

Análisis de eficiencia relativa en la adopción y uso de TIC en 28 países de la OCDE, 2015

Keren Rebeca Cruz-Ramírez

Resumen: El principal objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia relativa en la adopción y uso de las TIC en 28 países de la OCDE durante el 2015. Para la elaboración de este estudio se optó por la aplicación de la metodología DEA. Hay evidencia de que la eficiente adopción de TIC se encuentra sumamente determinada por la calidad de la infraestructura y por la cantidad de gasto en I+D. El análisis de los resultados mostró que los países eficientes presentan las siguientes características: 1) población altamente calificada; 2) infraestructura TIC de calidad; 3) los precios de los bienes y servicios son bastante asequibles; 4) mejores instituciones regulatorias, y 5) son innovadores en la creación de nuevos productos y servicios en TIC. Estos resultados indican una serie de medidas que los países ineficientes podrían implementar para superar los obstáculos en la adopción de TIC.

Palabras clave: eficiencia, TIC, innovación y adopción tecnológica, nuevos paradigmas.

Analysis of relative efficiency in the adoption and use of ICT in 28 OECD countries, 2015

Abstract: The main objective of this study is to evaluate the relative efficiency in the adoption and use of ICT in 28 OECD countries, during 2015 and for the preparation of this study opted for the application of the DEA methodology. There is evidence that the efficient adoption of ICT is highly determined by the quality of the

Keren Rebeca Cruz-Ramírez. Universidad Autónoma Metropolitana, Líneas de investigación: economía industrial, innovación, tecnologías de la información y la innovación. Correo electrónico: erenrebecacruz9792@gmail.com

Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública, vol. 14, núm. 31, julio-diciembre de 2021, pp. 137-161. Fecha de recepción: 4 de noviembre de 2021. Fecha de aceptación: 22 de noviembre de 2021.

infrastructure and by the level of R&D spending. The analysis of the results showed that the countries that are efficient present the following characteristics: 1) highly qualified population; 2) quality ICT infrastructure; 3) the prices of the goods and services are quite affordable; 4) better regulatory institutions; and 5) they are innovative in the creation of new ICT products and services. Overall, these results indicate a series of measures that inefficient countries could implement to overcome obstacles in the adoption of ICT.

Keywords: efficiency, ICT, innovation and technological adoption, new paradigms.

Introducción

El presente análisis surge de la discusión que hay en torno al notable desarrollo tecnológico que han tenido las TIC y su resultado transformador en los procesos económicos (Karlsson y Liljervern, 2017). En efecto, la economía mundial cambió a partir de la década de 1970 con la salida del primer microprocesador Intel al mercado (Pérez, 2004). Este salto tecnológico dio origen a un nuevo mundo, el cual se caracteriza por la presencia constante e innovación continua de computadoras y de las telecomunicaciones digitales (Pérez, 2004).

Una de las características principales de las TIC es que han marcado la pauta para el comienzo y desarrollo de la quinta revolución tecnológica llamada “Era de la Información y las Telecomunicaciones” (Pérez, 2004). En consecuencia, se ha establecido un cambio de paradigma económico y, de acuerdo con diferentes autores, también se generan nuevos motores de crecimiento, y con ello un nivel más elevado de la productividad (Pérez, 2004; Bahrini y Qaffas, 2019; Khuong, 2011). Este nuevo paradigma ha provocado que el mundo se transforme dramáticamente en una sociedad de la información (Bahrini y Qaffas, 2019).

Este documento está organizado de la siguiente manera: en el primer apartado se realiza una revisión teórica, en la cual se definen y conceptualizan variables como las TIC, sin olvidar la revisión de las teorías de crecimiento económico que más predominan. En el segundo se presenta una visión general del estado actual de las TIC en el mundo, haciendo énfasis en el acceso y uso de estas tec-

nologías. El tercer apartado se destinará a exponer el marco teórico y se presentará un primer acercamiento a las variables de interés de manera estadística. En el cuarto se propone el modelo empírico DEA y se muestran los resultados de éste. Finalmente, el apartado quinto será de recomendaciones y conclusiones.

¿Por qué es importante la adopción y uso de las TIC?

En este apartado se aborda de manera breve la literatura revisada, la cual se especializa en el uso, adopción e impactos generales sobre la economía de las TIC. De este modo el objetivo principal será identificar las características, elementos y los componentes más importantes que determinan la adopción de las TIC en las naciones.

Un nuevo paradigma tecnológico como promotor de la innovación y del crecimiento tecnológico

Con el fin de entender la evolución de la relación entre cambio tecnológico y desarrollo económico, es necesario recurrir al concepto de *paradigma tecnoeconómico*.¹ A partir de la primera revolución industrial han surgido diferentes paradigmas tecnoeconómicos; en la actualidad existe un consenso en el hecho de que las TIC son el modelo actual, por tanto, la adopción y uso de esta tecnología resulta de vital importancia para los países, sobre todo para aquellos que tienen un retraso tecnológico, en comparación con las naciones más avanzadas (Castaldi y Dosi, 2009). Por ello, un paradigma tecnológico es un logro en el desarrollo de una técnica que surge de la actividad de investigación, la cual busca solucionar un problema definido (Dosi, 1982). Dicho de otra manera, un paradigma tecnológico es un modelo de solución a problemas tecnológicos específicos, basados en el conocimiento científico. Desde este punto de vista,

¹ Para mayor información véase Pérez (2009). Básicamente se propone un “tipo ideal” de organización de la producción, la cual establece la combinación más eficiente y menos costosa en un periodo determinado. Es decir, el costo relativo de los insumos de la producción sigue una tendencia predecible en lapsos largos de tiempo

tal modelo incluye la percepción de un nuevo conjunto de posibles fuentes de crecimiento económico, esto es, una nueva constelación de desarrollos futuros nacionales (Dosi, 1982).

De esta manera, el paradigma tecnológico destaca la importancia de las innovaciones en el camino hacia el crecimiento económico y al mismo tiempo surge de ellas; el hecho es que las innovaciones importantes tienen un papel central en la determinación de nuevas inversiones y en el aumento utilitario, esto es resultado de las mejoras que traen consigo las innovaciones menores, es decir, las novedades que le siguen de las principales. Tanto el producto como el proceso que continúa a la introducción de cualquier producto nuevo tiene un impacto importante en el desarrollo de la productividad y el incremento del mercado (Pérez, 2009). Por otro lado, cuando las innovaciones son lo suficientemente radicales, estimulan industrias enteras, por ejemplo, la producción en masa de los automóviles dio lugar a la especialización de la producción de autopartes en diferentes empresas, así como a la construcción de redes de carreteras y autopistas.

TIC, nuevo paradigma tecnológico

El estudio de la adopción de TIC es ampliamente discutido, debido a la importancia de estas tecnologías en la actualidad. Sin embargo, para explicar mejor este tema es necesario comprender conceptualmente qué son las TIC.

Organizaciones como el World Bank (2004), International Telecommunication Union (2017) definen a las TIC enfocándose en su carácter de capital:

Las TIC son herramientas que facilitan la producción, transmisión y procesamiento de información. Por tanto, una definición amplia de las TIC abarca los más modernos sistemas de comunicaciones y entrega de datos, como los satélites terrestres, que pueden descargar datos digitales a una computadora portátil conectada a una red celular (World Bank, 2004: 2).

La adopción de TIC en las naciones

Parece que las TIC aún están lejos de mostrar su pleno potencial. La evidencia indica que las revoluciones tecnológicas pasan por un largo proceso de difusión, porque implica coevolución y coadaptación de nuevas tecnologías, nuevas formas organizacionales, nuevas instituciones y nuevas pautas de consumo (Castaldi y Dosi, 2009).

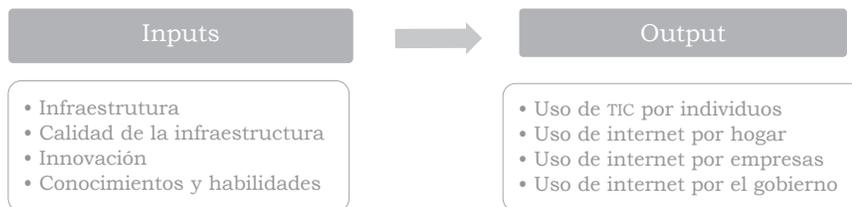
De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés) (2018, 2017b), existen dos fases en la difusión de las TIC: Fase 1) es la concerniente a la medición de la eficiencia en la inversión en infraestructura TIC, y la Fase 2) es el cálculo de la eficiencia en el uso y adopción de TIC. Han sido muchos los trabajos enfocados al estudio de la primera etapa de la difusión de TIC (Van Ark *et al.*, 2002; OECD, 2019; Karlsson y Liljervern, 2017; Niebel, 2014), sin embargo, el estudio del segundo aspecto aún está abierto a debate, pero para lograr este objetivo es necesario realizar ciertas aclaraciones que complementan la teoría evolutiva de los paradigmas tecnológicos.

Determinantes de la adopción de TIC

La adopción de nuevas tecnologías y en general el uso extendido de las TIC es diferente en cada país. Estos contrastes se han estudiado para responder la pregunta ¿qué determina la adopción y uso de las TIC en cada país? La respuesta ha preocupado a diferentes investigadores alrededor del mundo, principalmente se ha indagado a nivel micro; sin embargo, es posible contar con suficiente información a escala macro de los determinantes de la adopción de TIC en las naciones.

En la Imagen 1 se muestran, desde nuestra perspectiva, los determinantes principales que afectan la adopción de TIC.

Imagen 1. Determinantes de la adopción de TIC por categorías



Fuente: elaboración propia.

Infraestructura

La infraestructura es la determinante más estudiada en la literatura. Como señala Earl (1989), la infraestructura de las TIC es la base tecnológica de la computadora, las comunicaciones, los datos y los sistemas básicos. Son el marco tecnológico que guía a la organización para satisfacer las necesidades de la población en este aspecto. Duncan (1995) se refiere a ellas como el conjunto de recursos de TIC que hacen posible tanto las innovaciones como la mejora continua de los sistemas. Según la política de TIC del gobierno de Kenia (2005), la infraestructura inadecuada ha obstruido la provisión de servicios de TIC eficientes y asequibles en el país.

La infraestructura de telecomunicaciones es un determinante significativo que si es ignorado por los países se presenta un impedimento para el acceso a la información. La mayoría de las personas no pueden acceder a datos digitales debido a la falta de componentes necesarios (Nchunge *et al.*, 2013).

Innovación

Se ha demostrado que la capacidad de innovación y la apropiación de tecnología externa se relacionan positivamente con la adopción de TIC. Se utilizan o consideran un determinante, como indica la conclusión de Cohen y Levinthal (1989), la actividad innovadora

interna es una condición previa para utilizar con éxito los conocimientos y tecnologías externas.

La adopción de TIC plantea una mayor dificultad, ya que requiere que las partes interesadas en el proceso comercial aprendan, adopten y usen el sistema de TIC. Estudios anteriores han demostrado significativamente que cuanto más difícil es la apropiación de la tecnología web, el comercio electrónico y en general las TIC, será menos probable que las personas, empresas o gobierno las adopten (Shaharuddin *et al.*, 2018).

Conocimientos y habilidades

La investigación reciente sobre la adopción de las TIC señala que si los usuarios piensan que es complicado usar las TIC, será sin duda más complejo el proceso de aceptación y empleo de ellas; es decir, la falta de habilidades entre la fuerza laboral para usar las TIC retrasa el proceso de adopción (Spectrum, 1997). Sin embargo, la capacidad de las personas para adquirir el conocimiento o las habilidades respecto a las TIC aumenta definitivamente la oportunidad de su uso. Reynolds (1994) descubrió que es poco probable que la población adopte tecnologías más sofisticadas si no está familiarizada con las básicas. Esto se debe a la cantidad limitada de empleados con conocimiento técnico. La falta de personal experto y de gestión adecuada con suficiente conocimiento en TIC es otra barrera importante para la aceptación de las TIC. Alam y Noor (2009) señalan que una fuerza laboral calificada y bien informada está estrechamente relacionada con la implementación exitosa de la tecnología.

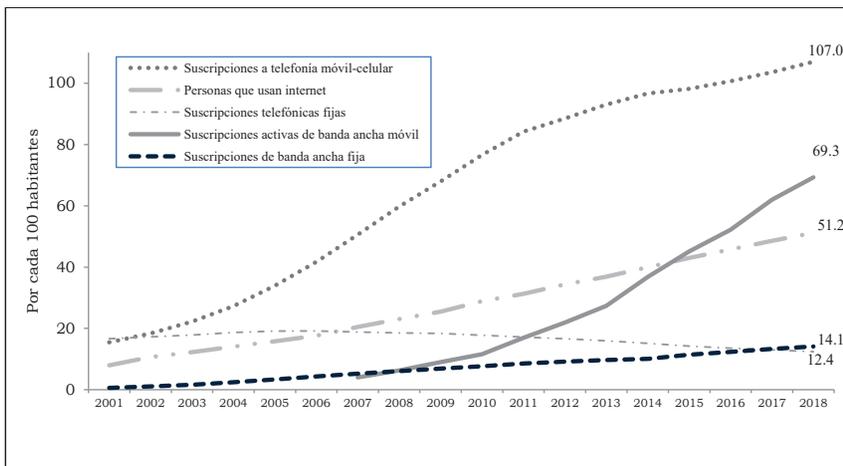
TIC en el mundo

Este apartado presenta una visión general de las recientes tendencias en el acceso y uso de las TIC, basadas en datos recogidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU); se establece el

escenario para el resto de la investigación. Los datos se presentan a escala mundial y por estado de desarrollo. La Gráfica 1 muestra que la tendencia en el acceso y uso de las TIC tiene un aumento importante en el mundo desde 2005. En primer lugar, hay un ascenso general en el acceso y uso de las TIC. A excepción de las suscripciones telefónicas fijas, todos los indicadores han aumentado de manera constante, incluso cuando la economía mundial atravesaba por una de las crisis financieras más graves (ITU, 2018). Durante el 2018 el mundo había cruzado la línea media en términos de uso del internet con 51.2% de la población que usaba tal tecnología. En años recientes, no obstante, las tasas de crecimiento para la mayoría de los indicadores han sido más moderadas que en la primera década del siglo. Esto se debe a que, en muchas naciones, especialmente en las desarrolladas, la tasa de penetración satura los niveles: si no están en todo el país, al menos se encuentran en la mayoría de los segmentos de la población (World Bank, 2016).

En segundo lugar, el acceso a la banda ancha sigue creciendo exponencialmente. Esto es necesario para satisfacer las necesidades de los usuarios de hoy, con hambre de datos, que cada vez más

Gráfica 1. Desarrollo mundial de las TIC, 2001-2018



Fuente: ITU, *World Telecommunication / ICT Indicators database*.

usan el internet, por ejemplo, para la transmisión de videos en alta definición. De esta forma, el número de suscripciones activas de banda ancha móvil ha aumentado.

A finales de 2018 el número de suscripciones activas a banda ancha móvil por cada 100 habitantes mantuvo una tasa de penetración global de 69.3% y aun para los próximos años habrá un mayor crecimiento. Conjuntamente, desde 2005 hasta el 2018 la tasa de penetración de la banda ancha fija también se elevó rápidamente. En tercer lugar, el acceso móvil es cada vez más predominante. Las suscripciones de telefonía fija por un largo periodo han tenido una tendencia a la baja, mientras que el registro a la telefonía móvil sigue en aumento, incluso ya hay más inscripciones que gente en la tierra. Este efecto se puede atribuir a que en los países en desarrollo la conexión a banda ancha fija es a menudo problemática y deficiente, debido al alto costo de este tipo de suscripciones o a la indisponibilidad general de esta infraestructura. Tal situación convierte a la telefonía móvil en la única ruta de acceso a las TIC para los países emergentes (ITU, 2017b).

Análisis empírico en la adopción de TIC y su eficiencia

El objetivo de este apartado es explicar los fundamentos teórico-metodológicos del análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), criterio empleado en esta investigación. A la par se describirán los indicadores utilizados para realizar la evaluación de la eficiencia en la adopción de las TIC.

Antecedentes teóricos de la adopción de TIC

El análisis de la adopción de TIC se ha estudiado parcialmente en todo el mundo y se ha enfocado principalmente en los ámbitos empresarial e industrial. Las investigaciones que hay por lo general se concentran en aplicaciones empíricas en las que se utilizan diferentes metodologías para estimar la adopción de las TIC. En trabajos como los de Hollenstein (2004) y Yang (2004) se elaboran modelos

econométricos para determinar las variables que impactan positivamente en la adopción de las TIC. Sin embargo, además de dichos modelos, hay otras aplicaciones utilizadas por otros expertos, tal es el caso de Morawczynski (2010), Menéndez *et al.* (2009) y Kauffeldt *et al.* (2012), las cuales efectuaron ciertas observaciones al usar el análisis envolvente de datos para explicar la eficacia en la adopción y uso de las TIC.

La metodología del análisis envolvente de datos

La metodología del análisis envolvente de datos es un procedimiento de frontera no paramétrico determinista que se basa en técnicas de programación matemática para estudiar la eficiencia técnica de unidades de producción y es utilizado especialmente en la evaluación de la eficacia (Serrano y Blasco, 2000; Astudillo, 2015). Este sistema fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y tiene por objetivo medir la capacidad relativa de un conjunto de unidades organizacionales (Astudillo, 2015).

El análisis envolvente de datos es utilizado en la evaluación de la efectividad de las unidades de estudio a las cuales se les asigna un nombre especial: unidades de toma de decisión (UTD,² o DMU³) (Astudillo, 2015; Cooper *et al.*, 2011). Además, permite comparar el uso relativo de un grupo de unidades de producción de bienes y/o servicios que emplea el mismo tipo de recursos (insumos) para producir un idéntico grupo de productos (salidas) (Astudillo, 2015).

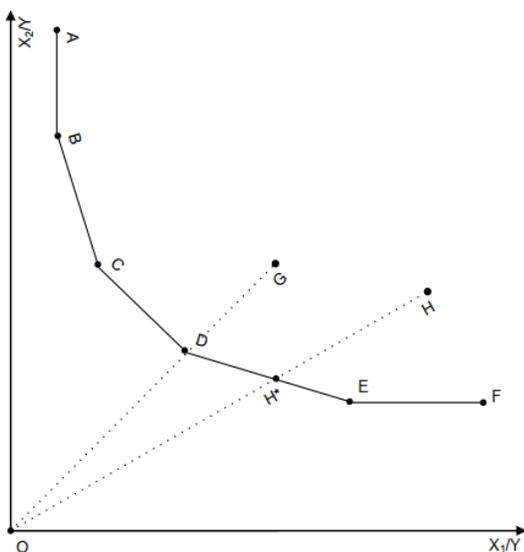
La manera en que el DEA mide la eficiencia relativa de un conjunto de UTD de forma general es construyendo una frontera de efectividad que vaya de acuerdo con los resultados de las mejores UTD (Kotsemir, 2013) (véase Gráfica 2).

Básicamente el análisis envolvente de datos realiza una medición de la eficiencia de las UTD. Para realizar dicho cálculo el DEA valida una tasa que resulta ser la suma de los productos ponderados

² En la presente investigación se utilizará el término unidad de toma de decisiones para referirnos a nuestros objetos de estudio.

³ Decision Making Unit (DMU) será el término empleado para referirse a cualquier entidad que se encuentre evaluada en términos de sus habilidades para convertir *inputs* en *outputs* (Cooper, 2004).

Gráfica 2. Ejemplo de frontera de eficiencia



Fuente: tomado de Kotsemir (2013).

entre los insumos ponderados que produce y ocupa cada unidad de estudio; los resultados de esta tasa oscilan entre uno y cero. Con base en los resultados, las UTD con un valor igual a uno las colocará sobre la frontera de eficiencia. Finalmente, las UTD restantes serán evaluadas con respecto a las eficientes. Las UTD que resultan ineficientes, es decir, con un valor menor a uno, las envolverá la frontera de eficacia (Coll y Blasco, 2000; Vilchis, 2018).

Se debe agregar que la eficiencia puede ser caracterizada conforme a dos enfoques básicos que podría tener el modelo, así como al tipo de variables sobre las que se tenga un mayor control (Astudillo, 2015):

1. *Input* orientado: dado el nivel de outputs, la máxima reducción proporcional en el vector inputs, mientras se permanece en la frontera de posibilidades de producción. La

ineficiencia de las unidades se calcula por medio del aumento de los resultados de la unidad ineficiente hasta alcanzar los niveles correspondientes de la unidad eficiente, utilizando los mismos recursos.

2. *Output* orientado: dado el nivel de *inputs*, el máximo incremento proporcional de los *outputs* permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Se estima la ineficiencia de las unidades por la posible reducción de los recursos de la unidad ineficiente hasta alcanzar los niveles correspondientes de la unidad eficiente, para el mismo nivel de producción.

Es conveniente subrayar que la explicación anterior fue bastante sencilla, pero en realidad el procedimiento de medición del DEA es más complejo. Hay dos variantes de este modelo: DEA-CCR y DEA-BCC, en este documento se optará por la variante DEA-CCR.⁴

Para el año 2015 se propone realizar un análisis de eficiencia relativa en la adopción de TIC en cada uno de los 28 países seleccionados. El modelo que se plantea está dirigido a medir el avance de las naciones respecto a la aceptación y uso de nuevas tecnologías.

La selección⁵ de los insumos y productos se realizó considerando los elementos que se aproximan a los principales determinantes que afectan la adopción de TIC. De acuerdo con los textos analiza-

⁴ El modelo DEA-CCR puede resolverse en dos etapas, en la primera etapa objetivo es determinar el valor óptimo de θ , el índice de eficiencia, es decir en él, caso de un modelo insumo orientado, la máxima reducción proporcional que tendría que producirse en los inputs de la unidad objeto de estudio, y para un producto orientado, el máximo producto con los insumos fijos. En esta etapa una UTD será eficiente si $\theta=1$ y por lo tanto una UTD será ineficiente si $\theta<1$. Es decir, en la primera etapa em modelo DEA-CCR mide la eficiencia de cada UTD con respecto al total de las unidades de estudio.

En la segunda etapa, a partir de del óptimo θ^* obtenido en la primera etapa ajusta los inputs y outputs, para de esta manera alcanzar la eficiencia de las UTD que resultaron ineficientes. Para ello utiliza las variables de holgura que tiene dicha unidad, existen dos tipos de variables de holgura: a) variables de holgura de insumos (hI), b) variables de holgura de productos (hO). Estas variables arrojan un determinado valor que tiene como fin indicar —para el caso de una UTD que no haya resultado ser eficiente— en qué medida tiene que reducir o aumentar sus insumos o productos para lograr el grado de eficiencia óptimo ($\theta=1$) (Coll Serrano y Blasco, 2000).

⁵ Esta selección se realizó considerando y basándose en los textos analizados.

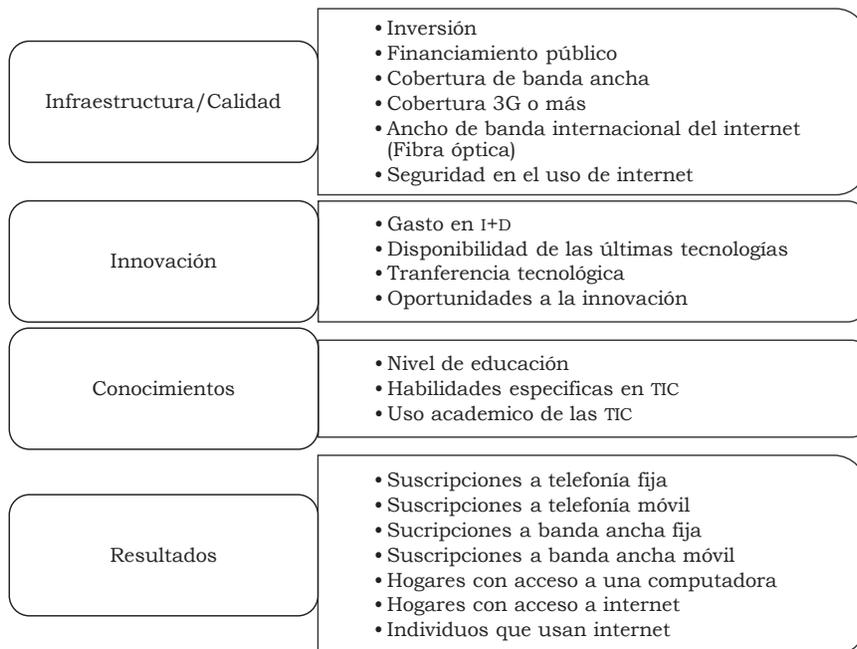
dos, en la Imagen 2 se muestran los tres principales determinantes en la adopción de TIC desde una perspectiva teórica, así como el principal resultado, la adopción de las TIC.

Cada componente está integrado por una serie de diferentes variables, en el Cuadro 1 se presentan los componentes de las variantes que determinan la adopción de TIC.

Datos

La selección de cada variable se realizó al margen de la disponibilidad de los datos. El 2015 fue el año en el que se obtuvo más información sobre los países que se seleccionaron. Además, se mantuvo una estrecha relación entre el componente y las variables, es decir, se conservó la correspondencia con el mecanismo.

Imagen 2. Revisión de textos



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Variables *input* y *output*

Input	Infraestructura/ Calidad	Inversión	Se mide como el porcentaje de la formación de capital fijo.	OCDE
		Servidores de internet seguros.	Número de servidores que utilizan tecnología de cifrado por millón de personas.	ITU
		Ancho de banda internacional de internet.	Es la carga de tráfico promedio de los cables internacionales de fibra óptica y los enlaces de radio para transportar internet. El tráfico se mide como bits por usuario de internet.	ITU
	Innovación	Gasto en I+D.	Es el gasto de I+D que realizan las empresas en el sector TIC, se mide como porcentaje del gasto total de I+D de las empresas.	OCDE
		IED-Transferencia tecnológica.	Es un índice que mide el grado de transferencia tecnológica por medio de la IED realizada. Se mide en una escala de 1-7, en donde 1 = no hay transferencia tecnológica; y 7 = hay transferencia tecnológica exitosa.	WEF
	Conocimientos	Índice de educación.	El índice de educación es un promedio de los años de escolaridad (de adultos) y años esperados de escolarización (de niños), ambos expresados como un índice obtenido al escalar con los máximos correspondientes.	UNDP
Output	Resultados	Suscripciones a telefonía móvil.	Se refieren a los usuarios de teléfonos portátiles que se suscriben a un servicio de telefonía móvil automático que utiliza tecnología celular que proporciona acceso a la PSTN. Por cada 100 habitantes, se obtiene dividiendo el número de suscriptores de celulares móviles por la población y multiplicando por 100.	ITU
		Individuos que usan internet.	Los usuarios de internet son personas que han usado internet (desde cualquier lugar) en los últimos tres meses. Internet se puede usar por medio de una computadora, teléfono móvil, asistente digital personal, máquina de juegos, tv digital, etcétera.	ITU

Fuente: elaboración propia.

La principal fuente de información es la Organización Internacional en Telecomunicaciones, especializada en telecomunicaciones de la ONU. Para la obtención de las variables de inversión y gasto en I+D en el sector TIC se recurrió a la base de datos titulada “Indicadores clave para las TIC” de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La IED-transferencia es un subpilar que fue calculado por el World Economic Forum (WEF) y se encuentra disponible en “El Informe Global de Tecnología de la Información 2016”. Finalmente, el índice de educación es una variante proxy para las habilidades específicas en TIC y es sumamente inconsistente para la mayoría de las naciones. El índice se obtuvo de la base de datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Modelo empírico

El modelo que se presentó se fundamenta en los textos relacionados con el estudio de los determinantes de la adopción de TIC, así como de su importancia en el uso y difusión, tal como se explicó en el primer apartado y que se basa en el marco teórico que ahí se explicó.

La metodología empleada en este capítulo es un modelo DEA-CCR y se configura de la siguiente manera:

$$dea \ i_bits \ i_security \ i_ryd \ i_invers \ i_educ \ i_fditech = o_usuainte \ o_mobpho, \\ rts(crs) \ ort(out) \ stage(2)$$

i_bits: es el ancho de banda internacional de internet.

i_security: es el número de servidores de internet seguros.

i_ryd: es el gasto de I+D en el sector TIC.

i_invers: inversión realizada en TIC.

i_educ: es el índice de educación.

i_fditech: es la IED-Transferencia tecnológica.

o_usuainte: es el porcentaje de usuarios de internet.

o_mobpho: es el número de suscripciones a telefonía móvil.

rts(crs): indica los rendimientos constantes a escala.

ort(out): determina que el modelo tiene una orientación producto (*output*).

Stage(2): muestra todas las holguras de eficiencia de forma pre-determinada y detalla un DEA en dos etapas.

Una vez que se han presentado los insumos y productos con las fuentes de datos y la especificación del modelo, se puede realizar el análisis de resultados; sin embargo, antes de medir la eficiencia en la adopción de TIC es necesario preguntarse qué se espera de lo ya analizado. A continuación, se presenta una serie de hipótesis que este documento se ha planteado:

H1: La investigación espera que la adopción de TIC sea eficiente en los países industrializados.

H2: México, en comparación con países como Estados Unidos, Japón y Francia, será relativamente menos eficiente, debido a las limitantes que existen con relación a la innovación.

H3: Los países europeos serán parcialmente menos eficientes que los países asiáticos —Japón y Corea del Sur— debido a que dichas naciones destinan mayor inversión a la infraestructura.

H4: Los territorios con altos niveles de educación serán más eficientes en la adopción de tic (en general por la aceptación de nuevas tecnologías).

La eficiencia relativa en la adopción y uso de las TIC entre países

En este apartado se expondrán y se explicarán los resultados obtenidos del modelo de adopción y uso de TIC utilizando la metodología DEA.

Modelo de adopción de TIC

En la Gráfica 3 se muestran los índices de eficiencia relativa del modelo de absorción de TIC, las naciones que resultaron eficientes en el uso y adopción de las TIC, es decir, que obtuvieron un índice

de eficiencia igual a uno son: México, Japón, Corea, Austria, Hungría, República Eslovaca, Eslovenia, Estonia, Italia, España, Dinamarca, Finlandia, Noruega, Nueva Zelanda e Israel.

Una característica de los países que resultaron eficientes es que en promedio realizan un mayor gasto en I+D en el sector de TIC y así lo demuestran naciones como Israel, Nueva Zelanda, Noruega y Finlandia. Las naciones nórdicas —Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia— presentaron un gran desempeño en la adopción de TIC, y esto se atribuye principalmente a que: 1) cuentan con una población altamente calificada; 2) una infraestructura TIC de calidad; 3) los precios de los servicios y productos TIC son bastante asequibles; 4) cuentan con mejores instituciones y marcos regulatorios en materia de TIC, y 5) son innovadoras en la creación de nuevos productos y servicios en TIC, lo que las ha llevado a ser líderes en patentes tecnológicos relacionados con TIC (World Economic Forum, 2016).

Los países antes mencionados han avanzado considerablemente en la adopción de TIC, en la asequibilidad en las tarifas de uso de servicios TIC, así como en el desarrollo de servicios en línea que brindan los gobiernos de cada nación.

México resulta ser un caso peculiar, como lo son otros países que se encuentran en estado de desarrollo. Nuestra nación se destacó por el acceso a la banda ancha por medio de la telefonía móvil (banda ancha móvil), que incluso se ha extendido a zonas rurales de nuestro territorio.

De acuerdo con la información disponible para la elaboración de este documento (véase Anexo 1), se señala que 88.4% de la población mexicana cuenta con un teléfono y se encuentra inscrito en alguna compañía de telefonía móvil. El World Bank (2004) apuntó que el acceso a la telefonía móvil impulsó el crecimiento económico, principalmente de lugares de escasos recursos. Por tanto, creemos que México es eficiente en la implementación de las TIC y lo ha logrado gracias a la infraestructura, educación e innovación con la que cuenta.

Cabe destacar que a partir de 2013 el gobierno de México se dio cuenta del papel que jugaban las TIC en la economía, en la socie-

dad, en la educación, etcétera; fue así como expuso una reforma estructural en el sector TIC para crear un nuevo órgano regulador de comunicaciones. Ese mismo año el gobierno instituyó la Estrategia Digital Nacional, que tenía como objetivo adoptar y desarrollar las tecnologías de la información y la comunicación.

Desde entonces las autoridades han hecho cumplir las regulaciones que eliminan las barreras para la expansión de la cobertura de banda ancha, al tiempo que gestionan la asignación eficiente del espectro inalámbrico disponible para facilitar el despliegue de redes 3G y 4G.

Gráfica 3. Índice de eficiencia relativa de la adopción en TIC en 2015



Fuente: elaboración propia.

En suma, podemos suponer que los países que resultaron ser eficientes comparten la característica de invertir principalmente en crear innovaciones en el sector TIC, que como se ha mencionado en el primer apartado, esta característica innovadora facilita el acceso y uso de las nuevas tecnologías, pero el éxito de estas innovaciones recae en el hecho de que han sabido combinar eficientemente el resto de los insumos, es decir, los aumentos directos en la calidad de la infraestructura, y las habilidades o conocimientos específicos en TIC, principalmente han permitido un acceso y uso de las TIC de manera eficiente.

Conforme a los datos obtenidos, los países eficientes tienen mayores niveles de educación, además las variables de infraestructura son más altas. Los países eficientes tienen más servidores de internet seguros y una banda ancha internacional de internet más amplia. Asimismo, la transferencia tecnológica por medio de la IED es más alta. Por último, la variable de inversión en infraestructura no es tan vital, de hecho, en promedio los países eficientes invierten menos en tecnologías de la información y de la comunicación.

Conclusiones

La elaboración de este documento ha tratado de explicar de manera específica y exhaustiva el marco que nos permite identificar y emplear los principales determinantes de la adopción y uso de las TIC, así como medir su eficiencia relativa en la adopción de TIC de cada UTD con base en dichas categorías.

Al obtener los determinantes por clasificación fue posible plantear un modelo DEA-CCR que nos ayudó a cumplir el propósito de este trabajo. Bajo la siguiente premisa: las TIC han permitido una mejor difusión de la información, se ha comprobado que la adopción de TIC por parte de los países analizados los ha hecho eficientes.

Los hallazgos permiten mostrar que para 2015 no había una aceptación notable en la adopción de TIC, principalmente en el uso de nuevas tecnologías.

Con ello se pudo constatar que en naciones desarrolladas aún existen brechas en el acceso a TIC, como en los casos de Francia, Alemania y Estados Unidos. Respecto a su acceso a la telefonía móvil se encontraron rezagadas, mientras que países de reciente industrialización como Corea, territorios nórdicos y México, se han adaptado más fácilmente a la nueva era de las TIC.

Por otro lado, Corea, Japón y Hungría destacan por su habilidad y conocimiento de las TIC, en donde la educación ha sido un factor clave para la adopción eficiente de éstas y se han transformado en regiones innovadoras.

La variable más importante es la de innovar y es la que se pudo observar en la mayoría de los lugares eficientes. Por medio de proyectos gubernamentales se han propuesto crear mayores avances en temas relacionados con invención y TIC. La calidad de la infraestructura resultó ser más relevante que la inversión, pues una característica de las TIC es que necesitan ser de calidad, con mayores capacidades de banda ancha, seguridad en los servidores de internet, etcétera. Con lo anterior se demuestra que la hipótesis tres (H3) es correcta.

Hasta este momento hemos conducido al lector por un extenso recorrido que busca determinar y a su vez medir la adopción de TIC basada en la interpretación evolutiva de los cambios tecnológicos. Las técnicas fundadas en las TIC son las impulsoras de estas variabilidades y se han convertido en requisito para lograr el desarrollo. Considerando lo anterior, se ofrecen algunas reflexiones fundadas en los resultados obtenidos.

Primero, para elaborar políticas encaminadas a la creación de innovación no sólo en el sector TIC, sino en general, se deben considerar las acciones científicas, tecnológicas y una educación certificada, ya que con ello se logrará una mayor eficiencia relativa en la adopción de TIC, y no solamente eso, también aumentará la posibilidad de reflejar esa eficacia en crecimientos de bienestar económico y social.

Segundo, la mayoría de los casos de éxito exhiben grandes y elaboradas políticas para fomentar la innovación, la creación de capital humano (principalmente aprendizaje tecnológico) y el sector

privado en conjunto. Para crear una sinergia que brinde bases más sólidas a cada determinante se necesita adoptar las TIC de forma eficiente y relativa.

Tercero, la calidad de la infraestructura también cuenta con mucho peso al momento de establecer los determinantes de la adopción de TIC. Por ejemplo, naciones como Hungría y Finlandia se han convertido en lugares altamente rentables para la promoción de servicios y productos en tecnologías de la información y de la comunicación.

Finalmente, destacamos que el marco político y regulatorio es también determinante en la adopción de TIC, ya que se crean instituciones especializadas en dicha aceptación y en programas de seguridad para los usuarios. La asequibilidad de los servicios de telecomunicaciones es una variable que fue omitida en nuestro modelo, pero que se recomienda incorporar ya que, como se pudo constatar, afecta de manera directa en la adopción eficiente o no de las tecnologías de la información y de la comunicación

Los resultados de la eficiencia relativa han sido como se esperaban, a excepción de los casos de México y Estados Unidos. Se insta a los gobiernos a prestar mayor atención a los determinantes de la adopción de TIC, así como a reducir la brecha digital.

Bibliografía

- Aghion, P. y Howitt P. (2009). *The Economics of Growth*. Massachusetts: The MIT Press.
- Bahrini, R. y Qaffas A. A. (2019). "Impact of Information and Communication Technology in Economic Growth: Evidence from Developing Countries". *MDPI*, vol. 7, núm. 1, pp. 1-21.
- Cabero Almenara, Julio *et al.* (2007). *Open course ware*. Universidad de Sevilla.
- CEPAL (2010). *Salud y TIC*.
- Chen, D. H. C. y Dahlman C. J. (2005). *The Knowledge Economy, the KAM*, Washington DC: The World Bank.
- Dosi, G. (1982). "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and

- directions of technical change”. *ELSEVIER. Research Policy*, vol. 11, núm. 3, pp. 147-162.
- Ericsson (2016). *Technology for a better future*. Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/trends-and-insights/networked-society-insights/social-business/social-impact-of-ict> (consulta: julio de 2019).
- Fernández, M. R. (2005). *Marco conceptual de las nuevas tecnologías*. Disponible en: <https://previa.uclm.es/profesorado/ricardo/DefinicionesNNTT.html> (consulta: junio de 2019).
- Figueroa, I. (2011). *EduTIC*. Disponible en: <http://congresoeducic.com/profiles/blogs/impacto-de-las-tic-en> (consulta: junio de 2019).
- International Telecommunication Union (ITU) (2017a). *ICT prices*, Ginebra, Suiza.
- (2017b). *ICT-centric economic growth, innovation and job creation*.
- (2018). *Measuring the Information Society Report*, Ginebra, Suiza.
- Jiménez, F. (2010). “La teoría del crecimiento económico”. *Crecimiento económico: enfoques y modelos*. Lima: Cartolan, pp. 432-557.
- Karlsson, E. y Liljervern J. (2017). “ICT Investment and the Effect on Economic Growth”. *International Economics & Policy*, vol. C23, E13, E22, O11, O43, pp. 1-26.
- Khuong, M. V. (2011). “ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996-2005 period”. *ELSEVIER*, vol. 35, pp. 357-372.
- Mansell, R., Avgerou, C. Quah D. y Silverstone R. (2009). “The challenges of ICTs”. En Chrisanthi Avgerou, Robin Mansell, Danny Quah y Roger Silverstone (eds.). *The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies*. s/1: Oxford University Press, pp. 4-29.
- Martínez, F. (1996). *La enseñanza ante los nuevos canales de comunicación. Perspectivas de las nuevas tecnologías en la educación*. Madrid: Narcea, pp. 101-119.

- Niebel, T. (2014). *ICT and Economic Growth Comparing Developing, Emerging and Developed Countries*, pp. 1-26.
- OECD (2019). *ICT investment (indicator)*. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/b23ec1da-en> (consulta: junio de 2019).
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Pérez, C. (2009). "Technological revolutions and techno-economic paradigms". *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, núm. 1, pp. 185-202.
- Pradhan, R. P., Bele, S. y Pandey, S. (2013). "Internet-growth nexus: evidence from cross-country panel data". *Applied Economics Letters*, vol. 20, núm. 16, pp. 1511-1515.
- Prieto, M. S. F. (2015). "La aplicación de las nuevas tecnologías en la educación". *Tendencias Pedagógicas*, vol. 6, pp. 139-148.
- Romaní, J. C. C. (2009). "El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento". *Revista ZER*, vol. 14, núm. 27, pp. 295-318.
- Romer, P. M. (1986). "Increasing returns and long-run growth". *Journal of Political Economy*, vol. 94, núm. 5, pp. 1002-1037.
- Rosende, F. (2000). "Teoría de Crecimiento Económico: un debate inconcluso". *Estudios de Economía*, vol. 27, núm. 1, pp. 95-122.
- Rueda, L. D. R. (2017). *Las TIC de la comunicación*. Disponible en: <http://lasticdelacomunicacion.blogspot.com/2017/03/caracteristicas-y-usos-de.html> (consulta: junio de 2019).
- Sala-I-Martin, X. (2000). *Introducción*. Segunda edición. Barcelona: Antoni Bosch.
- Sánchez, M. D. (2003). "Las tecnologías de la información y la comunicación: sus opciones, sus limitaciones y sus efectos en la enseñanza". *Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, núm. 8.
- Solow, R. (1956). A contribution in the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, núm. 1, pp. 65-94.
- World Bank (2017). *The Little Data Book on Information and Communication Technology 2017*, Washington, DC: World Bank.

- (2004). *Information and Communication Technologies and Broad-based Development: Partial Review of the Evidence*, editores Jeremy Gracia, Carlos Kenny, Christine Zhen-Wei Qiang. Working Paper, núm.12, s/l: World Bank.
- (2016). *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington, DC: World Bank.
- Yousefi, A. (2011). “The impact of information and communication technology on economic growth: evidence from developed and developing countries”. *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 20, núm. 6, pp. 581-596.

Anexo 1. Base de datos

UTD	Eficiencia	i_bits	i_secsev	i_ryd	i_invers	i_educ	i_fditech	o_usuainte	o_mobpho
Estados Unidos	0.819	99017	1649.9	1.96	3.09	0.89	5.1	74.55	119.14
República Checa	0.860	119841	866.8	1.06	3.83	0.89	5.1	75.67	117.48
Bélgica	0.921	241805	976.9	1.72	2.77	0.89	5.3	85.05	113.17
Suiza	0.934	275957	3100	2.43	3.47	0.90	5.4	87.48	135.51
Alemania	0.935	117540	1762.7	2.01	1.82	0.94	5.2	84.40	117.82
Francia	0.938	129973	809.3	1.45	3.16	0.81	5	78.01	103.46
Suecia	0.953	421237	1755.4	2.28	3.42	0.91	5	90.61	129.43
Australia	0.964	81564	1460.9	1.23	2.08	0.92	4.8	84.56	107.68
Irlanda	0.974	155521	850.7	1.12	1.59	0.91	6.3	83.49	105.36
Países Bajos	0.979	242326	2828.1	1.12	3.34	0.90	5.3	91.72	122.85
Canadá	0.983	135496	1308.8	0.80	2.14	0.89	5.1	88.47	82.62
Reino Unido	0.984	374554	1382.6	1.09	2.27	0.91	5.3	92.00	120.33
Portugal	0.986	232080	315.9	0.60	1.99	0.76	5.1	68.63	112.99
Austria	1	90501	1500.5	2.10	3.10	0.86	4.6	83.94	155.22
Dinamarca	1	328018	1975.9	1.83	2.70	0.92	4.9	96.33	124.44
Estonia	1	30924	1145.6	0.69	2.44	0.88	4.8	87.24	144.72
Finlandia	1	208526	1781.6	2.15	1.84	0.91	4.6	86.42	134.94
Hungría	1	55410	366.3	0.97	1.37	0.82	4.4	72.83	101.25
Israel	1	89638	288.8	3.62	2.35	0.88	5.4	77.35	132.48
Italia	1	77322	288.5	0.76	1.99	0.79	3.9	58.14	144.76
Japón	1	62618	971	2.58	3.06	0.84	4.9	91.06	125.45
Corea	1	46764	2319.6	3.28	2.17	0.86	4.6	89.90	115.96
México	1	20855	39.2	0.17	1.25	0.67	5.1	57.43	88.37
Nueva Zelanda	1	108506	1298.6	0.54	3.23	0.91	4.9	88.22	121.36
Noruega	1	220937	2030.4	1.04	1.60	0.91	5.3	96.81	109.91
República Eslovaca	1	17240	392.5	0.33	1.77	0.82	5.3	77.63	122.81
Eslovenia	1	154627	806.8	1.84	1.97	0.88	4	73.10	113.65
España	1	105006	362.5	0.64	2.13	0.82	5	78.69	109.42

Fuente: Elaboración propia.