

Alex Miguel Cueva; Universidad Nacional de Loja  
alex.cueva@unl.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-9431-9087>

Jean Vivanco; Universidad Nacional de Loja  
jean.vivanco@unl.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-8030-1713>

Fernando Yunga, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.  
luis.f.yunga@unl.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-7772-4547>

Carlos Tapia Morquecho; Universidad Nacional de Loja  
carlos.a.tapia.m@unl.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-3834-1308>



Recibido: 2021-06-02 | Revisado: 2021-06-28  
Aceptado: 2021-07-14 | Publicado: 2022-07-18

## Impacto de la Tecnología en la tasa de desempleo: Análisis para países latinoamericanos en el periodo 2000 – 2018.

### Impact of Technology on the unemployment rate: Analysis for Latin American countries in the period 2000 – 2018.

#### RESUMEN

La evidencia empírica sostiene que las tecnologías tienen impactos heterogéneos dentro de las economías. Este documento tiene como objetivo examinar el impacto de la tecnología sobre el desempleo en América Latina. Los datos fueron tomados de la base proporcionada por el Banco Mundial (2021) para 16 países en el período 2000 – 2018. Se utiliza un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), test de Westerlund (2007) para cointegración y el de Dimitrescu y Hurlin (2012) para determinar la causalidad. Los resultados sugieren que el impacto de la Tecnología sobre la tasa de desempleo dentro de este grupo de países no es significativo, sin embargo, el efecto es negativo. El test de cointegración indica que existe una relación negativa y significativa en el largo plazo y la relación es unidireccional desde la tecnología hacia del desempleo. La política económica de mayor intensificación de la tecnología debería ser de largo plazo, dotando de nuevas herramientas que permitan una inclusión laboral justa y equitativa.

#### Abstract

Empirical evidence argues that technologies have heterogeneous impacts within economies. This paper aims to examine the impact of technology on unemployment in Latin America. Data were taken from the base provided by the World Bank (2021) for 16 countries in the period 2000 - 2018. A Generalized Least Squares (GLS) model, Westerlund's (2007) test for cointegration and Dimitrescu and Hurlin's (2012) test for causality are used. The results suggest that the impact of Technology on the unemployment rate within this group of countries is not significant, however, the effect is negative. The cointegration test indicates that there is a negative

and significant relationship in the long run. The relationship is unidirectional from technology to unemployment. The economic policy of greater intensification of technology should be long term, providing new tools that allow a fair and equitable labor inclusion.

### **Palabras clave**

Cointegración, Datos Panel, Desempleo, TIC

### **Keywords**

Cointegration, Data Panel, ICT, Unemployment

## **1. INTRODUCCIÓN**

El desempleo no solo es un problema social, lo es en gran parte económico. Los individuos que pasan a la desocupación, es decir, no llevan adelante actividad laboral alguna, no generan ingresos para sus familias ni para el escenario económico en general, incluyendo en el lento estancamiento y afluencia del dinero en la sociedad contigua. Según datos del Banco Mundial (2021), en los últimos años, el desempleo ha mostrado una tendencia creciente, situación que fue totalmente agravada principalmente a raíz de los efectos de la pandemia por la Covid-19. A nivel global, en el último año, en promedio, el porcentaje total de desempleo analizando la población activa total ha aumentado en más de 1.1%.

Con base en lo anterior, la literatura menciona que uno de los determinantes del nivel de desempleo en la actualidad tiene que ver con el impacto de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Según el Banco Mundial (2013) las TIC están transformando el mundo del trabajo mediante la creación de nuevas oportunidades de empleo y el aumento de la innovación, inclusión y globalización de los mercados laborales. Asimismo, Álvarez y Aldarete (2019) establecen una correlación negativa entre la tasa de desempleo y nivel de inteligencia, por lo que mayores niveles de innovación e “inteligencia” en la ciudad se corresponden con menores tasas de desempleo.

Por otra parte, acerca del tema de la influencia de las TIC en el nivel de desempleo de las economías, existe un amplio debate, pues autores como Minian y Monroy (2018) alegan que, el cambio tecnológico aumenta la productividad y la competitividad, redefine los modelos de producción y desplaza al trabajo humano en actividades que las máquinas pueden hacer de manera más eficiente, es decir, que el nivel de desempleo se ve aumentado por este desplazamiento de la mano de obra. La idea anterior es fundamentada por una reciente investigación de la Organización Mundial del Trabajo (OIT), pues se concluye que, después de la crisis económica mundial, la tecnología es la primera causa del aumento del desempleo en el mundo. El director de esta Organización, José Manuel Salazar-Xirinachs sostiene que “Los robots, los ordenadores y la automatización incrementan la productividad, pero reducen el potencial de crear empleos del sector manufacturero. (Techcetera, 2012)

Dado el panorama actual, el mercado laboral exige trabajadores versátiles, capaces de adaptarse y aprovechar la difusión de las TIC. Se estima, además, que el 65% de los trabajos del futuro aún no se han inventado e incluso que los que se mantienen también están cambiando o cambiarán su demanda en materia de habilidades. De esta forma, el principal reto de las ciudades,

además de intervenir para evitar nuevas desigualdades relacionadas con la “privación digital de derechos”, pasa por la determinación de qué tipo de servicios ofrecer teniendo en cuenta tanto las necesidades como los intereses de los ciudadanos. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2017)

De tal forma, el objetivo de la presente investigación se centra en observar y realizar un análisis empírico del efecto de tecnología sobre la tasa de desempleo para los países que conforman en que, de América de Sur, haciendo un matiz en base a lo resaltado en la teoría económica acerca de cómo ha influido esta tecnología dentro del desempleo de cada uno de los países y, con base en los resultados obtenidos en el estudio. Dentro de la investigación se utilizó la estrategia econométrica de datos panel, que incluyen datos entre los años 1990 a 2019, los cuales fueron obtenidos de la base de datos del Banco Mundial (2021); dicha base fue trabajada utilizando dos modelos econométricos, uno de efectos fijos y otro de efectos aleatorios, además se utilizó el test de Hausman (1978) para elegir el modelo que mejor se ajusta a los datos y, complementariamente se incluye pruebas de heterocedasticidad, autocorrelación y multicolinealidad. Finalmente, para el modelo propuesto se procede a corregir los problemas de autocorrelación, heterocedasticidad o de dependencia de sección cruzada por medio de un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) para obtener un modelo consistente.

En este sentido y basado en lo propuesto, la investigación pretende dar respuesta a la pregunta ¿Cómo ha sido el impacto que ha tenido la tecnología dentro de la tasa de desempleo para los países que conforman América del Sur? Los análisis pertinentes para llegar a la respuesta se muestran en el desarrollo de la investigación, la cual se encuentra dividida en cinco secciones: dentro de la segunda sección se discute la literatura previa sobre el tema; la tercera sección presenta los datos utilizados y la estrategia econométrica usada para la obtención del modelo; en la cuarta sección se expone la discusión de resultados obtenidos y; finalmente, en la quinta sección se muestran las conclusiones e implicaciones de política económica en relación a la problemática propuesta.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

La evidencia empírica presenta distintas proposiciones en las que se expone la influencia de la innovación tecnológica sobre el enfoque económico de los países, principalmente en el campo laboral. Por una parte, se considera que el desarrollo tecnológico genera efectos positivos en el sector económico, aumentando las unidades productivas obteniendo resultados económicos crecientes y, por otra parte, el valor de la productividad de los factores que se utilizan en el proceso productivo. Sin embargo, existe la discordia y disyuntiva entre el efecto que genera este proceso tecnológico dentro del índice desempleo.

En este sentido, Minian y Martínez (2018) en su investigación resaltan que, el cambio tecnológico aumenta la productividad y la competitividad, redefine los modelos de producción y desplaza al trabajo humano en actividades que las máquinas pueden hacer de manera más eficiente, y en el mismo sentido estas tecnologías han logrado remplazar las tareas humanas rutinarias, mas no las no rutinarias, en el mismo sentido, concordando de tal forma, con los resultados de (Alderete, 2019), quien encontró que en el modelo de efectos fijos a nivel ciudades la variable Tecnología tiene signo negativo; es decir, cuanto más tecnológica es la ciudad (mejor posición

nada en el ranking), mayor es la tasa de desempleo. Las ciudades ubicadas en primer lugar en el ranking de tecnología (ciudades más tecnológicas), presentan una mayor tasa de desempleo. No obstante, los resultados obtenidos por Álvarez y Alderete (2019), demuestran que existe una correlación negativa entre tasa de desempleo y la tecnología medida a través del nivel de inteligencia; por lo que, mayores niveles de innovación e “inteligencia” en la ciudad se corresponden con menores tasas de desempleo. A su vez, se observa que la tasa de desempleo promedio en el grupo de las ciudades inteligentes es más baja que la tasa de desempleo promedio de las ciudades menos inteligentes para la mayoría de los índices disponibles para la región. Este resultado se diferencia de la investigación presentada por Orji (2016) donde sustenta que los resultados muestran una relación positiva pero insignificante entre las TIC y la tasa de desempleo en Nigeria. Se revela que durante el periodo que se examina el uso de las TIC contribuyó a la tasa de desempleo en Nigeria. EN esta investigación, el coeficiente de las TIC implica que a medida que el uso de las TIC aumenta en el 1% la tasa de desempleo también aumenta en un 0,09%. Así mismo, resulta importante destacar que en este estudio se consideraron las variables gasto público y PEA las cuales resultaron estadísticamente significativas.

Por otra parte, distintos autores consideran que el desempleo obedece a otros criterios económicos mas que al nivel tecnológico, determinando que el desempleo y el empleo con relación a la tecnología dependen del horizonte temporal, así mismo, para este estudio los cambios en el nivel de desempleo no dependen de las inversiones que se hagan en I+D ni mucho menos en la participación creciente del cambio tecnológico. (García, 2013). Estos resultados se comparan con los expuestos por Aguilera y Ramos (2016) los cuales muestran que los países con altos niveles de PIB per cápita en la región aun se encuentran en una etapa de desarrollo en la que las inversiones en Gasto Interno en ciencia y Tecnología afectan positivamente al empleo, logrando ganancias de productividad, así mismo dado los resultados, se puede afirmar que promover el desarrollo de las innovaciones podría generar impactos significativos en la creación de empleo, lo cual reduce la tasa de desempleo.

Por su parte Osoria (2017) obtuvo que las TIC tienen una influencia positiva sobre el desempleo en todas las regresiones escalonadas. La probabilidad es significativa a un nivel de 5%. Este resultado permite confirmar que existe una relación positiva entre el desempleo y las inversiones en TIC. Por lo tanto, más inversiones en TIC tienden a tener un impacto negativo sobre el desempleo. Por tanto, la tecnología influye en el mercado laboral, al menos a corto plazo. Los sectores público y privado deben unirse para crear soluciones que brinden oportunidades para que los trabajadores desplazados y las generaciones futuras ingresen al mercado laboral. El cambio tecnológico está afectando el mercado laboral y la desigualdad en cierta medida. A corto plazo, parece probable que aumenten tanto la desigualdad como el desempleo, aunque las implicaciones a largo plazo pueden ser beneficiosas para toda la sociedad y reducir el desempleo y la desigualdad.

¿Afectan las innovaciones tecnológicas al desempleo?, es una de los cuestionamientos que se realizan muchos autores y que, Matuzeviciute y Buktus (2017) a través de las estimaciones, excepto una, no sugieren que las innovaciones tecnológicas (aproximadas por familias de patentes triádicas (tfp) tiene un efecto sobre el desempleo. La tercera estimación muestra una

correlación negativa, es decir, una mayor actividad de innovación se asocia con una menor tasa de desempleo. Casi todas las variables de control incluidas en el modelo son estadísticamente significativas: IED entrante negativamente y IED saliente asociada positivamente con la tasa de desempleo, el crecimiento económico y un índice de precios más alto, como consecuencia del crecimiento económico, se correlacionan negativamente con la tasa de desempleo, un gasto público más generoso sobre el desempleo parece tener un resultado negativo: aumenta el desempleo debido a la reducción de los costos alternativos del trabajo.

Patiño (2014) y Saez (2012) llegan a la conclusión de que existe una relación negativa entre el progreso tecnológico y el desempleo solo se podría explicar por el dominio del efecto de capitalización, donde menores tasas de crecimiento de la PTF habrían desmotivado la creación de puestos de trabajo y generado un aumento en el desempleo. Sin embargo, se encontró que, aun en el caso extremo en que todo el progreso tecnológico hubiera operado bajo este efecto, la desaceleración de la PTF observada durante el periodo 1996-2000 no logra explicar los incrementos en el desempleo, lo que indica que son otros factores, diferentes al progreso tecnológico, los que explican este fenómeno.

En efecto, Berge et al. (2020) expresan que los hallazgos del estudio indican que, en general, la implementación de tecnología disminuye la probabilidad de terminar el trabajo entre los trabajadores con alrededor del 1,7 por ciento. Este hallazgo sugiere que el cambio tecnológico no disminuirá la necesidad de empleo dentro de las empresas. Además, El hallazgo también sugiere que la implementación de tecnología no conduce a una gran rotación y renovación de la plantilla. En cambio, sugiere que las empresas (y los trabajadores) pueden adaptarse a las nuevas tecnologías sin la pérdida de puestos de trabajo. Finalmente, Saka y Othan (2019) en base a los resultados se obtiene un coeficiente positivo del gasto en I+D que oscila entre 0.012 y 0.034, lo que significa que la tecnología aumenta el desempleo general. Estos hallazgos también conducen a la importante inferencia de que, en las economías desarrolladas, el progreso tecnológico hace que la creación de empleo se vea superada por la destrucción de empleo y el mecanismo de compensación no es eficaz. En general se puede deducir de estudio que, a medida que aumentan los gastos en I + D, aumenta el empleo de los trabajadores altamente calificados, mientras que lo contrario es cierto para los trabajadores poco calificados en las economías avanzadas.

### 3. MÉTODO.

Dentro del presente trabajo de investigación se usó información extraída de la base de datos del Banco Mundial (2021) a partir del año 2000 al 2018, la misma que fue elaborada y publicada por la plataforma en línea del Banco Mundial (2021). Para el análisis empírico del impacto que tiene la tecnología en el nivel de desempleo de los países de América Latina se tomó en consideración como variable dependiente al desempleo total (% de la población activa total) y como variable independiente se utilizó las importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes).

Además de esto, con el fin de obtener resultados más robustos se usó como variables de control a la inversión extranjera directa, entrada neta de capital (% del PIB); el logaritmo de la indus-

tria, valor agregado (US\$ a precios actuales); el logaritmo de la formación bruta de capital (US\$ a precios actuales) y, al logaritmo de la agricultura, valor agregado (US\$ a precios actuales). Estas variables son introducidas dentro del modelo planteado para las economías centroamericanas más representativas. La descripción de variables se encuentra en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
Descripción de las variables.

<b>Variables y simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ud. medida</b>
<i>A. Dependiente</i>		
Desempleo total ( <i>des</i> )	Proporción de la población activa que no tiene trabajo pero que busca trabajo y está disponible para realizarlo.	% de la población
<i>B. Independiente</i>		
Importación de las TIC ( <i>tic</i> )	Incluye los equipos de telecomunicaciones, audio y video; informático y afines; y demás bienes de la tecnología	% del total de importaciones
<i>C. De control</i>		
Inversión Extranjera Directa ( <i>ied</i> )	Constituye la entrada neta de inversiones para obtener un control de gestión duradero de una empresa.	% del PIB
Industria, valor agregado ( <i>ind*</i> )	Comprende el valor agregado en explotación de minas y canteras, industrias manufactureras construcción, y suministro de electricidad, gas y agua.	US\$ a precios actuales
Agricultura valor agregado ( <i>ag*</i> )	Incluye la silvicultura, la caza y la pesca, además del cultivo de cosechas y la cría de animales.	
Formación bruta de capital ( <i>fbc*</i> )	Desembolsos en concepto de adiciones a los activos fijos de la economía más las variaciones netas en el nivel de los inventarios	

Nota. Esta tabla muestra el contenido referente a las variables utilizadas en el modelo de análisis, describiendo de forma puntual su clasificación, descripción, unidad de medida. Con base en datos del Banco Mundial (2021). \* Variables en logaritmo.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos de las variables analizadas dentro del modelo econométrico. Para dichas variables que son el desempleo total; la importación de bienes de las TIC; la inversión extranjera directa; la industria, valor agregado; la agricultura, valor agregado y; la formación bruta de capital, se muestra el número de observaciones, la media, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos.

**Tabla 2**  
*Estadísticos descriptivos*

Variable		Media	D.S	Min.	Máx.	Observaciones
Desempleo	Global	6,44	3,21	2,01	20,52	N = 304
	Entre		2,71	2,79	11,60	n = 16
	Dentro		1,85	2,93	15,66	T = 19
TIC	Global	8,89	5,05	2,42	31,82	N = 304
	Entre		4,52	4,14	17,43	n = 16
	Dentro		2,51	-0,86	23,28	T = 19
IED	Global	4,02	2,67	-2,50	16,23	N = 304
	Entre		2,05	1,08	8,31	n = 16
	Dentro		1,78	-2,39	11,94	T = 19
V.A Industria (Log)	Global	23,60	1,60	20,75	27,13	N = 304
	Entre		1,57	21,37	26,50	n = 16
	Dentro		0,50	22,46	24,77	T = 19
Formación bruta de capital (Log)	Global	23,37	1,56	20,69	27,07	N = 304
	Entre		1,49	21,56	26,24	n = 16
	Dentro		0,57	21,69	24,40	T = 19
V.A Agricultura (Log)	Global	22,24	1,29	20,40	25,46	N = 304
	Entre		1,26	20,82	24,86	n = 16
	Dentro		0,40	21,15	23,11	T = 19

*Nota.* D.S =Desviación Estándar, V. A=Valor agregado, Log=Logaritmo

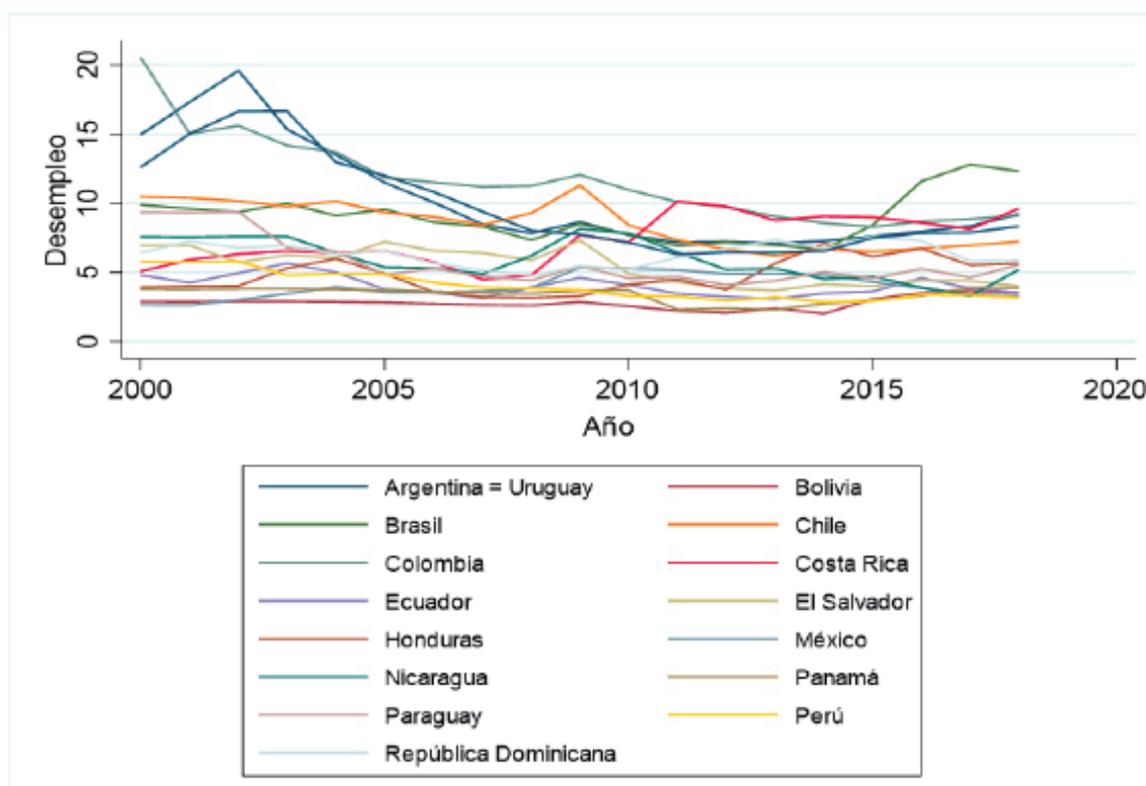
La Figura 1 muestra la evolución del desempleo total dentro del período de análisis 2000-2018, para cada uno de los países de América Latina. Como se puede observar el país que ha registrado mayores niveles de desempleo ha sido Colombia, ubicando su índice más alto en el año 2000 con un valor aproximado de 20.52%. La segunda economía que ha registrado uno de los índices más altos de desempleo en el período analizado es Argentina en el año 2002 con un valor aproximado de 19.59%. En tercer lugar, se encuentra Uruguay registrando un índice de desempleados de 16.66% aproximadamente en el año 2003, sobre el total de la población activa. Por su parte, Ecuador ha mantenido índice relativamente bajo en comparación con otras economías, pues el mayor valor de desempleo se ubica en el año 2003 con un 5.66% del total de la población activa total.

A nivel general se puede observar que los mayores índices de desempleo de todas las economías Latino americanas se han presentado en los inicios del período analizado, es decir, en los 2000, lo cual se debe principalmente a los procesos de ajuste macroeconómico posteriores a las crisis asiática y rusa; y del descenso en los precios de algunos bienes primarios de exportación, como el caso de la harina de pescado, el cobre, la carne y el café, y el alza del precio del petróleo, los que se tradujeron en fuertes disminuciones de los términos de intercambio. Desde este punto en adelante, la tendencia del desempleo en la mayoría de países se ha caracterizado por un decrecimiento continuado hasta el año 2018, las cuales se atribuyen a las transformaciones políticas

que propiciaron, en un marco de desarrollo de las luchas sociales y sindicales, un cambio en las políticas públicas que impactó de manera importante en la clase trabajadora. Los cambios tuvieron una dimensión cuantitativa como cualitativa e impulsaron ciertas modificaciones estructurales en las sociedades.

**Figura 1**

*Evolución del Desempleo total para el grupo de países de Latino América.*



*Nota:* Los valores del desempleo, total están expresados como % de la población activa total. La elaboración corresponde a los autores, con base a datos del Banco Mundial (2021).

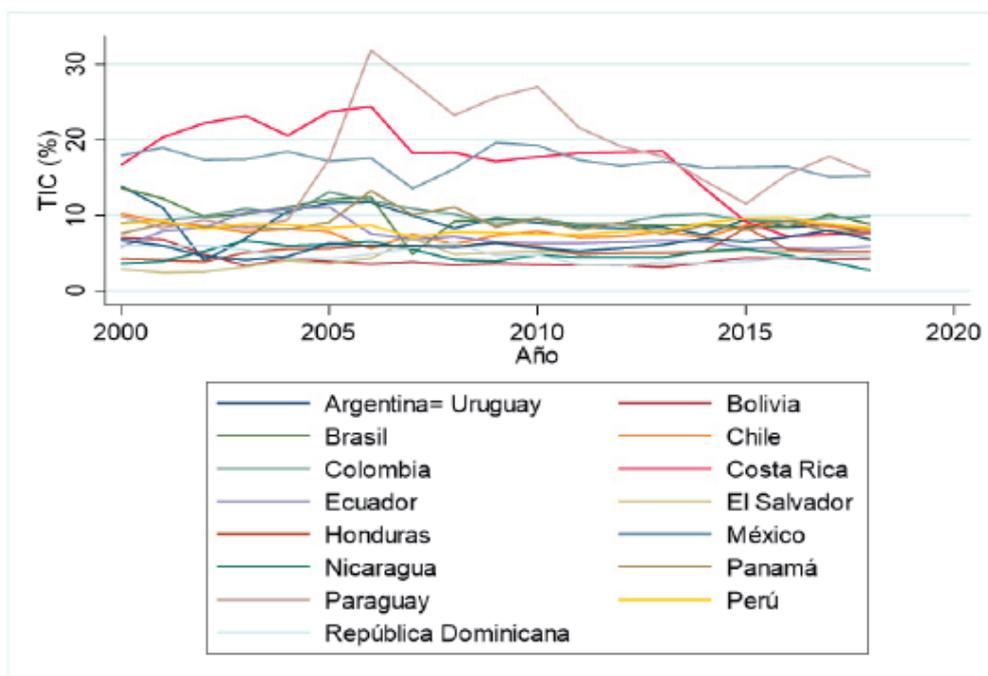
En la Figura 2 se observa la evolución de la importación de bienes de las TIC dentro del período de análisis 2000-2018, para cada de uno de los países de Latino América. En su mayoría, la tendencia de la compra de bienes de tecnología para todas las economías ha sido muy similar, mostrando una línea constante a través del tiempo que ha oscilado entre valores del 4% al 15% del porcentaje total de la importación de bienes. Un caso particular es el de la economía de Paraguay, la cual ha sobrepasado los límites de importación de bienes de las TIC en comparación con los vecinos sudamericanos; la economía guaraní registra un punto muy alto en la gráfica para el año 2006 con un valor aproximado de 31.82%, desde este punto se registra un descenso continuado, pero que aun así supera los niveles de las demás regiones.

En panoramas generales, la evolución de las TIC para las economías sudamericanas ha sido baja si se compara con otras regiones como Europa y Asia, ya que su alcance no ha logrado

tener los mismos desarrollos tecnológicos, en los diferentes campos en los cuales actúa, que en aquellos países desarrollados. Son múltiples las variables que condicionan el buen funcionamiento de las TIC en los países subdesarrollados que hacen parte de la región de América del Sur. Entre estos factores están: la infraestructura existente, la calidad de vida de las personas, la desigualdad entre las regiones, la movilidad digital y las desigualdades existentes entre las diferentes regiones de un país y entre la población, etc.

## Figura 2

*Evolución de las TIC para el grupo de países de América del Sur.*



*Nota:* Los valores de las TIC están expresados como % del total de importaciones de bienes. La elaboración corresponde a los autores, con base a datos del Banco Mundial (2021)

## Metodología.

Con el objetivo de examinar la relación entre el nivel de desempleo y la tecnología para Centroamérica, en el período 2000-2018, la estrategia econométrica está organizada en cuatro etapas. En primera instancia, para conocer el efecto de una variable en la otra, se estimará una relación básica de datos de panel. Para ello, primero se determinará la presencia de efectos fijos o aleatorios a través del test de Hausman (1978). Así también, se verificará la presencia de autocorrelación a través de la prueba de Wooldridge (2002). En caso de encontrar los problemas antes mencionados, se los corregirá con el modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS). Por lo que, su planteamiento se muestra en la ecuación 1:

$$Des_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 (tic)_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Donde,  $des$  corresponde al nivel de desempleo de la población activa, la cual está en función de  $tic$  que representa a las importaciones de bienes de tecnología, ambas variables medidas en porcentaje y  $\varepsilon_{i,t}$  que hace referencia al término de error. El subíndice  $it$  denota el valor del país  $i$  en un período  $t$ , en donde,  $i = 1, 2, 3, \dots, 18$  y  $t = 2000, 2001 \dots, 2018$ . En segunda instancia, para determinar la relación existente entre las variables a largo plazo, se aplicará la prueba de raíz unitaria para garantizar que las series no tengan efecto tendencial. Para ello, siguiendo a Maddala y Wu (1999), la prueba de relación unitaria se estima utilizando las pruebas paramétricas de Dickey Fuller Aumentado (1981) y la prueba de Phillips y Perron (1988), que se conocen en la literatura de datos de panel como ADF y PP, respectivamente. Así mismo, Enders (1995) afirmó que el orden de integración de la serie con la tendencia y la interceptación se puede estimar a partir de la ecuación 2:

$$Des_t = \alpha_0 + \lambda Y_{t-1} + \alpha_1 (tic)_t + \sum_{i=2}^p \beta_j Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

En la Ecuación 2,  $des$  es la variable en la cual se verificará la existencia de raíz unitaria,  $\alpha_0$  es la intersección y  $\alpha_1$  captura el efecto de tendencia,  $t$  es el tiempo,  $\varepsilon_t$  es el término de error y  $p$  representa la duración del desfase. Si el parámetro  $\lambda$  de la Ecuación 2 es significativo, se concluye que el panel presenta raíz unitaria. Además, estos resultados se contrastarán con las pruebas no paramétricas de Levine, Lin y Chu (2002), Im, Pesaran & Shin (2003) y Breitung (2002) con el fin de asegurar que la serie utilizada en las estimaciones posteriores no tengan el problema de la raíz de la unidad. Del mismo modo, el número de rezagos se determinará a través del criterio de información de Akaike (1974). En la tercera etapa, usamos técnicas de cointegración para verificar existencia de un equilibrio a largo y corto plazo entre el desempleo y la tecnología. En el caso del largo plazo, se empleará la prueba de cointegración desarrollada por Pedroni (1999), determinada en la Ecuación 3.

$$Des_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (Y_{i,T-1} - \beta_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{pi} \alpha_i Y_{i,t-j} + \sum_{j=-qi}^{pi} \gamma_{i,j} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t}$$

Donde  $Des_{i,t}$  representa la variable dependiente del país  $i$  en el período  $t$ . El parámetro  $t$  representa 1, 2, 3, ...,  $n$  observaciones. El parámetro  $\alpha_i$  es el término constante. Los parámetros  $\beta$ ,  $\omega$  y  $\pi$  son los estimadores de los regresores, mientras que  $ECT_{t-1}$  es el término de corrección de errores obtenido del vector de cointegración. La longitud del rezago se representa con  $j$  y  $\varepsilon_{i,t}$  es el término de error aleatorio. Por otro lado, para identificar la relación en el corto plazo, se planteó un modelo de corrección de errores mediante la prueba de Westerlund (2007) que se detalla en la Ecuación 4.

$$Des_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (Y_{i,T-1} - \beta_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{pi} \alpha_i Y_{i,t-j} + \sum_{j=-qi}^{pi} \gamma_{i,j} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t}$$

Finalmente, considerando el modelo de Dumitrescu y Hurlin (2012) se determinará la existencia y dirección de causalidad de Granger (1988) propuesta para modelos panel y la cual tiene como base la ecuación 5.

$$des_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{\kappa} \gamma_i^k Y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^{\kappa} \beta_i^k X_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}$$

Se destaca que, la prueba de causalidad se verifica entre pares de variables y se mantiene el supuesto de que  $\alpha_i$  es fijo en el tiempo, mientras que  $\gamma_{ki}$  y  $\beta_{ki}$  son parámetros que varían en las secciones transversales. Así también, el término  $X_{i,t}$  representa a la variable explicativa.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aplicaron las pruebas descritas de la sección anterior y los resultados mostraron que se deben utilizar modelos de efectos fijos y modelos de efectos aleatorios, según se presente el caso. Adicional a ello, se detectó que en los modelos existe la presencia de autocorrelación, heterocedasticidad y dependencia de sección cruzada. Para corregir los problemas econométricos mencionados, se utilizó un modelo de mínimos cuadrados generalizados (GLS). La Tabla 3 muestra los resultados del modelo GLS entre las variables del desempleo total en relación con las TIC, generando así esta relación básica descrita en la ecuación (1).

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 3 se corrobora que no hay significancia estadística entre la importación de las TIC y el desempleo total de la región de América Central en el período descrito, es decir, la evidencia no establece que las mejoras en la estructura tecnológica de los países centroamericanos influyan en una disminución en los niveles de desempleo por país. Este hallazgo puede explicarse a que el nivel de subdesarrollo de la mayoría de las economías de la región, no permite todavía llegar a esa etapa de innovación y desarrollo adecuados en los que las inversiones en nuevas tecnologías afecten positivamente los índices de empleo, logrando una subida de los niveles de productividad laboral y en consecuencia un descenso del desempleo total de cada uno de los países analizados. Este resultado coincide con el que presenta Alderete (2019) donde afirma que siguiente modelo a nivel países que incorpora efectos aleatorios sobre la variable tecnología, se observa que esta variable deja de ser estadísticamente significativa, aunque sus efectos aleatorios sí lo son.

**Tabla 3**

*Resultados globales de la relación básica entre el desempleo y las TIC*

	GLS
TIC	-0.0191 (-1.88)
Constant	6.620*** (23.07)
Observations	304

*Nota. t statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$*

En la Tabla 4 se estima la relación propuesta pero esta vez incluyendo las variables de control propuestas y los resultados también muestran relaciones insignificantes respecto a la regresión con la variable dependiente; en este caso el valor agregado de la industria, el valor agregado de la agricultura y la formación bruta de capital aportan significancia al modelo lo cual puede verse explicado por el desarrollo de la matriz productiva de los países de la región que ya viene transformándose desde la década de los noventa pues con el aprovechamiento de la IED se pudo lograr que muchas de las empresas creadas durante el periodo de industrialización sustitutiva de importaciones pasaran a manos extranjeras. Paralelamente al proceso de enajenación de la propiedad de la planta industrial, se inició un proceso de promoción de IED vinculada a la exportación que permitió que la región se convirtiera en una plataforma exportadora. (Sanchez y Martínez, 2014).

Así mismo se puede mencionar que, las variables de la industria en valor agregado, la formación bruta de capital y la agricultura en valor agregado tienen significancia estadística al 0,1% lo cual en este caso puede explicarse por la capacidad de las economías centroamericanas para absorber o formar capital físico, que a su vez permita influir directamente sobre el mercado laboral, afectado de forma directa a la tasa de desempleo. Caso contrario, se presenta en la investigación de (Sofowora, 2009); el que determina que las TIC y la industria ha mejorado sustancialmente lo cual ha impactado la relación económica y social de diferentes familias con un aumento del poder financiero de negociación.

Hay que mencionar también que las variables en mención de cierta manera influyen en los índices del desempleo de manera individual por lo que se puede explicar que en los países de Centroamérica que no han alcanzado un índice relevante de tecnología no son los ejemplos precisos para hacer esta relación comparación pues, son otras razones y factores quienes inciden en este indicador socioeconómico. De tal forma, se coincide con los resultados de Azuara et al. (2019)

quienes sustentan que para América Latina y el Caribe la tecnología no ha afectado todavía a las ocupaciones del conocimiento (tales como personal administrativo o vendedores); es decir los puestos de trabajo e incluso la razón productiva de los países de América del Sur poco tienen que ver con la tecnología.

**Tabla 4**

*Resultados globales con variables de control*

	M1	M2	M3	M4	M5
TIC	-0.0191 (-1.88)	-0.0150 (-1.26)	-0.00691 (-0.58)	-0.0158 (-1.68)	-0.00995 (-1.17)
IED		-0.0228** (-2.59)	-0.0249** (-2.90)	0.00125 (0.12)	0.00180 (0.17)
V. A de la industria (Log)			-0.288*** (-3.52)	2.773*** (16.28)	2.298*** (14.72)
Formación bruta de capital (Log)				-2.884*** (-17.91)	-3.127*** (-19.23)
V. A de la agricultura (Log)					1.121*** (6.28)
Constant	6.620*** (23.07)	6.634*** (20.90)	13.47*** (6.59)	8.667*** (5.47)	0.557 (0.42)
Observations	304	304	304	304	304

*Nota.* *t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ . V.A=Valor Agregado

Los resultados del test de cointegración de Westerlund (2007) obtenidos en la Tabla 5 muestran que para el grupo de países que se han incluido en el panel existe una cointegración entre el desempleo y las importaciones de tecnología, es decir, que al contar con una relación a largo plazo, la TIC si impactan de manera negativa en el desempleo disminuyéndolo, a nivel individual si existe una relación de causalidad entre las variables del modelo, por lo que se afirma que existe una relación causal que va desde las TIC hacia el desempleo de los de Centroamérica específicamente el incremento del nivel de tecnología disminuye el nivel de desempleo, incluyendo al mercado laboral a muchas personas que están cualificadas para este proceso de innovación, caso contrario, aparece cuando se estudia una relación causal que vaya desde el desempleo hacia las TIC, demostrando que no existe relación para estas concluyendo una relación unidireccional.

Así mismo, a nivel global los valores mostrados corroboran lo antes mencionado y verifican el hecho de que a nivel regional si exista una relación de causalidad entre el desempleo y las TIC;

hecho de que a nivel regional si exista una relación de causalidad entre el desempleo y las TIC; esto por el hecho de que tal vez para la economías de la región, mayores flujos de capital son más aprovechados para la creación de empleos, es por esto que, el gasto público puede ser una variable que resulte ser más provechosa dentro del análisis, puesto que esta permite aprovechar los recursos del Estado en una inversión directa en el sector laboral como forma de generación de nuevos emprendimientos o de impulsar los ya existentes, generando de esta forma mayores fuentes de empleo que contribuyan a disminuir las personas desempleadas en cada país.

Por otra parte, el test de causalidad de Dimitrescu y Hurlin (2012) arroja resultados con un valor p menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula de causalidad y se establece que las TIC causan al desempleo y no viceversa (Anexo C), es decir existe una relación unidireccional entre las variables de análisis, lo cual infiere que a mayores niveles de transformación tecnológica en cierta medida causa que se generen cambios sobre el nivel de desempleo de la región; asimismo, el hecho de que exista mayor desempleo no incentiva para invertir en procesos tecnológicos para el mejoramiento productivo, lo cual podría explicarse por la razón de que los gobiernos llevan a cabo medidas de política para atender a este problema social por medio de la incorporación de nuevos centros de trabajo y procesos de producción modernos pero solo temporales, que a su vez requieren una mayor tecnificación de las personas y un nivel adecuado de capital humano para poder hacerse con los procesos, pues de lo contrario dicha tecnificación se convierte en un catalizador del desempleo de la región y un agravante al problema.

**Tabla 5**  
*Resultados del test de Cointegración de Westerlund (2007)*

Estadísticos	Valor	Z-valor	P-valor	P-valor Robusto
Gt	-2.02	-4.011	0.000***	0.000***
Ga	-2.036	1.553	0.940	0.000***
Pt	-7.828	-4.957	0.000***	0.000***
Pa	-2.77	-2.409	0.008***	0.000***

*Nota.* t statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 5. CONCLUSIONES

Este documento tiene como objetivo examinar el impacto de la tecnología sobre el desempleo de América Central para el período 2000 - 2018. mediante datos de panel y mínimos cuadrados generalizados (GLS). Los resultados de los modelos de regresión GLS global muestran que las Importaciones en Tecnología (TIC) no resulta ser estadísticamente significativa, al momento que disminuir las tasas de desempleo para este grupo de países. En cambio, al momento que se agrega las variables de control la TIC sigue sin tener un efecto significativo dentro del modelo,

a comparación con la IED que en un principio tienen significancia dentro del modelo, pero al incluir la Industria, Agricultura y FBDK pierden significancia y estas la ganan, en concreto estas variables si influyen sobre el desempleo ya que en las economías incluidas el nivel de tecnología no es tan desarrollado como para la creación de productos a gran escala como los hacen las multinacionales, sino más bien que se concentran en temas más internos y regionales como exportaciones de bienes con valor agregados, especializar más sus técnicas de agricultura y dedicar más tiempo a la Formación de Capital, que a diferencia de las economías desarrolladas estas llevan ventaja sobre las que no lo están, que para este caso es Centroamérica.

Por otro lado, los países de Centroamérica que se incluyeron en el estudio, si poseen una relación de cointegración entre las TIC y el desempleo lo que a largo plazo esta relación termina disminuyendo el desempleo ya sea por la absorción de mano de obra cualificada que se encuentra en el mercado capaz de soportar el proceso de innovación que se está incurriendo, o ya sea por la capacidad productiva que aumenta generando más plazas de empleo en diferentes sectores forzando a que las personas que deseen estén en búsqueda constante de aumentar su capital humano con el fin de poder insertarse en cualquier área de especialización, es de suma importancia mencionar que la relación causal solo es de forma unidireccional, que va desde las TIC hacia el desempleo pero esto no en viceversa, comprobando así que el desempleo si es disminuido por las importaciones de tecnología que pueda tener un país y en el mismo sentido la forma de canalizarlas para una mejor productividad.

Finalmente, las TIC o una especialización economía si podría disminuir el desempleo siempre y cuando este bien direccionada a la potencialización de sectores productivos que generen plazas de empleo, pero los gobiernos centrales no ponen demasiada atención a ello por lo que divergen entre gobiernos de turno cambiando los planes cada periodo degradando así el encadenamiento y la sostenibilidad que se podría generar con el aprovechamiento de estas tecnologías así como lo muestra el resultado de causalidad.

Como punto final se recomienda que, en pro de mejorar los niveles empleo de los países centroamericanos, se siga produciendo esta instauración por parte de los gobiernos de turno en el tema de aprovechamiento de capital invertido para fortalecimiento y desarrollo de las TIC así como también en materia de I + D, ya que, canalizando dichas inversiones se puede garantizar un constante nivel de crecimiento de la economía, que vaya acorde con nuevos mecanismos de la innovación y cambios dentro de la matriz productiva, resultado de nueva inversión tecnológica que permita una globalización interna tanto en conocimiento como en infraestructura técnica que en el largo plazo desarrolle un nuevo ambiente laboral modernizado y con acceso para todos los trabajadores.

Asimismo se recomienda que el marco legal que vaya de la mano con estos cambios sea constantemente regulado para que se den las condiciones necesarias para aumentar la extensión geográfica de las infraestructuras de las telecomunicaciones, introducir precios más bajos para los servicios, abordar las desigualdades, definir el papel y las responsabilidades de los organismos reguladores y empresas y proporcionar seguridad jurídica a los posibles inversores, con el objetivo de que la productividad en un nivel general sea mayor y por ende el crecimiento económico

y social se vea reflejado en mayor fuentes laborales para disminuir la tasa de desempleo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, A., & Ramos, M. G. (2016). Desempleo Tecnológico: una aproximación en el caso Latinoamericano. AD-Mister N°29.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. IEEE transactions on automatic control, 19(6), 716-723.
- Alderete, M. (2019). Las ciudades inteligentes ayudan a combatir el desempleo. Un análisis multinivel. Estudios demográficos y urbanos, 43-70.
- Álvarez, N., & Alderete, M. V. (2019). Ciudades innovadoras: el efecto sobre el desempleo en la región de Latinoamérica. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 193-222.
- Azuara, O., Pagés, C., & Rucci, G. (2019). Qué impacto ha tenido la tecnología en los mercados laborales de América Latina y el Caribe? BID.
- Banco Mundial. (2013, Septiembre 10). Retrieved from Banco Mundial: Conectarse para trabajar: Cómo las TIC amplían las oportunidades de empleo en todo el mundo
- Berge, J., Lippény, Z., & Goos, M. (2020). Implementación de tecnología dentro de las empresas y finalización del trabajo entre los empleados. Research in Social Stratification and Mobility.
- Breitung, J. (2002). Pruebas no paramétricas de raíces unitarias y cointegración. Revista de econometría, 108 (2), 343-363.
- Dickey, D. A. y W. A. Fuller (1981) "Likelihood ratio statistics for autorregresive time series with a unit root", Econometrica, 49(4), 1057-1072.
- Dumitrescu, E. I. y Hurlin, C. (2012). Pruebas de no causalidad de Granger en paneles heterogéneos. Modelado económico, 29 (4), 1450-1460.
- Enders, Walter. [1995]. Applied Econometric Time Series. John Wiley and Sons, Nueva York.
- García, A. (2013). Cambio Tecnológico y Desempleo. Revista de Economía y sociología del TRABAJO, 1-23.
- Hausman, J. A. (1978). Specification test in econometrics. Econometrica 46, 1251-1271.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. Journal of econometrics, 115(1), 53-74.
- Informes sobre el Comercio Mundial. (2017). Efectos de la tecnología en el funcionamiento del mercado de trabajo. Informes sobre el comercio Mundial.
- Levin, A., Lin, C. F. y Chu, C. S. J. (2002). Pruebas de raíces unitarias en datos de panel: propiedades asintóticas y de muestras finitas. Revista de econometría, 108 (1), 1-24.
- Maddala, G. S. y Wu, S. (1999). Un estudio comparativo de pruebas de raíces unitarias con datos de panel y una nueva prueba simple. Boletín de Oxford de economía y estadísticas, 61 (S1), 631-652.

- Matuzeviciute, K. |., & Buktus, M. (2017). ¿Afectan las innovaciones tecnológicas al desempleo? *Economies*.
- Minian, I., & Martinez, A. (2018). El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo de México. *Revista Problemas del desarrollo*, 1-20. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.64001>
- Mutascu, M. (2021). Inteligencia artificial y desempleo: nuevos conocimientos. *Análisis y política económica*, 69, 653-667.
- Nipo, A., Bujang, I., Hassan, H., & Lil, J. (2019). Is ICT a Complement or Substitute? A Cross-Regional Study on the Impacts of ICT Access and Usage on Unemployment. *Malaysian Journal of Business and Economics*, 6(2).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2017). *Desarrollando las habilidades correctas: evaluar y anticiparse a los cambios en las necesidades*. OECDiLibrary.
- Orji, A. (2016). ICT Usage and Unemployment Rate Nexus in Nigeria: an Empirical Analysis. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 2.
- Osoria, Á. (2017). *Automatización y cambio tecnológico: destrucción de puestos de trabajo y el aumento de la desigualdad*. Tesis independiente.
- Patiño, J. A. (2014). Progreso tecnológico y desempleo en Colombia: una aproximación desde los modelos de búsqueda. *Revista Desarrollo y Sociedad*.
- Pedroni, P. (1999). Valores críticos para pruebas de cointegración en paneles heterogéneos con múltiples regresores. *Boletín de Oxford de economía y estadísticas*, 61 (S1), 653-670.
- Phillips, P. C. B. y P. Perron (1988) "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, 75, 335-346.
- Saez, F. (2012). Cambio Tecnológico, empleo y desempleo. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*.
- Saka, H., & Othan, M. (2019). *g*. *Theoretical & Applied Economics*.
- Sofowora, O. (2009). El potencial del uso de las TICs para el alivio de la pobreza y el empoderamiento económico en el estado. *International Journal of Education and Development using Information and communication Technology*, 5(3).
- Techcetera. (2012, Noviembre 27). La tecnología como causante del desempleo: un enorme reto para la humanidad. Retrieved from Techcetera: <https://techcetera.co/la-tecnologia-como-causante-de-desempleo-un-enorme-reto-para-la-humanidad/>
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

## 7. ANEXOS

### Anexo A

#### Test de Dependencia de Sección Cruzada

Pesaran's test	Friedman's test	Free's test
0.0000***	0.0000***	4.075

Nota. *t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

### Anexo B

#### Test de Raíces Unitarias

Variable	Stadistic	p-value
Desempleo	28.1127	0.0000***
TIC	13.5799	0.0000***

Nota. *t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

### Anexo C

#### Test de Causalidad de Dimitrescu y Hurlin (2012)

Causalidad	Estadísticos	
	Z-bar	P-valor
TIC causa al Desempleo	4.5315	0.000***
Desempleo causa a las TIC	2.3858	1.000

Nota. *t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .