

---

# MODELO ESTRUCTURAL DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

JOSÉ LUIS CANTÚ-MATA, FERNANDO TORRES-CASTILLO Y JOSÉ SEGOVIANO-HERNÁNDEZ

---

## RESUMEN

Las emisiones de dióxido de carbono equivalente ( $CO_2e$ ) derivadas del uso de las TIC, han aumentado considerablemente desde el año 1990. Sin embargo, las TIC's pueden reducir sus emisiones en más de 12Gt en la economía mundial al año de 2030. Por lo tanto, para abordar esta situación, se desarrolló un modelo estructural para adoptar el desarrollo sustentable de las TIC en las empresas, tomando en consideración las variables actualización

TIC ( $Y_1$ ), el desarrollo sustentable de las TIC ( $Y_2$ ) y los riesgos financieros ( $Y_3$ ), desde la perspectiva de las empresas que se dedican a prestar servicio en el área de las TIC. Se diseñó un modelo de análisis multivariable aplicado a una muestra de 48 empresas medidas a través de un cuestionario con escala de Likert. Los resultados cumplen con el ajuste del modelo y demuestran un impacto significativo en las variables dependientes analizadas.

La iniciativa para enfrentar la necesidad de reparar el daño causado al medio ambiente natural (causado en parte por el uso de herramientas tecnológicas y máquinas industriales, entre otros), surge en el año de 1970 con la aparición de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). Esta agencia estableció normas para guiar a la comunidad a realizar actos de conciencia por tener un medio ambiente limpio y sano. En 1972, se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el programa principal de las Naciones Unidas a cargo de los asuntos del medio ambiente. En ese mismo año, durante la conferencia de las Naciones

Unidas sobre el medio ambiente, se dio a conocer la preocupación por el avance en el deterioro ambiental (Leal, 2005). El PNUMA colabora a nivel mundial para reducir el rastro de carbono e incrementar su capacidad para soportar los cambios realizados en su medio ambiente ante los impactos actuales y futuros del cambio climático. Así mismo apoya iniciativas relacionadas a mejorar el medio ambiente, tales como la creación de capacidades y de sensibilización, intercambio de información, evaluación de necesidades tecnológicas y vulnerabilidad, e implementación de proyectos específicos de adaptación y disminución en la gravedad de los daños ocasionados en el medio ambiente y al entorno social y público (PNUMA, 2021). En 1980, la Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) introdujo el concepto de sustentabilidad, centrándolo en la protección y conservación del capital humano (Macías *et al.*, 2006). En 1983 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) para atender las necesidades y aspiraciones de las poblaciones y los recursos del planeta (Macías *et al.*, 2006). En 1987 se adopta el concepto de desarrollo sustentable como el desarrollo que provee las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para solventar sus propias necesidades. En CMMAD (1987) se justifica las necesidades para conseguir el desarrollo sustentable: un sistema

---

**PALABRAS CLAVE** / Desarrollo Sustentable / Tecnologías de Información en Verde / TIC /

Recibido: 01/02/2021. Modificado: 12/09/2021. Aceptado: 20/09/2021.

**José Luis Cantú-Mata.** Ingeniero en Administración de Sistemas, M.C. en Administración Industrial y de Negocios, y Doctor en Filosofía en Administración, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Profesor, UANL, México. Dirección: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL. Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria C.P. 66451. Apartado Postal 076 Suc. "F". San Nicolás de los Garza, N.L. México. e-mail: jlmata@gmail.com

**Fernando Torres-Castillo.** B.Cs. y M.Cs., Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. Doctor en Filosofía en Administración, UANL, México. Profesor, UANL, México. e-mail: fernando.torresc@uanl.mx

**José Segoviano-Hernández.** Doctor en Filosofía en Administración, UANL, México. Profesor, UANL, México. e-mail: jose\_segoviano01@hotmail.com

---

económico capaz de generar conocimientos técnicos, un sistema social capaz de dar soluciones a los problemas causados por tensiones que resulten de un desarrollo desequilibrado, un sistema de producción que respete la obligación de preservar la base ecológica para el desarrollo, un sistema tecnológico siempre en búsqueda de nuevas soluciones, un sistema internacional que favorezca modelos sostenibles de comercio y financiamiento, y un sistema administrativo flexible y capaz de autocorregirse.

En 1992, la APA introdujo el programa Energy Star, cuyo objetivo es identificar y promover productos energéticamente eficientes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los equipos y monitores fueron los primeros productos etiquetados. La aplicación del programa Energy Star es una de las medidas más utilizadas en la implementación de desarrollo sustentable de Tecnologías de la Información y Comunicación (DSTIC) (Vykoukal *et al.*, 2009). El programa es una iniciativa de la APA y el Departamento de Energía de E.U.A. que permite ayudar a la comunidad a reducir costos y proteger el medio ambiente a través de productos que ayudan a la eficiencia energética y a sus respectivas prácticas (ES, 2021). Es a partir de las necesidades ambientales que el concepto DSTIC toma auge y tiene lugar la iniciativa de su implementación, debido a la presión política y social, la regulación gubernamental, aumento del costo de eliminación de residuos, imagen corporativa, y la percepción del ser humano (Kurz, 2008; Unhelkar y Dickens, 2008; Vykoukal *et al.*, 2009).

La línea de tiempo trazada a partir del año 1970 a la fecha en que surge la iniciativa por el cuidado del medio ambiente ha propiciado el surgimiento de organismos y programas internacionales para adoptar el concepto de desarrollo sustentable en todo tipo de contexto. En el área de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), las potencialidades y los desafíos a los que se enfrentan siguen siendo ampliamente estudiadas; su capacidad para confrontar al cambio climático es un tema que todavía no ha sido suficientemente abordado. Fabricantes de equipos de cómputo han puesto en marcha estrategias de producción de componentes electrónicos para apoyar el desarrollo sustentable; sin embargo, el sector empresarial no ha logrado integrar el concepto de desarrollo sustentable con las TIC y por lo tanto no ha realizado su adopción. Esta situación se presenta principalmente en países subdesarrollados y en culturas donde es más importante la inversión económica en el negocio para

incrementar la misma capacidad económica. Por ello, a fin de apoyar en la implementación del desarrollo sustentable, el objetivo general es desarrollar un modelo estructural para adoptar el desarrollo sustentable de las TIC en las empresas.

## Revisión de la Literatura

En los últimos años han surgido estrategias de administración que permiten a una empresa mantenerse en competencia en relación a su industria. La tecnología y la innovación son elementos importantes para mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad de las empresas (Mezher *et al.*, 2006). El tener actualizada la tecnología es esencial para la supervivencia de cualquier unidad de producción. Sin una actualización de la tecnología, las empresas no podrán ser competitivas (Ahuja, 2011). La actualización de la tecnología es indispensable para el desarrollo económico, el crecimiento industrial, la mejora de la organización, la imagen corporativa, flexibilidad en los tiempos de respuesta, etc. (Giorgio, 2000).

En el caso de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a nivel global que son producidas por el uso de las TIC en 2007 significó el 2,1% del total de las emisiones generadas ese año por las actividades humanas. En un escenario *business as usual* (BAU), se estima que éstas pueden aumentar de forma continua hasta alcanzar el 2,7% de las emisiones antropogénicas globales. Este valor podría ser mayor y llegar a un 3,5%. Cuando se desagrega el sector y se analizan algunos de sus subsectores, las emisiones relativas a los dispositivos de telecomunicaciones como teléfonos móviles, cargadores, televisores sobre protocolo IP y routers de banda ancha, que representan casi el 60% de las emisiones totales de la TIC, se espera se tripliquen en el 2020. Las emisiones relacionadas con los *data center* crecerán a un ritmo de 7% cada año hasta llegar al año 2020, mientras que las emisiones de los computadores y monitores crecerán un 5% anualmente. El aumento previsto de emisiones tiene que ver con la mayor demanda por bienes y servicios TIC, resultado del crecimiento de las redes de teléfonos móviles y computadores personales en los países en desarrollo y, sobre todo, por las emisiones provenientes de los servidores y centros de datos necesarios para satisfacer la nueva cobertura ampliada de dichas tecnologías. La movilidad personal es responsable del 51% de la huella de carbono de un habitante tipo de los países desarrollados, y si países en desarrollo como India, por ejemplo, llegaran a estos mismos niveles, la situación se volvería

insostenible, por lo que las TIC cada vez más juegan un rol preponderante en la reducción de emisiones (CEPAL, 2012).

Como estrategia para el DSTIC se encuentra el modelo *Cloud computing*. Conformada por tres niveles de servicio (Bhardwaj *et al.*, 2010), esta estrategia representa áreas de oportunidad para reducir costos operativos en la organización: a) el consumo energético, actualizar los equipos de cómputo con las normas del programa Energy Star (ES, 2021) y el GreenCloud para reducir el consumo de energía en el centro de datos (Liu *et al.*, 2010), y b) implementar procesos de DSTIC mediante outsourcing; tal es el caso de:

-- *Software como servicio* (SaaS). Es un modelo de distribución del software que proporciona a los clientes el acceso a aplicaciones a través del Internet (Bravo, 2009), se administra de forma remota y es propiedad de uno o más proveedores. Consiste en que el proveedor proporciona un software, y tanto el software y los datos almacenados son distribuidos a sus respectivos clientes (Kang *et al.*, 2010; Sheik, 2011).MSP

-- *Plataforma como servicio* (PaaS). Es una forma de rentar hardware, sistemas operativos, almacenamiento y capacidad de redes de datos a través de Internet. El modelo de prestación de servicio permite al cliente alquilar servidores virtualizados y servicios asociados a la ejecución de aplicaciones o desarrollar y probar nuevas aplicaciones. Facilita el desarrollo y la implementación de las aplicaciones sin el costo y complejidad de comprar y administrar la infraestructura.

-- *Infraestructura como servicio* (IaaS). Se refiere a la entrega de hardware (servidores, almacenamiento y red) y software (sistemas operativos, sistemas de archivos) como un servicio. El proveedor proporciona el hardware y los servicios administrativos necesarios para almacenar las aplicaciones y una plataforma para ejecutar las aplicaciones. El proveedor de servicios es propietario del equipo, y es responsable del almacenamiento, su funcionamiento y su respectivo mantenimiento (Bhardwaj *et al.*, 2010); la seguridad de la información y otros aspectos implicados son responsabilidad tanto del proveedor como de las empresas que contratan al proveedor (Padia y Parekh, 2011). De tal manera, la infraestructura es suministrada por el proveedor y le permitirá a la empresa una mayor capacidad de adaptación y una mejor integración de servicios de red (Luna y Fernández, 2011).

Sayeed y Gill (2009) consideran la implementación de DSTIC

como una estrategia empresarial que incrementa la competitividad (Vykoukal *et al.*, 2009) y permite lograr una ventaja competitiva sustentable si las empresas se ocupan de las cuestiones ambientales con la tecnología y la visión para proporcionar productos y servicios que ayuden a proteger el medio ambiente (Ryan, 2008). Por otro lado, Andreopoulou (2012) menciona que la reducción y reciclaje de los desechos electrónicos, tales como sistemas antiguos de TI, computadoras personales, hardware, impresoras, teléfonos móviles, etc. contribuyen a fomentar el DSTIC. Con el DSTIC se obtienen beneficios que pueden ser aplicados en cualquier tipo de contexto (empresarial, gubernamental, educativo y social) y, al mismo tiempo, el respectivo y adecuado proceso de implementación ayuda a disminuir la emisión de contaminantes al medio ambiente como la emisión de CO<sub>2</sub> (Molla *et al.*, 2008).

Debido a las necesidades medioambientales, han surgido políticas institucionales para implementar estrategias que ofrezcan una solución a la problemática del medio ambiente y los recursos naturales (Leal, 2005) recurriendo a técnicas operacionales para incentivar el DSTIC (Mann *et al.*, 2009). Por ejemplo:

-- La colaboración del capital humano es importante para reducir el consumo de energía en equipos de cómputo. Cuando los equipos no son utilizados, se puede personalizar la operación de encendido en modo bajo de energía. Por otro lado, se puede recurrir a la actualización de los equipos que no tengan la etiqueta Energy Star a equipos que si cumplan con las normas del programa y la etiqueta Energy Star.

-- La consolidación de un servidor virtualizado permite obtener un mayor uso óptimo de los recursos informáticos mediante la eliminación de servidores que no estén en uso y generalmente se presenta en servidores físicos. El consumo de energía de un equipo de cómputo es regulado por la CPU (Pratim, 2011), de manera que la tecnología que implementa el fabricante en las CPU's actuales permiten una adecuada administración de energía mediante el uso eficiente del voltaje y la frecuencia del CPU. Por otro lado, también debe haber una apropiada ventilación en el espacio donde el servidor se encuentra en funcionamiento (Tiwari, 2011), la apropiada ventilación permite que el equipo no se sobrecaliente y por consiguiente genere un mayor consumo de energía. Estas alternativas permiten reducir el consumo de energía en el centro de datos (Liu *et al.*, 2010). Como resultado, la empresa puede obtener ahorro de energía significativo.

-- La virtualización del almacenamiento de información también ayuda a la eficiencia energética mediante el uso de discos de estado sólido (SSD) (Tiwari, 2011).

Estos avances tecnológicos han sido constantes. En su respectiva evolución se han realizado cambios en las mejoras en el desempeño del hardware, cambios en la arquitectura de las computadoras, incrementos en las capacidades de la memoria y almacenamiento, y una amplia variedad de opciones de entrada y salida de información, que han propiciado el surgimiento de nuevas tecnologías (Pressman, 2005) consideradas en el cuidado del medio ambiente.

Por lo tanto, el DSTIC se define como el estudio y la práctica del diseño, fabricación, uso y eliminación de las computadoras, servidores y subsistemas asociados tales como, monitores, impresoras, dispositivos de almacenamiento, redes y sistemas de comunicación de manera eficiente y eficaz con un impacto mínimo o nulo en el medio ambiente (Murugesan, 2008). Además, contempla el uso óptimo de la información y la comunicación para la gestión de sustentabilidad ambiental en relación a las operaciones de la empresa y la cadena de suministro, así como de sus productos, servicios y recursos, a través de sus ciclos de vida (Mann *et al.*, 2009).

De la literatura consultada se desprenden las variables a ser consideradas en el modelo, las cuales se presentan en la Tabla I.

## Metodología

Se abordó el enfoque cuantitativo con diseño no experimental, transeccional, con recolección de datos en un solo momento. El tamaño de la población participante corresponde a 48 empresas TIC localizadas en la zona metropolitana de Monterrey, México, siendo el 41,67% empresas grandes y el 58,33% pymes. La colaboración fue de jefes del departamento de informática, 83,33% hombres y 16,67% mujeres. Se utilizó un instrumento de medición que consiste de 17 indicadores (Tabla II) preparado para conocer la percepción de la empresa en relación al DSTIC bajo el criterio de la escala Likert, donde el encuestado califica cada ítem según su percepción en puntuaciones de 1 a 5 para la recolección de los datos. Se utilizó el método de análisis factorial exploratorio mediante el software SMART-PLS. Esta herramienta estadística emplea la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS R, por sus siglas en inglés) y se utiliza para encontrar las correlaciones fundamentales entre las variables de un

fenómeno que cuenta con un conjunto de factores latentes que explica en la mayor medida posible la relación entre las variables dependientes e independientes. El procedimiento puede tomar las variables a escala nominal u ordinal y supone que se ha asignado el nivel de medición adecuado.

## Variables e Hipótesis

Las hipótesis se generaron a partir de las cinco variables independientes ( $X_{1:5}$ ): outsourcing ( $X_1$ ), capital humano ( $X_2$ ), la participación gobierno y empresa ( $X_3$ ), la infraestructura ( $X_4$ ) y el gasto en energía eléctrica ( $X_5$ ). A continuación se presenta una breve contextualización sobre cada una de estas variables:

- Outsourcing ( $X_1$ ): Esta variable hace alusión a todos aquellos recursos que pueden ser contratados de manera externa sin la necesidad de adquirir ese bien o producto, facilitando el desarrollo y la implementación de las aplicaciones sin el costo y complejidad de comprar y administrar la infraestructura.

- Capital humano ( $X_2$ ): La colaboración del capital humano es importante para llevar una adecuada estrategia del DSTIC demostrando su compromiso por el medio ambiente con mantener el equipo de cómputo utilizado en estado de reposo cuando no esté en uso.

- Participación gobierno y empresa ( $X_3$ ): Se ha definido como indicador de la motivación que el sector gubernamental puede aportar para las empresas que no tienen suficientes recursos económicos y además la iniciativa de las empresas por incluir herramientas de monitoreo para medir el gasto energético de las TIC.

- Infraestructura ( $X_4$ ): Esta variable es omnipresente en el tema de las telecomunicaciones y hace alusión a todos los bienes (muebles o inmuebles) de los que la empresa hace uso.

- Gasto en energía eléctrica ( $X_5$ ): Esta variable se refiere precisamente al gasto monetario por concepto de energía eléctrica que producen las TIC's.

Las variables antes mencionadas afectan a las tres variables dependientes encontradas ( $Y_{1:3}$ ): actualización TIC ( $Y_1$ ), desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ). A continuación se presenta una breve contextualización sobre cada una de ellas:

- Actualización TIC ( $Y_1$ ): Hace referencia a la modernización ya sea en software o hardware en las empresas.

- Desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ): Esta variable hace referencia a las estrategias que se emplean en las empresas para el

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Variables dependientes (Y)	
Actualización TIC (Y <sub>1</sub> )	Empresas, gobiernos y sociedades en general tienen una nueva agenda importante: abordar las cuestiones ambientales y la adopción de prácticas ecológicamente racionales con el uso de TI de vanguardia ésa actividad se ha disparado en varias áreas, mejorando nuestras vidas y el trabajo y la oferta conveniencia junto con varios otros beneficios.
Desarrollo sustentable de las TIC (Y <sub>2</sub> )	Los componentes que conforman a los equipos computadoras contienen materiales tóxicos. Cada vez más, los consumidores descartan un gran número de viejas computadoras, monitores y otros equipos electrónicos dos o tres años después de la compra, y la mayor parte de esta termina en los vertederos, contaminando la tierra y contaminar el agua. A través del desarrollo sostenible TIC se reducen el consumo de energía de los ordenadores y otros sistemas de información y las usamos en una forma ambientalmente racional.
Riesgos financieros (Y <sub>3</sub> )	Los riesgos financieros que se hacen presentes en la implementación de cultura de desarrollo sostenible TIC se subdividen en dos: los riesgos macroeconómicos, los cuales incluyen fluctuaciones en las condiciones económicas y los precios de los productos básicos, el interés y tipos de cambio, y microeconómicos los cuales van de la mano con la inversión que se hace a través del outsourcing.
Variables independientes (X)	
Outsourcing (X <sub>1</sub> )	El outsourcing en las TIC es la contratación de diversos sistemas para fuera de proveedores de sistemas de información y este ha sido aceptado como parte de las prácticas comerciales modernas. La capitalización de mercado mundial de outsourcing en las TIC se prevé en más de \$260x10 <sup>9</sup> en el 2009. Algunas de las razones detrás de los fenómenos de outsourcing en las TIC, serían: la reducción de costes y la eficiencia, mejora del rendimiento del negocio, el acceso a la capacidad de proveedor de outsourcing.
Capital humano (X <sub>2</sub> )	El capital humano es el principal recurso de la organización, el factor pensante y afectivo generador de todos los demás recursos existentes, la cultura del desarrollo sostenible TIC cae directamente sobre ellos; por eso se debe contar con personas capacitadas y que constituyan una ventaja competitiva para nuestra organización. Por tanto, debemos plantear el capital humano como uno de los factores de interés para nuestro estudio.
Participación gobierno y empresa (X <sub>3</sub> )	Para lograr una eficaz gobernabilidad de las TIC, una organización necesita emplear mecanismos de gobernanza bien diseñados, bien entendidos, y, sobre todo transparentes. De la manera similar la existencia de tres mecanismos: un comité de dirección de TI, la participación de la alta dirección en TI, y medición del rendimiento corporativo sistemas-fuera correlacionada positivamente con la eficacia de la gobernabilidad en las TI
Infraestructura (X <sub>4</sub> )	La infraestructura se puede considerar para formar parte de todas las redes naturales, seminaturales y artificiales de los sistemas ecológicos multifuncionales dentro, alrededor y entre las zonas urbanas, en todas las escalas espaciales. El concepto de la infraestructura debe hacer hincapié en la calidad, así como la cantidad de los espacios urbanos y peri-urbanos. Una infraestructura verde debe planearse de manera proactiva, desarrollado y mantenido el potencial para guiar el desarrollo urbano, proporcionando un marco para el crecimiento económico y la conservación de la naturaleza; este enfoque planificado ofrecerá muchas oportunidades para la integración entre el desarrollo urbano, la conservación de la naturaleza y la promoción de la salud pública.
Gasto en energía eléctrica (X <sub>5</sub> )	Las grandes empresas de Internet han mejorado significativamente la eficiencia energética de sus centros de datos de varios mega-watts. Sin embargo, la mayor parte de la energía consumida por los centros de datos se debe en realidad a un sinnúmero de pequeñas y medianas centros de datos, que son mucho menos eficientes y que repercuten en altos costos económicos tanto para la empresa como para el país, en algunos casos. Estas instalaciones van desde unas pocas docenas de servidores alojados en una sala de máquinas a varios cientos de servidores alojados en una instalación en la empresa más grande. Estas preocupaciones medioambientales y de costes provocan que se impulsen iniciativas de desarrollo sustentable.

adecuado cuidado del ambiente y sustento de la actividad de la misma.

- Riesgos financieros (Y<sub>3</sub>): Los riesgos financieros están presentes en cualquier implementación y sin un plan de negocios adecuado la empresa se arriesga a absorber pérdidas que de otra manera no sería necesario absorber.

Las hipótesis del estudio se plantean de la siguiente forma de acuerdo a la relación que hay entre cada una de ellas:

H<sub>1</sub>: La actualización TIC (Y<sub>1</sub>) es influenciada positivamente por el outsourcing (X<sub>1</sub>), el capital humano (X<sub>2</sub>) y/o los riesgos financieros (Y<sub>3</sub>).

H<sub>2</sub>: El desarrollo sustentable TIC (Y<sub>2</sub>) es influenciado positivamente por la infraestructura (X<sub>4</sub>), la actualización TIC (Y<sub>1</sub>) y/o los riesgos financieros (Y<sub>3</sub>).

H<sub>3</sub>: Los riesgos financieros (Y<sub>3</sub>) son influenciados positivamente por el outsourcing (X<sub>1</sub>), el capital humano (X<sub>2</sub>), la participación gobierno y empresa (X<sub>3</sub>), la infraestructura (X<sub>4</sub>) y/o por el desarrollo sustentable TIC (Y<sub>2</sub>).

De acuerdo con las hipótesis propuestas, se formó el modelo estructural (Figura 1).

### Ajuste del Modelo

Para validar el modelo estructural, se realiza en primer lugar un análisis de multicolinealidad. En las Tablas I, II y III se muestran los valores de colinealidad correspondientes a cada una de las variables latentes en su respectivo análisis con la variable dependiente. De acuerdo a Hair *et al.* (2011) el factor de inflación de la varianza (FIV) debe tener

valores <5. En cada uno de los casos, se muestran valores <5 y el índice de tolerancia se encuentra en un nivel aceptable (los valores no son bajos, cerca de 0, y no son altos, no exceden el valor de 1). Esto indica que no hay presencia de multicolinealidad entre las variables latentes (Tablas III, IV, V).

A continuación se evalúan los siguientes criterios de calidad (Tabla VI):

i) *Validez convergente*. Se refiere a evaluar si un conjunto de indicadores miden realmente un constructo determinado y no están midiendo otro concepto distinto (Fornell y Larcker, 1981). En primer lugar, la varianza extraída media (AVE) es la cantidad promedio de variación que una variable latente explica a las variables observables en relación a su teoría

TABLA II  
INSTRUMENTO DE MEDIDA

Constructo	Código	Indicadores	Puntuaciones
Outsourcing X <sub>1</sub>	f1	¿Qué tan importante es la infraestructura como servicio (IaaS) para la implementación del DSTIC?	1. Nada importante
	f2	¿Qué tan importante es el software como servicio (SaaS) para la para la implementación del DSTIC?	2. Poco importante
	f3	¿Qué tan importante es la plataforma como servicio (PaaS) para la para la implementación del DSTIC?	3. Regular
Capital humano X <sub>2</sub>	f4	¿En que porcentaje estimado colabora el personal interno de la organización en apagar o mantener el equipo de cómputo en estado de reposo cuando no esté en uso?	4. Importante
	f5	Del personal interno de la organización ¿Qué porcentaje considera que apoya en la reducción de consumo de energía en apagar o mantener el equipo de cómputo en estado de reposo cuando no esté en uso?	5. Muy importante
	f6	¿Cual es el porcentaje estimado de investigaciones realizadas sobre las TIC mas apropiadas para la sustentabilidad en la organización?	1. 0%
Participación de gobierno y empresa X <sub>3</sub>	f7	¿Cuál es el porcentaje estimado de uso de software y/o herramientas especializadas para monitorear el gasto energético de la infraestructura TIC en la organización?	2. 1-25%
	f8	¿Qué tipo de incentivo financiero ha recibido por parte del gobierno para participar en la iniciativa de desarrollo sustentable TIC?	3. 25-50%
Infraestructura X <sub>4</sub>	f9	¿Cuál es el porcentaje estimado de uso de software y/o herramientas especializadas para la administración de procesos?	4. 51-75%
	f10	¿Cuál es el porcentaje estimado de la conversión de documentos impresos a documentos digitalizados para su respectivo almacenamiento?	5. 76-100%
	f11	¿Cuál es el porcentaje de equipos adquiridos (laptops, desktops y/o monitores) que han sido comprobados sustentables.	1. 0%
Gasto en energía eléctrica X <sub>5</sub>	f12	¿Cuál es la inversión bimestral realizada en el consumo de energía eléctrica en la organización?	2. 1-25%
Actualización TIC Y <sub>1</sub>	f13	¿Con que frecuencia actualiza la infraestructura TIC en la organización?	3. 50.001-75.000 pesos
			4. 75.001-100.000 pesos
Desarrollo sustentable TIC Y <sub>2</sub>	f14	¿Qué porcentaje del equipo TIC ha sido reciclado y/o cambiado por equipo TIC nuevo en los últimos 12 meses?	5. 100.001 pesos o más
			1. cada 5 años o más, o no toma en cuenta
			2. cada 4 años
			3. cada 3 años
			4. cada 2 años
Riesgos financieros Y <sub>3</sub>	f15	¿En qué grado define la participación de la organización en iniciativas relacionadas al desarrollo sustentable TIC?	5. cada año
			1. Muy baja
			2. Baja
f16	¿En qué grado define la prioridad de adquirir TIC sustentable en la organización?	3. Regular	
		4. Alta	
f17	¿Con que frecuencia orienta o da a conocer al personal interno de la organización sobre el gasto o consumo energético realizado de las TIC?	5. Muy alta	
		1. No se toma en cuenta	
f18	Financiamiento inadecuado.	2. Cada 4 años	
		3. Cada 3 años	
f19	Rentabilidad en inversión insegura.	4. Cada 2 años	
		5. Cada año	
			Grado de importancia, 1 a 5
			(1 menos, 5 más importante)

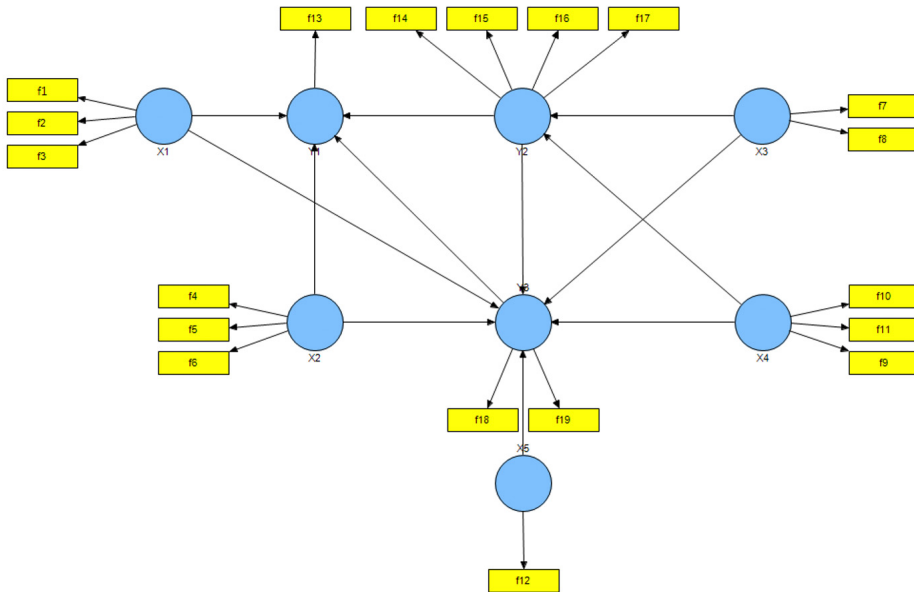


Figura 1. Modelo estructural.

TABLA III  
ESTADÍSTICOS DE COLINEALIDAD  
ACTUALIZACIÓN TIC Y<sub>1</sub> \*

	Tolerancia	FIV
X <sub>1</sub>	0,785	1,275
X <sub>2</sub>	0,640	1,563
Y <sub>2</sub>	0,588	1,701
Y <sub>3</sub>	0,676	1,479

\* Análisis de resultados con SPSS.

TABLA IV  
ESTADÍSTICOS DE COLINEALIDAD  
DESARROLLO SUSTENTABLE TIC Y<sub>2</sub> \*

	Tolerancia	FIV
X <sub>3</sub>	0,650	1,538
X <sub>4</sub>	0,650	1,538

\* Análisis de resultados con SPSS.

TABLA V  
ESTADÍSTICOS DE COLINEALIDAD  
RIESGOS FINANCIEROS Y<sub>3</sub> \*

	Tolerancia	FIV
X <sub>1</sub>	0,809	1,236
X <sub>2</sub>	0,589	1,699
X <sub>3</sub>	0,388	2,576
X <sub>4</sub>	0,319	3,134
X <sub>5</sub>	0,667	1,498
Y <sub>2</sub>	0,464	2,156

\* Análisis de resultados con SPSS.

iii) *Validez discriminante*. Se refiere a comprobar que un constructo mide un concepto distinto de otros constructos. Este tipo de validez se realizó en dos partes; la primera parte consiste en el método Fornell-Larcker, el cual compara

el valor más alto de las correlaciones al cuadrado (0,626) con la AVE por variable. Se puede comprobar que la AVE es superior. Por tanto, se procede a realizar la segunda parte, en donde se obtiene el promedio por variable latente de las cargas cruzadas y se compara con los valores obtenidos de la confiabilidad compuesta (Fornell y Larcker, 1981). Por variable latente, la confiabilidad compuesta es superior al promedio de las cargas cruzadas.

iv) Se analiza el resultado de R<sup>2</sup>, que corresponde a 0,785 para la variable Y<sub>1</sub>; 0,528 para Y<sub>2</sub> y 0,799 para Y<sub>3</sub>. De acuerdo a Hair *et al.* (2011) valores >0,750 son denominados como 'sustanciales', valores >0,500 son considerados 'moderados' y valores <0,500 son denominados 'débiles'.

v) *Alpha de Cronbach*. Se refiere a la correlación interna o confiabilidad de un conjunto de indicadores observables para medir una variable que no es observable o medida directamente. En este caso, cada una de las variables propuestas han sido medidas con sus respectivos indicadores y los resultados indican que son aceptables cumpliendo con el valor establecido de 0,600 como límite inferior según Hair *et al.* (2011). Por otro lado, las variables X<sub>5</sub> y Y<sub>1</sub> son medidas con un solo indicador y por esta razón tienen la puntuación más alta disponible (1,000).

vi) *Validez de contenido*. Esta validez permite evaluar cada una de las variables latentes y comprobar su respectivo agrupamiento. El análisis se realiza en dos partes; la primera parte se realiza con la medida de adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Esta prueba indica si los factores analizados son candidatos a ser agrupados y conformar una variable (Kaiser, 1974). La segunda parte se realiza para definir si el análisis es apropiado utilizando la prueba de esfericidad de Bartlett. Esta prueba indica si la prueba

(Farrell, 2010). Valores >0,5 son aceptables (Hair *et al.*, 2011). Como se muestra en la tabla, todos los valores son >0,500. Así mismo, se obtiene el promedio de la AVE, cuyo resultado es de 0,833. Por tanto, se cumple con la validez convergente (Farrell, 2010; Hair *et al.*, 2011).

ii) *Confiabilidad compuesta*. Se refiere a la consistencia interna de una variable latente y no asume que los indicadores son fiables; por el contrario, prioriza indicadores. Valores entre 0,600 y 0,700 son aceptables como límite inferior (Levy y Varela, 2006; Hair *et al.*, 2011). El respectivo resultado por variable latente es >0,800.

TABLA VI  
CRITERIOS DE CALIDAD \*

	AVE	Confiabilidad compuesta	Promedio cargas cruzadas	R <sup>2</sup>	Alpha de Cronbach	KMO - Sig,
X <sub>1</sub>	0,747	0,898	0,286		0,876	0,724 – 0,000
X <sub>2</sub>	0,905	0,966	0,332		0,947	0,611 – 0,000
X <sub>3</sub>	0,798	0,888	0,442		0,749	0,500 – 0,000
X <sub>4</sub>	0,631	0,835	0,421		0,722	0,609 – 0,000
X <sub>5</sub>	1,000	1,000	0,110		1,000	–
Y <sub>1</sub>	1,000	1,000	0,391	0,785	1,000	–
Y <sub>2</sub>	0,663	0,886	0,481	0,528	0,824	0,500 – 0,000
Y <sub>3</sub>	0,917	0,957	0,032	0,799	0,910	0,500 – 0,000

\* Análisis de resultados con SMART-PLS.

es significativa mediante el p-valor (Sig.) del análisis realizado comparando este resultado con el valor de significancia del nivel de confianza perteneciente al 95% que corresponde a 0,05 basado en la suposición que la población es normal (Levy y Varela, 2006). Los valores son  $\geq 0,500$  de la prueba KMO e indican que la primera parte es aceptable, y la segunda parte con la prueba de esfericidad de Bartlett es significativa. Cabe aclarar que esta prueba se omitió para las variables  $X_5$  y  $Y_1$  debido a que son medidas con un indicador y por lo tanto, no se obtienen resultados.

vii) Se analizan los valores de  $f^2$  y  $Q^2$  (Tabla VII). El análisis de  $f^2$  mide el cambio en  $R^2$  cuando una variable latente específica no es incluida en el modelo. Es evaluado para observar si la variable latente no incluida tiene impacto sustantivo en el valor de  $R^2$ . Por otro lado, se analiza la  $Q^2$ , que se refiere a la relevancia predictiva del modelo. De acuerdo a Hair *et al.* (2013), en la  $f^2$ , valores  $>0,35$  tienen impacto alto, valores  $>0,15$  y  $<0,35$  tienen impacto medio y, valores  $>0,02$  y  $<0,15$  tienen impacto bajo. En la  $Q^2$ , aquellos valores que sean  $>0,35$  tienen relevancia predictiva alta, valores  $>0,15$  y  $<0,35$  tienen relevancia predictiva media y, valores  $>0,02$  y  $<0,15$  tienen relevancia predictiva baja (Tabla VII).

### Comprobación de las Hipótesis

Para comprobar las hipótesis ( $X_i \rightarrow Y_i$  y  $Y_i \rightarrow Y_i$ ) se utilizó el estadístico t para la prueba de dos colas, la cual, tiene establecido como límite inferior a 1,96 (Hair *et al.*, 2013) para un nivel de confianza del 95%. Este estadístico permite identificar cuáles son las variables de estudio significativas sobre las variables dependientes. De acuerdo a Anderson *et al.* (2012) la forma de saber la representatividad de las variables latentes sobre la variable dependiente es comparar la t teórica (valor de 1,96) con el resultado de la t práctica. En la Tabla VIII se puede observar ambos estadísticos y al realizar dicha comparación, se puede apreciar que el valor de la t práctica, en la mayoría de los casos, es mayor que la t teórica, a excepción de la relación entre  $X_2$ - $Y_3$  y  $X_1$ - $Y_1$ .

### Discusión

Se cumplió el objetivo de la investigación con la limitación de una baja población, ya que la participación empresarial corresponde a 48 empresas. Por otro lado, el modelo estructural permitió identificar las siguientes relaciones entre variables:

### Actualización TIC ( $Y_1$ )

Esta variable tiene un porcentaje de explicación del 78,5% con cuatro variables latentes:

1) Giorgio (2000) y Ahuja (2011) han resaltado la importancia de la actualización de la tecnología y en el presente estudio, con la actualización de las TIC, se agrega un punto importante, además de los mencionados por los autores, que corresponde a la protección del medio ambiente. Los equipos de cómputo modernos están preparados para el desarrollo sustentable y el estudio ha comprobado que a las empresas a las que va dirigida la investigación no necesitan recurrir al outsourcing ( $X_1$ ) porque su giro del negocio es en el área de las TIC y están preparadas con la tecnología necesaria para satisfacer las necesidades de sus clientes y medio ambiente, es por esta razón que la relación entre outsourcing ( $X_1$ ) y actualización TIC ( $Y_1$ ) no es significativa.

2) Mann *et al.* (2009) mencionan que la colaboración del capital humano es importante para llevar una adecuada estrategia del DSTIC, demostrando su compromiso por el medio ambiente con mantener el equipo de cómputo utilizado en estado de reposo cuando no esté en uso. Es en la variable de capital humano ( $X_2$ ) donde se profundiza sobre las decisiones empresariales, su iniciativa incide en su compromiso con el medio ambiente y realizar una apropiada investigación de cuáles son los equipos adecuados para mantener actualizado su centro de datos. La relación entre capital humano ( $X_2$ ) y actualización TIC ( $Y_1$ ) no es significativa.

3) Andreopoulou (2012) menciona que el reciclaje de equipos TIC es una contribución al desarrollo sustentable, y a nivel empresarial Leal (2005) comenta que han surgido políticas institucionales para implementar las estrategias adecuadas para preservar el medio ambiente. En la variable denominada como desarrollo

TABLA VII  
VALORES DE  $f^2$  Y  $Q^2$  \*

	$f^2$			$Q^2$		
	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
$X_1$	0,028		0,469	0,005		0,118
$X_2$	0,437		0,019	0,128		-0,001
$X_3$		0,207	0,991		0,194	0,254
$X_4$		0,251	1,524		0,218	0,378
$X_5$			1,850			0,474
$Y_1$						
$Y_2$	2,662		0,943	0,776		0,357
$Y_3$	0,408			0,162		

\* Análisis de resultados con SMART-PLS.

TABLA VIII  
ESTADÍSTICO T \*

	Relación causal	Estadístico T (t práctica)	Estadístico T (t teórica, 2 colas)	Hipótesis
$X_1 \rightarrow Y_1$	0,088	0,813		$H_1$ : Rechazada
$X_1 \rightarrow Y_3$	-0,342	2,428		$H_2$ : Aceptada
$X_2 \rightarrow Y_1$	-0,383	1,874		$H_3$ : Rechazada
$X_2 \rightarrow Y_3$	-0,080	0,584		$H_4$ : Rechazada
$X_3 \rightarrow Y_2$	0,388	3,911		$H_5$ : Aceptada
$X_3 \rightarrow Y_3$	0,717	4,102		$H_6$ : Aceptada
$X_4 \rightarrow Y_2$	0,427	5,260	1,96	$H_7$ : Aceptada
$X_4 \rightarrow Y_3$	-0,981	3,685		$H_8$ : Aceptada
$X_5 \rightarrow Y_3$	-0,747	6,071		$H_9$ : Aceptada
$Y_2 \rightarrow Y_1$	0,988	7,647		$H_{10}$ : Aceptada
$Y_2 \rightarrow Y_3$	0,640	4,770		$H_{11}$ : Aceptada
$Y_3 \rightarrow Y_1$	-0,360	3,578		$H_{12}$ : Aceptada

\* Análisis de resultados con SMART-PLS.

sustentable TIC ( $Y_2$ ) se ha analizado su relación con la variable actualización TIC ( $Y_1$ ) resultando significativa, y su relevancia predictiva es alta. Aunque las empresas TIC tienen sus equipos actualizados, conforme pasa el tiempo nuevos equipos con nuevas herramientas, estrategias y operaciones aparecen en el mercado y es necesario mantenerlos en constante actualización. De esta manera, aunque la inversión podría resultar alta, las empresas mantendrían una ventaja competitiva sustentable, reducen costos en energía eléctrica y reducen las emisiones de  $CO_2$ .

4) Una de las aportaciones del presente estudio es la inclusión de la variable riesgos financieros ( $Y_3$ ). En cualquier tipo de contexto existe un temor porque al momento de realizar un cambio que amerite inversión económica no se cuente con el presupuesto suficiente y si en caso de concretarse la inversión, la solución implementada no sea rentable. Algunas decisiones por parte de la administración empresarial, además de realizar un apropiado estudio económico, se basan en la intuición por que la decisión tomada sea la apropiada. La relación entre riesgos financieros ( $Y_3$ ) y actualización TIC ( $Y_1$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva media.

#### *Desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ )*

Esta variable tiene un porcentaje de explicación del 52,8% con dos variables latentes:

1) Otra aportación del presente estudio es la participación gobierno y empresa ( $X_3$ ) se ha definido como indicadores la motivación que el sector gubernamental puede aportar para las empresas que no tienen suficientes recursos económicos y, además, la iniciativa de las empresas por incluir herramientas de monitoreo para medir el gasto energético de las TIC. En el estudio, esta variable queda como importante para las empresas el recibir un apoyo gubernamental, porque a mediano plazo tendrán beneficios económicos como reducir el costo energético por haber participado en iniciativas de DSTIC; en el caso del gobierno no ha sido estudiado desde el punto de vista reducción de  $CO_2$  en equipos electrónicos. La relación entre participación gobierno y empresa ( $X_3$ ) y desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva media.

2) Como se mencionó anteriormente, la actualización de los equipos TIC es importante, sin embargo, en la variable infraestructura ( $X_4$ ) se incorpora el uso de periféricos como los scanners y la respectiva digitalización de los documentos

que se tienen impresos, además de utilizar software para la administración de procesos. En este caso se habla de software instalado en cada equipo de cómputo y no necesariamente debe ser definido en ninguno de los niveles del cloud computing. La relación entre infraestructura ( $X_4$ ) y desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva media.

#### *Riesgos financieros ( $Y_3$ )*

Esta variable tiene un porcentaje de explicación del 79,9% con seis variables latentes. En el caso de esta variable dependiente se confirma la incertidumbre o temor que las empresas tienen al momento de tomar la decisión por realizar una inversión económica. Las seis variables latentes correspondientes son:

1) En la variable outsourcing ( $X_1$ ) no se ha requerido para la actualización de los equipos y en este caso, el contratar este tipo de servicio generaría un riesgo financiero debido a que no es necesario si tiene la capacidad suficiente para abastecer a los clientes. Sin embargo, conforme la empresa crezca tendrá que tomar medidas para solventar las necesidades de los clientes. La relación entre outsourcing ( $X_1$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva baja.

2) Tal y como se mencionó anteriormente, el capital humano ( $X_2$ ) es quien profundiza sobre las decisiones empresariales. Una decisión que haya generado pérdidas en su trabajo puede ocasionar su culminación en su relación laboral. En el presente estudio se encontró que la relación entre capital humano ( $X_2$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) no es significativa.

3) La participación gobierno y empresa ( $X_3$ ) ocasiona un riesgo financiero porque existen empresas (pymes específicamente) que tienen dificultades para mantenerse en el mercado y esto es ocasionado en gran medida por el capital económico insuficiente. Se ven en la necesidad de pedir apoyos financieros para sub-existir y sin un plan de negocios adecuado no servirá el obtener apoyos financieros. La relación entre participación gobierno y empresa ( $X_3$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva media.

4) La infraestructura ( $X_4$ ) también ocasiona un riesgo financiero, principalmente por no utilizar las herramientas adecuadas. En ocasiones se adquiere software, equipo y periféricos que a corto plazo no cubren las necesidades de las empresas. La relación entre infraestructura ( $X_4$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva alta.

5) En el caso de la variable gasto en energía eléctrica ( $X_5$ ), las empresas consideran que este tipo de gasto se puede reducir en mayor medida teniendo la estrategia apropiada. La relación entre gasto en energía eléctrica ( $X_5$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva alta.

6) Por último, a nivel empresa, el desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ) es complejo debido a que se requiere de una adecuada planificación y colaboración del personal. Debe consistir en proyectos a corto plazo porque genera un descuido en el tiempo de desarrollo de la actividad principal de la empresa, en cuya implementación no puede haber tiempos muertos porque en la industria TIC perdería clientes y utilidades. La relación entre desarrollo sustentable TIC ( $Y_2$ ) y riesgos financieros ( $Y_3$ ) es significativa y tiene relevancia predictiva alta.

#### **Conclusiones**

En la literatura consultada no se encontró evidencia de modelos de factores que permitan observar el comportamiento de diferentes variables, estando el tema centrado en el análisis descriptivo. El desarrollo sustentable es un tema importante a nivel mundial por el deterioro del medio ambiente generado a raíz de las emisiones de  $CO_2$ . El presente estudio permite tener conocimiento sobre la iniciativa de desarrollo sustentable de tecnologías de la información y comunicación (DSTIC) en las empresas y la relación entre variables al realizar un análisis al mismo tiempo sobre las variables dependientes. De acuerdo a los resultados obtenidos, las empresas no planifican sobre el DSTIC, sus decisiones se basan en cómo reducir costos operativos y no para beneficiar a un entorno externo; la actualización de los equipos ha tenido lugar porque la misma tecnología lo ha exigido y no por tener una iniciativa de mejorar el medio ambiente. El outsourcing es una estrategia que ayuda a los clientes del sector TIC, porque les puede suministrar de manera correcta y apropiada la información empresarial, además de reducir los costos energéticos y al medio ambiente las ya mencionadas emisiones de  $CO_2$ .

Como en toda sociedad lucrativa, se deben realizar inversiones para mantenerse en competencia, y se debe tener un compromiso por mejorar la calidad de vida y de realizar inversiones para conseguir beneficios tanto a corto, mediano y largo plazo en cuestiones económicas y de medio ambiente, entre otras. Por último, para definir un compromiso entre los contextos social, empresarial, educativo y gubernamental, este último



puede lanzar programas de apoyo para motivar la adopción de DSTIC con el afán de disminuir los contaminantes del medio ambiente.

El capital humano no tuvo representación en el modelo, lo que representa la falta de compromiso e iniciativa que el ser humano tiene para evitar el daño al medio ambiente que se continúa generando. Aunque los organismos internacionales promueven la concientización sobre el daño causado al ambiente, no existe una planificación sobre el DSTIC. Por lo tanto, una línea de investigación que se propone abordar con mayor profundidad es la participación gobierno-empresa, variable que se debe estudiar por separado, debido a que el gobierno es quien decide sobre las normas y políticas que se deben implementar y las empresas son las que realizan altas inversiones en tecnología, además de estudiar la relación que tiene con el capital humano para conocer qué es lo que se requiere para concientizar al ser humano sobre el daño al medio ambiente.

#### REFERENCIAS

Ahuja I (2011) Managing research and development for core competence building in an organization. *J. Technol. Manag. Innov.* 6: 58-65.

Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA (2012) *Estadística para Negocios y Economía*. 11ª ed. Cengage. México. 1108 pp.

Andreopoulou Z (2012) Green Informatics: ICT for Green and Sustainability. *J. Agric. Informat.* 3(2), 1-8.

Bhardwaj S, Jain L, Jain S (2010) Cloud computing: A study of infrastructure as a service (IAAS). *Int. J. Eng. Inf. Technol.* 2: 60-63.

Bravo AH (2009) El SaaS y el Cloud-Computing: Una opción innovadora para tiempos de crisis. *REICIS* 5: 38-41.

CMMAD (1987) *Nuestro Futuro Común. Informe Brundtland*. Alianza. Madrid., España.

CEPAL (2012) *Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) y el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe: Experiencias e Iniciativas de*

*Política*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 89 pp.

ES (2021) *Energy Star*. [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab\\_history](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_history) (Cons. 07/06/2021)

Farrell AM (2010) Insufficient discriminant validity: A comment on Bove, Pervan, Beatty, and Shiu. *J. Bus. Res.* 63: 324-327.

Fornell C, Larcker DF (1981). Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics. *J. Market. Res.* 18: 382-388.

Giorgio G (2000) How Technology should be managed in the post-Fordist era. *Int. J. Technol. Manag.* 3: 1-9.

Hair J, Ringle C, Sarstedt M (2011) PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *J. Market. Theory Pract.* 19: 139-151.

Hair J, Hult T, Ringle C, Sarstedt M (2013) *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Sage. Thousand Oaks, EUA. pp 307.

Kaiser HF (1974) An index of factorial simplicity. *Psychometrika* 39: 31-36.

Kang S, Myung J, Yeon J, Ha SW, Cho T, Chung JM, Lee SG (2010) A general maturity model and reference architecture for SaaS service. *Int. Conf. on Database Systems for Advanced Applications*. Springer. Berlin, Alemania. pp. 337-346

Kurp P (2008) Green computing. *Commun. ACM* 51(10): 11-13.

Leal J (2005) Ecoeficiencia: *Marco de Análisis, Indicadores y Experiencias*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas. 82pp.

Levy J, Varela J (2006) *Modelización con Estructuras de Covarianza en Ciencias Sociales*. Netbiblo. La Coruña, España. 517 pp.

Liu L, Wang H, Liu X, Jin X, He WB, Wang QB, Chen Y (2009) GreenCloud: a new architecture for green data center. *Proc. 6th Int. Conference Industry Session on Autonomic Computing And Communications Industry*. pp. 29-38.

Luna JEO, Fernández EIG (2011) Herramienta de gestión de calidad para el proceso de software, orientada a Mipymes basado en la norma ISO/IEC 15504. *Rev. Virt. Univ. Catól. Norte* 33: 1-13.

Macías H, Téllez O, Dávila P, Casas A (2006) Los estudios de sustentabilidad. *Ciencias* 81: 20-31.

Mann, H, Grant, G, Singh, I. (2009) Green IT: An implementation framework. *Proc. Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*. Paper 121.

Mezher T, Nasrallah W, Alemeddine A (2006) Management of technological innovation in the Lebanese industry. *IEEE 2006 Technology Management for the Global Future-PICMET 2006 Conference 3*: 1064-1073.

Molla A, Corbitt B, Deng H (2008) GITAM: A model for the acceptance of Green IT. *19th Australasian Conf. on Information Systems*. pp. 3-5.

Murugesan S. (2008) Harnessing green IT: Principles and practices. *IT Profess.* 10: 24-33.

Padia N, Parekh M (2011) Cloud computing security issues, in enterprise architecture and its solutions. *Int. J. Comput. Applic.* 2: 149-155.

PNUMA (2021) *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>(Cons. 07/07/2021)

Pratim P (2011) The Green Grid saga - A green initiative to data centers: A review. *Ind. J. Comput. Sci. Eng. I*: 333-339.

Pressman R (2005) *Ingeniería del Software* (2ª ed.) Mc-Graw-Hill. México. 958 pp.

Ryan E (2008) Building Sustainable IT. *Cutter IT J.* 21(2): 6-12.

Sayed L, Gill S (2009) Implementation of Green IT: Implications for a dynamic resource. *Proc. Americas Conference on Information Systems (AMCIS)* Paper 381.

Sheikh RA (2011) SaaS BI: Sustainable business intelligence solution for SMB's. *Int. J. Res. Finance Market.* 1(3): 1-11.

Tiwari S (2011) Need of green computing measures for Indian IT industry. *J. Energy Technol. Policy* 1(4): 18-24.

Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kaźmierczak A, Niemela J, James P (2007) Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landsc. Urban Plann.* 81: 167-178.

Unhelkar B (2008) Lessons in implementing 'green'business strategies with ICT. *Cutter IT J* 21(2): 32.

Vykoukal J, Wolf M, Beck R (2009) Does Green IT matter? Analysis of the relationship between Green IT and Grid Technology from a resource-based view perspective. *Proc. PACIS* Paper 51.

---

## STRUCTURAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

José Luis Cantú-Mata, Fernando Torres-Castillo and José Segoviano-Hernández

### SUMMARY

*Carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>e) emissions derived from the use of ICTs have increased significantly since 1990. However, ICTs can reduce emissions by more than 12 Gt in the world economy by 2030. To address this situation, a structural model was developed to evaluate the variables ICT updating (Y<sub>1</sub>), ICT sustainable development (Y<sub>2</sub>), and financial risks*

*(Y<sub>3</sub>), from the perspective of companies that provide ICT services. A multivariate analysis model was designed and applied to a sample of 48 companies measured through a questionnaire with Likert scale. The results meet the fit of the model and demonstrate significant impact on the dependent variables analyzed.*

## MODELO ESTRUTURAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

José Luis Cantú-Mata, Fernando Torres-Castillo e José Segoviano-Hernández

### RESUMO

*As emissões de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) derivadas do uso das TICs, têm aumentado consideravelmente desde 1990. No entanto, as TICs podem reduzir suas emissões em, mais de 12Gt na economia mundial até 2030. Por tanto, para a abordagem desta situação, foi desenvolvido um modelo estrutural a fim de adotar o desenvolvimento sustentável das TICs nas empresas, levando em consideração as variáveis de atualização TIC (Y<sub>1</sub>), o*

*desenvolvimento sustentável das TICs (Y<sub>2</sub>) e os riscos financeiros (Y<sub>3</sub>), na perspectiva das empresas que se dedicam a prestar serviço na área das TICs. Foi desenhado um modelo de análise multivariada aplicado a uma amostra de 48 empresas mensuradas através de um questionário com escala de Likert. Os resultados se correspondem com o ajuste do modelo e demonstram um impacto significativo nas variáveis dependentes analisadas.*