinculada principalmente a la trayectoria de innovación impulsada por la demanda. A medida que las industrias y los mercados actuales pasan del consumo de productos a la demanda orientada a los resultados, los consumidores anticipan recibir servicios complementarios que mejoran su experiencia general al realizar compras o ponerse en contacto con sus bienes y servicios<sup>23</sup>.

Como se puede ver en este modelo, el cuadrante “deseado” sería el cuarto donde convergen altos niveles de servitización (enfoque de valor añadido orientado al consumidor) con altos niveles de digitalización (valor añadido orientado a procesos digitales). Sin embargo, esto no significa que los tomadores de decisiones deban apuntar siempre a alcanzar el nivel más complejo de servitización.

**Figura 8. Industria 4.0 y la Economía circular**



Fuente: Elaboración propia

<sup>23</sup> Atif, S., Ahmed, S., Wasim, M., Zeb, B., & Pervez, Z. Q. (2021). Towards a conceptual development of Industry 4.0, servitisation, and circular economy: a systematic literature review. Sustainability, 13(11), 6501.

## P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

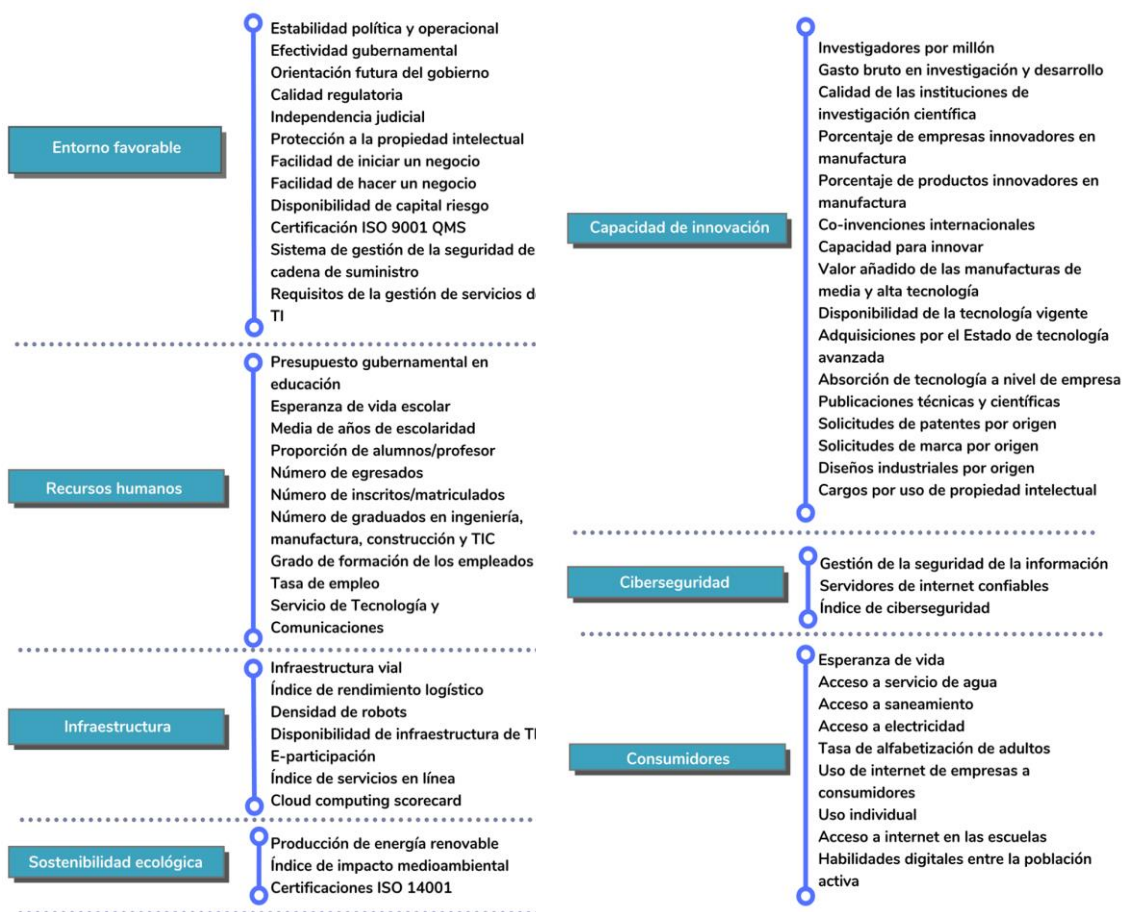
Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

# 5 Metodología

## 5.1 Metodología para la evaluación del alistamiento en Industria 4.0 de países en vías de desarrollo

La preparación de un país para la I4.0 es una entidad compleja que debe determinarse cuantitativamente. Además, es crucial la recopilación de datos suficientes y fiables. Cada uno de los pilares de la preparación para la I4.0 se adoptan combinando los factores de macro transformación representan un área crucial en el desarrollo industrial socioeconómico de una nación, estos pilares se agrupan en 7 dimensiones, los cuales son: (i) Entorno favorable, (ii) Recursos humanos, (iii) Infraestructura, (iv) Sostenibilidad ecológica, (v) Capacidad de innovación, (vi) Ciberseguridad y (vii) Consumidores<sup>24</sup>. Estas dimensiones incluyen 63 indicadores (Figura 9):

Figura 9. Indicadores por cada dimensión considerada para el análisis sobre el desarrollo de la industria I4.0



Fuente: Adaptado de Tripathi, S. y Gupta, M.

<sup>24</sup> Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BJ-07-2020-0354

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b></p>	<p>Esta dimensión se refiere al marco institucional mediante la medición del <b>entorno político, regulatorio, de normalización y empresarial</b> de un país.</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b></p>	<p>Esta dimensión mide la disponibilidad de mano de obra cualificada necesaria para apoyar la transformación de la I4.0. Los tres pilares evalúan <b>el nivel de educación básica, la educación terciaria en áreas relevantes y la empleabilidad</b>.</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b></p>	<p>Es la dimensión que mide el estado de la <b>infraestructura física y digital del país</b> para un exitoso desarrollo de la I4.0.</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b></p>	<p>La dimensión sostenibilidad ecológica y sus componentes es un área de interés; sin embargo, no significa un factor de influencia de la I4.0. Sin embargo, la <b>sostenibilidad ecológica</b> debería ser para todas las naciones.</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b></p>	<p>Esta dimensión es un proceso complejo que inicia con la generación de ideas, que dan lugar a invenciones, y sólo unas pocas llegan a comercializarse. Se tiene los pilares de la <b>investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual</b>.</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b></p>	<p>La ciberseguridad es, actualmente, una preocupación crucial para las naciones en la era de la digitalización. La base de la I4.0 es la integración, la interconectividad y la digitalización, una gran cantidad de datos y activos estarán disponibles en plataformas digitales</p> 
<p><b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b></p>	<p>El objetivo último de las operaciones industriales es la <b>satisfacción del cliente</b>; es por ello, para desarrollar una <b>economía industrial</b>, los ciudadanos deben tener primero una <b>esperanza de vida saludable y satisfacer sus necesidades básicas</b>.</p> 

## 5.2 Metodología de evaluación de las tendencias de Industria 4.0 en las iniciativas circulares de Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay y República Dominicana

Para el análisis de los actores respecto a sus avances en la Industria 4.0, se plantea el uso del test Circularidad & I4.0 el cual se ha elaborado a partir de la revisión bibliográfica de artículos científicos como el de Antony, McDermott & Sony<sup>25</sup> quienes evalúan **la preparación ante la implantación de la Industria 4.0 en las organizaciones** a partir de diez dimensiones las cuales son: (1) la preparación tecnológica, (2) la adaptabilidad de los empleados a las Industria 4.0, (3) los productos y servicios inteligentes, (4) la digitalización de las cadenas de suministros, (5) el alcance de la transformación digital de la organización, (6) la preparación de la estrategia organizativa de la Industria 4.0, (7) modelo de negocio innovador, (8) el liderazgo y el apoyo de la alta dirección a la Industria 4.0, (9) la cultura organizativa y (10) los sistemas de recompensa y reconocimiento de empleados.

Así mismo, se consideró la metodología de Murat, Zeeshan y Korhan<sup>26</sup> para evaluar la preparación y madurez de las empresas en la Industria 4.0, esta se evalúa en cuatro dimensiones denominada: Fábrica 4.0, Logísticas 4.0, Operador 4.0 y Gestión 4.0. Se tomaron en cuenta ambas tecnologías y se propone una nueva que abarca cinco dimensiones principales:

Figura 10. Dimensiones del marco de evaluación de Circularidad&I4.0.



Fuente: Elaboración propia

<sup>25</sup> Antony, J., Sony, M., McDermott, O. (2021) Conceptualizing Industry 4.0 readiness model dimensions: an exploratory sequential mixed-method study. DOI 10.1108/TQM-06-2021-0180

<sup>26</sup> Çınar, Z.M.; Zeeshan, Q.; Korhan, O. (2021) A Framework for Industry 4.0 Readiness and Maturity of Smart Manufacturing Enterprises: A Case Study. Sustainability 2021, 13, 6659. <https://doi.org/10.3390/su13126659>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

## 6. Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial

### 6.1 Análisis de Industria 4.0 en los países de la asistencia




#### 6.1.1 Análisis gubernamental

País de la asistencia	Análisis gubernamental
 <i>Ecuador</i>	Se identificaron iniciativas que impulsan el desarrollo de la industria 4.0 como el Libro Blanco de la Sociedad de la Información, enmarcado en el Plan Nacional del Desarrollo “ Toda una vida”; la Propuesta de ley de Transformación Digital, la Ley orgánica de Emprendimiento e Innovación, Política Industrial planteada para los años 2016-2025; la Estrategia Nacional de Competitividad, la Política Ecuador Digital que busca desarrollarse en base a la conectividad impulsando tecnologías emergentes (IoT y Big Data), entre otros.
 <i>República Dominicana</i>	Se identificaron iniciativas que impulsan el desarrollo de la industria 4.0 como la ley sobre Propiedad Intelectual, la ley Sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas y Digitales, el Decreto 1090-04 que crea la Oficina Presidencial de tecnologías de la información y comunicación, Programa de Mejora Regulatoria bajo la coordinación del Consejo Nacional de Competitividad (CNC), Estrategia de Gobierno Electrónico en la República Dominicana (e-Dominicana), y el Gabinete de Tecnologías de la Información y Comunicación (Gabinete TIC).
 <i>Paraguay</i>	Se identificaron dos ministerios que juegan un papel clave en el desarrollo de la industria 4.0, siendo estos el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), que ha llevado a cabo iniciativas como el Programa de Oportunidades Circulares, el proyecto Asunción Circular y Mipyme Compite, y el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MITIC), que se encuentra a cargo de la Agenda Digital. Otros documentos de importancia nacional para esta transición son el Plan Nacional de Desarrollo: Paraguay 2030 y la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).
 <i>El Salvador</i>	Se identificaron iniciativas que impulsan el desarrollo de la industria 4.0 como la Política Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología, la Política Nacional de Fomento, Diversificación y Transformación Productiva El Salvador 2014-2024, la Agenda Digital El Salvador 2020-2030 y el Ecosistema Nacional de Innovación (ENI) como mecanismo de articulación interinstitucional para el desarrollo de proyectos en esta línea.
 <i>Cuba</i>	Se identificaron iniciativas que impulsan el desarrollo de la industria 4.0 como la introducción de tecnologías digitales y las TIC's como uno de los principales lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Social y Económico hacia el 2030, normativas para acelerar y/o establecer los lineamientos de transición tecnológica en Cuba, tales como el Decreto 363 de 2019 de Consejo de Ministros de Parques Industriales, el Decreto 359 de 2019 de Consejo de Ministros que promueve el uso de programas y aplicaciones informáticas, entre otras normativas.

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

**6.1.2 Nivel de preparación**

País de la asistencia	Dimensión	Descripción	Puntaje
 <p><i>Ecuador</i></p>	 <p><b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b></p>	Ecuador no encuentra un entorno propicio para la inclusión del Industria 4.0. El entorno regulatorio es similar al entorno político, puesto que posee un sistema judicial con alta influencia del gobierno, empresas y/o particulares; sin embargo, el escenario que el país tiene respecto a la protección de la Propiedad Intelectual Del entorno empresarial e indicadores no se tiene data recopilada por fuentes oficiales por lo que no se puede evaluar el nivel de madurez de las empresas a nivel tecnológico.	<b>0.283</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b></p>	Se obtuvo que los modelos de aprendizaje no vienen demostrando la misma velocidad de adaptación a la industria I4.0 así como el número de graduados en las áreas de ingeniería, TIC, manufactura y construcción los cuales se encuentran por debajo del promedio de la región. Respecto a la empleabilidad, durante la pandemia de la COVID-19 obligó a los despidos masivos en muchas áreas.	<b>0.443</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b></p>	Respecto a la infraestructura física, el país es uno de los más competitivos de la región y ha invertido en el desarrollo de la red vial aportando al desarrollo de los procesos logístico que conlleva a su crecimiento económico. En la infraestructura digital, los valores son bajos en comparación con el promedio de la región y ello se traduce en una brecha en la demanda, lo que a mediano y largo plazo traerá consecuencias ya que se impide la formación del capital humano creando barreras para digitalizar las actividades económicas.	<b>0.398</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b></p>	Ecuador cumple con una buena implementación de políticas ambientales, un incremento en el porcentaje (78.91%) de electricidad suministrada a partir de energía renovable, así mismo existen más empresas que se encuentran incorporando la norma ISO 14001 en sus procesos. La Industria 4.0 desarrolla la posibilidad de recoger datos en tiempo real y ayudará a la organización a distribuir sus recursos utilizados para la fabricación, de manera eficiente, para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.	<b>0.343</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b></p>	El país presenta un 0.44% PBI destinado a investigación, uno de los más altos de la región, este presupuesto se ve reflejado en la colaboración de investigación entre universidad-industria, así como en la calidad de instituciones de investigación científica. No obstante, para evaluar la tecnología se encontró que Ecuador cuenta con un 15% de valor agregado en su manufactura y tiene alta disponibilidad de tecnología vigente. El país aún encuentra un bajo número de diseños industriales por origen pero respecto al número de publicaciones científicas y técnicas se encuentra en incremento.	<b>0.238</b>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	 <p><b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b></p>	<p>Esta dimensión abarca la gestión de seguridad de la información, la cantidad de servidores de internet seguros y el índice de ciberseguridad. Tomando en consideración estos indicadores, Ecuador se posiciona con un débil desarrollo hacia la digitalización; sin embargo, en los últimos años se están proponiendo políticas, como el Libro Blanco de la Sociedad de la Información, para su promoción a nivel nacional.</p>	<b>0.124</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b></p>	<p>Esta dimensión está compuesta por necesidades básicas y sensibilización digital. En ese sentido, los valores de los indicadores han mejorado a través de los años lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece sus servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades</p>	<b>0.723</b>
 <p><i>República Dominicana</i></p>	 <p><b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b></p>	<p>República Dominicana se considera una economía conducida por la eficiencia de sus instituciones así como una orientación futura del gobierno favorable. Sin embargo, en su entorno regulatorio no encuentra un entorno propicio puesto que la independencia judicial obtuvo un valor de 2.5 en la escala de 1 a 7 (máximo valor), a pesar de ello la protección de la propiedad intelectual contempla un panorama positivo. El entorno empresarial reúne características favorables para iniciar un negocio. Son pocas las PYMES que optan por certificarse en las normas ISO 9001.</p>	<b>0.307</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b></p>	<p>El gasto gubernamental en educación aumento a 22.34% del gasto público total, la esperanza de vida escolar es de 14.22, los años promedio de escolaridad (años recibidos por personas de 25 años a más) son 8.1 y la proporción de alumnos por profesor es de 18.92. Respecto al pilar de la educación terciaria, la cantidad de matriculados en este nivel es de 59.9% de la población con edad oficial para el mismo nivel, por otro lado, no se encontró data respecto al número de matriculados en áreas relacionada a la innovación y tecnología. Finalmente, en República Dominicana el grado de formación de empleados tiene un valor de 4.2 (nivel medio) y la tasa de empleo es de 65% (datos post-pandemia).</p>	<b>0.381</b>
	 <p><b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b></p>	<p>República Dominicana se encuentra en mejora con respecto al índice de rendimiento logístico ubicándose en el puesto 87 de 160 mientras que la densidad de robots que mide la capacidad de automatización es aún baja. Se tiene a la disponibilidad de infraestructura de TIC como medición de la preparación de infraestructura para aprovechar oportunidades y mejorar la competitividad, en ese sentido el país presentó un valor de 0.5279 en la escala de 0 a 1. Así mismo, se midió la participación electrónica e índice de servicios en línea a partir de la calidad, relevancia y utilidad de los sitios web gubernamentales obteniendo un puntaje de 0.7738 en escala de 0 a 1.</p>	<b>0.364</b>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b>	República Dominicana tiene una puntuación de 46.3 sobre 100 situándolo en el puesto 68 de 180 países en cuanto a la protección del medio ambiente, así mismo registra que para el 2021 se emitieron 30 certificados ISO 14001 y reportó un 19.1% del consumo total final de energía a partir de fuentes renovables. La Industria 4.0 desarrolla la posibilidad de recoger datos en tiempo real y obtener ello ayudará a la organización a distribuir sus recursos utilizados para la fabricación, de manera eficiente, para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, los niveles de consumo de energía y el uso eficiente de la capacidad de las materias primas, la reducción de los niveles de consumo de combustible y la utilización de sistemas avanzados de monitorización y seguimiento.	<b>0.246</b>
	<b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b>	El país presenta un 0.01% PBI destinado a investigación representando un porcentaje muy bajo destinado a esta área; en ese sentido, la calidad de las instituciones de investigación científica no es la más favorable para la innovación y se encuentra un mismo panorama respecto a la colaboración de la investigación universidad-industria. De acuerdo a innovación industrial, se tiene características favorables en cuanto a la cantidad de empresas innovadoras en el país. En capacidad de innovación, el país presenta un puntaje de 3.73 sobre 7. Para evaluar la tecnología, se encontró que República Dominicana ha tenido una caída en los últimos 5 años en cuanto a disponibilidad de últimas tecnologías al igual que en la adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno y en la absorción de tecnologías por parte del sector privado.	<b>0.188</b>
	<b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b>	Esta dimensión abarca la gestión de seguridad de la información, la cantidad de servidores de internet seguros y el índice de ciberseguridad. Tomando en consideración estos indicadores, República Dominicana cuenta con 250 empresas que brindan servicios de ciberseguridad, se tienen un valor de 1375 servidores de internet seguro por millón de personas y ha subido posiciones en el ranking del índice de ciberseguridad posicionándose en el puesto 92 de 175 países.	<b>0.144</b>
	<b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b>	Los valores de los indicadores de necesidades básicas han mejorado a través de los años consiguiendo un acceso a saneamiento (79%), agua (95%), electricidad al 100%, una esperanza de vida de 74.25 años y una tasa de alfabetización de 93.8%; por otro lado, respecto al pilar de sensibilización digital, se reportó que un valor de 4.22 en una escala de 1 al 7 en cuanto al uso de internet por parte de empresas hacia consumidores, así mismo se identificó que el 74.515% de habitantes utiliza internet lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades.	<b>0.727</b>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

 <p>Paraguay</p>		<p><b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b></p>	<p>Esta dimensión se evalúa a partir del estado del entorno político, regulatorio, empresarial y de normalización del país. En cuanto al entorno político, el país aún debe mejorar la eficacia de la administración pública. Con respecto al entorno regulatorio, se percibe la necesidad de contar con un sistema judicial más independiente. Sin embargo, el entorno empresarial, refleja mejores condiciones, destacando la facilidad para hacer negocios en el país. En esa línea, el país cuenta con la Ley N° 5.669/16 de Fomento de la Cultura Emprendedora, que servirá para seguir impulsando este pilar. Por último, en cuanto a la dimensión de normalización, solo se pudo acceder al indicador del número de certificaciones ISO 9001.</p>	<p><b>0.290</b></p>
		<p><b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b></p>	<p>En esta dimensión se destaca evaluar el rol del capital humano en el desarrollo la industria 4.0 ya que puede cambiar las perspectivas de la población, así como en la repercusión en las funciones dentro de las áreas involucradas. Por lo tanto, esta dimensión se mide a partir de la educación básica, educación superior y empleabilidad. Bajo estos pilares, se percibe la necesidad de incrementar el gasto gubernamental en educación, así como la inversión privada en la formación de los trabajadores, sobre todo en competencias necesarias con la Industria 4.0.</p>	<p><b>0.382</b></p>
		<p><b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b></p>	<p>Esta dimensión se justifica en el avance de la infraestructura física y digital. Respecto a la infraestructura física, se sabe que el país aún tiene deficiencias. Sin embargo, presenta un mejor desempeño en infraestructura digital, donde destaca la calidad, utilidad y relevancia de información proporcionada por los sitios web gubernamentales. Asimismo, este pilar es respaldado e impulsado por la Plan Nacional de Tecnologías de Información y Comunicación.</p>	<p><b>0.327</b></p>
		<p><b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b></p>	<p>El valor de esta dimensión se define a partir del Índice de protección ambiental, N° de ISO 14001 emitidos en el país y la producción de energía renovable, ya que se prevé que el creciente desarrollo de tecnologías inteligentes también pueda afectar a la sostenibilidad. En esa línea, se identifica que Paraguay tiene un desempeño regular en cuanto a políticas ambientales, así como una participación importante de energías renovables en el consumo final.</p>	<p><b>0.481</b></p>
		<p><b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b></p>	<p>Es una de las más importantes para el desarrollo de la Industria 4.0 puesto que la generación de ideas innovadoras se atribuye a la cantidad de investigadores, calidad de estudio, así como del aporte al PBI. De acuerdo con los resultados obtenidos, el país requiere prestar mayor atención y soporte a la investigación, innovación, desarrollo y disponibilidad de tecnologías, así como a la propiedad intelectual. Esta dimensión debe considerarse como una de las prioridades de Paraguay a fin de lograr la transformación del sistema productivo.</p>	<p><b>0.147</b></p>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		<b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b>	Esta dimensión abarca la gestión de seguridad de la información, la cantidad de servidores de internet seguros, el índice de ciberseguridad y la tasa de piratería de software. Tomando en consideración estos indicadores, Paraguay cuenta con un débil desarrollo hacia la digitalización.	<b>0.303</b>
		<b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b>	Esta dimensión está compuesta por necesidades básicas y sensibilización digital. En ese sentido, los valores de los indicadores han mejorado a través de los años lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece sus servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades	<b>0.699</b>
 <i>El Salvador</i>		<b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b>	Esta dimensión se evalúa a partir del estado del entorno político, regulatorio, empresarial y de normalización del país. En cuanto al entorno político, el país tiene aspectos por mejorar en la administración pública. Con respecto al entorno regulatorio, se percibe la necesidad de contar con un sistema judicial más independiente. Sin embargo, el entorno empresarial, refleja mejores condiciones, destacando la facilidad para iniciar y hacer negocios en el país. Por último, en cuanto a la dimensión de normalización, solo se pudo acceder al indicador del número de certificaciones ISO 9001.	<b>0.291</b>
		<b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b>	En esta dimensión se destaca evaluar el rol del capital humano en el desarrollo la industria 4.0, ya que puede cambiar las perspectivas de la población, así como en la repercusión en las funciones dentro de las áreas involucradas. Por lo tanto, esta dimensión se mide a partir de la educación básica, educación superior y empleabilidad. Bajo estos pilares, es importante seguir impulsando la participación de estudiantes universitarios en programas de ingeniería, manufactura, construcción y TIC, así como la inversión privada en la formación y desarrollo de los trabajadores.	<b>0.473</b>
		<b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b>	Esta dimensión se justifica en el avance de la infraestructura física y digital. En general, se puede afirmar que el desempeño del país en estos dos aspectos es regular, sin embargo, no debe dejarse de lado por la importancia de contar con un adecuado entorno digital para lograr la transición a una industria 4.0.	<b>0.353</b>
		<b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b>	El valor de esta dimensión se define a partir del Índice de protección ambiental, N° de ISO 14001 emitidos en el país y la producción de energía renovable, ya que se prevé que el creciente desarrollo de tecnologías inteligentes también pueda afectar a la sostenibilidad. En esa línea, se identifica que Paraguay tiene un desempeño regular en cuanto a políticas ambientales, así como una participación destacable de energías renovables en el consumo final, lo que puede ser el resultado de la implementación de la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las energías renovables en la Generación de Electricidad.	<b>0.340</b>

**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		<b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b>	<p>Es una de las más importantes para el desarrollo de la Industria 4.0 puesto que la generación de ideas innovadoras se atribuye a la cantidad de investigadores, calidad de estudio, así como del aporte al PBI. De acuerdo con los resultados obtenidos, el país requiere prestar mayor atención y soporte a la investigación, innovación, desarrollo y disponibilidad de tecnologías, así como a la propiedad intelectual. Esta dimensión debe considerarse como una de las prioridades de El Salvador, a fin de lograr la transformación del sistema productivo.</p>	<b>0.135</b>
		<b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b>	<p>Esta dimensión abarca la gestión de seguridad de la información, la cantidad de servidores de internet seguros, el índice de ciberseguridad y la tasa de piratería de software. Tomando en consideración estos indicadores, El Salvador debe incrementar los esfuerzos a fin de garantizar un entorno digital más seguro.</p>	<b>0.063</b>
		<b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b>	<p>Esta dimensión está compuesta por necesidades básicas y sensibilización digital. En ese sentido, los valores de los indicadores han mejorado a través de los años lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece sus servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades.</p>	<b>0.606</b>
 <i>Cuba</i>		<b>DIMENSIÓN 1 ENTORNO NACIONAL FAVORABLE</b>	<p>El entorno regulatorio muestra un panorama favorable para impulsar la Industria 4.0 debido a la aprobación de la Política de Desarrollo Industrial, Política Integral para la Automatización en Cuba y del trabajo actual en una nueva política para la transformación digital; sin embargo, es importante mencionar el escenario que el país tiene respecto a la protección de la Propiedad Intelectual en términos regulatorios y en ese aspecto se encuentran reorganizando la economía de acuerdo a los Lineamientos de la Política Económica y Social. Mientras que el entorno empresarial se ha potenciado con la aprobación de las primeras MIPYMES.</p>	<b>-</b>
		<b>DIMENSIÓN 2 RECURSOS HUMANOS</b>	<p>El nivel de educación básica en Cuba se justifica con un alto porcentaje de presupuesto nacional (12,8%), una de las mayores tasas en el mundo, así mismo el nivel de preparación es, en promedio de 10.9 grados de enseñanza y la proporción de alumnos por profesor es de 9.16. El otro pilar es la educación terciaria y este es medido desde el número de matriculados en educación terciaria (46.72%), el número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (9.221%) y el número de graduados de estas ramas (5.18). Se refleja los esfuerzos que el gobierno cubano realiza en la formación de ciudadanos en la educación básica; sin embargo, el acompañamiento en los niveles superiores no es el esperado.</p>	<b>-</b>

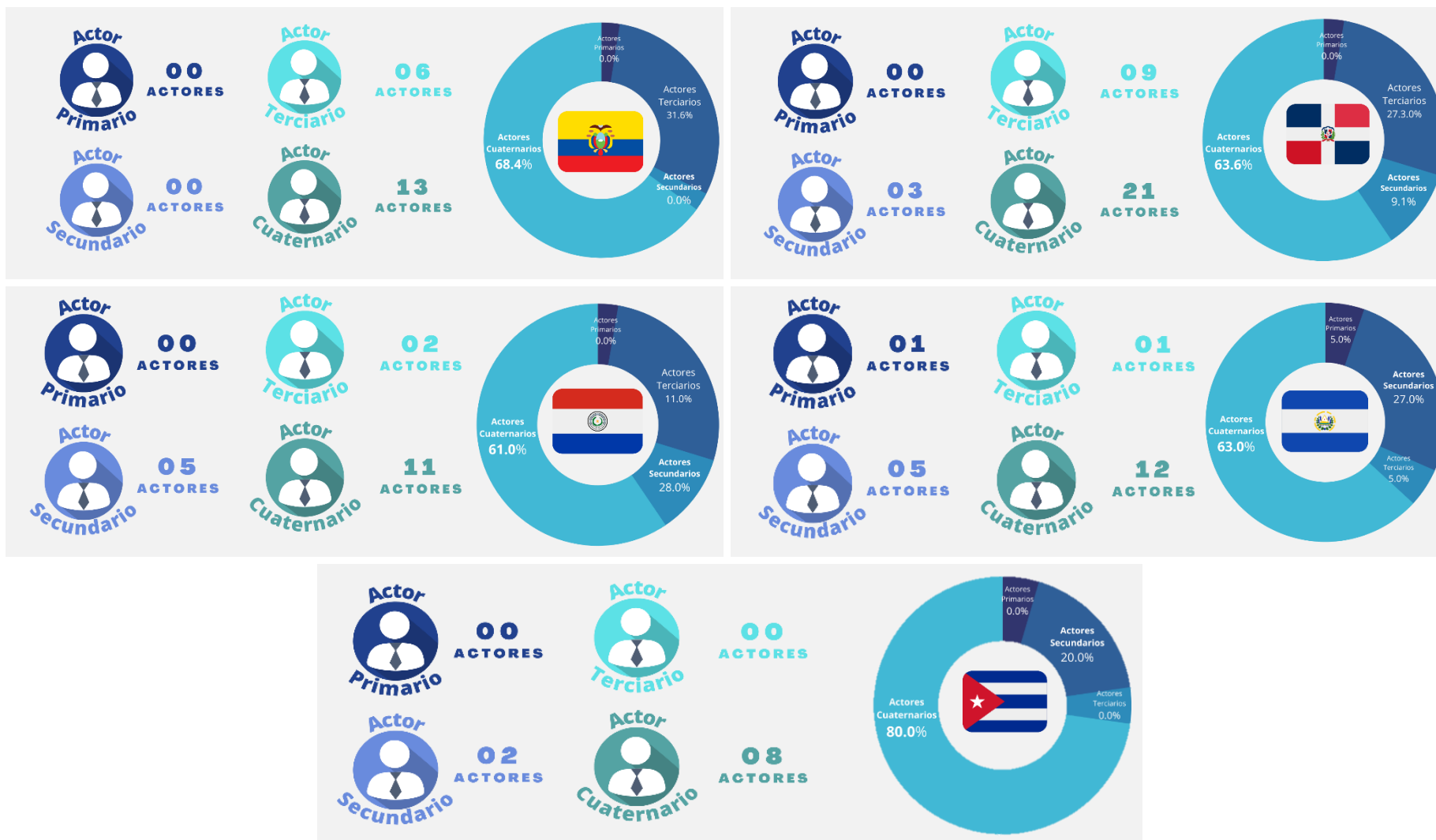
**P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.**

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.








 <p><b>DIMENSIÓN 3 INFRAESTRUCTURA</b></p>	<p>Respecto a infraestructura digital, Cuba cuenta con un valor de 0.25 de 1 que se interpreta como una débil preparación de la infraestructura para aprovechar oportunidades de las tecnologías de la información, así mismo la calidad y utilidad en los sitios web gubernamentales no han tomado la relevancia suficiente para los ciudadanos (0.36 de 1). En la actualidad, el desarrollo de la infraestructura es uno de los ejes vitales para poder avanzar en el proceso de informatización del país, presentando mejoras en el acceso a la conectividad y, consecuentemente, mejorar la infraestructura tecnológica del país.</p>	-
 <p><b>DIMENSIÓN 4 SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA</b></p>	<p>Cuba cumple con una buena implementación de políticas ambientales obteniendo una puntuación de 48.4 de 100, un incremento en el porcentaje (4%) de electricidad suministrada a partir de energía renovable pero este aspira alcanzar un rango de 24- 37% para el 2030. Por otro lado, no se encontró información sobre el número de certificados ISO 14001 emitidos en el país; no obstante, el país está desarrollando su propio Índice Global de Innovación. La Industria 4.0 desarrolla la posibilidad de recoger datos en tiempo real y obtener ello ayudará a la organización a distribuir sus recursos utilizados para la fabricación, de manera eficiente, para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.</p>	-
 <p><b>DIMENSIÓN 5 CAPACIDAD DE INNOVACIÓN</b></p>	<p>El país presenta un 0.68% PBI destinado a investigación, este presupuesto se ve reflejado en la colaboración de investigación entre universidad-industria, así como en la calidad de instituciones de investigación científica, en cuanto a la colaboración universidad-industria no se han encontrado datos para el país pero en los últimos años se han creado los Parques Científico-Tecnológicos que vincula a las empresas interfaces. Se tiene un 48% de innovación de productos, 48,4% de procesos, 64% de organización en la fabricación y 2438 patentes registradas, del grupo empresarial BioCubaFarma, fuera de Cuba. Para evaluar la tecnología se encontró que Cuba cuenta con un 16% de valor agregado en su manufactura.</p>	-
 <p><b>DIMENSIÓN 6 CIBERSEGURIDAD</b></p>	<p>Esta dimensión abarca la gestión de seguridad de la información, la cantidad de servidores de internet seguros y el índice de ciberseguridad. Tomando en consideración estos indicadores, Cuba adopta el estándar ISO/IEC 27000 (NC ISO IEC 27000, NC ISO IEC 27001 y NC ISO desde el 2016 y en el 2021 entró en vigencia el reglamento sobre el modelo de actuación nacional para la respuesta a incidentes de Ciberseguridad en ese sentido, respecto al índice de Ciberseguridad, el país se ubica en el puesto 10 a nivel regional.</p>	-
 <p><b>DIMENSIÓN 7 CONSUMIDORES</b></p>	<p>Esta dimensión está compuesta por necesidades básicas y sensibilización digital. En ese sentido, los valores de los indicadores de necesidades básicas han mejorado a través de los años consiguiendo un acceso a saneamiento (98.5%), agua (96.7%) y electricidad (99.98%) casi al 100%; por otro lado, respecto al pilar de sensibilización digital, se reportó que un 63.57% de habitantes utiliza internet lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece sus servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades.</p>	-

### 6.1.3 Análisis de actores y beneficios potenciales

#### A. Análisis de actores



## B. Beneficios potenciales

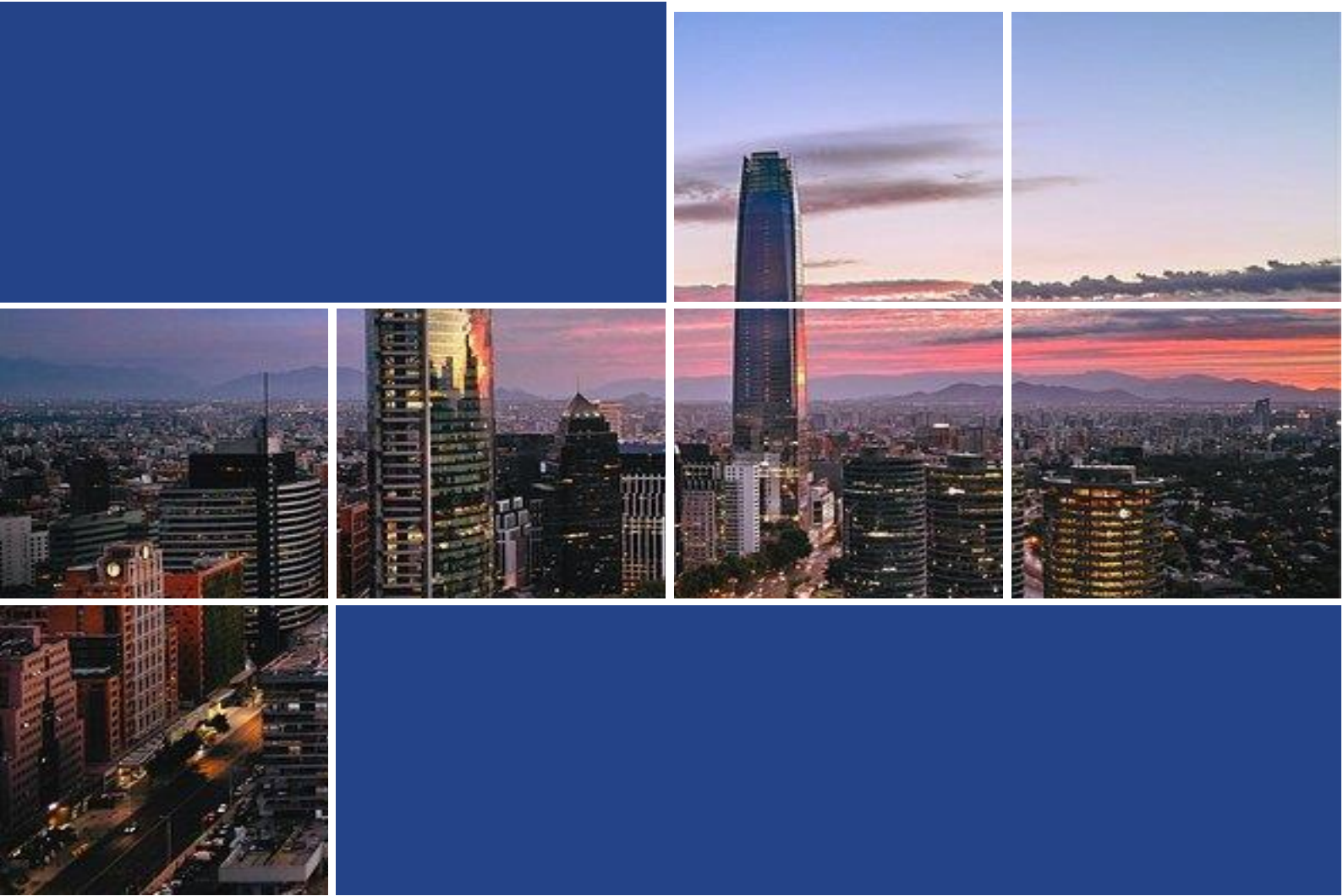
País de la asistencia	Actores y potenciales beneficios	Big Data e Inteligencia Artificial (IA)	Internet de las cosas (IoT)	Computación en la nube	Blockchain (cadena de bloque)	Fabricación aditiva (FA)	Gemelo digital
 Ecuador	 	-	-	Permite la interacción digital interempresa, automatiza la cadena de suministro y potencia la innovación. Esto generaría costes laborales reducidos y mayor velocidad para el flujo de residuos.	Mejora los flujos de información (transparencia) desde el transporte de residuos y su origen puesto que esta información proviene de una fuente externa que ingresa a la plataforma	-	-
	  Te alimenta bien	-	-	Durante la etapa de procesamiento y fabricación, así como en la etapa de venta.	Los consumidores tienen la posibilidad de conocer con transparencia cómo ha sido elaborado sus productos, es decir, existiría un rastreo de alimentos desde el primer eslabón de la cadena de valor.	-	Permite que la producción y la logística se potencialicen a partir de simular el estado del producto a los largo de su fabricación
	 	Procesa datos masivos procedentes de sensores de fabricación y de la cadena de suministro, monitores, medios sociales y otras fuentes de recogida de datos en información significativa.	A través de sensores inalámbricos que 'abrazan' el árbol como un cinturón, estos dispositivos se expande, capturar los cambios de diámetro y transmitir los datos a una plataforma basada en web.	-	-	-	-

 <p>República Dominicana</p>	 	<p>Esta tecnología servirá para impulsar e implementar una gran cantidad de datos de manera automatizada con respecto a la calidad de las botellas de vidrio recolectada por la red nacional de 550 centros de recolección.</p>	-	-	<p>La aplicación de esta tecnología se puede utilizar para el monitoreo de la trazabilidad de los productos que la empresa produce y comercializa.</p>	-	-	
	 	-	-	<p>Se considera el uso de computación en la nube para analizar de manera sencilla la data colectada de monitoreos referentes a eficiencia energética de instalaciones y servirá de apoyo a la toma de decisiones</p>	-	<p>Se puede generar una mayor eficiencia energética a partir de la integración de una red sensórica y medición de parámetros claves en referencia al consumo energético</p>	-	-
	 	<p>Haciendo uso del BigData se puede medir lo que pasa en la ciudad y así podemos obtener datos, filtrar y que estos se transformen en información crucial para la toma de decisiones sobre retos de sostenibilidad. Se puede tomar de ejemplo a la ciudad de Medellín y la MEData</p>	-	<p>La empresa presenta una plataforma web sencilla pero si esta se potencia generará compartición de conocimientos y mayor transparencia sobre las iniciativas realizadas por la empresa.</p>	-	-	-	-

 Paraguay	  <b>Circuclaje</b> ValORIZANDO tus residuos	Integrar información propia de cada industria a fin de facilitar la simbiosis	Integrar las diferentes etapas y actores vinculados en la generación de subproductos, lo que repercutiría positivamente en su calidad y accesibilidad.	Facilitar el acceso a información de las industrias y proveer recursos desde cualquier parte.	-	-	-
	  <b>MBOJA'O</b>	-	Realizar rutas eficientes de recojo, tomando en cuenta la ubicación de sus diferentes clientes.	-	Mejorar la cadena de suministro a través de la trazabilidad, pudiendo obtener nuevos clientes e incrementar las cantidades de alimentos recuperados.	-	-
	  <b>ENERPy</b> AMBIENTAL S.A.	Lograr un proceso de segregación más seguro, rápido y eficiente.	-	-	-	-	Detectar problemas en el proceso de reciclaje en tiempo real, así como proponer soluciones para mejorar la eficiencia y reducir las paradas de las cadenas y averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para el tipo de maquinaria que se está empleando.

 <i>El Salvador</i>	  A Brambles Company	Predecir la demanda y asegurar una gestión inteligente del inventario.	-	-	Lograr la trazabilidad de los productos, evitando pérdidas, daños y facilitando su recuperación.	-	Mejorar las estructuras logísticas y técnicas de los sistemas de devolución.
	 	-	Lograr una mejor interconexión con el resto de actores de la cadena de valor del plástico.	-	-	-	Detectar problemas en tiempo real, evitando las paradas de las cadenas y averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para la maquinaria
	 	Conectar y sincronizar plantas.	Mejorar el marketing y las ventas.	-	Lograr la trazabilidad de materias primas, el control de calidad, gestión de inventarios, etc	-	-

	 	<p>Estimar modelos de producción y/o recuperación de materias primas secundarias</p>	<p>Sistematizar el volumen de residuos/ materias primas entrantes al proceso de producción/ revalorización</p>	<p>Crear plataformas de intercambio de información con emprendimientos circulares</p>	<p>Lograr la trazabilidad de los productos, evitando pérdidas, daños y facilitando su recuperación.</p>	<p>Elaborar modelos homólogos y/o residuos como materia prima de nuevos diseños</p>	<p>Detectar problemas en tiempo real, evitando las paradas de las cadenas y averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para la maquinaria</p>
 <p>Cuba</p>	 	<p>Optimizar el uso de materia prima y mejorar el reaprovechamiento energético de la biomasa cañera</p>	<p>Lograr una mejor interconexión con el resto de actores de la cadena de valor del azúcar.</p>	<p>Facilitar la difusión de información referente a la cantidad de energía generada a partir de biomasa</p>	<p>Mejorar la cantidad de materias primas utilizadas por tonelada de producción</p>	<p>Facilitar el reparo de maquinarias a través de repuestos con impresión 3D</p>	<p>Mejorar el proceso de aprovechamiento energético a partir de biomasa simulando el proceso</p>
	 	<p>Recopilar datos de aplicación de big data a empresas de alta tecnología</p>	<p>Mejorar el marketing y las ventas a través de mercados virtuales</p>	<p>Compartir casos de éxito replicables en empresas cubanas</p>	<p>Lograr la trazabilidad de materias primas, el control de calidad, gestión de inventarios, etc</p>	<p>Difusión de alternativas de uso de la fabricación aditiva en procesos productivos</p>	<p>Aportar en empresas de la misma línea de producción a través de la simulación de modelos de producción</p>



**DEUMAN**

[www.deuman.com](http://www.deuman.com)

