

5^{to.}
aniversario

LOGOS

REVISTA ACADÉMICA DE LEAD UNIVERSITY

ENERO • JUNIO 2024

Vol. 5 No. 1



ISSN 2215-5910

LEAD
UNIVERSITY



Haga click
en el artículo
que desea
consultar.

CONTENIDO

INVESTIGACIONES

- 4** ¿Podemos confiar en las recetas médicas?
Un problema de agencia – principal que nadie
quiere atender. Evidencia empírica del caso en Chile
Sandro Zolezzi Hernández

ENSAYOS ANALÍTICOS

- 14** Impulso del desarrollo económico y científico
a través de la nanotecnología y promoviendo
la paz y la seguridad con diplomacia científica:
El papel estratégico de Costa Rica en la era
nanotecnológica
José Vega Baudrit y Monserrat Vargas-Solórzano
- 24** Oportunidad en la obsolescencia: La próxima
evolución de las oficinas y cómo el reposicionamiento
y la reconversión marcarán el futuro del sector
inmobiliario en Centroamérica
José Ignacio González Montejó, Daniel Álvarez Clare,
Carlos Richter Segura y Eduardo Vega Monge
- 40** Más allá del NPS: un indicador tridimensional
para la Satisfacción del Cliente
Toscano Luconi Esquivel
- 48** Telemedicina y el Internet de las Cosas Médicas
(IoMT): Superación de los desafíos y visualización
de las oportunidades para mejorar la calidad de vida
y la accesibilidad en el sector salud
José Vega Baudrit, Rebeca Corrales,
Luis Castillo Henríquez y Melissa Camacho
- 64** Desafíos de la aplicación del modelo socio
constructivista en las estrategias docentes
de LEAD University
Guillermo Zeledón Flores

DISCUSIÓN TEÓRICA

- 74** Transformación digital: evolución del concepto
Priscila Villanueva González

CASO DE ESTUDIO

- 102** Libro Blanco Extendido de Bitcoin.
Adaptado al Reglamento MiCA
Extended Bitcoin White Paper.
Adapted to EU MiCA Regulation
Javier Maestre Rodríguez, Juan Ignacio Ibañez
y Nancy Quirós Aguilar

RESEÑA DE LIBROS

- 126** Mario Agüero Obando

Director Editorial
Lorne Cruz Saborío

Miembros del Comité Editorial
Eduardo Ulibarri Bilbao
Gloriana Ivankovich Escoto
Lincy González Rojas
Marcela Hidalgo Solís
Willy Castro Guzmán

Diseño de Portada y Diagramación
Luis Fernando Quirós Abarca

Formato y Estilo / Repositorio Digital
Lorne Cruz Saborío

RAZÓN, PENSAMIENTO Y ARGUMENTOS

A esto se refiere *Logos*, un nombre que, junto a la investigación, revela la naturaleza integral de esta revista.

PRESENTACIÓN

ABRIMOS CAMINOS A LA GENERACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL SABER, ESTIMULANDO EL CONOCIMIENTO E IMPULSANDO LA CULTURA DE INVESTIGACIÓN

Durante los últimos cinco años, hemos experimentado un notable logro al mantener una consistencia al publicar nuestra revista académica dedicada a los temas de negocios y tecnología. Este hito representa un compromiso inquebrantable con la difusión de conocimientos relevantes y vanguardistas en un mundo en constante evolución. Nuestra perseverancia se refleja en cada número, donde hemos explorado exhaustivamente la intersección entre los avances tecnológicos y las estrategias empresariales, brindando a nuestros lectores una perspectiva única y valiosa.

A lo largo de estos cinco años, hemos establecido un espacio reconocido por su calidad, rigurosidad académica y relevancia práctica. Nuestro equipo editorial, compuesto por expertos en diversas disciplinas, ha trabajado incansablemente para seleccionar y presentar investigaciones que contribuyan significativamente al entendimiento de las complejidades empresariales y tecnológicas contemporáneas. Este logro no solo celebra nuestro pasado, sino que también establece una sólida base para futuros avances, reafirmando nuestro compromiso con la excelencia y la contribución continua al ámbito académico y profesional.

En esta nueva edición contamos con diez contribuciones en total, divididas en cinco secciones: Una

investigación; cinco ensayos; una discusión teórica; un estudio de caso y dos reseñas de libros.

En la primera sección, denominada “**Investigaciones**”, se incluye el trabajo realizado por **Sandro Zolezzi Hernández** titulado: **¿Podemos confiar en las recetas médicas? Un problema de agencia - principal que nadie quiere atender. Evidencia empírica del caso en Chile**. El texto destaca un problema de agencia en la relación médico-paciente en Chile, donde el paciente, con información limitada sobre su salud, delega la elección del medicamento al médico. Una encuesta de la Fiscalía Nacional Económica revela que el 77% de los pacientes no compara precios de medicamentos, y el 66% de los médicos no cambia la receta a pesar de solicitudes económicas. Esta falta de alineación de preferencias contribuye al alto costo de los medicamentos genéricos en comparación con los EE.UU., a pesar de la ley de bioequivalencia desde 2014.

La segunda sección “**Ensayos analíticos**”, inicia con la contribución de **José Vega Baudrit y Monserrat Vargas Solórzano** titulada: **Impulso del desarrollo económico y científico a través de la nanotecnología y promoviendo la paz y la seguridad con diplomacia científica: El papel estratégico de Costa Rica en la era nanotecnológica**. Este texto examina la intersección de la nanotecnología y

la diplomacia científica, enfocándose en Costa Rica. Destaca cómo el país puede utilizar la diplomacia científica para impulsar el desarrollo económico, abordar problemas locales con soluciones nanotecnológicas, proteger el medio ambiente y mantener compromisos internacionales, abogando por una estrategia coherente y ofreciendo recomendaciones para avanzar en este contexto de países en desarrollo.

También se suma el ensayo realizado por **José Ignacio González Montejó, Daniel Álvarez, Carlos Richter y Eduardo Vega** con el título: **Oportunidad en la obsolescencia: La próxima evolución de las oficinas y cómo el reposicionamiento y la reconversión marcarán el futuro del sector inmobiliario en Centroamérica**. El artículo destaca la importancia de la reinversión constante en activos inmobiliarios para mantener su competitividad a largo plazo. Se enfoca en la obsolescencia inmobiliaria como un desafío global y en Costa Rica, evaluando el mercado de oficinas y proponiendo estrategias para propiedades bien posicionadas, con potencial y obsoletas.

Otra contribución a esta sección es el ensayo realizado por **Toscano Luconi Esquivel** titulado **Más allá del NPS: un indicador tridimensional para la Satisfacción del Cliente**. El texto propone superar las limitaciones del Net Promoter Score (NPS) mediante un índice compuesto que integra el NPS, Customer Effort Score (CES), y el porcentaje de producto no conforme (%NC). Se ofrecen dos versiones del indicador con ponderaciones recomendadas para diferentes industrias en Costa Rica. Este enfoque proporciona una herramienta valiosa para fortalecer la relación con los clientes, mejorar áreas específicas y generar un impacto positivo en la lealtad del cliente y el rendimiento financiero de la empresa, siendo esencial para la competitividad en el mercado actual.

En esta misma sección se incluye el artículo de **José Vega Baudrit, Rebeca Corrales, Luis Castillo Henríquez y Melissa Camacho**, titulado: **Telemedicina y el Internet de las Cosas Médicas (IoMT): Superación de los Desafíos y Visualización de las Oportunidades para Mejorar la Calidad de**

Vida y la Accesibilidad en el Sector Salud. Este estudio examina el impacto potencial del Internet de las Cosas Médicas (IoMT) en la atención médica de Costa Rica, resaltando beneficios como acceso mejorado, gestión eficiente de recursos y prevención de enfermedades. A pesar de desafíos como interoperabilidad y seguridad, se espera que el IoMT transforme la atención médica costarricense, mejorando la accesibilidad y eficiencia.

Cierra esta sección, el ensayo realizado por **Guillermo Zeledón Flores**, con el título: **Desafíos de la aplicación del modelo socio constructivista en las estrategias docentes de LEAD University**. El artículo explora el socioconstructivismo como modelo pedagógico en LEAD University, siguiendo desde Piaget hasta adaptaciones modernas. La pandemia de COVID-19 impulsó un cambio a la enseñanza virtual, llevando a la universidad a diseñar estrategias para una transición híbrida. Se abordan desafíos y se proponen estrategias para guiar el planeamiento docente.

En la tercera sección denominada "**Discusión teórica**", se incorpora un artículo elaborado por **Priscila Villanueva González** con el título: **Transformación digital: Evolución del concepto**. El artículo examina la evolución del concepto de transformación digital, destacando su crucial papel en la competitividad empresarial en la era digital. Aunque se reconoce el impacto de las tecnologías digitales, se señala la falta de consenso en su definición y alcance, buscando proporcionar claridad en un contexto dinámico de desarrollo y adopción tecnológica.

La cuarta sección llamada "**Caso de estudio**", presenta un artículo realizado por **Javier Maestre, Juan Ignacio Ibañez y Nancy Quirós Aguilar** titulado: **Libro Blanco Extendido de Bitcoin. Adaptado al Reglamento MiCA**. Este texto indica que la llegada de Bitcoin en 2009 ha impactado diversos sectores, generando debates sobre su naturaleza. A más de una década de su existencia, la falta de consenso plantea desafíos regulatorios. El documento presenta "El Libro Blanco Extendido de Bitcoin" siguiendo

los requisitos de MiCA, buscando ser el primer criptoactivo en cumplir con estas disposiciones y facilitar su uso.

Finalmente la sección "**Reseña de libros**", muestra dos recomendaciones de lectura por **Mario Agüero Obando**, las cuales pretenden sumar nuevos conocimientos al acervo de nuestros lectores. La primera de ellas es el libro "**Driving value with Sprint Goals**" escrito por el autor **Maarten Dalmijn**. El texto reflexiona sobre el espíritu original de Scrum, destacando que va más allá de cambiar unidades de tiempo y medir velocidad. Se enfoca en la complejidad de los sistemas de información, abogando por "planes humildes" que prioricen lo esencial, permitiendo libertad, enfoque y alineación con la misión organizativa. La reseña subraya la importancia de aprender de errores, experimentar y cuestionar prácticas extendidas para proponer mejoras.

La segunda de las lecturas sugeridas corresponde al libro denominado "**Head First Design Patterns**" por los autores **Eric Freeman y Elizabeth Robson**. El texto elogia la serie "Head First" de la editorial O'Reilly, destacando su enfoque innovador y lúdico para hacer que la información sea accesible y memorable. Se enfoca sobre patrones de diseño, resaltando su claridad, sustancia y capacidad para inspirar sin sacrificar seriedad y profundidad. Se considera una introducción efectiva y un modelo para crear materiales educativos entretenidos pero serios.

Les invitamos a leer cuidadosamente y disfrutar de cada uno de los artículos contenidos en nuevo número. Seguiremos con el mismo compromiso de siempre, impulsando la cultura de investigación y apoyando el trabajo intelectual de nuestros docentes, investigadores y estudiantes.

Comité Editorial



¿PODEMOS CONFIAR EN LAS RECETAS MÉDICAS? UN PROBLEMA DE AGENCIA - PRINCIPAL QUE NADIE QUIERE ATENDER. EVIDENCIA EMPÍRICA DEL CASO EN CHILE

Recibido: 25 Octubre, 2023 • Revisado: 30 Noviembre, 2023 • Aceptado: 04 Diciembre, 2023

Sandro Zolezzi Hernández

RESUMEN

En este problema de agencia el principal es el paciente que, al poseer información limitada o asimetría de información sobre su condición de salud, cede la elección del medicamento al agente, representado por su médico, para que tome la decisión por él. Una encuesta realizada en Chile por la Fiscalía Nacional Económica (FNE) en 2018 muestra la distancia de preferencias que existe entre el agente y el principal en ese país. El 77% de los pacientes nunca comparó precios de medicamentos bajo receta antes de adquirirlos (e.g., esos pacientes los consideraron como bienes de conveniencia) y el 66% de los médicos no cambió el medicamento recetado a pesar de que el paciente le solicitó el más económico. Esta baja elasticidad de sustitución por parte del médico revela el desalineamiento de preferencias y objetivos entre el agente (médico) y el principal (paciente). Este fenómeno podría explicar en parte por qué a pesar de la ley de medicamentos genéricos bioequivalentes vigente desde el 2014 en Chile los precios de los medicamentos genéricos de venta bajo receta son en promedio un 43% más caros que en los EE.UU.

Palabras clave: Problema de agencia, principal, asimetría de información, precios de medicamentos, bioequivalentes, genéricos.

ABSTRACT

In this agency problem, the principal is the patient, who when having limited information or information asymmetry about their health condition, hands over the decision to choose their medication to the agent, represented by their physician. A survey conducted in Chile by Fiscalía Nacional Económica (FNE-Chile's national prosecutor's office) in 2018 shows the gap between the agent's preferences and the principal's preferences in that country. 77% of patients never compared prescribed medication prices before buying them (e.g., those patients considered them convenience goods) and 66% of physicians did not change the prescribed medication even though the patient asked for the least expensive one. This low elasticity of substitution on the part of the doctor reveals the preference and objectives misalignment between the agent (physician) and the principal (patient). This phenomenon might explain, in part, why despite the legislation on generic bioequivalent drugs, in force since 2014 in Chile, the prices of prescription's generic drugs are on average 43% more expensive than in the U.S.

Key words: Agency problem, principal, information asymmetry, drug prices, bioequivalents, generic drugs.

Sandro Zolezzi Hernández es Investigador Asociado de LEAD University y Research Fellow de la Academia de Centroamérica
sandro.zolezzi@outlook.com

INTRODUCCIÓN

En economía y ciencia política, el problema agente-principal hace referencia a aquellas situaciones en las que una entidad o persona, el “agente”, tiene la capacidad de afectar la situación de un tercero, “el principal”, a través de la toma de decisiones que conciernen a ambos. El dilema ocurre cuando “el agente”, al perseguir sus propios intereses, contraría la voluntad del “principal”. El problema se genera debido a la existencia de información asimétrica entre las partes. Es decir, que “el agente” posee más información que “el principal” y, por lo tanto, está en una posición de poder que le permite actuar en base a sus propios intereses. Esta asimetría también implica que el “principal” se ve incapacitado para discernir si las decisiones que toma el “agente” son de su propio interés o si, por lo contrario, afectarán negativamente a su situación (Akerlof y Kranton, 2005).

En el ámbito político, este fenómeno tiene cabida en el momento en que los gobernantes, como cualquier agente económico, buscan promover de manera arbitraria su propio beneficio a través de la ejecución de políticas públicas y la creación de leyes y decretos. El problema se agrava cuando comprendemos que la ciudadanía, es decir, el “principal”, tiene fragmentados sus intereses en distintos grupos. Esto da lugar al clientelismo político, de manera que si el político quiere conservar u obtener un puesto de poder debe promover los intereses específicos de determinados grupos de presión.

Los principales problemas que se originan en las relaciones de agencia derivan de la asimetría informativa a la que está sometido el principal, pues no puede observar en todo momento cuál es el comportamiento del agente, ni si éste actúa como se espera de él. Estas asimetrías de información pueden tomar diversas formas, como son la selección adversa y el riesgo moral. Ello provoca que surja la necesidad de incurrir en los denominados costos de agencia, que son de supervisión (soportado por el principal), de garantía (soportado por el agente) y la pérdida residual, que es la pérdida que se asume derivada de los elevados costos de supervisión y garantía en que habría que incurrir si se quiere cubrir todo comportamiento indebido por parte del agente.

ASIMETRÍA DE INFORMACIÓN

Existe asimetría informativa cuando la información se encuentra disponible, pero está desigualmente

distribuida. En estos casos es posible que aparezcan situaciones en las que la parte peor informada se niegue, racionalmente, a formar parte de las transacciones del mercado (Baye, 2006). La presencia de información asimétrica es frecuente en todo tipo de vínculos ya sean transacciones con acciones del capital de una empresa, transacciones entre empresa y consumidor, médico y paciente e incluso, de la empresa con sus trabajadores. Tomando como ejemplo la selección de personal, son los candidatos a un puesto de trabajo los que poseen información más completa y certera, por ello las empresas tratarán de invertir parte de su presupuesto en programar pruebas que les permitan conocer cuál es el verdadero nivel del candidato y cuáles sus principales habilidades, con el fin de asegurar que sean aquello que la empresa necesita (Spence, 1973).

Existen dos manifestaciones de información asimétrica que resulta necesario distinguir: la selección adversa y el riesgo moral

SELECCIÓN ADVERSA

La selección adversa es un problema de información oculta, se caracteriza porque en la transacción que se pretende realizar hay una parte que posee una información mejor que la otra acerca de una variable que resulta relevante a efectos de contratar, lo cual genera un desequilibrio importante en la toma de decisiones o pérdidas de eficiencia (Altaman et al., 1998). El problema existe antes de la formalización del contrato, es decir, es un problema de información ex ante. Un ejemplo representativo sería el de una póliza de seguro de salud. Una tarifa apropiada al riesgo medio atraerá a aquellos consumidores con un riesgo por encima de la media, que son aquellos a los que les compensaría pagar el precio del seguro, quedándose fuera aquellos con riesgo bajo (Rothschild y Stiglitz, 1976). Con este ejemplo se observa que en determinados casos son los propios agentes, conscientes de sus circunstancias, quienes se autoseleccionan y proporcionan al principal la información privilegiada que poseen, información que de lo contrario sería inobservable.

RIESGO MORAL

Otra manifestación de información asimétrica sería el riesgo moral, que se puede definir como aquella “forma de oportunismo poscontractual que aparece

porque algunas acciones que afectan a la eficiencia no son fácil y gratuitamente observables y las personas que las realizan pueden elegir la persecución de su propio interés personal a expensas del de los otros” (Milgrom y Roberts, 1993). Este término tiene su origen en el sector de los seguros, especialmente los seguros de salud, al hacer referencia a como los asegurados modifican su conducta provocando un aumento de los costos a la aseguradora.

REVISIÓN DE LA LITERATURA ACADÉMICA

Los temas de información y su disponibilidad están en el corazón de las relaciones del agente y principal. Arrow (1963) puntualizó que el mercado del cuidado de la salud está caracterizado por un alto grado de incertidumbre. Quizás esto se deba a que ni el médico ni el paciente tienen certeza sobre la enfermedad que sufre el paciente y cuál debiera ser el tratamiento óptimo.

Existe una vasta literatura académica que identifica las ineficiencias que surgen del problema de agencia para el contexto de médico y paciente. Un ejemplo de ello es el explicado por Gruber y Owings (1996), quienes observan que ginecólogos obstetras habrían utilizado su mayor nivel de información, relativo a sus pacientes, para sostener sus niveles de ingresos ante las bajas tasas de natalidad ocurridas en Estados Unidos entre 1970 y 1982. Dicha baja en la tasa de natalidad llevó a que los médicos realizaran un mayor número de cesáreas como proporción del total de nacimientos, las cuales son estadísticamente menos frecuentes que los partos naturales, y representan un costo (ingreso) mayor para el paciente (médico).

Iizuka (2007, 2012) por su parte estudia la relación de agencia existente para el contexto japonés. Ambos estudios son de particular interés, dado que en Japón está permitido legalmente que los médicos puedan prescribir y dispensar los medicamentos. Esto se conoce en este sector como integración vertical entre la prescripción y la dispensación de medicamentos, lo que facilitaría observar los incentivos monetarios a los que se enfrentan estos médicos. En su estudio de Iizuka (2007), utiliza datos de medicamentos para la hipertensión para confirmar que los márgenes de los medicamentos influyen directamente en las decisiones de prescripción de los médicos, en donde estos tienden a recetar los medicamentos con mayor margen,

reportándoles así un mayor ingreso. No obstante, el autor encuentra que los médicos son, además, relativamente más sensibles a los costos de desembolso de los pacientes (es decir, los pagos que salen de su bolsillo, no considerando los copagos de aseguradoras). Por tanto, se confirmaría la existencia de una relación de agencia imperfecta, donde los médicos sí representan el interés del paciente desde la perspectiva económica, pero solo de forma parcial.

Por otra parte, en Iizuka (2012), el autor estudia la relación de agencia en el contexto de la elección entre medicamentos de marca y genéricos por parte de los médicos. Sus resultados indican que los médicos usualmente fallan en internalizar los costos económicos (precios de los medicamentos y costo de oportunidad) de los pacientes, lo que explicaría la baja adopción de genéricos en Japón. Al igual que lo reportado en su estudio de 2007, los médicos nuevamente responderían a diferenciales en el margen de ambos tipos de productos, particularmente en los casos en que están verticalmente integrados, lo que confirma que sus decisiones sí estarían distorsionadas por los incentivos financieros a los que se enfrentan.

Este problema de riesgo moral en cuanto a la prescripción de medicamentos genéricos o de marca también es explicado por Lundin (2000). El autor confirma que al igual que los costos, los hábitos de los médicos y los gustos adquiridos por los pacientes también son factores relevantes al momento de una prescripción. En particular, el estudio muestra que los pacientes que deben pagar grandes costos desembolsados de su bolsillo son menos probables de ser prescritos con medicamentos de marca que pacientes que tienen gran parte de sus costos reembolsados por seguros, lo que indicaría la presencia de riesgo moral de parte de los doctores. En concreto, esto quiere decir que los médicos están dispuestos a recetarles medicamentos más caros a pacientes que tienen más poder adquisitivo y muy probablemente a aquellos que pueden contratar un seguro que cubra parte del costo de los medicamentos, lo que evidencia el alineamiento imperfecto de incentivos entre médicos y pacientes.

Otro ejemplo de las ineficiencias que surgen de la relación de agencia entre médicos y pacientes es lo descrito por Carrera *et al.* (2018). En su estudio, los autores investigan si los médicos responden a los costos y sensibilidad del gasto o a la elasticidad de precio de los

medicamentos de sus pacientes. Usando variaciones en los precios de medicamentos para reducir el colesterol y en el nivel de copago de los planes de sus pacientes, ellos encuentran que los médicos pueden percibir la elasticidad al precio que tienen los pacientes, y ajustan sus prescripciones iniciales de manera acorde. No obstante, esto ocurre solo en respuesta a un cambio grande y universal en el precio. En consecuencia, los médicos serían más sensibles a cambios en los copagos promedio, no a copagos idiosincráticos de sus pacientes de bajos ingresos.

Una manera adicional de estudiar la relación de agencia entre médicos y pacientes es cuantificar la influencia que terceros puedan tener en las decisiones de estos. Un ejemplo de esto es la publicidad de medicamentos dirigida a ambos actores, y cómo esta afecta la prescripción que realizan los médicos. Armantier y Namoro (2006) investigan esto último. Usando datos de medicamentos anti-glaucoma en Estados Unidos, los autores encuentran que las prescripciones son influenciadas tanto por la publicidad dirigida a los pacientes como la enfocada en los médicos. Los autores documentan que los médicos tienen una sensibilidad limitada al precio (e.g. baja elasticidad de precio) y que viene en segundo lugar con respecto a la eficacia del medicamento y las condiciones del paciente. En cuanto a la promoción, se determina que la información y entrega de muestras gratis tienen un efecto principalmente informativo en los médicos. No obstante, esta promoción sí tiene un efecto positivo en la probabilidad de prescripción de una droga. Por tanto, se nota que la influencia de terceros mediante la publicidad y promoción física de medicamentos sí tiene un efecto en la prescripción de medicamentos por parte de los médicos.

No obstante, el problema de agencia que se observa en la industria de la salud no es patrimonio individual de este sector, ya que existen otros mercados en donde las asimetrías de información entre los actores causan ineficiencias y riesgo moral por parte del agente, tal como los son el de las reparaciones automotrices (Schneider, 2012), viajes en taxi (Balafoutas *et al.*, 2013), y reparaciones de computadores (Kerschbamer *et al.*, 2016). Mientras que en los dos primeros mercados se documentan casos de sub y/o sobre tratamiento (fenómenos en donde no se identifican falencias o se proponen soluciones más costosas de lo necesario), en el tercero se identifica la presencia de

riesgo moral, en donde el agente sobretrata o cobra de más al principal cuando este sabe que el primero está cubierto por un seguro.

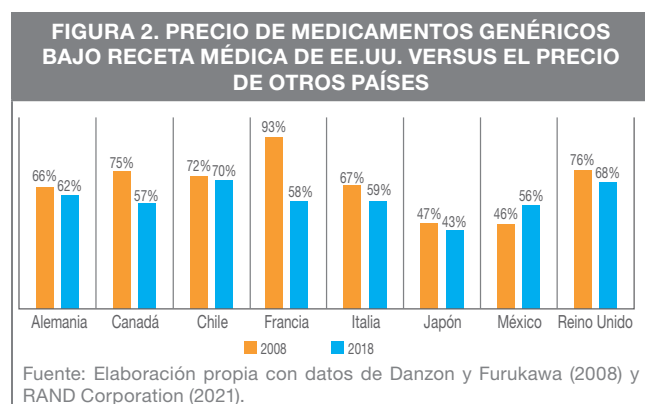
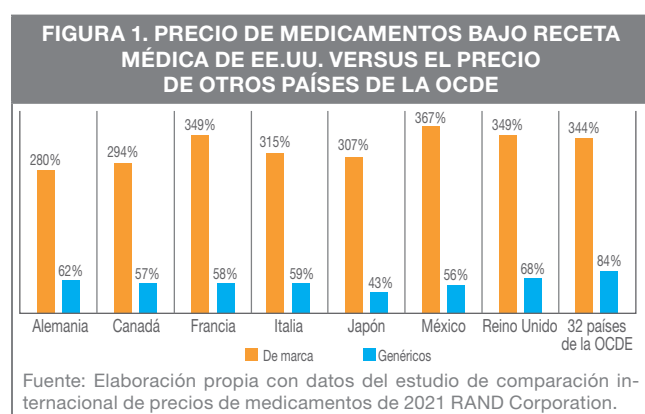
La literatura empírica tiene bastantes ejemplos de los problemas que nacen del problema de agencia entre médico y paciente, como la no internalización de los costos económicos del agente por parte del principal, los incentivos monetarios que tienen los principales de accionar distinto a las preferencias del agente, la influencia que factores externos como la publicidad pueden tener sobre ambos, el sobre o sub-tratamiento que realiza el principal, entre otros (Nguyen, 2011).

COMPARACIÓN DE PRECIOS DE MEDICAMENTOS BAJO RECETA MÉDICA

Este tema que preocupa a muchos se ha transformado de un tema eminentemente técnico a uno aparentemente de política contingente. Recientemente, el gobierno de Joe Biden dio a conocer una lista de 10 medicamentos de venta bajo receta médica cuyos precios negociará directamente con el fabricante. El esfuerzo es un aspecto central de la campaña de reelección de Biden, quien trata de convencer a los estadounidenses que merece un segundo período por sus esfuerzos para reducir los precios en medio de la inflación. Pero los efectos de las negociaciones, como de muchas medidas de política pública, toman su tiempo, y el reto para él es convencer a la gente que tenga paciencia. Lo que Biden está diciendo implícitamente es que los altos precios de los medicamentos de venta bajo receta se deben a los altos márgenes de comercialización de los distribuidores mayoristas y minoristas. Él quiere desintermediar el mercado de medicamentos de venta bajo receta en los EE.UU. Esta es una medida de política económica y no de política contingente.

Hacer un estudio que compare internacionalmente los precios de los medicamentos de venta bajo receta es una tarea muy compleja, pero necesaria. Un estudio publicado por RAND Corporation (2021) hace un análisis de precios a nivel de usuarios finales de medicamentos de marca y genéricos de venta bajo receta médica de 33 países miembros de la OCDE en 2018. Los precios son comparados para los medicamentos más vendidos en los EE.UU. en valor y volumen. El estudio incluye a los medicamentos de marca, medicamentos genéricos y son excluidos aquellos que se venden sin receta médica.

Los precios de medicamentos con venta bajo receta médicos pueden ser medidos en al menos dos etapas. La primera etapa es a nivel del laboratorio (precio del fabricante) que incluye el margen mayorista y la segunda a nivel detallista en las farmacias cuyos precios incluyen los márgenes mayorista y minorista. En este estudio de comparación de precios entre países se utilizan precios a nivel de farmacias. Cuando los índices de precios son mayores a 100% indican que los precios en EE.UU. son más altos que en el país de la comparación (Figura 1). Por el contrario, cuando los índices de precios son menores a 100% indican que los precios en EE.UU. son menores que en el país de la comparación (Figura 2). Danzon y Furukawa (2008), usan una metodología similar.



Lo que llama la atención que en promedio los medicamentos genéricos de venta bajo receta médica comparables en 2018 son en promedio 19% más caros en los 32 restantes miembros de la OCDE que en los EE.UU. El estudio también indica que para estos medicamentos los márgenes de distribución mayorista y

minorista de los 32 países del bloque son en promedio más altos que dichos márgenes en los EE.UU. Este estudio no menciona nada sobre como el precio a nivel a nivel de farmacias puede estar afectado por el problema de agencia entre quién compra los medicamentos (paciente) y quién los receta (médicos).

La Figura 2 muestra la evolución del índice de precios de medicamentos genéricos con venta bajo receta médica en el 2008 y 2018. Los índices se calculan al igual que en la Figura 1 como los precios de medicamentos de los EE.UU. sobre el precio de ese mismo medicamento en los países de la muestra. Todos los porcentajes, en ambos años, son menores a 100% lo que implica que los precios de los medicamentos genéricos bajo receta son más altos que en EE.UU. en todos los países de la muestra. Para este estudio nos interesa la evolución de los precios en Chile que se mantuvo relativamente constante en una década y que en el 2018 muestra que dichos precios en Chile son 1,43 veces más altos que los precios en EE.UU. ($100\%/70\% = 1,43$).

Un estudio del MEIC (2019), dice que en el mercado de medicamentos en Costa Rica existen tres distribuidoras (GFI, CEFA y Cofasa) que controlan el 60% del mercado de importación y distribución de medicamentos. Otras 46 se dividen el 40% restante del mercado. El mismo estudio dice que las distribuidoras están integradas verticalmente y tienen sus propias cadenas de farmacias, por ejemplo: GFI tiene a Sucre y a las Farmacias Santa Lucía; y el grupo empresarial Cuestamoras es dueño de la farmacéutica CEFA, sus distribuidoras y las cadenas Farmacia La Bomba y Farmacia Fischel. La alta concentración de pocos actores en este mercado puede explicar el alto precio de los medicamentos en Costa Rica los cuales reportan un aumento real del 4,5% para esta categoría con respecto al año pasado. Este incremento es 5 veces mayor que la inflación registrada para toda la canasta a mayo 2023, según datos del Índice de Precios al Consumidor del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Este estudio del MEIC (2019) podría enriquecerse analizando las implicaciones que puede tener el problema de agencia en la relación médico-paciente en el precio de estos medicamentos en Costa Rica, y adicionalmente se podría distinguir la venta de medicamentos de las cadenas de farmacias y de las localizadas dentro de los hospitales privados del país¹.

¹ Los médicos podrían estar integrados verticalmente entre la prescripción y dispensación de medicamentos (Iizuka 2007, 2012) con esas farmacias después que la prescripción de los medicamentos es realizada en la misma cita médica en los hospitales privados.

EVIDENCIA DEL CASO EN CHILE

Para el desarrollo del estudio se ha recopilado información proveniente de la Fiscalía Nacional Económica² (FNE) que permite contar con un set de datos adecuado para el análisis de este problema de agencia en Chile:

- Encuesta Ipsos a consumidores en más de 300 farmacias (1.621 pacientes)
- Encuesta Ipsos a médicos (324 médicos)

EVIDENCIA SUGERIDA DE LA ENCUESTA A CONSUMIDORES

Fueron encuestados a 1.621 consumidores en más de 300 farmacias. El 62% de la muestra son mujeres y el 58,7% están asegurados por Fondo Nacional de Salud (FONASA, sistema público). El 35,1% tiene contrato de salud con alguna Institución Previsional de Salud (ISAPRE, sistema privado). La edad promedio de la muestra es un poco mayor a 43 años sin diferencias significativas por género (Tabla 1).

TABLA 1. TIPO DE SEGURO MÉDICO					
Género	FONASA (público)	Isapre (privado)	Otros	Total	
Hombre	318	254	44	616	38,0%
Mujer	633	315	57	1.005	62,0%
Total	951	569	101	1.621	100,0%
	58,7%	35,1%	6,2%	100,0%	

Nota: En la categoría otros entran los contratos de salud de las instituciones de la Fuerzas Armadas de Chile.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta a consumidores, (2023).

En Chile los hogares son clasificados en seis grupos de nivel socioeconómico: AB (clase alta), C1 (clase

media acomodada), C2 (clase media típica), C3 (clase media baja), D (clase media vulnerable) y E (pobres). Era esperable que la muestra estuviese sesgada hacia los grupos socioeconómicos de mayores ingresos quienes son los mayores compradores de medicamentos en farmacias (Tabla 2).

Más del 80% de los consumidores compra sus medicamentos en las tres cadenas de farmacias que dominan el mercado local en el año 2018 (Tabla 3). Interesantemente, no existe diferencias significativas en el comportamiento de compra por género. Este dominio persiste a pesar de que esas tres cadenas de farmacias debieron desembolsar 2,6 millones de dólares en compensaciones por la colusión de los medicamentos ocurrida entre diciembre de 2007 y marzo de 2008. Este fallo se enmarca en una demanda colectiva presentada por el Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC) en el año 2013 por la colusión en el alza de precios de 206 medicamentos³.

TABLA 3. LUGAR DE COMPRA DE MEDICAMENTOS				
Género	Cadenas de farmacias	Farmacias independ.	Otros	Total
Hombre	79,2%	18,8%	2,1%	100,0%
Mujer	80,8%	16,0%	3,2%	100,0%
Total	80,3%	16,8%	2,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta a consumidores, (2023).

El 77% de los consumidores no tuvieron la intención de comparar precios antes de adquirir un medicamento. El 56% declara no haberlo hecho dado que siguieron la recomendación del médico, contra un 21% que declaró no hacerlo porque es el medicamento que acostumbra a comprar. Además, el 45% de los

TABLA 2. NIVEL SOCIOECONÓMICO DE LA MUESTRA							
Género	ABC1	C2	C3	D	E	Total	
Hombre	151	209	187	63	6	616	38,0%
Mujer	227	355	260	145	18	1.005	62,0%
Total	378	564	447	208	24	1.621	100,0%
	23,3%	34,8%	27,6%	12,8%	1,5%	100,0%	

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta a consumidores, (2023).

² La Fiscalía Nacional Económica (FNE) es la agencia chilena encargada de defender y promover la libre competencia en todos los mercados o sectores productivos de la economía chilena. La Ley de Defensa de la Competencia (DL 211) establece que la FNE es un servicio público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, independiente de todo organismo o servicio, que se encuentra sometida a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

³ <https://www.sernac.cl/portal/604/w3-article-57935.html#:~:text=Las%20tres%20cadenas%20de%20farmacias,2007%20y%20marzo%20de%202008>

consumidores realiza la compra en aquella farmacia más cercana a su hogar lo que transformaría a estos medicamentos en bienes de conveniencia. El hecho de que un 77% de los pacientes decidiera no comparar precios de medicamentos con venta bajo receta médica porque seguirían fielmente lo recomendado por su médico muestra claramente la relación de agencia existente entre ambos actores.

Al preguntarle a los consumidores si cambiarían el medicamento que compraron en caso de que el dependiente, regente o químico de la farmacia le sugiera “un medicamento distinto al prescrito por su médico, pero que tiene el mismo efecto y un precio más bajo”, casi la mitad de los consumidores sustituiría el medicamento prescrito (48%), lo que representa una baja sustantiva respecto del 96% que declaró comprar el medicamento que prescribió su médico. Se puede inferir que el regente de la farmacia tendría un rol importante en cuanto a aliviar el desalineamiento de incentivos entre médicos y pacientes.

EVIDENCIA SUGERIDA DE LA ENCUESTA A MÉDICOS

Fueron encuestados a 324 médicos. El 56,2% de la muestra son médicos que prestan sus servicios en el sector público y el 43,8% lo hace desde el sector privado de salud en Chile. La experiencia promedio de la muestra llega a un poco más de 24 años y destaca que los médicos del sector privado son los que tienen más años de experiencia (Tabla 4).

TABLA 4. MÉDICOS ENCUESTADOS POR TIPO DE INSTITUCIÓN

Tipo de institución donde trabaja	Cantidad de médicos		Años promedio de experiencia
Consulta privada	33	10,2%	31,4
Prestador institucional privado	109	33,6%	25,7
Prestador institucional público	182	56,2%	22,0
Total	324	100,0%	24,2

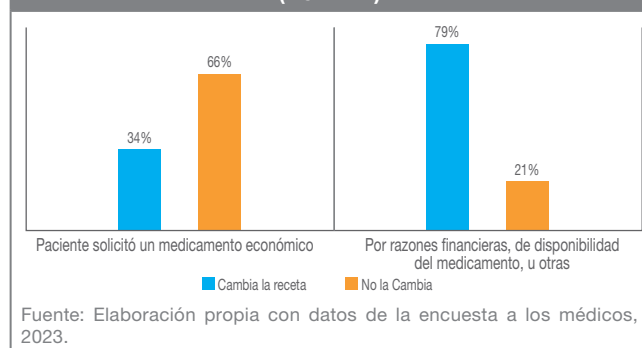
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta a los médicos, (2023).

La presencia de ineficiencias causadas por el actuar del agente puede medirse bajo varias perspectivas, algunas de forma más directa que otras. Una

forma directa es evaluar qué tan dispuesto está el médico a alterar su prescripción ante una solicitud explícita del paciente. La existencia de esta solicitud revelaría al médico que el paciente no está conforme con lo prescrito por él, reflejando así una internalización imperfecta de las preferencias del principal por parte del agente. Para evaluar la reacción del médico ante esta petición, se desarrollaron dos preguntas en la encuesta, una de las cuales se preguntada de forma indirecta (mediante dos preguntas relacionadas y consecutivas) y la otra de manera directa, a modo de ver si existe consistencia y correlación entre ambas respuestas (FNE, 2018).

En primer lugar, se le realizó al médico la pregunta indirecta. En esta, se le pidió al médico seleccionar el medicamento que más receta (dentro de un conjunto de alternativas conocidas por él) dada una patología común propia de su especialidad médica. Posteriormente, se le solicitó al médico que nuevamente escogiera el medicamento que recetaría, pero ahora considerando que el paciente “le solicitó un medicamento económico”. Del total de médicos que respondió ambas preguntas (304 de 324), solo un 34% de ellos alteró su prescripción original, contra un 66% que no lo hizo. Es decir, solo 1 de cada 3 médicos alteraría su prescripción ante necesidades económicas de su paciente. Esta baja elasticidad de sustitución por parte del médico revela el desalineamiento de preferencias y objetivos entre el agente (médico) y el principal (paciente).

En segundo lugar, bastante más adelante en la encuesta, se le preguntó al médico directamente si éste ha modificado alguna vez la prescripción de un medicamento ante la petición de un paciente, ya sea por “razones financieras, de disponibilidad del medicamento, u otras”. Del total de respuestas a esta pregunta (304 de 324), un 79% de los médicos declaró que sí ha modificado una prescripción, cifra significativamente superior al 34% reportado en la pregunta indirecta descrita anteriormente. A su vez, si se analizan ambas preguntas a nivel individual, se verifica que 3 de cada 4 médicos fueron inconsistentes en sus respuestas, lo que revelaría un posible comportamiento estratégico por parte de los médicos en cuanto a responder lo políticamente correcto (Figura 3).

FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DEL MÉDICO (AGENTE)

Una encuesta realizada por la FNE (2018) a visitantes médicos revela que más de dos tercios de ellos no creen que la bioequivalencia permite intercambiar dos medicamentos de forma segura. Así, no es sorpresivo que la encuesta realizada a los médicos de cuenta de que un porcentaje considerable (alrededor de un 35%) declara no confiar en que la política de bioequivalencia permita intercambiar de manera segura los medicamentos, y un porcentaje relevante parece tener concepciones erradas sobre qué significa la bioequivalencia⁴.

Un 60% de los médicos encuestados no considera que referentes y bioequivalentes sean equivalentes farmacéuticos entre sí. Del mismo modo, más de un 30% de los médicos considera que los bioequivalentes no comparten principios activos, y más de un 40% de estos considera que no tienen la misma eficacia y seguridad con respecto al referente. Vale señalar que estas respuestas son muy similares a aquellas dadas por los visitantes médicos.

A los visitantes y médicos que respondieron que no, se les hizo una pregunta abierta para que explicaran sus razones (FNE, 2018):

- 16% de los visitantes argumenta que desconfía en la regulación misma y en las instituciones que la fiscalizan, lo que se repite en el 18% de los médicos encuestados.
- 17% de los visitantes señala que el medicamento bioequivalente no produce los mismos efectos que el original correlativamente un 27% de los médicos argumenta en el mismo sentido.

- 17% de los visitantes señala que no existe certeza científica respaldada por estudios serios que demuestren su eficacia terapéutica, mismo argumento que señala el 33% de los médicos.
- Finalmente, un 36% de los visitantes considera que la política de bioequivalencia en Chile no permite intercambiar de forma segura medicamentos equivalentes terapéuticos porque los estudios se realizan in vivo y no in vitro, mientras que un 21% de los médicos respondió el mismo argumento.

RECOMENDACIONES PARA REDUCIR EL PROBLEMA DE AGENCIA ENTRE MÉDICO Y PACIENTE

La primera pregunta es saber si existen suficientes medicamentos bioequivalentes para hacer la sustitución:

De acuerdo con el Instituto de Salud Pública⁵ (ISP) de Chile existen pocos mercados de medicamentos clínicos en los que el paciente puede efectivamente intercambiar o sustituir. De acuerdo con los datos entregados por el ISP, del total de registros sanitarios de medicamentos genéricos que requieren algún tipo de receta médica sólo aproximadamente un 20% de ellos son equivalentes terapéuticos, y por lo tanto constituyen una alternativa intercambiable del referente para el consumidor.

Una de las primeras recomendaciones es implementar la política que las farmacias deban dispensar o entregar al consumidor siempre el producto comercial más económico (original o bioequivalente) dentro de la categoría de medicamento clínico recetado. Esto busca modificar la forma en que se dispensa actualmente.

La importancia de esta medida radica en que actualmente el sistema opera con una regla que por defecto entrega el producto comercial recetado y que permite intercambiar por uno bioequivalente si es que existe.

La alternativa que se sugiere es que por defecto se dispense el bioequivalente más económico. Esta sola regla alteraría la forma en que las personas se

⁴ La bioequivalencia implica la igualdad de efectos biológicos de dos medicamentos, hasta el punto de poder ser intercambiados sin modificación significativa de sus efectos (terapéuticos y adversos). La bioequivalencia debe demostrarse mediante los correspondientes ensayos clínicos.

⁵ El Instituto de Salud Pública de Chile (ISP) es un servicio público, que posee autonomía de gestión y está dotado de personalidad jurídica y de patrimonio propio, dependiendo del Ministerio de Salud para la aprobación de sus políticas, normas y planes generales de actividades, así como en la supervisión de su ejecución.

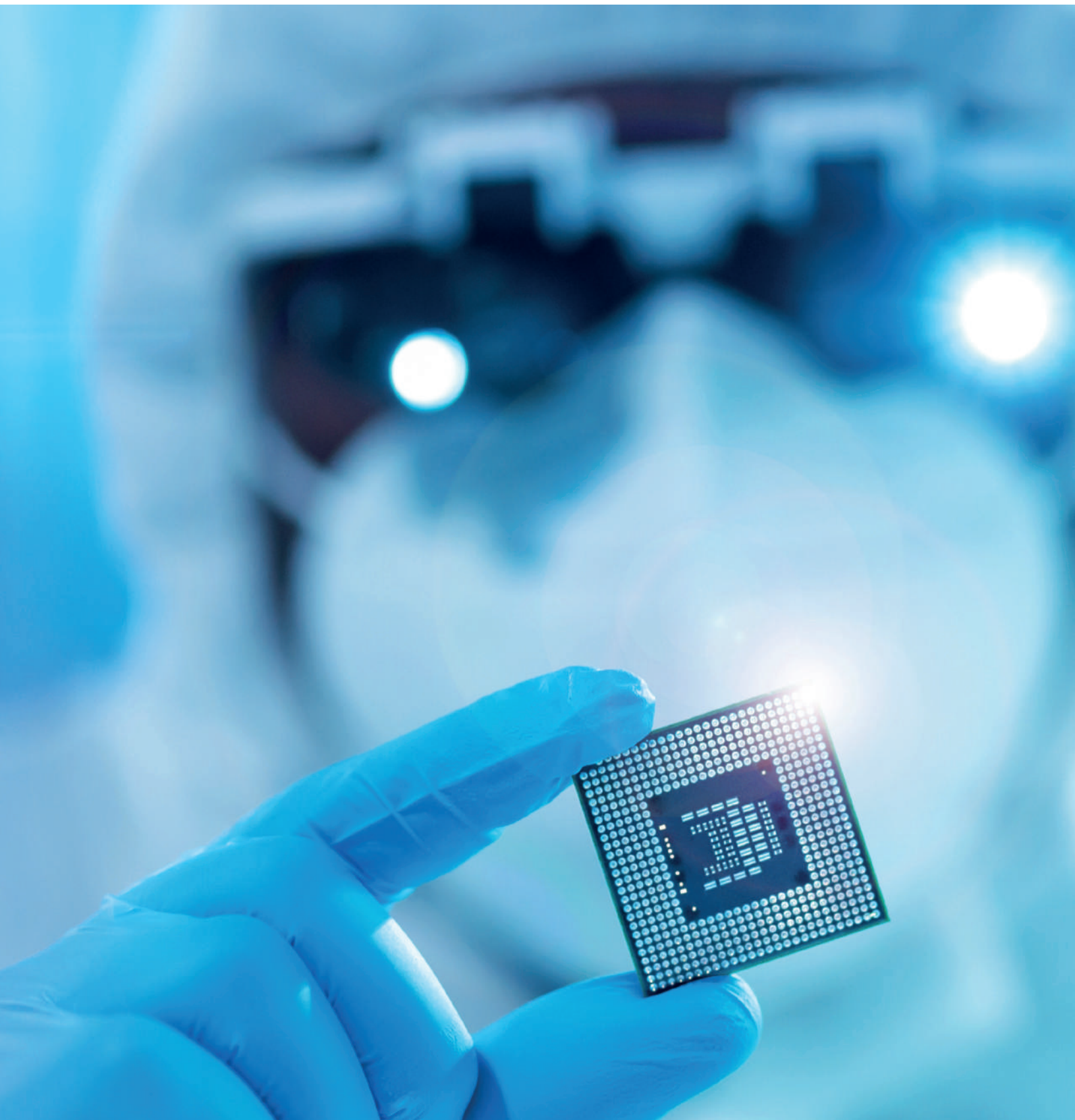
relacionan con los productos bioequivalentes desde el punto de vista de su compra. Así, bajo este sistema, el dependiente de farmacias entregará físicamente al paciente el bioequivalente más económico y en caso de que el paciente no quiera ese, sino que otro producto comercial de su preferencia, deberá realizar un esfuerzo para cambiar el medicamento (FNE, 2018).

Por último, para superar las asimetrías de información, un mayor desarrollo de las condiciones marco de

un sistema de atención de salud juega un papel central. La información sobre salud proporcionada en Internet para las personas que buscan asesoramiento es una posibilidad para lograr una mayor alfabetización sanitaria; aquí también se podrían lograr ganancias en eficiencia. Existe un riesgo de desinformación usando más fuentes de información, pero los pacientes pueden fortalecer su papel como actores claves y ampliar su autorresponsabilidad. (Langer *et al.*, 2009).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akerlof, G.A. y Rachel E.K. 2005. Identity and the Economics of Organizations. *Journal of Economic Perspectives*, 19 (1): 9-32.
- Altman, D., Cutler, D. M. y Zeckhauser, R. J. (1998). Adverse selection and adverse retention. *American Economic Review*, 122-126.
- Armantier, O. y Soiliou Daw, N. (2006). *Prescription drug advertising and patient compliance: A physician agency approach. Advances in Economic Analysis & Policy*.
- Arrow KJ. (1963). Uncertainty and the welfare economics of medical care. *American Economic Review* 53: 941-73.
- Balafoutas, L; Beck, A.; Kerschbamer, R. y Sutter, M. (2013). What drives taxi drivers? A field experiment on fraud in a market for credence goods. *Review of Economic Studies*.
- Baye, M. R. y Moreno, Y. (2006). *Economía de empresa y estrategia empresarial*. McGraw-Hill.
- Carrera, M.; Goldman, D.; Joyce, G. y Sood, N. (2018). Do physicians respond to the costs and cost-sensitivity of their patients? *American Economic Journal: Economic Policy*.
- Danzon, P. y Furukawa, M.F. (2008). International Prices and Availability of Pharmaceuticals in 2005. *Health Affairs*, 27(1): January/February, pp. 221-233.
- Fiscalía Nacional Económica (2018). *Estudio de Mercado sobre Medicamentos (EM03-2018)*. Documento de trabajo.
- Fusun, G.; Carter, F. y Petrova, E. (2001). Promotion of prescription drugs and its impact on physicians' choice behavior. *Journal of Marketing*.
- Gruber, J. y Owings, M. (1996). Physician Financial Incentives and Cesarean Section Delivery. *The RAND Journal of Economics*.
- Iizuka, T. (2007). Experts' agency problems: evidence from the prescription drug market in Japan. *The RAND Journal of Economics*.
- Iizuka, T. (2012). Physician agency and adoption of generic pharmaceuticals. *American Economic Review*.
- Kerschbamer, R.; Neururer, D. y Sutter, M. (2016). *Insurance Coverage of Customers Induces Dishonesty of Sellers in Markets for Credence Goods. Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Langer, A.; Schröder-Bäck, P.; Brink, A. *et al.* The agency problem and medical acting: an example of applying economic theory to medical ethics. *Med Health Care and Philos* 12, 99-108 (2009).
- Lundin, D. (2000). Moral hazard in physician prescription behavior. *Journal of Health Economics*.
- MEIC. (2019). *Estudio del mercado privado de medicamentos a nivel detallista en Costa Rica*. <https://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2019/medicamentos/DIEM-INF-006-19.pdf>
- Milgrom, P. R. y Roberts, J. (1993). *Economía, organización y gestión de la empresa*.
- Nguyen, H. (2011). *The principal-agent problems in health care: evidence from prescribing patterns of private providers in Vietnam*, *Health Policy and Planning*. 26 (1): i53-i62,
- RAND Corporation (2021). *International Prescription Drug Prices Comparison. Current empirical estimates*.
- Rothschild, M. y Stiglitz, J. (1976). Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4), 629-649.
- Schneider, H. (2012). Agency Problems and Reputation in Expert Services: Evidence from Auto Repair. *The Journal of Industrial Economics*.
- Spence, M. (1973). Job Market Signaling. *The Journal of Industrial Economics*. *The Quarterly Journal of Economics*, 87(3): 355-374



IMPULSO DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y CIENTÍFICO A TRAVÉS DE LA NANOTECNOLOGÍA Y PROMOVRIENDO LA PAZ Y LA SEGURIDAD CON DIPLOMACIA CIENTÍFICA: EL PAPEL ESTRATÉGICO DE COSTA RICA EN LA ERA NANOTECNOLÓGICA

Recibido: 8 Octubre, 2023 • Revisado: 20 Noviembre, 2023 • Aceptado: 07 Diciembre, 2023

José Vega Baudrit
y Monserrat Vargas-Solórzano

RESUMEN

Este estudio aborda la intersección de la nanotecnología y la diplomacia científica, centrándose particularmente en el caso de Costa Rica. Como país comprometido con los derechos humanos, la paz y la sostenibilidad, Costa Rica enfrenta oportunidades y desafíos únicos en la adopción y regulación de la nanotecnología. Analizamos cómo Costa Rica puede utilizar la diplomacia científica para promover el desarrollo económico y científico, implementar soluciones nanotecnológicas para problemas locales, proteger el medio ambiente y asegurar su reputación y compromisos internacionales. Subrayamos la importancia de tener una estrategia coherente que integre la nanotecnología y la diplomacia científica, y ofrecemos recomendaciones para avanzar. Este trabajo tiene como objetivo contribuir al debate sobre la diplomacia científica y la nanotecnología en el contexto de los países en desarrollo. Proporciona un marco de referencia útil para los tomadores de decisiones y las partes interesadas en la intersección de estos campos.

Palabras clave: nanotecnología, diplomacia científica, regulaciones, innovaciones, ciencia.

ABSTRACT

This study addresses the intersection of nanotechnology and scientific diplomacy, with a specific focus on the case of Costa Rica. As a country committed to human rights, peace, and sustainability, Costa Rica faces unique opportunities and challenges in adopting and regulating nanotechnology. We explore how Costa Rica can leverage scientific diplomacy to promote economic and scientific development, implement nanotechnological solutions for local challenges, safeguard the environment, and uphold its reputation and international commitments. We emphasize the importance of having a coherent strategy that integrates nanotechnology and scientific diplomacy and offer recommendations for the way forward. This work aims to contribute to the discourse on scientific diplomacy and nanotechnology within the context of developing countries. It provides a valuable reference framework for decision-makers and stakeholders at the nexus of these fields.

Key words: nanotechnology, scientific diplomacy, regulations, innovations, science.

José Vega Baudrit es Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT. Es profesor de LEAD University y de la Universidad Nacional, Escuela de Química; jvegab@gmail.com

Monserrat Vargas Solórzano es Diplomática de la Dirección de Política Exterior en el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es un campo de la ciencia y la ingeniería centrado en manipular y controlar la materia a escalas muy pequeñas, generalmente entre 1 y 100 nanómetros. Esta tecnología tiene una amplia gama de aplicaciones en sectores como medicina, electrónica, energía y materiales avanzados, por nombrar algunos. Debido a su potencial para impactar una amplia variedad de industrias y áreas de la sociedad, la nanotecnología es un tema significativo en la diplomacia científica (Schummer, 2004; Harsoliya, 2012; Baba, 2006, Utreja *et al.*, 2020).

En el contexto actual, los países han comprendido que promover la ciencia, la tecnología y la innovación dentro de las políticas de desarrollo y económicas es esencial para mejorar la sostenibilidad y abordar diversos desafíos globales. Existe una interrelación entre promover y defender intereses nacionales y regionales a nivel internacional, con la necesidad de políticas claras y estrategias de cooperación internacional que fortalezcan competencias, gracias a la transferencia de tecnología y conocimientos (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica, 2021). Por lo tanto, la diplomacia científica debe involucrar el intercambio de información y conocimientos, colaborar en proyectos de investigación y desarrollo, y establecer normas y estándares internacionales en áreas de investigación científica y tecnológica (Łuszczuk *et al.*, 2020; Harden-Davies, 2017).

En esta realidad, los científicos son agentes sociales de primera línea para la gestión y análisis de crisis y la toma de decisiones informadas, entre otras funciones. Por otro lado, la diplomacia es una función para la defensa de la soberanía nacional y tiene una relación directa con los intereses de los Estados; es en este punto donde la intersección entre los dos -diplomacia y ciencia- se vuelve interesante, ya que la diplomacia científica busca la participación de la ciencia en la toma de decisiones y la búsqueda de soluciones globales a problemas sociales a gran escala. Los científicos y especialistas emiten constantemente alertas y buscan respuestas a los desafíos actuales, por lo que su articulación con estructuras de toma de decisiones, tanto nacionales como internacionales, es fundamental. Sin embargo, la influencia de la diplomacia pública en estos temas no puede ser opacada, y el impacto positivo de las sinergias entre ambos actores es significativo (Vargas, 2021).

Para el avance y posicionamiento de la nanotecnología, la diplomacia científica puede desempeñar varios roles importantes. Primero, puede ayudar a facilitar la cooperación y colaboración internacional en investigación y desarrollo en el sector/área. Esto puede incluir el intercambio de información y conocimientos, cooperación en proyectos de investigación y desarrollo, y la formación de consorcios de investigación internacionales (Bhati *et al.*, 2019; Maclurcan, 2009).

En segundo lugar, la diplomacia científica puede ayudar a establecer normas y estándares internacionales para la nanotecnología. Esto es especialmente importante debido a los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente asociados con la nanotecnología y las posibles implicaciones para la seguridad y defensa (Powell, 2007).

Finalmente, la diplomacia científica puede ayudar a gestionar y mitigar posibles conflictos y tensiones sobre la nanotecnología. Esto podría incluir, por ejemplo, conflictos sobre propiedad intelectual, disputas comerciales o preocupaciones sobre la proliferación de tecnologías de doble uso que podrían usarse tanto para fines pacíficos como militares (Riazi *et al.*, 2019).

En resumen, la nanotecnología y la diplomacia científica están intrínsecamente vinculadas, y el uso efectivo de la diplomacia científica puede ayudar a maximizar los beneficios de la nanotecnología mientras minimiza sus riesgos y desafíos.

ESTUDIO DE CASO: COSTA RICA

Conocida internacionalmente por su compromiso con los derechos humanos, la paz, el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente, Costa Rica produce grandes oportunidades para avanzar en estas áreas de interés a través de la diplomacia científica y la nanotecnología (Mitchell, 1991; Cristal *et al.*, 2021; Mungaray-Moctezuma *et al.*, 2015). A continuación, algunas razones:

1. Desarrollo económico y científico: Costa Rica podría beneficiarse de la colaboración internacional en nanotecnología para impulsar su economía y desarrollar su capacidad científica y tecnológica. Esto podría incluir el intercambio de conocimientos y tecnologías, la capacitación de científicos costarricenses en laboratorios extranjeros y atraer inversiones extranjeras en investigación y desarrollo. Hoy

en día, los conglomerados con capacidades significativas existen solo desde una perspectiva manufacturera.

2. Soluciones a problemas locales: La nanotecnología tiene el potencial de contribuir a resolver problemas locales en Costa Rica. Por ejemplo, podría usarse en purificación de agua, generación de energía renovable, mejora de la producción agrícola o prevención y tratamiento de enfermedades.
3. Protección del medio ambiente: Dada la rica biodiversidad de Costa Rica y su compromiso con la protección del medio ambiente, la nanotecnología podría usarse para desarrollar nuevas tecnologías y materiales ecológicos, o para monitorear y proteger su biodiversidad.
4. Normas y estándares: A través de la diplomacia científica, Costa Rica podría influir en la creación de normas y estándares internacionales para la nanotecnología que reflejen sus valores y prioridades, como sostenibilidad, protección del medio ambiente y paz.
5. Paz y seguridad: Desde el ámbito de la negociación internacional, la diplomacia científica costarricense podría contribuir a gestionar y resolver posibles conflictos y tensiones en relación con la nanotecnología, promoviendo el uso pacífico y responsable de esta tecnología.

FIGURA 1. POTENCIAL DE COSTA RICA PARA AVANZAR EN TEMAS DE DERECHOS HUMANOS, LA PAZ, EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE A TRAVÉS DE LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA Y LA NANOTECNOLOGÍA



Como miembro de la OCDE, Costa Rica tiene acceso a una red de países activamente involucrados en la investigación y desarrollo de nanotecnología. Costa Rica puede usar esta plataforma para compartir sus logros y desafíos en nanotecnología, aprender de las experiencias de otros países y colaborar en proyectos de investigación conjunta. Además, la OCDE puede guiar y apoyar a Costa Rica en la formulación de políticas y regulaciones relacionadas con la nanotecnología.

En resumen, dentro del marco de la OCDE, Costa Rica puede utilizar la nanotecnología y la diplomacia científica para promover sus intereses de desarrollo y participar activa y beneficiosamente en la comunidad internacional. La membresía de Costa Rica en la OCDE ofrece oportunidades para el intercambio de conocimientos, colaboración en investigación y el desarrollo de políticas y regulaciones efectivas en el campo de la nanotecnología.

DESARROLLO ECONÓMICO Y CIENTÍFICO

La colaboración internacional, el intercambio de conocimientos y la atracción de inversiones extranjeras para investigación, desarrollo e innovación, son algunas de las acciones que podrían impulsar significativamente el desarrollo en estas áreas (Hasmin *et al.*, 2022; Li y Li, 2022; Peng *et al.*, 2020).

La nanotecnología es un sector de alta tecnología con un tremendo potencial de crecimiento. A medida que avanza esta área, surgen continuamente nuevas oportunidades en medicina, energía, agricultura, materiales avanzados y electrónica. Al invertir y participar activamente en la investigación y desarrollo de nanotecnología, Costa Rica podría posicionar su economía en un sector de alto valor agregado y en crecimiento, creando nuevos empleos, empresas innovadoras y oportunidades de exportación.

Una estrategia de posicionamiento en nanotecnología requiere y exige el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas. Por ejemplo, la investigación e innovación en nanotecnología solo puede ocurrir gracias a habilidades y conocimientos en ciencias básicas como física, química y biología, así como en disciplinas de ingeniería. Al invertir en nanotecnología, Costa Rica también estaría invirtiendo en fomentar vocaciones STEM y fortaleciendo la educación y formación en estas disciplinas, lo que podría ayudar a desarrollar

una fuerza laboral más calificada y competitiva (Porter y Youtie, 2009; Slan y Ozcan, 2017). Es el caso de la creación del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC bajo la sombrilla de Centro Nacional de Alta Tecnología CENAT del Consejo Nacional de Rectores CONARE de Costa Rica, con una alta inversión en recurso humano, infraestructura y equipos.

Además, el desarrollo de nanotecnología puede promover la innovación y la creatividad. La nanotecnología es un campo interdisciplinario que a menudo requiere la colaboración entre científicos de diferentes disciplinas y aplicar enfoques y técnicas innovadoras. Esto podría fomentar una cultura de innovación y creatividad en Costa Rica, beneficiando a la sociedad y la economía (Kay *et al.*, 2009).

A través de la diplomacia científica, Costa Rica podría establecer alianzas y colaboraciones con instituciones de investigación, empresas y gobiernos de otros países. Estas colaboraciones podrían facilitar el intercambio de conocimientos y tecnologías, acceso a recursos y equipos de investigación, y la capacitación de científicos costarricenses en laboratorios extranjeros. Todo esto podría ayudar a acelerar el desarrollo de la nanotecnología en Costa Rica y mejorar la competitividad del país en este campo.

La diplomacia científica también puede ayudar a atraer inversiones extranjeras en investigación y desarrollo de nanotecnología en Costa Rica. Esto podría incluir, por ejemplo, atraer a empresas extranjeras para establecer laboratorios de investigación y desarrollo en Costa Rica, o atraer financiamiento extranjero para proyectos de investigación y desarrollo en nanotecnología o sectores relacionados donde sus aplicaciones tengan un alto impacto. Esto podría contribuir al desarrollo económico y científico del país y crear empleos y oportunidades (Li y Li, 2022; Coccia *et al.*, 2012; Echeverría *et al.*, 2022).

Finalmente, la diplomacia científica y la nanotecnología tienen el potencial de desempeñar un papel significativo en el desarrollo económico y científico de Costa Rica. A través de la colaboración internacional, el intercambio de conocimientos y la atracción de inversiones extranjeras, Costa Rica podría posicionarse como un actor principal en este sector, que, como se ha señalado, tiene un alto valor agregado y está en constante crecimiento y evolución, desarrollar sus

capacidades científicas y tecnológicas, y fomentar la innovación y creatividad en su sociedad.

PAZ Y SEGURIDAD

La diplomacia científica es una herramienta efectiva para mantener y promover la paz y la seguridad, especialmente en áreas sensibles como la nanotecnología, que tiene muchas aplicaciones civiles y militares. Con su larga tradición de neutralidad y compromiso con la paz, Costa Rica puede encontrar estrategias a través de la diplomacia científica para promover la nanotecnología dentro de los compromisos internacionales de paz y seguridad (Ilina *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2022; Echeverría *et al.*, 2022; Krisna Surya Narindra, Sudibyo y Lukman Yudho Prakoso, 2022).

La diplomacia científica puede desempeñar un papel crucial en la prevención de conflictos relacionados con la nanotecnología. Por ejemplo, a medida que evoluciona la nanotecnología, pueden surgir disputas sobre propiedad intelectual, acceso a mercados o estándares técnicos. A través de la diplomacia científica, Costa Rica puede trabajar con otros países para establecer mecanismos de negociación y resolución de disputas que promuevan la cooperación y eviten el conflicto, a través de los Ministerios de Relaciones Exteriores (Riazi *et al.*, 2019; Sparrow, 2009).

Además, la nanotecnología tiene varias aplicaciones de doble uso que pueden usarse para fines civiles y militares. Esto incluye tecnologías que pueden usarse en armas o defensa, lo que podría crear tensiones y contribuir a una carrera armamentista. Como país comprometido con la paz y la no proliferación de armas, Costa Rica puede usar la diplomacia científica para promover el uso pacífico y responsable de la nanotecnología y prevenir su aplicación con fines militares (Bae *et al.*, 2017; Hosseini y Rezaei, 2010).

La diplomacia científica también puede ser útil para construir confianza y comprensión entre los países. Al trabajar juntos en proyectos de investigación y desarrollo de nanotecnología, los países pueden aprender a comprenderse y respetarse mutuamente, lo que puede ayudar a reducir tensiones y prevenir conflictos.

Esto puede incluir, por ejemplo, promover normas que prioricen la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, o que minimicen los riesgos para la salud y la seguridad. Al influir en estas normas, Costa

Rica puede ayudar a garantizar que el desarrollo de la nanotecnología se alinee con sus valores y prioridades (Sharma *et al.*, 2022; Ezema *et al.*, 2014).

Finalmente, la diplomacia científica puede ayudar a Costa Rica a mantenerse al tanto de los últimos avances en nanotecnología y comprender mejor sus implicaciones para la paz y la seguridad. Esto puede incluir, por ejemplo, monitorear los últimos avances en nanotecnología militar o analizar las implicaciones de seguridad de las nuevas tecnologías de doble uso. Este conocimiento puede ser útil para Costa Rica en su toma de decisiones y política de seguridad.

En resumen, la diplomacia científica puede ser una herramienta valiosa para Costa Rica en la gestión de la nanotecnología de una manera que promueva la paz y la seguridad. Esto puede implicar prevenir conflictos, promover el uso pacífico y responsable de la nanotecnología, construir confianza y comprensión entre los países, influir en las normas y reglas internacionales, y mantener una comprensión actualizada de las implicaciones de seguridad de la nanotecnología. Algunos ejemplos vinculados a este punto podrían ser:

1. Estados Unidos y Rusia - Reducción de Armas Nucleares: La diplomacia científica ha desempeñado un papel crucial en las negociaciones de desarme entre Estados Unidos y Rusia. Aunque no está directamente relacionado con la nanotecnología, este ejemplo muestra cómo la diplomacia científica puede promover la paz y la seguridad. Científicos de ambos países han trabajado juntos para verificar el desmantelamiento de armas nucleares y garantizar que las tecnologías nucleares se utilicen con fines pacíficos (Dong *et al.*, 2016; Gao *et al.*, 2016).
2. Irán y el Acuerdo Nuclear de 2015: La diplomacia científica también fue instrumental en las negociaciones que llevaron al acuerdo nuclear de 2015 entre Irán y las potencias mundiales. Los científicos actuaron como intermediarios y ayudaron a establecer una línea de comunicación común entre las partes. Aunque el acuerdo ha tenido sus altibajos, proporciona un ejemplo de cómo la diplomacia científica puede gestionar tecnologías de doble uso y promover la paz.
3. China y Cooperación Internacional en Nanotecnología: China ha estado utilizando la

diplomacia científica para fortalecer su posición en nanotecnología. Ha establecido acuerdos y alianzas cooperativas en nanotecnología con países como Australia, Reino Unido y Singapur. Estos acuerdos facilitan el intercambio de conocimientos y colaboración en investigación y desarrollo, lo que ayuda a construir confianza y prevenir posibles conflictos.

4. Organización para la Prohibición de Armas Químicas (OPAQ): La OPAQ es otro ejemplo de diplomacia científica en acción, aunque no directamente relacionada con la nanotecnología. Esta organización internacional utiliza la diplomacia científica para prevenir armas químicas, promoviendo la cooperación e intercambio de información entre países.

COMPARATIVA REGIONAL: AVANCES EN NANOTECNOLOGÍA Y DIPLOMACIA CIENTÍFICA EN AMÉRICA LATINA

América Latina ha experimentado un crecimiento notable en el campo de la nanotecnología en las últimas décadas. Aunque hay diferencias entre los países en términos de inversión, investigación y desarrollo, el interés regional es evidente. Brasil es, sin duda, uno de los líderes en nanotecnología en América Latina. Con inversiones significativas del gobierno y la creación de centros de investigación dedicados, Brasil ha demostrado un fuerte compromiso con esta área de la ciencia. Su diplomacia científica se ha manifestado en acuerdos bilaterales con países como Argentina y México en el ámbito de la nanotecnología (Melo, 2011).

México ha establecido varios institutos y centros de investigación centrados en nanotecnología. Su diplomacia científica se ha centrado en establecer acuerdos y colaboraciones con universidades y centros de investigación en Estados Unidos y Europa. Además, México ha buscado fortalecer los lazos regionales, como se evidencia en sus acuerdos con Brasil y otros países de América Latina. En el caso de Argentina, aunque con un enfoque más reciente que Brasil y México, ha mostrado un crecimiento constante en el campo de la nanotecnología. El país ha establecido programas nacionales para impulsar la investigación y ha buscado cooperación internacional para fortalecer sus capacidades.

En el caso de Costa Rica, aunque no cuenta con la misma inversión y tamaño de infraestructura que los países mencionados anteriormente, ha mostrado un fuerte compromiso con la sostenibilidad, los derechos humanos y la paz. Su enfoque en la diplomacia científica se ha orientado hacia la creación de un marco normativo y ético en la nanotecnología. Además, ha buscado establecer colaboraciones regionales y beneficiarse de la transferencia de conocimientos de países con más experiencia en la región.

Algunos puntos destacados en la comparación con Costa Rica son:

- **Inversión y Desarrollo:** Aunque países como Brasil y México lideran en términos de inversión en nanotecnología, Costa Rica tiene la oportunidad de enfocarse en áreas nicho, aprovechando su compromiso con la sostenibilidad y la biodiversidad.
- **Diplomacia Científica:** Costa Rica puede aprender de los acuerdos bilaterales y colaboraciones que países como México y Brasil han establecido, pero también puede ofrecer un enfoque único basado en sus compromisos nacionales e internacionales con la paz y el medio ambiente.
- **Colaboraciones Regionales:** Mientras que países como Argentina y México han establecido fuertes lazos de cooperación, Costa Rica puede buscar establecer colaboraciones estratégicas con estos y otros países de la región, enfocándose en áreas específicas donde el país tiene fortalezas o intereses particulares.

CONCLUSIONES

La nanotecnología, con su amplia gama de posibles aplicaciones, ofrece numerosas oportunidades para los países en desarrollo y aquellos comprometidos con los ODS, como Costa Rica. Desde la promoción del desarrollo económico y científico hasta la creación de soluciones para problemas locales, regionales e internacionales, la nanotecnología puede ser un catalizador significativo para el cambio positivo. Sin embargo, para aprovechar completamente estas oportunidades, es esencial que Costa Rica también invierta en diplomacia científica.

Como puente entre la ciencia, la política pública y la política exterior, la diplomacia científica puede facilitar la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos y ayudar a establecer normas y regulaciones que guíen el uso y desarrollo de la nanotecnología. También es una herramienta clave para promover el uso pacífico de la nanotecnología y mitigar cualquier tensión o conflicto potencial debido a sus aplicaciones.

Combinar nanotecnología y diplomacia científica permite a Costa Rica promover su crecimiento y desarrollo y contribuir a la paz y seguridad global. Esto subraya la importancia de tener una estrategia coherente y bien pensada que integre estos dos elementos.

A medida que nos adentramos en la era de la nanotecnología, la diplomacia científica se convierte en una herramienta cada vez más relevante. Para países como Costa Rica, esta combinación puede ofrecer un camino prometedor hacia el desarrollo sostenible; crecimiento económico de alto valor agregado; solución de problemas locales, regionales y globales; y promoción de la paz y la seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baba, Y. (2006). [Nanotechnology in medicine].. *Nihon rinsho. Japanese journal of clinical medicine*, 64(2), 189-198.
- Bae, S.-H., Kim, J., Shin, K.-M., Yoon, J.-S., Kang, S.-K., Kim, J.-H., ... Han, C.-H. (2017, April 15). Comparative Analysis of Co-Authorship and Keyword Network for Nanotechnology: Carbon Nanomaterials Field. *Journal of The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*. The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers. <https://doi.org/10.7735/ksmte.2017.26.2.172>
- Bhati, M., Bansal, K., y Rai, R. (2019). Capturing thematic intervention of nanotechnology in agriculture sector: A scientometric approach. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 84, 313-359. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2019.04.012>
- Coccia, M., Finardi, U., y Margon, D. (2012). Current trends in nanotechnology research across worldwide geo-economic players. *The Journal of Technology Transfer*. 37, 777-787 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10961-011-9219-6>
- Cristal, A., Soler, M. G., y Guerra, M. (2021). Closing the Gap Between Emerging Initiatives and Integrated Strategies to Strengthen Science Diplomacy in Latin America. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 6, 664880. <https://doi.org/10.3389/frma.2021.664880>
- Dong, H., Gao, Y., Sinko, P. J., Wu, Z., Xu, J., y Jia, L. (2016). The nanotechnology race between China and the United States. *Nano Today*, 11(1), 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2016.02.001>
- Echeverría, L., Camacho Toro, R., Figueroa, P., Galvis, L. A., González, A., Suárez, V. R., Torres Atencio, I., y Widmaier Müller, C. N. (2022). Organized Scientific Diaspora and Its Contributions to Science Diplomacy in Emerging Economies: The Case of Latin America and the Caribbean. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 7, 893593. <https://doi.org/10.3389/frma.2022.893593>
- Ezema, I., Ogbobe, P., y Omah, A. (2014). Initiatives and strategies for development of nanotechnology in nations: a lesson for Africa and other least developed countries. *Nanoscale Research Letters*, 9, 133 (2014). <https://doi.org/10.1186/1556-276X-9-133>
- Gao, Y., Jin, B., Shen, W., Sinko, P. J., Xie, X., Zhang, H., y Jia, L. (2016). China and the United States–Global partners, competitors and collaborators in nanotechnology development. *Nanomedicine: Nanotechnology, biology, and medicine*, 12(1), 13. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2015.09.007>
- Harden-Davies, H. R. (2017). Research for Regions: Strengthening Marine Technology Transfer for Pacific Island Countries and Biodiversity beyond National Jurisdiction, *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 32(4), 797-822. doi: <https://doi.org/10.1163/15718085-13204023>
- Harsoliya, M.S. (2012). Recent Advances & Applications of Nanotechnology in Diabetes. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive*, 3.
- Hasmin, N. A., Matmin, J., y Basir, S. A. (2022). National nanotechnology policies in Malaysia, European Union and United States: A comparative analysis. *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(3), 72-92. <https://doi.org/10.55197/qjssh.v3i3.148>
- Hosseini, S. M., y Rezaei, R. (2010). Factors affecting the perceptions of Iranian agricultural researchers towards nanotechnology. *Public Understanding of Science*. <https://doi.org/10.1177/0963662509348455>
- Ilina, I., Malenko, S., Vasileva, I., y Rebrowa, T. (2021). The Application of the Science Diplomacy Model: The Russian and International Experience. *Science Governance and Scientometrics*. 16(1):10-46. DOI: <https://doi.org/10.33873/2686-6706.2021.16-1.10-46>
- Kay, L., Invernizzi, N., y Shapira, P. (2009). *The role of Brazilian firms in nanotechnology development*. 2009 Atlanta Conference on Science and Innovation Policy. Atlanta, GA, USA, pp. 1-8, <http://dx.doi.org/10.1109/ACSIP.2009.5407593>
- Krisna Surya Narindra, Sudibyo, y Lukman Yudho Prakoso. (2022). The Role of Strategic Diplomacy in the National Nuclear Power Plant Development Plan in Indonesia in Supporting Energy and National Defense. *International Journal of social science and human research*, 05(1), 333-336. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5928888>
- Li, Z., & Li, H. (2022). The Contribution Rate of Advanced Scientific and Technological Progress and the Internal Circulation of China's Economy. *Academic Journal of Science and Technology*, 1(2), 25-31. <https://doi.org/10.54097/ajst.v1i2.295>
- Łuszczuk, M., Padrtova, B., y Szczerbowicz, W. (2020). Political dimension of Arctic research. *Oceanologia*, 62(4), 608-621. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.03.008>
- Maclurcan, D.C. (2009). Southern Roles in Global Nanotechnology Innovation: Perspectives from Thailand and Australia. *Nanoethics*. 3, 137-156. <https://doi.org/10.1007/s11569-009-0063-1>

- Melo, J. (2011). Tiempos de expansión y cambio: Industrias mediáticas en Brasil. *Infoamérica; Iberoamerican Communication Review*, 87-96.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica. 2021. Nota conceptual DGPE- 015-2021: «Diplomacia Científica».
- Mitchell, C. (1991). International EMS: Lessons learned in Costa Rica. *The American Journal of Emergency Medicine*, 9(4), 375-378. [https://doi.org/10.1016/0735-6757\(91\)90062-O](https://doi.org/10.1016/0735-6757(91)90062-O)
- Mungaray-Moctezuma, A. B., Perez-Núñez, S. M., y López-Leyva, S. (2015). Knowledge-Based Economy in Argentina, Costa Rica and Mexico: A Comparative Analysis from the Bio-Economy Perspective. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 3(2), 213. <https://www.managementdynamics.ro/index.php/journal/article/view/134>
- Peng, B, Sheng, X., y Wei, G. (2020). Does environmental protection promote economic development? From the perspective of coupling coordination between environmental protection and economic development. *Environmental Science and Pollution Research*. 27, 39135-39148 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09871-1>
- Porter, A. L., y Youtie, J. (2009). How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of Nanoparticle Research*, 11(5), 1023-1041. <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9607-0>
- Powell, M. (2007). New risk or old risk, high risk or no risk? How scientists' standpoints shape their nanotechnology risk frames. *Health, Risk & Society*. 9:2, 173-190, DOI: 10.1080/13698570701306872
- Riazi, S., Baghestan, A., Ideris, A., Khaniki, H., Zavare, M., y Farahmand, E. (2019). Science and Technology Diplomacy and the Power of Students: The Case of Iranian Students in Malaysia. *The Journal of social sciences and Humanities*. 27(1):649-662.
- Riazi, S.A., Baghestan, A.G., Ideris, A., Khaniki, H., Zavare, M.A., y Farahmand, E. (2019). Science and Technology Diplomacy and the Power of Students: The Case of Iranian Student in Malaysia. *The Journal of social sciences and humanities*, 27, 649-662.
- Schummer, J. (2004). Societal and Ethical Implications of Nanotechnology. *Techné: Research in Philosophy and Technology*. 8 (2):56-87. <https://doi.org/10.5840/techne2004825>
- Sharma, J., Pérez Valerino, D. R., Widmaier, C. N., Lima, R., Gupta, N., y Varshney, S. K. (2022). Science Diplomacy and COVID-19: Future Perspectives for South-South Cooperation. *Global Policy*, 13(2), 294-299. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.13027>
- Slam, N., y Ozcan, S. (2017). The management of nanotechnology: Analysis of technology linkages and the regional nanotechnology competencies. *R&D Management*, 47(1), 111-126. <https://doi.org/10.1111/radm.12161>
- Sparrow, R. (2009). The Social Impacts of Nanotechnology: An Ethical and Political Analysis. *Journal of Bioethical Inquiry*. 6, 13-23 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11673-009-9139-4>
- Utreja, P., Verma, S., Rahman, M., y Kumar, L. (2020). Use of Nanoparticles in Medicine, Current *Biochemical Engineering* (Discontinued) 2020; 6(1). <https://dx.doi.org/10.2174/2212711906666190724145101>
- Vargas, M. (2021). El papel del científico en el manejo de pandemias. Una dimensión de la Diplomacia Científica. *Revista Costarricense de Política Exterior*. 36: 199-212. [files.php\(rree.go.cr\)](https://files.php(rree.go.cr))





OPORTUNIDAD EN LA OBSOLESCENCIA: LA PRÓXIMA EVOLUCIÓN DE LAS OFICINAS Y CÓMO EL REPOSICIONAMIENTO Y LA RECONVERSIÓN MARCARÁN EL FUTURO DEL SECTOR INMOBILIARIO EN CENTROAMÉRICA

Recibido: 30 Octubre, 2023 • Revisado: 30 Noviembre, 2023 • Aceptado: 19 Diciembre, 2023

José Ignacio González Montejo, Daniel Álvarez Clare,
Carlos Richter Segura y Eduardo Vega Monge

RESUMEN

La reinversión constante sobre los activos inmobiliarios es un principio clave para mantener su competitividad a largo plazo. A pesar de esto, los activos afrontan múltiples retos para convertirlo en una realidad aplicable. Esto genera que la obsolescencia inmobiliaria represente un desafío mundial, así como en Costa Rica. Ante este escenario, este artículo evalúa el mercado de oficinas del país, con el propósito de analizar la relación entre oferta y demanda de espacios de oficinas y su posible desequilibrio. Para esto, caracteriza las oficinas según su clase, antigüedad, calidad constructiva, accesibilidad, flexibilidad y sostenibilidad, relacionándolas con las tendencias de demanda de los inquilinos.

El objetivo del estudio es generar tres grandes focos de discusión. Por una parte, qué deben hacer los propietarios de edificios que hoy están bien posicionados para mantenerlos competitivos a futuro. En segunda instancia, qué estrategias pueden ejecutar para reposicionar a los activos de oficinas que tienen potencial, pero que hoy están reportando un bajo rendimiento. Por último, qué planes de acción se deben desarrollar para reconvertir o transformar los activos ya obsoletos.

Palabras clave: Obsolescencia, Oficinas, Tendencias Laborales, Mercado Inmobiliario, Empresas Multinacionales, Demanda de Espacios.

ABSTRACT:

Constant reinvestment in real estate assets is a key principle for maintaining their long-term competitiveness. However, these assets face multiple challenges in turning this principle into an applicable reality. This results in global real estate obsolescence, including in Costa Rica. In this scenario, the article assesses the country's office market to analyze the relationship between supply and demand for office spaces and potential imbalances. To achieve this, it characterizes offices based on their class, age, construction quality, accessibility, flexibility, and sustainability, aligning them with tenant demand trends.

The study aims to generate three major discussion points. Firstly, what actions should landlords of well-positioned buildings take to keep them competitive in the future. Secondly, what strategies can be implemented to reposition office assets with high potential, but currently experiencing low performance. Lastly, what action plans should be developed to reconvert or transform obsolete assets.

Keywords: Obsolescence, Office Spaces, Labor Trends, Real Estate Market, Multinational Companies, Space Demand.

José Ignacio González Montejo es Director Regional de Business Intelligence de Cushman & Wakefield | AB Advisory. Cuenta con más de 8 años de experiencia liderando servicios de consultoría estratégica inmobiliaria a nivel regional.

Daniel Álvarez Clare es CEO de Cushman & Wakefield | AB Advisory para Centroamérica y Caribe, con más de 16 años de experiencia asesorando a las empresas líderes en la región en sus estrategias inmobiliarias.

Carlos Richter Segura es Analista Regional de Business Intelligence de Cushman & Wakefield | AB Advisory, especializando en gestión de proyectos y desarrollo de estudios inmobiliarios y consultorías estratégicas en sectores de oficinas, industria, comercio y usos mixtos.

Eduardo Vega Monge es Analista Regional de Business Intelligence de Cushman & Wakefield | AB Advisory, especializando en análisis demográficos y en el desarrollo de estudios inmobiliarios y consultorías estratégicas en sectores de oficinas, industria, comercio y usos mixtos.

INTRODUCCIÓN

Tanto el desarrollo inmobiliario como los requerimientos de los clientes han cambiado. Actualmente, Costa Rica tiene más de un 69% de su inventario de oficinas en riesgo de obsolescencia, distribuido en los distintos submercados del Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica, compuesta por 164 distritos de 31 cantones de las provincias de San José, Heredia, Alajuela y Cartago.

La actualización del inventario debe verse como uno de los principales objetivos por parte de los propietarios, quienes deben invertir en la mejora de sus espacios en torno a las tendencias actuales de las empresas usuarias, a fin de mantenerse atractivos y fortalecer su posicionamiento a futuro.

Las experiencias vividas durante la pandemia sentaron las bases de una nueva tendencia laboral con el teletrabajo, a tal punto que, tanto empresas como trabajadores se vieron obligados a adoptarlo repentinamente. Una vez superada la pandemia global, muchas personas cuestionaron el modelo anterior marcando una clara preferencia hacia la modalidad virtual o hacia combinaciones de trabajo presencial y virtual, es decir, trabajo híbrido, por encima de regresar a la presencialidad absoluta.

Para los trabajadores, el principal atractivo de este modelo híbrido es la flexibilidad, la cual aporta mayor conciliación entre el trabajo y la vida familiar. Para las empresas, por su parte, representa una reducción de los costos relacionados a su huella física.

Por su parte, el mantener una importante proporción de trabajo presencial permite a las personas facilitar su crecimiento y desarrollo profesional y enfocarse en sus habilidades de colaboración y socialización. Para las empresas, la presencialidad permite aumentar los niveles de compromiso por parte de sus colaboradores y aprovechar al máximo la oficina física para efectos de colaboración, innovación y trabajo en equipo.

Estos cambios en el modelo laboral han transformado tanto la oferta como la demanda del mercado, reajustando las prioridades de las empresas, en cuanto a sus oficinas físicas y generando un contexto de demanda más riguroso hacia el llamado *flight to quality*, donde las empresas buscan espacios más

competitivos, lo que a su vez aumenta el riesgo de obsolescencia de múltiples activos en el país.

La realidad cambiante del mercado ha generado un nuevo sentido de idoneidad inmobiliaria, en donde los aspectos de interacción comunitaria, entendimiento de necesidades y prácticas responsables de sostenibilidad se han convertido en los principales requerimientos, dando inicio a un cambio de perspectivas y prioridades dentro del mismo.

Bajo este contexto, la importancia de identificar estos activos con riesgo de obsolescencia debe convertirse en una oportunidad y necesidad para los propietarios.

EL ESTADO DE LA OFERTA INMOBILIARIA

Definición

El mercado de oficinas de Costa Rica cuenta con más de 2 millones de metros cuadrados, segmentado en 6 submercados (Alajuela, Cartago, Heredia, San José Centro, San José Este y San José Oeste) y 3 clases de inventario, las cuales se han clasificado para el siguiente estudio en las categorías de "superior", "intermedio" e "inferior".

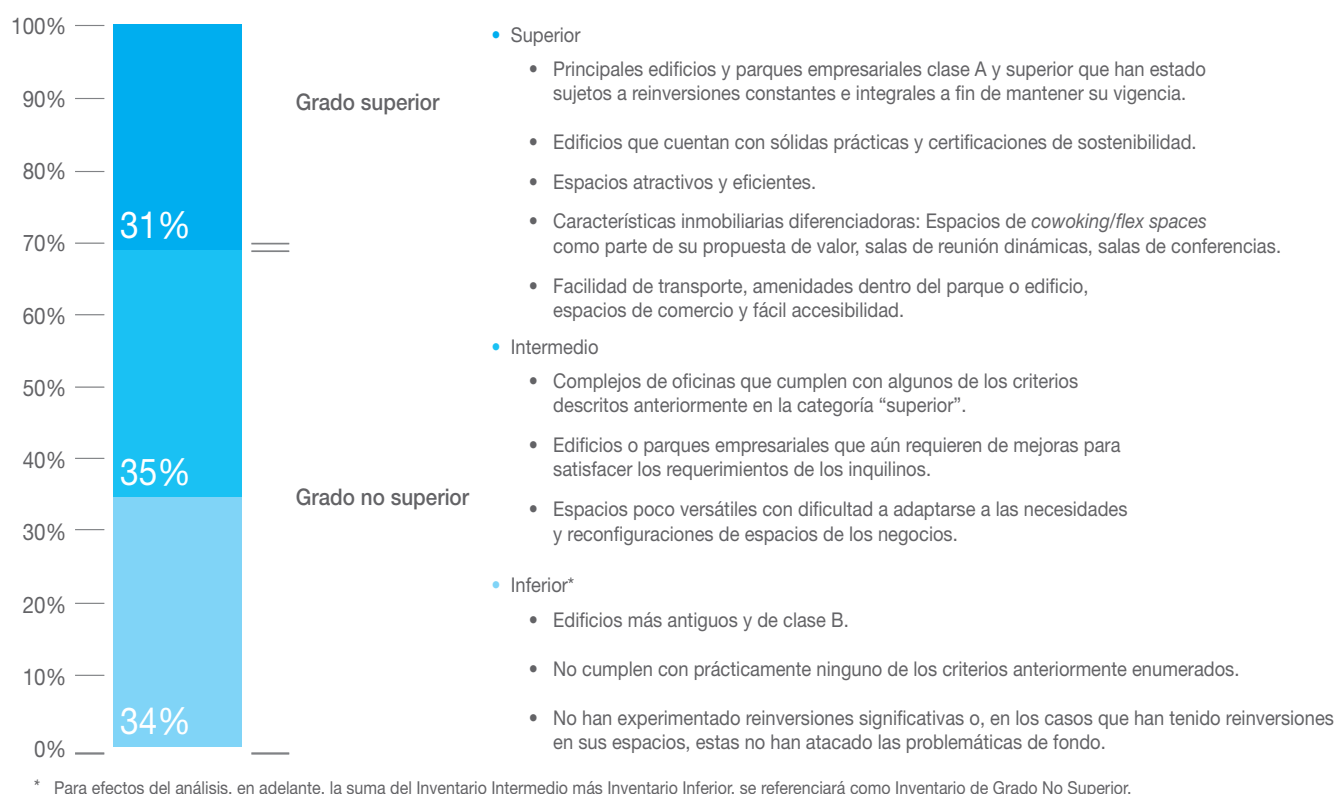
Se considera que cada uno de los edificios y parques empresariales del mercado inmobiliario de oficinas puede agruparse en las categorías anteriormente descritas, esto sin excluir cada una de las características únicas de dichos inmuebles.

En la figura 1, se presenta la división por categoría del mercado nacional.

El mercado inmobiliario de oficinas ha experimentado un amplio crecimiento de su inventario en los últimos años, enfocado en solventar la exigente demanda proveniente de la atracción y crecimiento de empresas relacionadas con Inversión Extranjera Directa (IED) en el país. Dicha dinámica ha generado una continua sofisticación del inventario de oficinas del país, a fin de cumplir con los requerimientos de dichas compañías.

Producto de lo anterior, diversos propietarios de edificios de oficinas han logrado leer, entender y seguir dicha dinámica. Sin embargo, debido a múltiples razones que se estudiarán más adelante, gran parte de los propietarios de dicho inventario no han seguido este ritmo, generando, así, importantes retos sobre dichos edificios.

FIGURA 1. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA OFERTA INMOBILIARIA ACTUAL



Fuente: Cushman & Wakefield, (2023).

De esta forma, el mercado inmobiliario nacional presenta dos aristas: los edificios del grado superior y el resto del inventario, catalogado como "no superior" y compuesto por los proyectos intermedios e inferiores.

Cabe destacar que, gran parte del inventario nuevo disponible en el mercado se enfoca en el primer grupo, con más de 250.700m² de nuevo inventario entre 2018 y 2023. Sin embargo, también destacan más de 97.200m² de nuevo inventario entre dichos periodos calificado como "no superior".

El nuevo inventario del segundo grupo viene a aumentar la oferta de activos poco competitivos, antiguos, ineficientes y con bajos niveles de reinversión significativa, afectados por una alta tasa de disponibilidad, resultado del desarrollo especulativo del nuevo inventario y la obsolescencia de los inmuebles más antiguos.

En la Figura 2, se muestra el inventario y la tasa de disponibilidad de las dos categorías señaladas, mostrando una marcada diferencia entre los niveles de disponibilidad histórica entre el Inventario No Superior y el Inventario Superior. Esto demuestra,

cuantitativamente, una baja competitividad de los activos de Grado No Superior.

El desarrollo de oficinas en Alajuela y Cartago ha sido muy limitado a lo largo de la historia. Principalmente, porque su enfoque ha sido la atracción y desarrollo de empresas para operaciones logísticas y de manufactura, en lugar de capital de inversión enfocado en oficinas.

En el caso de San José Este y San José Centro, ambos submercados se caracterizan por una importante concentración de inventario No Superior. Esto se debe a que el grueso de su inventario corresponde a edificios antiguos con características constructivas desactualizadas, con propuestas de valor poco diferenciadoras y no cumplen con los criterios actuales de sostenibilidad requeridos, lo que limita su capacidad de atraer y retener empresas demandantes de espacios. Además, estos edificios carecen de amenidades y servicios modernos y su reinversión en infraestructura ha sido mínima o nula. En ambos submercados solamente se destacan algunos desarrollos

FIGURA 2. EVOLUCIÓN DEL INVENTARIO Y TASA DE VACANCIA

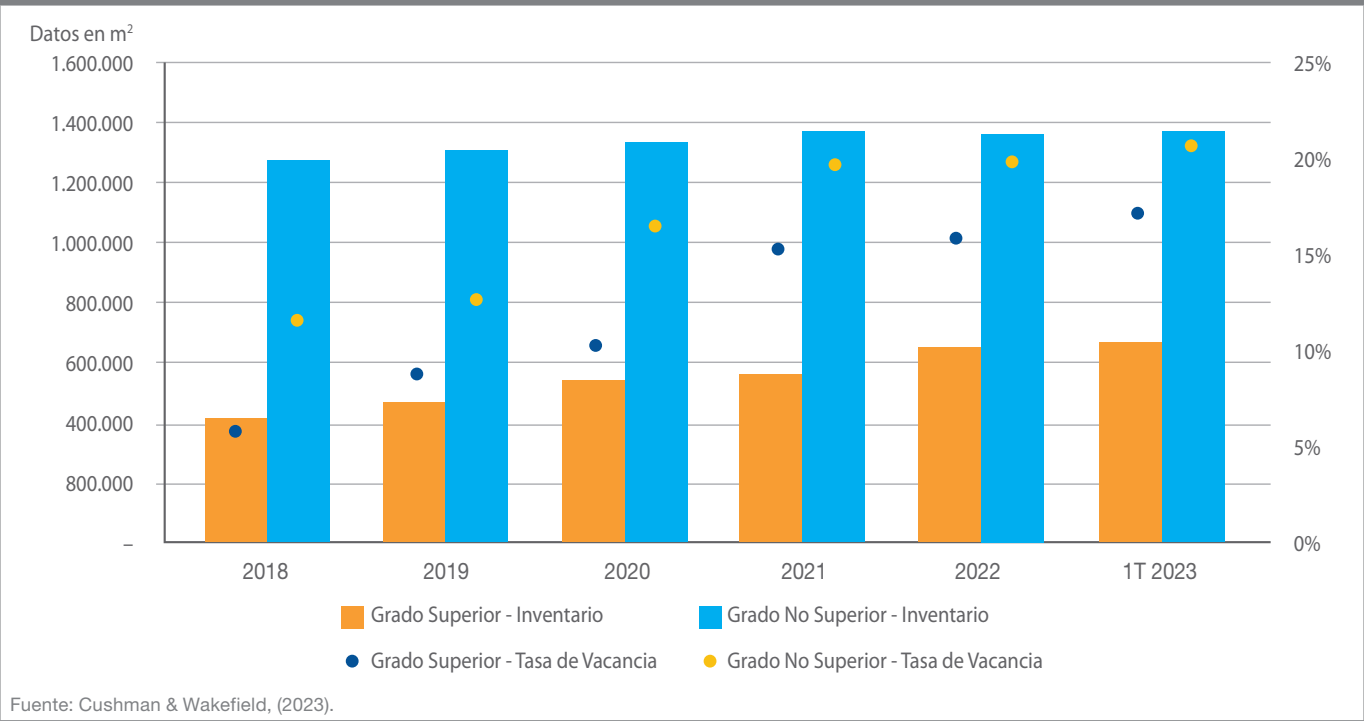
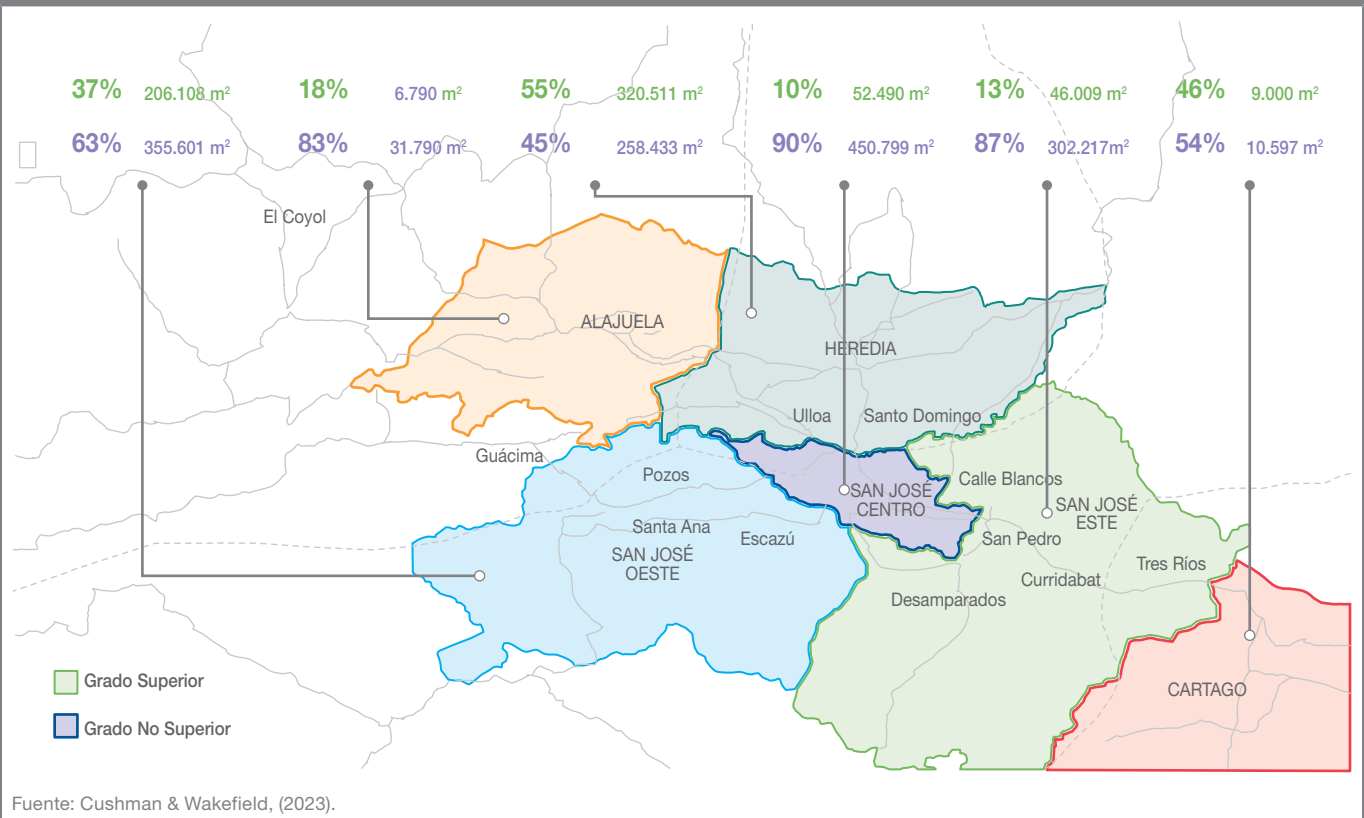


FIGURA 3. TIPO DE INVENTARIO POR SUBMERCADO



más recientes en corredores específicos, así como puntuales propietarios que sí han realizado reinversiones significativas en sus activos. Específicamente, en el caso del submercado de San José Centro destaca el reciente crecimiento que ha experimentado Sabana como nuevo polo de desarrollo de oficinas, gracias a sus atractivos en términos de ubicación, accesos, amenidades y vida urbana.

En el caso de Heredia, a pesar de tener proyectos con varios años de antigüedad, varios propietarios han logrado comprender las dinámicas del mercado y han llevado a cabo reinversiones tanto externas como internas para actualizar continuamente su oferta y atraer y retener empresas. Además, han adoptado estrategias comerciales agresivas y competitivas en términos de precios y flexibilidad. Esto ha llevado a muchas compañías a establecerse allí, trayendo consigo nuevos desarrollos de Grado Superior.

San José Oeste, por su parte, ha crecido rápidamente gracias a su posicionamiento como el principal polo de negocios del país, el cual alberga operaciones *front-office* en proyectos competitivos y atractivos, en muchos casos de uso mixto. En dicha zona se han desarrollado múltiples proyectos clase A+, edificios sostenibles y tecnológicos enfocados en satisfacer las necesidades de los inquilinos con oficinas flexibles, creación de espacios comunes, áreas de descanso, servicios de bienestar y amenidades modernas.

ENTENDIMIENTO DE LA OBSOLESCENCIA

Caracterización de los Submercados

La diversidad de tipos de inventario en Costa Rica muestra una realidad distinta en cada uno de los submercados del país.

A continuación, se detalla el inventario, la disponibilidad y la caracterización de cada submercado:

CUADRO 1: CARACTERIZACIÓN DEL INVENTARIO POR SUBMERCADO

Submercado	Clasificación de Inventario	Inventario	Vacancia	Tasa de Vacancia	Caracterización del Inventario
Alajuela	Grado superior	6.800	1.300	18,80%	Submercado con mayor polo de desarrollo industrial del país. Poco desarrollo de oficinas corporativas.
	Grado no superior	31.900	31.900	9,10%	Destacan proyectos de clase B enfocados en empresas y operaciones locales.
Cartago	Grado superior	9.000	–	0,00%	El submercado se ha desarrollado de forma sostenida enfocado en la atracción de operaciones de manufactura y logística.
	Grado no superior	10.600	4.200	39,60%	Cuenta con un escaso desarrollo de oficinas, manteniendo únicamente un complejo con características de Grado Superior.
Heredia	Grado superior	320.000	60.100	18,80%	Heredia se ha posicionado como hub de operaciones de servicios de grandes multinacionales, gracias a sus cuantiosas características demográficas. Mercado con mayor nivel de inventario de Grado Superior.
	Grado no superior	258.400	50.400	19,50%	El mercado se ha mantenido en constante innovación, debido al crecimiento de la demanda y las características de los propietarios que lo acoplan.
San José Centro	Grado superior	52.500	9.900	18,90%	Mercado con mayor grado de inventario con riesgo de obsolescencia en el país. Alrededor del 90% del inventario se clasifica como obsoleto debido a su antigüedad y significativa vacancia.
	Grado no superior	450.800	91.300	20,30%	Existe una demanda centralizada en instituciones públicas, empresas locales, bancos y embajadas. Las amenidades y conectividad de La Sabana han generado un importante impulso a este corredor hacia el desarrollo de inmuebles clase A y A+.

Submercado	Clasificación de Inventario	Inventario	Vacancia	Tasa de Vacancia	Caracterización del Inventario
San José Este	Grado superior	46.000	26.400	57,40%	Submercado con importantes demográficos cualitativos y cuantitativos sobresalientes para operaciones de servicios. Importante desarrollo de inventario de Grado Superior en los últimos años. Mantiene una cercanía a universidades, polos poblacionales y amenidades atractivas, los cuales han sido factores para empresas en torno a la atracción y retención de colaboradores. Importante reinversión en términos de comercio y espacios residenciales verticales.
	Grado no superior	302.200	57.000	18,90%	
San José Este	Grado superior	206.100	11.900	5,80%	Submercado posicionado como una ubicación premium para oficinas corporativas debido a su alto inventario clase A+. El inventario cuenta con una importante reinversión en infraestructura por parte de los principales grupos de inversión. La infraestructura cercana a los complejos, tales como hoteles, centros comerciales, mercados gastronómicos y restaurantes, han generado un atractivo ecosistema para la consolidación de las empresas.
	Grado no superior	355.600	89.700	25,20%	

Fuente: Cushman & Wakefield | AB Advisory, (2023).

CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

Enfoque en la demanda

Históricamente, el crecimiento del mercado de oficinas ha venido de la mano del establecimiento y expansión de empresas multinacionales del sector servicio, relacionadas con Inversión Extranjera Directa (IED). Durante los últimos años, la demanda de espacios por parte de dichas empresas ha experimentado una importante volatilidad, producto de la adopción de esquemas híbridos y virtuales postpandemia.

Dicha tendencia ha tenido un fuerte impacto en las dinámicas del mercado, donde las empresas están reevaluando su estrategia de *workplace* y su relación ideal entre trabajo presencial y virtual, así como la configuración y distribución interna de los espacios, modificando el metraje promedio requerido por colaborador. Esto ha desencadenado en muchos casos, la devolución o subarriendo de parte de sus espacios de oficina.

El cambio de paradigma en el mercado ha provocado una variación en la necesidad de espacios y un aumento en el deseo de las empresas de buscar oficinas más sofisticadas, eficientes y sostenibles cuando se expanden, renuevan o buscan nuevos sitios donde consolidarse. Como resultado, la tendencia hacia oficinas con mayor calidad y comodidades se ha incrementado.

Lo anterior, ha venido acompañado de una búsqueda de mayor flexibilidad en términos contractuales, transformando los parámetros de negociación comunes del mercado y modificando aspectos clave, como los plazos de contratos, los periodos de gracia, quién asume las remodelaciones de los espacios internos, entre otros.

La combinación de dichas tendencias se puede resumir en dos grandes aspectos: aquellos inherentes al activo como tal y aquellos relacionados a las estrategias comerciales del desarrollador. El primer grupo de variables es el centro de atención del presente reporte y de lo que se expondrá en adelante. Sin embargo, también cabe destacar lo relacionado al segundo grupo de variables, donde el entendimiento de mercado que tenga cada desarrollador juega un papel clave en el posicionamiento de sus activos. Los activos cuya infraestructura es eficiente, atractiva y sostenible, en conjunto con un propietario o grupo de propietarios con un correcto entendimiento del mercado disminuyen las posibilidades de obsolescencia de dichos activos y los coloca en una posición de mayor ventaja para el largo plazo. Lo anterior, se ve respaldado, porque estas oficinas más sofisticadas han mantenido una tasa de vacancia más baja en los últimos años.

ENCUESTA CAMSCAT

Con el fin de contar con datos relevantes y actuales sobre la posición misma de las empresas en lo relacionado a la oferta y demanda de espacios, se desarrolló una encuesta enfocada en los tomadores de decisiones de empresas en alta tecnología con operaciones de tipo front-office en Costa Rica.

La encuesta fue realizada en conjunto por Cushman & Wakefield | AB Advisory y la Cámara de Servicios Corporativos de Alta Tecnología (CamSCAT), asociación empresarial privada y sin fines de lucro que agrupa y representa a empresas del sector de Servicios Corporativos de Alta Tecnología en Costa Rica.

Con la ayuda de dicha organización se llevó a cabo una encuesta a los tomadores de decisiones de más de 40 empresas clave del sector. La encuesta incluye a empresas con operaciones de servicios corporativos en el país, de distintos tamaños y de diversos sectores como tecnología, ciencias de la vida, alimentos y bebidas, farmacéuticos, contact center, entre otros. Se analizaron temas relacionados con el trabajo híbrido, remoto y presencial, sus respectivos aspectos positivos, las medidas tomadas por la empresa durante y después de la pandemia, tendencias laborales, etc.

A continuación, se muestran algunos extractos de los principales resultados de dicha encuesta, a fin de exponer las posiciones de las empresas demandantes, según las tendencias actuales de mercado.

AMENIDADES/SERVICIOS QUE ESTÁN BRINDANDO EN LA OFICINA FÍSICA PARA PROMOVER Y FACILITAR EL RETORNO DE LOS COLABORADORES:

67,8%



Eventos sociales
para promover pertenencia
socialización y compromiso

42,8%



Transporte
subsidiado o buses
de transporte privado

39,2%



Capacitaciones
o entrenamiento presencial

28,6%



Alimentación
subsidiada o gratuita

14,3%

Ninguna

7,1%



Servicios en sitio
Guardería, lavacar, gimnasio
en sitio, salón de belleza etc.

3,4%

Otra

Empresas implementan motivadores para el regreso a la presencialidad: La mayor cantidad de las empresas participantes han organizado eventos presenciales para promover pertenencia, socialización y compromiso. Implementaron subsidios o buses de transporte privado, y ofrecen capacitaciones o entrenamientos y alimentación subsidiada.

¿CÓMO PROYECTAN QUE VARIARÁ EL METRAJE DE OFICINAS REQUERIDO POR SU EMPRESA EN LOS PRÓX. 24 MESES, EN COMPARACIÓN CON EL ACTUAL?



Aumentará

21,4%



Se mantendrá

35,7%



Disminuirá

42,9%

Se replantean los espacios de oficinas: 57,1% de las empresas mantendrá o aumentará el metraje de oficinas requerido en los próximos 24 meses. En cuanto al uso del espacio existente, 35,7% modificaron la dinámica de las estaciones de trabajo (por ejemplo, pasaron de puestos fijos a puestos asignados por orden de llegada; 10,7% aumentó la cantidad de espacios para concentración y llamadas y un porcentaje igual incrementó los espacios para trabajar al aire libre. Un 3,6% aumentó los espacios para amenidades y otro 3,6% aumentó los espacios para reuniones.

¿ASPECTOS QUE VALORAN MÁS LOS COLABORADORES SOBRE EL TRABAJO REMOTO?

El ahorro en el traslado es una consideración importante en el trabajo remoto: 55,88% indica que aprecia el ahorro de dinero, un 58,82% reporta un mayor balance de vida-trabajo, mientras que un 73,53% de los colaboradores valora no tener que desplazarse a la oficina.

Desempeño y productividad se mantienen en el trabajo remoto: casi el 90% de las organizaciones participantes reporta que el desempeño y la productividad de los colaboradores que han trabajado de forma remota es similar o superior a los niveles pre-pandemia.

- 73,5% No tener que desplazarse físicamente a la oficina.
- 58,8% Mayor balance vida-trabajo.
- 55,8% Ahorro de dinero.
- 29,4% No depender de una sola ubicación física (poder trabajar desde la casa, playa, montaña, cafetería).
- 23,5% Mayor flexibilidad de horario.
- 17,6% Mayor facilidad de concentración y productividad.
- 14,7% Mayor sentimiento de independencia y confianza al tener menor supervisión.
- 8,8% Mayor comodidad física a la hora de trabajar.

¿SUS COLABORADORES HAN MOSTRADO RESISTENCIA HACIA VOLVER A LA OFICINA FÍSICA?



10,7%
Los colaboradores de mi empresa
NO HAN MOSTRADO MAYOR RESISTENCIA



39,3%
Los colaboradores de mi empresa han mostrado una **RESISTENCIA BAJA**, mediante algunas iniciativas básicas se ha facilitado su retorno a la presencialidad.



17,9%
Los colaboradores de mi empresa han mostrado una **RESISTENCIA MEDIA**, se han tenido que incurrir en esfuerzos o indicaciones considerables para promover y llevar al retorno a la presencialidad.



32,1%
Los colaboradores de mi empresa han mostrado una **RESISTENCIA ALTA**, lo que ha generado preocupaciones en la empresa sobre la retención de su personal.

RESISTENCIA HACIA LA PRESENCIALIDAD

La mayoría de los colaboradores mostraron algún nivel de resistencia a la hora de regresar a las oficinas, variando principalmente entre una resistencia alta o baja; sus principales razones estarían relacionadas al ahorro de tiempo y dinero en transporte, seguido del pensamiento de que el regreso directamente es innecesario, debido a que no afecta su productividad.

Fuente: Cushman & Wakefield, (2023).

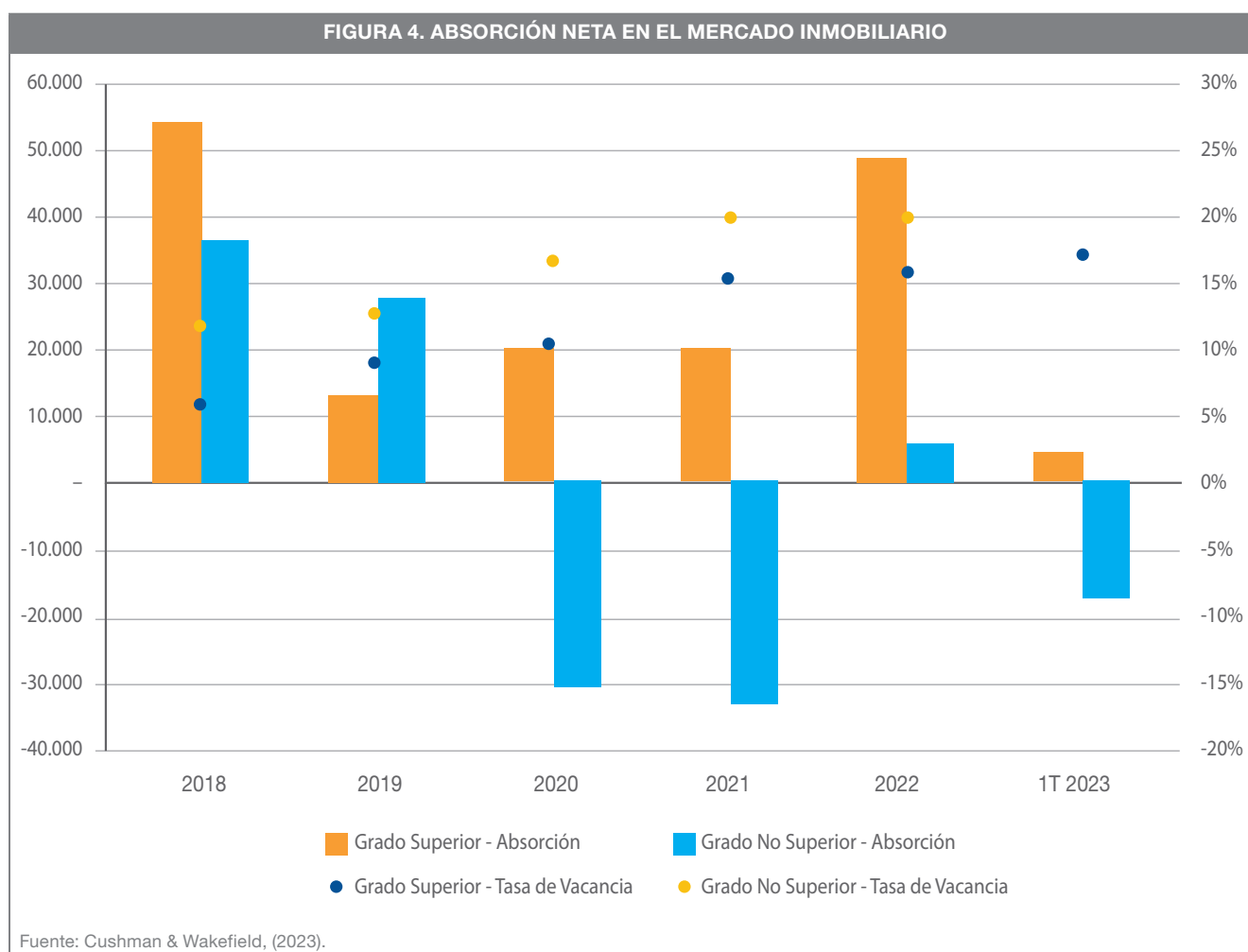
EQUILIBRIO ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA EN EL MERCADO, Y RIESGOS DE OBSOLESCENCIA

Previo a la pandemia por COVID-19, los espacios de oficinas en Costa Rica reportaron cifras altas y constantes de demanda entre las distintas clases de propiedades, es decir, aquellas de Grado Superior y de Grado No Superior.

Sin embargo, durante los periodos post-pandemia, la demanda de oficina ha venido experimentando una importante volatilidad mostrando incluso, cifras de absorción neta negativa durante varios periodos. Dicha absorción neta negativa se ha centrado en aquellas propiedades de Grado No Superior, lo que demuestra la tendencia del mercado hacia inventario más nuevo y con mayor sofisticación, siguiendo la llamada tendencia mencionada del *flight to quality*, según se demuestra en la Figura 4:

La volatilidad en el mercado hace que la predicción de la ocupación de espacios de oficina sea aún más complicada, ya que depende de una variedad de factores y tendencias de mercado todavía muy cambiantes y poco claros.

La pandemia ha cambiado drásticamente, la demanda de oficinas en Costa Rica. El trabajo híbrido se ha convertido rápidamente en el modelo laboral más popular de múltiples empresas, lo que ha reducido la demanda de espacios de trabajo convencionales. Los propietarios y usuarios están adaptándose a esta nueva realidad, implementando espacios y condiciones más flexibles lo que ha llevado a su vez, a un cambio estructural en el mercado inmobiliario, donde se da más importancia a la optimización del espacio y a la creación de entornos comerciales atractivos.



MACROTENDENCIAS GENERALES DEL MERCADO DE OFICINAS

Flexibilidad contractual

Es un enfoque cada vez más importante en el ámbito laboral, dadas las nuevas y cambiantes demandas de los inquilinos, hoy los propietarios han procurado renegociar los arrendamientos de sus inmuebles, a fin de evaluar su eficacia de mantener a las empresas y garantizar su viabilidad.

Integración del modelo flexible y de co-working

Este modelo de trabajo resulta beneficioso en términos económicos para las empresas, pues implica la posibilidad de que los empleados trabajen desde diferentes ubicaciones, como oficinas compartidas, espacios de *co-working* o incluso, desde la casa. Este enfoque puede reducir los costos de infraestructura para las empresas, al permitirles utilizar espacios compartidos, en lugar de tener oficinas tradicionales.

Re entendimiento de los espacios laborales

Implica repensar y rediseñar los entornos de trabajo para adaptarse a las nuevas formas de trabajo flexible. Esto puede incluir la creación de espacios abiertos y colaborativos, áreas de descanso y relajación, zonas de trabajo remoto y salas de reuniones equipadas con tecnología moderna. El objetivo es crear un entorno que fomente la productividad, la creatividad y el bienestar de los empleados.

Wellness

El enfoque en el *wellness* contribuye a la satisfacción y productividad de los empleados, y también puede ayudar a reducir el estrés y las enfermedades relacionadas con el trabajo. Algunas iniciativas de bienestar que promuevan la salud física, mental y emocional, pueden ser acceso a gimnasios o clases de ejercicio, programas de asesoramiento y apoyo mental, flexibilidad para tomar descansos y tiempo libre, y promoción de estilos de vida saludables.

Retención del talento

La retención del talento se ha convertido en un desafío clave para las empresas en un entorno laboral altamente competitivo. Para retener los empleados

más talentosos y calificados, las empresas deben ofrecer beneficios y condiciones laborales atractivas. Esto incluye, por ejemplo, proporcionar oportunidades de desarrollo profesional, ofrecer programas de bienestar, promover un equilibrio entre el trabajo y la vida personal, y fomentar un ambiente de trabajo positivo y colaborativo.

Enfoque del concepto de sostenibilidad

La sostenibilidad se ha convertido en un tema central en los entornos laborales. Esto implica para los propietarios adoptar prácticas y políticas que minimicen el impacto ambiental de las operaciones comerciales, certificando los edificios en LEED, WELL, FITWELL, EDGE, etc. Implementar programas de reciclaje, el uso de energías renovables, la reducción del consumo de papel y el fomento del transporte sostenible. Este enfoque no sólo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también puede mejorar la imagen corporativa y atraer a nuevos inquilinos comprometidos con valores ecológicos.

Proptech

La tecnología ha revolucionado la industria inmobiliaria, y el término "*proptech*" se refiere a la implementación de soluciones tecnológicas en el sector. En el contexto de los espacios laborales, la *proptech* puede incluir el uso de aplicaciones y plataformas para reservar salas de reuniones, administrar el uso de espacios compartidos, controlar el acceso a las instalaciones y recopilar datos sobre la utilización de los espacios. Estas soluciones tecnológicas pueden mejorar la eficiencia operativa y la experiencia de los inquilinos y empleados en el entorno laboral.

Uso mixto

El enfoque de uso mixto implica la combinación de diferentes usos en un mismo edificio o complejo. En el contexto de los espacios laborales, esto implica tener no sólo oficinas, sino también áreas comerciales, servicios de alimentos y entretenimiento, todo en un mismo lugar. Esta estrategia busca crear entornos laborales más vibrantes y atractivos, que promuevan la interacción y la colaboración entre diferentes empresas y sectores. El uso mixto puede generar sinergias y crear una sensación de comunidad dentro del entorno laboral.

CIUDAD GOBIERNO

El desarrollo de Ciudad Gobierno de Costa Rica se ha enfocado como uno de los proyectos gubernamentales más importantes en las últimas décadas. Su ejecución, no únicamente simbolizaría un importante cambio en la estructura de trabajado del Estado en el país, si no que de igual forma podría entenderse como un agravante en la oferta de inventario existente en el mercado inmobiliario, así como en la obsolescencia del mismo.

Durante el presente gobierno en curso, se reanudó el proyecto de construcción de Ciudad Gobierno en las cercanías de Plaza González Víquez. Dicho desarrollo, buscaría centralizar los principales Ministerios e instituciones gubernamentales en un único complejo de edificios; este proyecto estaría dividido en las siguientes fases de ejecución:

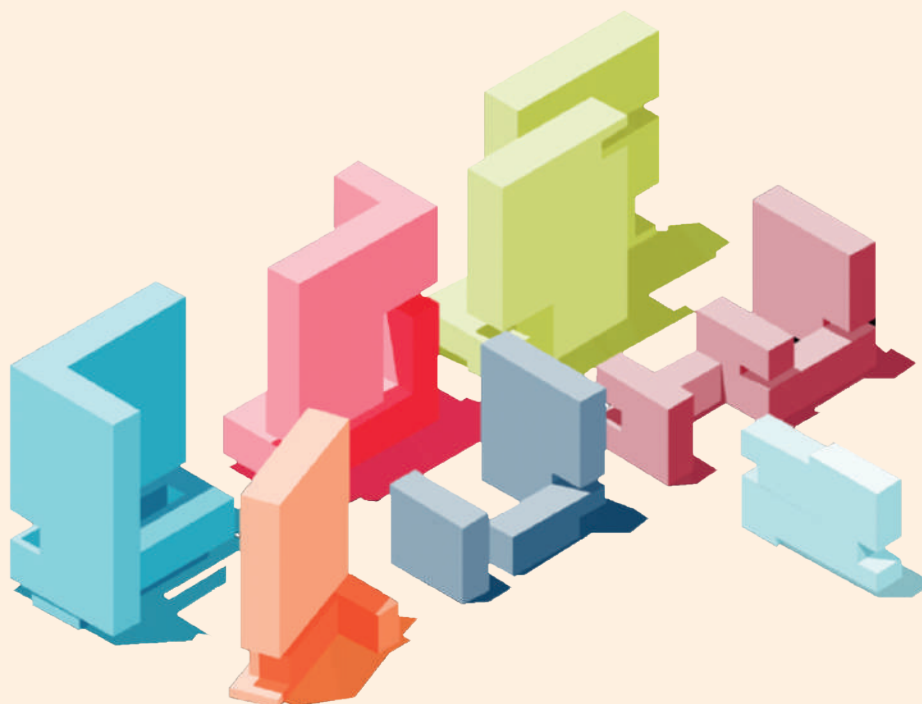
- **I Fase:** El proyecto se desarrollará a través de una alianza entre el Gobierno de la República y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), el cual en un principio brindará una cooperación no reembolsable para estudios de viabilidad financiera y urbanística, tomando en consideración las propuestas existentes.
- **II Fase:** Consiste en la construcción del complejo de edificios entre 15 y 21 pisos. Se iniciaría en el terreno donde se realizan actualmente, las pruebas para la licencia de conducir, seguido de las otras cuadras propiedad del Estado, según el plan maestro.
- **III Fase:** Una vez finalizada la construcción de los edificios se realizaría el traslado del personal y la colocación (venta o alquiler de los usos comerciales y de servicios).

Dicho proyecto, además de unificar en un solo complejo múltiples instituciones públicas, buscaría generar ahorros en términos de alquiler al Estado; no obstante, su ejecución afectaría directamente al sector inmobiliario de oficinas de una forma cuantiosa. Actualmente, el Gobierno mantiene gran parte de sus oficinas en formato de arrendamiento a terceros, por lo cual, un eventual traslado podría repercutir en la vacancia de gran parte de los edificios los cuales, en su mayoría, han mantenido históricamente a dichas instituciones como principal o único arrendatario.

A pesar del beneficio de la iniciativa propuesta por el Estado, dicho proyecto podría repercutir en el sector inmobiliario de oficinas de la siguiente forma:

Aumento en la tasa de vacancia: Como parte de la inteligencia inmobiliaria de Cushman & Wakefield | AB Advisory se lograron identificar más de 50.000m² de espacios gubernamentales de oficinas arrendados a terceros independientes en todo el país. La desocupación de dichos espacios generaría un aumento promedio de 3,5% en la tasa de vacancia a nivel nacional, afectando principalmente a edificios de Grado No Superior (Clases B), los cuales en su mayoría se encuentran en el Submercado de San José Centro. Cabe destacar el efecto inmediato que traería el traslado de dichas instituciones gubernamentales en un ya afectado sector de oficinas, el cual a pesar de los efectos provocados por la pandemia no ha logrado estabilizarse completamente, debido a las nuevas modalidades de trabajo que han adoptado diversas compañías y a la disminución de metrajes de arrendamiento solicitados por los inquilinos.

- Ministerio de Hacienda
Espacios rentables
- Ministerio de Economía y Comercio
Ministerio de Comercio Exterior
Ministerio de Agricultura
Ministerio de Planificación
Ministerio de Ciencia y Tecnología
Espacios rentables
- Ministerio de Educación Pública
- Ministerio de Cultura y Juventud
Ministerio de Salud
Ministerio de Trabajo Y Seguridad Social
Instituto Mixto de Ayuda Social
Espacios rentables
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
Instituto de Vivienda y Asentamientos Humanos
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
Espacios rentables
- Ministerio de Justicia
Ministerio de Seguridad
Espacios rentables



PASOS PARA RE ENTENDER EL ESPACIO DE OFICINAS

Como se mencionó anteriormente, el reposicionamiento de un edificio de oficinas obsoleto o en riesgo de obsolescencia debe posicionarse como una necesidad y una oportunidad para el mercado inmobiliario nacional. Esto, no solamente por los beneficios individuales de aumentar su valor y relevancia en el mercado, sino también por los beneficios a nivel de urbanismo y sostenibilidad que involucrarían. En el caso de Costa Rica, es importante considerar las necesidades locales y los desafíos económicos y ambientales que conllevan.

A continuación, se muestra una descripción general de los pasos necesarios para dichas iniciativas:

Identificación de la necesidad

La flexibilidad contractual es un enfoque cada vez más importante en el ámbito laboral. Dada las nuevas y cambiantes demandas de los inquilinos, hoy los propietarios han procurado renegociar los arrendamientos de sus inmuebles, a fin de evaluar su eficacia en mantener a las empresas y garantizar su viabilidad.

Tendencias del mercado

El mercado de edificios de oficinas se dirige hacia espacios con condiciones flexibles y tecnológicamente avanzados, con enfoque en sostenibilidad y experiencia del usuario. La demanda se inclina hacia inventarios más nuevos con mejores amenidades para retener y atraer inquilinos.

Definición del proyecto

Se debe desarrollar una estimación detallada del costo del proyecto con proyecciones de alquileres y ocupación que se pueden lograr después del reposicionamiento. Esto significa que los costos de inversión, las rentas potenciales y la valoración de activos deben evaluarse en el contexto costarricense.

Oportunidades de mejora

Según la propiedad y la competencia local, se pueden realizar mejoras físicas para agregar servicios o mejorar los espacios públicos, como áreas de recepción, áreas de descanso, estacionamientos y ascensores. La situación competitiva en el submercado local

debe analizarse cuidadosamente para planificar un proyecto que se destaque.

Entender el requerimiento de los inquilinos

Además de mejorar el carácter físico, es importante trabajar con expertos en estrategia de lugar de trabajo y administración de propiedades para crear un fuerte sentido del lugar y maximizar las oportunidades de experiencia. Esto puede incluir la creación de espacios al aire libre que se adapten a las preferencias y necesidades locales, como terrazas y lugares de trabajo alternativos, tecnología avanzada y amenidades atractivas.

Adaptarse a la nueva realidad

Las estrategias de reposicionamiento también deben tener en cuenta los cambios provocados por la pandemia. El reposicionamiento antes de pandemia se centraba en construcción de gimnasios tipo spa, salones y centros de conferencias de última generación. Sin embargo, las estrategias se han ampliado para incluir terrazas cubiertas mejoradas, un centro de conferencias que reduce la necesidad de espacio de alquiler y oficinas listas para mudarse (plug & play).

Convertir una propiedad en un edificio residencial de uso mixto, logístico, de hotelería o de atención médica puede ser una opción viable, si el reposicionamiento no es posible. Sin embargo, es crucial evaluar la demanda local de dichos espacios y los desafíos económicos y ambientales asociados con la reconfiguración y adaptación a los cambios de uso. Al tomar estos pasos se puede aumentar el valor y la relevancia del antiguo edificio de oficinas, además de satisfacerse las necesidades del mercado local y maximizar su potencial.

CONCLUSIONES

En general, para evitar la obsolescencia en el sector inmobiliario de oficinas, es necesario tomar en cuenta la necesidad de adaptar los inmuebles a la demanda de los ocupantes actuales. En este sentido, se mencionan estrategias exitosas que se han utilizado para abordar estas cuestiones.

Si bien, no existe una solución única que se aplique a todos los casos, es posible aprender lecciones de la experiencia de otros países alrededor del mundo. Cada edificio y cada mercado inmobiliario tiene sus propias características y desafíos, pero al estudiar casos

exitosos y buenas prácticas, se pueden obtener ideas y enfoques que pueden ser adaptados a situaciones específicas.

Cushman & Wakefield AB Advisory ha reconocido la necesidad de replantear, reimaginar, reposicionar y reconvertir los activos del sector de oficinas, por lo que, ha creado un equipo para abordar esta tarea. El sector de oficinas se enfrenta a una época de transformación.

Este proceso de evolución y adaptación requerirá la colaboración de todo el ecosistema, tanto a través de asociaciones público-privadas a nivel gubernamental, como a través de la participación de propietarios e inversores en la comunidad. Es necesario abordar proactivamente, la necesidad de transformar la mayor parte del inventario de oficinas de Costa Rica para asegurar su viabilidad a largo plazo.

RECOMENDACIONES

Construir sobre infraestructura ya existente

En primera instancia se debe evaluar la calidad y estado de la infraestructura existente, garantizando que cumpla con los estándares necesarios para la adaptación y modernización y enfatizando en algunos submercados donde hay edificaciones muy antiguas. Esto permitiría aprovechar el inventario existente para reducir los costos de construcción y minimizar el impacto ambiental.

San José tiene un potencial muy grande; sin embargo, no ha sido aprovechado y por ahora tiene muchísimo trabajo por delante, pues según diferentes estudios, cerca de 1 millón de personas concurren diariamente (más del 50% de Cartago, Alajuela y Heredia viajan a San José) y sólo 70 mil personas habitan en los 4 distritos centrales; esto se debe, principalmente, a la inseguridad y delincuencia que existe, transporte público deficiente, aceras irregulares y peligrosas, calles en mal estado, señalización insuficiente y la contaminación sónica y visual.

A todo esto, se le suma una situación regulatoria de códigos sísmicos, bomberos y demás leyes que no se han actualizado, lo que no permite reinvertir en muchos de los edificios, pues los costos superan por mucho lo pensado inicialmente, al punto de incluso, demoler el edificio y que muchos, por su antigüedad, están protegidos a nivel arquitectónico.

Beneficios ambientales y de baja contaminación

Realizar una evaluación de los costos iniciales y beneficios a largo plazo para implementar medidas sostenibles, considerando el retorno de la inversión y el atractivo para los inquilinos. Se deben diseñar edificios sostenibles y eficientes en términos energéticos, que cumplan con las diferentes certificaciones LEED e implementen tecnologías como la iluminación LED, sistemas de gestión de energía y agua y fuentes de energía renovable.

Movilidad urbana

Realizar una valoración de la ubicación del edificio, su accesibilidad y entorno en términos de transporte público, vías de acceso y estacionamientos para fomentar el uso de alternativas al automóvil privado.

Brindar facilidades de desplazamiento en las urbes, volver más eficientes las infraestructuras y los sistemas de transporte poniendo énfasis en vehículos autónomos, bicicletas, drones y más de índole eléctrica. Además, incorporar estaciones de carga y otras que simplifiquen y reduzcan la necesidad de desplazamiento; evitar congestiones de tráfico y disminuir la contaminación ambiental. Para lograr la máxima eficiencia es clave que los centros urbanos tengan una mezcla de usos que permita estudiar, comprar, trabajar y divertirse cerca del lugar de residencia. Con todo esto se busca optimizar el servicio, disminuir el impacto medioambiental y reducir costos, impactando de manera positiva el entorno urbano existente, incluyendo el tráfico, la densidad de población y la calidad de vida de los residentes locales.

Retos financieros, uso de suelo y propiedad

Evaluar la disponibilidad de financiamiento y las restricciones de uso de suelo que puedan afectar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Además, asegurar la cooperación y apertura de los propietarios para su participación en estas reconversiones, esto puede requerir incentivos financieros adicionales o negociaciones en programas de apoyo gubernamentales para la rehabilitación y adaptación de edificios existentes.

Oportunidad de reposicionamiento o reconversión de edificios

El reposicionamiento o reconversión de edificios de oficina es una estrategia clave para evitar la

obsolescencia de estos inmuebles y mantener la competitividad en el mercado. A medida que las necesidades y demandas de los usuarios evolucionan, los edificios de oficinas pueden quedar desactualizados y perder su atractivo para los inquilinos, lo que haría preferir otros espacios que ofrezcan características más modernas y adecuadas a sus necesidades.

Sin embargo, mediante el reposicionamiento es posible revitalizar estos espacios y adaptarlos a los nuevos requerimientos del mercado. La demanda de edificios de oficinas de Grado Superior cada vez es mayor y la oferta de estos se viene dando en edificaciones nuevas, por lo que, genera un aumento en la obsolescencia, principalmente, de edificios antiguos. Por lo tanto, existe una parte del inventario que necesita reposicionarse para no caer en la obsolescencia y otra parte que necesitaría una reconversión. Este desafío de evaluar,

crear y ejecutar las estrategias adecuadas para satisfacer las necesidades de los inquilinos y contribuir con la sostenibilidad y responsabilidad social es fundamental para mantener y atraer nuevas empresas. Sus principales medidas deberían ser espacios de trabajo flexibles, sostenibles y tecnológicamente avanzados, así como la incorporación de características como áreas comunes colaborativas, sistemas de eficiencia energética y conectividad avanzada.

Es importante considerar para algunos casos que los edificios pueden tener un valor histórico o arquitectónico significativo. El reposicionamiento puede permitir preservar estos edificios, adaptándolos a un nuevo propósito, sin perder su valor cultural o estético. En conclusión, esto mantiene la diversidad y riqueza del entorno urbano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cushman & Wakefield. (2023). *Obsolescence Equals Opportunity: The Next Evolution of Office and How Repositioning and Repurposing Will Shape the Future*. *Obsolescence Equals Opportunity | United States | Cushman & Wakefield* (cushmanwakefield.com).
- Cushman & Wakefield | AB Advisory y Cámara de Servicios Corporativos de Alta Tecnología (Camscat). (2022). *El Futuro de las Oficinas y Los Modelos de Trabajo: Encuesta del 4to trimestre de 2022*. *El Futuro de la Oficina y los Modelos de Trabajo – Cushman* (ab-latam.com).
- Datos recopilados de bases de datos propias de Cushman & Wakefield | AB Advisory. (2023). ab-latam.com/wpcontent/uploads/2023/08/CostaRica_Americas_Alliance_MarketBeat_Office_Q22023-1.pdf



MÁS ALLÁ DEL NPS: UN INDICADOR TRIDIMENSIONAL PARA LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Recibido: 26 Octubre, 2023 • Revisado: 22 Noviembre, 2023 • Aceptado: 04 Diciembre, 2023

Toscano Luconi Esquivel

RESUMEN

Superar las limitaciones del *Net Promoter Score* (NPS) es posible con un análisis multidimensional de la Satisfacción del Cliente. En este ensayo se propone un índice compuesto que integra el NPS, el *Customer Effort Score* (CES), y el porcentaje de producto no conforme (%NC), ofreciendo una visión integral de la experiencia del cliente. Se presentan dos versiones del indicador, con valores recomendados para la ponderación de los indicadores según diferentes industrias en Costa Rica. Este enfoque proporciona una herramienta valiosa para identificar áreas de mejora y fortalecer la relación con los clientes, resultando en un impacto positivo en la lealtad del cliente y el rendimiento financiero de la empresa. Siendo lo anterior fundamental para las industrias que buscan mantenerse competitivas y alineadas con las expectativas del cliente en el mercado actual.

Palabras clave: Satisfacción al Cliente, Net Promoter Score, Customer Effort Score, Clientes, Mejora.

ABSTRACT

Overcoming the limitations of the Net Promoter Score is possible with a multidimensional analysis of Customer Satisfaction. In this essay, a composite index is proposed that integrates the NPS, the Customer Effort Score (CES), and the percentage of non-conforming product (%NC), offering a comprehensive view of the customer experience. Two versions of the indicator are presented, with recommended values for the weighting of the indicators according to different industries in Costa Rica. This approach provides a valuable tool for identifying areas for improvement and strengthening the relationship with customers, resulting in a positive impact on customer loyalty and the financial performance of the company. The aforementioned is fundamental for industries that seek to remain competitive and aligned with customer expectations in the current market.

Key Words: Customer Satisfaction, Net Promoter Score, Customer Effort Score, Clients, Improvement.

Toscano Luconi Esquivel es egresado de los bachilleratos en Ciencias Empresariales y Economía Empresarial de LEAD University. Estudiante en curso de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica. Asesor empresarial en temas de estrategia, finanzas y operaciones.

INTRODUCCIÓN

Son pocas las empresas que pueden no preocuparse por la satisfacción de sus clientes. Solo aquellas que tengan un monopolio absoluto o experimenten condiciones de demanda perfectamente inelástica, pueden dejar un tema crítico como este, fuera de la mesa. Para el resto del parque empresarial, que se puede asumir en 99.9% de las empresas, la Satisfacción del Cliente es una variable crítica en su toma de decisiones. Un bajo nivel de satisfacción se puede traducir en pérdida de lealtad de los clientes, una baja en la retención de nuevos consumidores, un “boca a boca” negativo, pérdidas en ventaja competitiva y oportunidades de mejora continua.

A razón de lo anterior este ensayo pretende argumentar por qué esta variable crítica no se debe medir solo por un frente, sino con un ejercicio compuesto de distintas variables que hagan más robusto el análisis y entendimiento de las condiciones empresariales y del mercado. Se hará un breve repaso de lo que un proceso de Satisfacción y Atención al Cliente (SAC) debe ser, se revisarán las métricas comúnmente utilizadas y sus principales fortalezas y debilidades, y se presentará una propuesta de índice compuesto de satisfacción, que permite obtener una visión integral del resultado del proceso de SAC.

EL PROCESO DE SERVICIO Y ATENCIÓN AL CLIENTE

Un proceso de Servicio y Atención al Cliente debe ser eficiente, efectivo y centrado en el cliente. Debe estar diseñado para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, proporcionando soluciones rápidas y efectivas a sus problemas o consultas. Las principales características de un buen proceso de SAC incluyen la accesibilidad, la rapidez, la personalización y la proactividad. Entender lo que estos atributos significan no es tarea compleja, sin embargo se presenta una breve definición para homologar las posiciones de cara al análisis y la propuesta metodológica.

- **Accesibilidad:** se refiere a que el servicio debe estar disponible para el cliente, y éste debería poder acceder fácilmente. Ejemplos son los

canales de comunicación como teléfono, correo electrónico, redes sociales, entre otras.

- **Rapidez:** el cliente valora su tiempo y la empresa debe entender eso, por lo que un proceso de SAC efectivo es uno que le puede resolver los inconvenientes a los clientes en tiempo y forma oportuno. Esto se relaciona con lo que autores de distintas índoles catalogan como un “momento de verdad”¹.
- **Personalización:** es lo referente a una atención uno a uno con el cliente, o lo más cercano a esto posible. Las preferencias de los agentes económicos son, en ocasiones, opuestas a la estandarización, por lo que una contestadora o un formulario genérico puede no capturar las necesidades individuales del cliente.
- **Proactividad:** no limitarse a atender solicitudes *a posteriori*, sino mantener un proceso de prospección que pueda anticiparse a resolver problemas que los clientes no sabían que tenían; inclusive, puede ser referente a no tener un alcance limitado y poder tomar decisiones que permitan asegurar la continuidad del cliente.

Las funciones del proceso de SAC incluyen la recepción de consultas o quejas del cliente, la identificación del problema o necesidad del cliente, la búsqueda de soluciones, la comunicación con el cliente y el seguimiento para asegurarse de que el problema ha sido resuelto y el cliente está satisfecho. Además de esto, deben estar estrechamente vinculados con las demás áreas de la organización (a saber, producción, calidad, finanzas, entre otras). En empresas con estructuras organizativas robustas, el proceso de SAC generalmente se encuentra dentro del departamento comercial, bajo la supervisión de los equipos de ventas; estos a su vez reportan en este departamento y comparten la información con las demás áreas de la organización. En Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs), esta responsabilidad suele ser compartida por varias gerencias, aunque el proceso puede tenerlo a cargo un colaborador puntual (entiéndase el desarrollar la encuesta de satisfacción semestral).

Los objetivos del proceso de Servicio de Atención al Cliente (SAC) están alineados con la estrategia

¹ Un texto clave en el desarrollo de este tema es “*Moments of Truth*” de Carlzon, J. (1987). A partir de él, diversas disciplinas como mercadeo, estrategia y calidad han adoptado versiones de los principios para mejorar y optimizar el momento en el que el cliente interactúa con la empresa.

TABLA 1. SIPOC DEL PROCESO DE SERVICIO Y ATENCIÓN AL CLIENTE

Proveedor (S)	Entrada (I)	Proceso (P)	Salida (O)	Cliente (C)
Clientes Empleados de atención al cliente Sistemas de información	Consultas o quejas del cliente Información del cliente, políticas y procedimientos de la empresa	Recepción de consultas o quejas. Identificación del problema y búsqueda de solución. Comunicación y seguimiento con el cliente.	Solución al problema o consulta del cliente Comunicación con el cliente Informe de resolución del problema	Clientes Gerencias Partes Interesadas

Fuente: Elaboración propia, 2023.

empresarial, siendo fundamentales para mejorar la experiencia del cliente, aumentar la lealtad y fomentar el boca a boca positivo. La eficiencia en la resolución de consultas y problemas no solo satisface al cliente, sino que también reduce los costos operativos y aumenta la rentabilidad de la empresa. Además, un servicio personalizado y proactivo contribuye a la retención de clientes y maximiza su valor a lo largo del tiempo.

Por otro lado, el SAC es una herramienta clave para identificar oportunidades de venta y expandir la base de clientes, ofreciendo productos o servicios adicionales que se alineen con las necesidades y preferencias del cliente. Asimismo, una gestión efectiva de las quejas y comentarios negativos protege y mejora la imagen de la marca, fortaleciendo su posición en el mercado. Con base en lo anterior, se puede argumentar entonces que los objetivos del SAC son pilares fundamentales para el éxito y crecimiento de toda organización, contribuyendo directamente a la consecución de la estrategia empresarial.

EL NPS, CES Y OTRAS MÉTRICAS

Cuando se trata de medir la satisfacción del cliente, las empresas tienen a su disposición una variedad de métricas que pueden ayudarles a comprender mejor la experiencia de sus clientes. Entre las más populares se encuentran el *Net Promoter Score* (NPS), el *Customer Effort Score* (CES) y la Encuesta de Satisfacción del Cliente (CSAT por sus siglas en inglés). Cada una de estas métricas ofrece una perspectiva única sobre la experiencia del cliente y puede proporcionar información valiosa para mejorar el servicio y aumentar la lealtad del cliente. Sin embargo, también es importante

comprender las limitaciones de cada métrica y cómo se relacionan con los objetivos específicos de la empresa.

El NPS es una métrica simple y fácil de implementar que proporciona una visión general rápida de la lealtad del cliente. Se basa en una única pregunta: "¿Qué tan probable es que recomiende nuestra empresa a un amigo o colega?". Los clientes responden en una escala de 0 a 10, y se clasifican como promotores (9 y 10), pasivos (7 y 8) o detractores (0 a 6)². A pesar de su simplicidad, el NPS no proporciona detalles específicos sobre lo que la empresa está haciendo bien o mal, y puede ser influenciado por factores externos no relacionados con la experiencia del cliente (Reichheld, 2003). Además, no es útil para predecir el comportamiento futuro del cliente.

El CES, por otro lado, mide la facilidad con la que los clientes pueden obtener lo que necesitan. Se basa en una única pregunta: "¿Cuánto esfuerzo tuvo que hacer para resolver su problema o conseguir lo que necesitaba?". Los clientes responden en una escala de 1 a 7, siendo 1 "muy poco esfuerzo" y 7 "mucho esfuerzo". El CES es un buen predictor de la lealtad del cliente, ya que los clientes que encuentran fácil obtener lo que necesitan son más propensos a volver (Dixon, Freeman, & Toman, 2010). Sin embargo, al igual que el NPS, el CES no proporciona una visión completa de la experiencia del cliente y puede ser influenciado por factores externos.

Finalmente, la CSAT –la más común entre todas las herramientas– mide la satisfacción general del cliente con un producto o servicio específico. Se basa en una pregunta como "¿Qué tan satisfecho está con nuestro producto/servicio?". Los clientes responden en una escala de 1 a 5, siendo 1 "muy insatisfecho" y 5 "muy satisfecho". La CSAT proporciona detalles específicos sobre

² Para calcular el resultado final se realiza el conteo de cuántos encuestados se encuentran en cada categoría, se calcula individualmente cuánto representan los promotores y los detractores, para finalmente restar el porcentaje de detractores al de promotores. El resultado final es un valor porcentual, que de ser negativo significa que la empresa tiene más detractores que promotores.

lo que la empresa está haciendo bien o mal, y puede ser utilizada para identificar áreas de mejora (Fornell *et al.*, 1996). Sin embargo, al igual que las otras dos métricas, la CSAT puede ser influenciada por factores externos y no proporciona una visión completa de la experiencia del cliente. En la práctica empresarial, se ha convertido en costumbre reciente el que en las encuestas de este tipo se cierre con la pregunta del NPS, para obtener las dos conclusiones en un solo ejercicio.

TABLA 2. RESUMEN DE PROS Y CONTRAS DE LOS MÉTODOS MÁS COMÚNES

Métrica	Pros	Contras
Net Promoter Score (NPS)	Fácil de implementar, visión general rápida, permite comparaciones.	No proporciona detalles específicos, puede ser influenciado por factores externos, no predice comportamiento futuro.
Customer Effort Score (CES)	Mide facilidad, identifica áreas de fricción, buen predictor de lealtad.	No mide satisfacción general, puede ser influenciado por factores externos, no proporciona visión completa.
Encuesta de Satisfacción (CSAT)	Mide satisfacción general, proporciona detalles específicos, identifica áreas de mejora.	No mide lealtad, puede ser influenciado por factores externos.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

EL INDICADOR COMPUESTO

Para construir un indicador que mida la Satisfacción del Cliente, de manera integral y completa, es necesario incluir una nueva dimensión de análisis: la calidad del producto o servicio. Se incluye esta variable ya que la calidad de producto o servicio que ofrece la empresa es de primera importancia para la continuidad de negocio; no se puede ofrecer un producto o servicio que no cumpla con las expectativas de los clientes.³ En este contexto, se define calidad basándose en la norma internacional de referencia, por lo que, se entiende que la calidad de los productos y servicios de una empresa está determinada en el tanto éstos cumplan

con el impacto previsto –y no previsto– en las partes interesadas, así como la de satisfacer los requisitos de los clientes (ISO 9000:2015). Esta variable será medida con respecto al porcentaje de producto no conforme (%NC) que genera la organización.⁴

Ahora, considerando lo anterior, se presenta la construcción de un indicador que integra el NPS, el CES y el %NC, que permite un monitoreo más integral de la satisfacción del cliente.⁵ Con base en el resultado obtenido, la empresa puede emprender proyectos de mejora continua para cerrar brechas que existan entre la estrategia pretendida y la ejecutada en sus productos y servicios; además de poder identificar aspectos o procesos por mejorar que no habrían sido posible de observar sin comentarios externos.

A continuación se presentan dos versiones del indicador, uno simple (1) y uno avanzado (2). El primero agrega y pondera simplemente los resultados obtenidos de la encuesta, para indicar un solo número global como resultado. Por su lado, el segundo, pondera de manera diferente los tres componentes del ejercicio, dependiendo del enfoque que quiera darle la empresa a su proceso de SAC; se presenta, más adelante, una recomendación de valores a utilizar para distintas industrias. Se reconoce que el diseño experimental y de la encuesta puede tener gran influencia en la recopilación de la información, por lo que para desarrollar un instrumento con el menor error o sesgo posible, es necesario consultar la literatura del tema.⁶

$$I_s = \frac{NPS + CES + (1 - \%NC)}{3} \tag{1}$$

$$I_C = \beta_1 NPS + \beta_2 CES + \beta_3 \left(\frac{1}{1 - \%NC} \right) \tag{2}$$

Es crítico aclarar que, para que el indicador funcione de manera adecuada, se debe normalizar el CES y la escala debe ser invertida en la encuesta; siendo 7 –muy poco esfuerzo– y 1– “mucho esfuerzo”. Para normalizar la variable, lo único que se necesita es dividir el resultado promedio obtenido en la encuesta por 7,

³ Se reconoce que basándose en ese argumento se podría determinar que las variables están correlacionadas, sin embargo esto no tiene implicaciones negativas en el modelo.

⁴ Después de la prueba de varios modelos y formulaciones, se determinó que el porcentaje de producto no conforme es la variable más permisiva al incorporarse en el modelo. Otras variables usadas fueron: cantidad de reclamos recibidos, cantidad de rechazos de los clientes y severidad de los reclamos.

⁵ Es importante aclarar que, aunque el método es compuesto e integral al incorporar distintas variables, no es hermético a factores externos que afectan a los agentes económicos y la empresa.

⁶ Ver, por ejemplo, Cochran, W.G. (1977), Box, G.E., Hunter, W.G. & Hunter, J.S. (2005) y Kish, L. (1995).

efectivamente generando un número en el que 1 representa que se requiere poco esfuerzo y 0,14 representa que se requiere mucho esfuerzo.⁷ Los coeficientes β_1 deben sumar 1 en el agregado, es decir $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$.

Ahora bien, las ecuaciones anteriores permiten observar que un aumento en el NPS, un aumento en el CES (reducción de fricciones) y una reducción en el %NC, llevan a un nivel más alto del indicador. Los movimientos en sentido contrario generan un efecto contrario. Es válido notar que aspectos sobre la periodicidad, método y procesamiento de la información van a depender de la empresa que lo implemente y los objetivos que tenga vinculados con el indicador. A pesar de que las gerencias y empresas se beneficiarían de tener la mayor información disponible, hay periodos y procesos de transferencia en los ajustes realizados toman efecto. Medir la satisfacción en dicho momento puede sesgar la encuesta al estar en una dinámica de cambio de los gustos y preferencias de los consumidores.

Por su parte, para complementar la formulación anterior, se presenta una tabla de pesos recomendados según las distintas industrias que se pueden encontrar en la economía costarricense. Casos comunes son la manufactura, donde el %NC tiene el peso principal, la salud donde el CES es el más importante y, el turismo y educación donde el NPS es el que más peso tiene.

TABLA 3. VALORES PROPUESTOS PARA PONDERACIÓN DE LOS INDICADORES

Industria / Sector	Peso NPS	Peso CES	Peso %NC
Turismo	0,4	0,3	0,3
Agricultura	0,2	0,3	0,5
Tecnología y Comunicación	0,4	0,4	0,2
Servicios financieros	0,4	0,4	0,2
Manufactura	0,3	0,3	0,4
Salud	0,3	0,4	0,3
Educación	0,4	0,4	0,2
Construcción	0,3	0,3	0,4
Energía	0,3	0,3	0,4
Transporte y logística	0,3	0,3	0,4

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con lo anterior, el lector como tomador de decisiones en la organización, podrá determinar cuál es la

combinación apropiada para medir la satisfacción global de sus clientes, y emprender los proyectos de mejora que sean necesarios para atender las brechas identificadas. Se reconoce que esta propuesta no es única en su estilo y no pretende sustituir modelos de análisis que existen en la industria y la academia, sino que lo que pretender es poner sobre la mesa la discusión de los métodos de verificación de SAC y ofrecer una ayuda metodológica para aquellas organizaciones que estén en proceso de desarrollo del proceso.

El indicador en acción

Para facilitar la comprensión de la aplicación empresarial en esta subsección se presentan tres casos particulares, cada uno dando importancia a una de las distintas variables, para ejemplificar los distintos métodos de interpretación y resolución de hallazgos que se puedan presentar.

Caso #1: El NPS en la educación

Para las instituciones educativas, tanto primarias y secundarias como universitarias y ejecutivas, la satisfacción del cliente (el estudiante) es de principal prioridad. Más aun, la posible recomendación que éste dé a sus pares es de fundamental interés. La institución puede destinar parte de su presupuesto a mercadeo y publicidad, pero no hay mejor señal de éxito que la recomendación honesta de un cliente. En este caso, la organización podría optar por una ponderación 50-30-20, en la que le recarga el peso a los promotores que tiene, mientras que el esfuerzo que tienen que llevar a cabo los estudiantes es el segundo punto, y los posibles errores administrativos o en clases se llevan el último lugar.

Ante posibles resultados negativos en el indicador y la encuesta, la entidad puede emprender proyectos de mejora que involucren el uso de herramientas como la Voz del Cliente, Mapa de Afinidad, y el Árbol de Realidad Actual, para identificar las principales razones de ese resultado. Tomando como base los desarrollos, puede entonces generar mejorar a en las áreas identificadas como prioritarias; por ejemplo, facultad, instalaciones, administración, vinculación, entre otras.

⁷ Para obtener 0,14 en el CES normalizado sería necesario tener una respuesta promedio de 1, indicando un proceso arduo. Al dividir 1 por 7 para normalizar la escala, se obtiene 0,14; de manera similar con valores promedio entre 1 y 7.

Caso #2: El CES en salud

Los servicios de salud deben tener dos de las características principales identificadas para el proceso de SAC: deben ser accesibles y rápidos. En ocasiones la necesidad de un producto o servicio de salud es de vida o muerte, por lo que la rapidez con la que se obtiene y el acceso al mismo, son variables críticas de la calidad del mismo. Un resultado negativo en la variable del CES en el índice puede levantar alarmas sobre fricciones que no se tienen identificadas y minan la competitividad en esas dos características fundamentales. Ejemplos pueden ser el completar formularios con la misma información (o similar) en distintas etapas del proceso, que la ubicación del producto o servicio no sea apta para las condiciones en las que se requiere o, en un caso extremo, la ausencia por completo del producto o servicio.

Este componente del índice se beneficia fuertemente de los aportes de la ingeniería industrial y su rama de *lean*, en el sentido de que puede aprovechar el instrumental que esta disciplina presenta. Entre las opciones y proyectos que se pueden llevar a cabo son: un *Gemba Walk* en el que se hace el recorrido completo y se identifican esas fricciones; y mejoras según las filosofías de *kaizen*, *kaikaku* y *kakushin*.⁸ De esta manera, si los responsables determinan que los cambios se pueden realizar rápidamente, será cuestión únicamente de ejecutar; si requieren mayor planificación o ingeniería, incluso, podrán ser administrados de manera oportuna con la esperanza de que en el siguiente periodo el resultado del indicador mejore.

Caso #3: Manufactura de precisión

En la industria médica, la calidad del producto es causante de vida o muerte. Por esa razón es el claro ejemplo de cuando el %NC tiene el principal peso en el indicador. Empresas de este sector pueden usar ponderaciones similares a un 30-10-60, donde pesan principalmente el %NC, pero le dan aún más importancia a la comunicación “boca a boca” de los clientes, a través del NPS. En estos casos, la calidad (que puede incluir desde el servicio que la empresa le presta al cliente, hasta el producto final), es la principal variable por estudiar y controlar. Resultados negativos en este apartado pueden ser descubiertos a lo interno de la

organización, clasificado como producto no conforme interno, o bien aquellos que si llegan al cliente o usuario final, que se pueden catalogar como producto no conforme externo. Este último tiene un efecto negativo más fuerte sobre la credibilidad de la organización, ya que el problema llegó a las manos del cliente.

Para resolver o mejorar dichos eventos existe una plétora de herramientas, principalmente en el campo de estudio de la ingeniería industrial y la administración de operaciones. Opciones instrumentales como el Control Estadístico de Procesos, *Six Sigma* y *Lean Manufacturing* pueden reducir la probabilidad de producto no conforme; asimismo, prácticas de Gestión Total de Calidad como la inspección en proceso, verificación de materiales y estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad pueden mitigar riesgos que se mantengan latentes en las diversas etapas del proceso productivo.

CONCLUSIONES

La satisfacción del cliente es un aspecto fundamental para el éxito de cualquier empresa, independientemente de su tamaño o industria. Medir la satisfacción del cliente a través de indicadores como el *Net Promoter Score* (NPS) y el *Customer Effort Score* (CES) proporciona una visión valiosa de la percepción del cliente sobre la empresa y sus productos o servicios (Cochran, 1977; Box *et al.*, 2005).

Sin embargo, es importante no limitarse a una sola dimensión de la satisfacción del cliente. Un enfoque más integral que incluya múltiples indicadores, como el porcentaje de producto no conforme (%NC), proporcionará una visión más completa de la experiencia del cliente y permitirá identificar áreas específicas de mejora (Kish, 1995). El desarrollo de un indicador compuesto que combine el NPS, el CES y el %NC es una estrategia efectiva para medir la satisfacción del cliente de manera integral. La ponderación de cada componente del indicador debe ser ajustada según la industria y las características específicas de la empresa, con el objetivo de reflejar de manera precisa la importancia relativa de cada aspecto en la experiencia del cliente.

En el caso de Costa Rica, una economía en desarrollo con una diversidad de industrias y sectores es

⁸ En este contexto, *kaizen* significa un pequeño cambio, *kaikaku* es una mejora radical a un proceso o servicio, y *kakushin* es la innovación disruptiva (prácticamente una reingeniería del proceso).

fundamental considerar las particularidades de cada uno al desarrollar y aplicar el indicador compuesto. La tabla proporcionada en este trabajo ofrece una guía útil para determinar los pesos de cada componente del indicador según la industria o sector. Finalmente, se considera que implementación de un indicador compuesto

de satisfacción del cliente es una estrategia valiosa que permitirá a las empresas obtener una visión más completa de la experiencia del cliente, identificar áreas de mejora y, en última instancia, mejorar la calidad de sus productos o servicios y fortalecer su relación con los clientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, G. E.; Hunter, W. G.; Hunter, J. S. (2005). *Statistics for experimenters: Design, innovation, and discovery* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Carlzon, J. (1987). *Moments of Truth*. HarperCollins.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Dixon, M., Freeman, K. y Toman, N. (2010). Stop trying to delight your customers. *Harvard Business Review*, 88(7/8), 116-122.
- Fornell, C. *et al.*, (1996). The American customer satisfaction index: nature, purpose, and findings. *Journal of marketing*, 60(4), 7-18.
- Kish, L. (1995). *Survey sampling*. John Wiley & Sons.
- Morgan, N. A. y Rego, L. L. (2006). The value of different customer satisfaction and loyalty metrics in predicting customer retention, recommendation, and share-of-wallet. *Managing Service Quality: An International Journal*.
- Oliver, R. L. (1997). *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer*. McGraw-Hill.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A. y Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.
- Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. *Harvard business review*, 81(12), 46-54.



TELEMEDICINA Y EL INTERNET DE LAS COSAS MÉDICAS (IOMT): SUPERACIÓN DE LOS DESAFÍOS Y VISUALIZACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA Y LA ACCESIBILIDAD EN EL SECTOR SALUD

Recibido: 11 Octubre, 2023 • Revisado: 13 Noviembre, 2023 • Aceptado: 06 Diciembre, 2023

José Vega Baudrit, Rebeca Corrales,
Luis Castillo Henríquez y Melissa Camacho

RESUMEN

Este estudio explora el impacto del Internet de las Cosas Médicas (IoMT) en la atención médica en Costa Rica, un país con un sistema de atención médica universal y una población en crecimiento. Se discuten los posibles beneficios del IoMT, como el acceso mejorado a la atención médica en áreas remotas, la gestión eficiente de recursos médicos, la prevención de enfermedades crónicas, el envejecimiento activo, la creación de empleo y el desarrollo económico. Se presentan ejemplos de iniciativas en América Latina, específicamente en Costa Rica, que incluyen proyectos gubernamentales y soluciones de telemedicina privada. Sin embargo, se destacan desafíos clave, como la interoperabilidad, la seguridad de los datos y la aceptación por parte de los usuarios. A pesar de estos desafíos, se espera que el IoMT transforme la atención médica costarricense, haciéndola más accesible y eficiente, y mejora la calidad de vida de sus ciudadanos.

Palabras clave: Internet de las cosas, IoT, regulaciones, IoMT, nanotecnología, nanomedicina.

ABSTRACT

This study explores the impact of the Internet of Medical Things (IoMT) on healthcare in Costa Rica, a country with a universal healthcare system and an increasing population. The potential benefits of the IoMT are discussed, such as enhanced accessibility to healthcare in remote areas, efficient management of medical resources, chronic disease prevention, active aging, job creation, and economic development. Examples of initiatives in Latin America, specifically Costa Rica, encompass governmental projects and private telemedicine solutions. However, key challenges include interoperability, data security, and user acceptance. Despite these challenges, the IoMT is expected to transform Costa Rican healthcare, making it more accessible and efficient and improving the quality of life of its citizens.

Keywords: Internet of Things, IoT, regulations, IoMT, nanotechnology, nanomedicine.

José Vega Baudrit es Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT. Es profesor de LEAD University y LEAD University y de la Universidad Nacional, Escuela de Química; jvegab@gmail.com

Rebeca Corrales es Ingeniera en materiales, responsable del FABLAB del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT, San José, Costa Rica.

Luis Castillo Henríquez es Profesor investigador en Farmacia, invitado en el Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT, San José, Costa Rica.

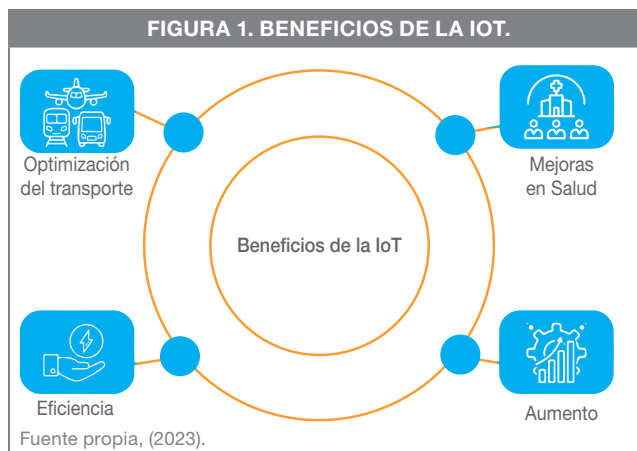
Melissa Camacho es química, Coordinadora del Área de Gestión de la Calidad del Laboratorio Nacional de Nanotecnología, LANOTEC CENAT, San José, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

El Internet de las Cosas (IoT) es un paradigma que se refiere a la interconexión de objetos cotidianos a través de Internet, lo que permite que estos dispositivos interactúen y compartan información entre sí para mejorar la calidad de vida de las personas y optimizar procesos en diversas industrias (Ashton, 2009; Papatsimouli *et al.*, 2022). La idea subyacente del IoT es sencilla: conectar todo tipo de dispositivos y objetos a Internet, lo que permite la comunicación entre ellos y con los usuarios, y les ofrece así un amplio espectro de posibilidades y aplicaciones. El IoT promete transformar nuestras vidas y trabajos, desde electrodomésticos, vehículos y dispositivos médicos hasta infraestructuras urbanas y sistemas industriales (Hartwein *et al.*, 2022).

Uno de los impulsores principales del crecimiento del IoT es la proliferación de sensores y dispositivos conectados a redes. Para 2025, habrá más de 75 mil millones de dispositivos conectados en todo el mundo (Statista, 2020). Además, la expansión de la red 5G y los avances en capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos también están catalizando el desarrollo del IoT. El IoT ofrece numerosos beneficios tanto para los usuarios individuales como para las empresas en diversas industrias. Estos beneficios incluyen (Figura 1):

- **Eficiencia Energética:** Con dispositivos conectados a la red que pueden monitorear y regular el uso de energía, es posible reducir el gasto energético y disminuir la huella de carbono (Aazam *et al.*, 2018).
- **Mejoras en la Atención Médica:** El IoT permite el monitoreo remoto de pacientes y la recopilación de datos en tiempo real, facilitando la prevención y el tratamiento de enfermedades (Islam *et al.*, 2015).
- **Optimización del Transporte:** Conectar vehículos y sistemas de transporte a través del IoT puede mejorar la movilidad urbana, reducir la congestión del tráfico y aumentar la seguridad en las carreteras (Dorsemayne *et al.*, 2016).
- **Aumento de la Productividad:** En el ámbito industrial, el IoT permite la automatización de procesos, la optimización de la cadena de suministro y la mejora de la toma de decisiones (Lueth, 2020).



Sin embargo, el IoT también plantea desafíos significativos en términos de privacidad y seguridad. Los enormes datos generados por los dispositivos conectados pueden ser explotados con fines maliciosos si no se implementan medidas adecuadas de protección y cifrado (Roman *et al.*, 2013; Cuteanu *et al.*, 2021).

El Internet de las Cosas es una tendencia tecnológica en constante evolución con el potencial de transformar significativamente cómo vivimos y trabajamos. A medida que el número de dispositivos conectados continúa aumentando, es imperativo abordar los desafíos relacionados con la privacidad y la seguridad para asegurar un futuro sostenible y seguro para el IoT.

INTERNET DE LAS COSAS Y NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología, centrada en el diseño y la manipulación de materiales a escala nanométrica (un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro), ha experimentado un rápido avance en las últimas décadas. Esta tecnología puede potencialmente revolucionar diversos campos, incluido el Internet de las Cosas (IoT). La convergencia del IoT y la nanotecnología puede llevar a la creación de dispositivos más pequeños, eficientes y avanzados, lo que permite impulsar aún más las capacidades y aplicaciones del IoT (Chaurasia, 2022; Gebrehiyot *et al.*, 2012).

Aplicaciones de la Nanotecnología en el IoT

Algunas de las aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT) relacionadas con la nanotecnología pueden ser (Figura 2):

FIGURA 2. ALGUNAS APLICACIONES DE LAS IOT ASOCIADAS A LA NANOTECNOLOGÍA



- **Sensores:** Los nanosensores son dispositivos extremadamente pequeños y sensibles capaces de detectar y medir un amplio espectro de variables físicas, químicas y biológicas. Estos sensores pueden integrarse en dispositivos del IoT para mejorar su precisión y eficiencia, lo que permite una detección más rápida y precisa de cambios ambientales (Luo *et al.*, 2015).
- **Baterías y almacenamiento de energía:** La nanotecnología puede utilizarse para desarrollar baterías más pequeñas y eficientes, lo que se traduce en dispositivos del IoT con mayor autonomía y menor consumo de energía (Indira *et al.*, 2019).
- **Comunicaciones:** Las nanoantenas y nanotransmisores actuales pueden mejorar la velocidad y eficiencia de las comunicaciones inalámbricas en los dispositivos del IoT, lo que posibilita una transferencia de datos más rápida y confiable (Niu y Ren, 2022; Ruchi *et al.*, 2022).
- **Materiales inteligentes:** La nanotecnología puede crear materiales con propiedades únicas, como la capacidad de autorreparación o la adaptabilidad a cambios ambientales. Estos materiales podrían incorporarse en dispositivos del IoT para mejorar su durabilidad y funcionalidad (Chen *et al.*, 2016). La integración de materiales inteligentes basados en nanotecnología en dispositivos y sistemas del IoMT podría mejorar su durabilidad, funcionalidad y eficacia en el ámbito de la atención médica. Del mismo modo, los materiales inteligentes pueden utilizarse en dispositivos del IoMT, como sensores de salud portátiles, implantes médicos y sistemas de administración de medicamentos. Además, se

puede explorar el potencial de estos materiales para mejorar la detección y el seguimiento de enfermedades y proporcionar tratamientos más precisos y personalizados (Chen *et al.*, 2016).

Desafíos y consideraciones

A pesar de las prometedoras aplicaciones de la nanotecnología en el IoT, también existen desafíos significativos y consideraciones importantes.

La producción de dispositivos y componentes a escala nanométrica para su integración en el Internet de las Cosas Médicas (IoMT) plantea desafíos técnicos y económicos significativos que deben abordarse para lograr avances exitosos en la atención médica (Roco, 2011; Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022). Desde una perspectiva técnica, la fabricación a escala nanométrica requiere una alta precisión y control en los procesos de producción. Lograr esto puede ser difícil debido a factores como las fluctuaciones en las condiciones ambientales, la estabilidad de los materiales utilizados y la complejidad inherente de trabajar con estructuras extremadamente pequeñas (Mitchell *et al.*, 2020). Además, garantizar la confiabilidad y reproducibilidad de los dispositivos y componentes a escala nanométrica es crucial para su adopción en aplicaciones médicas, lo que plantea otro desafío técnico en el desarrollo e implementación de soluciones de IoMT basadas en nanotecnología (Chen *et al.*, 2016).

En cuanto a los desafíos económicos, la fabricación a escala nanométrica puede ser costosa debido a la necesidad de equipos especializados y técnicas de producción avanzadas (Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022). Estos altos costos pueden obstaculizar la adopción e implementación de dispositivos y componentes a escala nanométrica en el IoMT, especialmente en países en desarrollo y entornos con recursos limitados (Srivastava *et al.*, 2022). También, es importante tener en cuenta los costos asociados con la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías, así como los desafíos regulatorios y de propiedad intelectual que pueden surgir al incorporar la nanotecnología en el campo médico (Mitchell *et al.*, 2020).

Para superar estos desafíos técnicos y económicos, es crucial la colaboración entre investigadores, fabricantes, profesionales médicos y responsables de políticas (Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022). Esto permitirá el desarrollo de estrategias efectivas

para optimizar los procesos de fabricación, reducir costos y garantizar la seguridad y eficacia de los dispositivos y componentes a escala nanométrica en el IoMT. Superar estos obstáculos es fundamental para aprovechar plenamente el potencial de la nanotecnología para transformar la atención médica y mejorar la calidad de vida de los pacientes (Srivastava *et al.*, 2022).

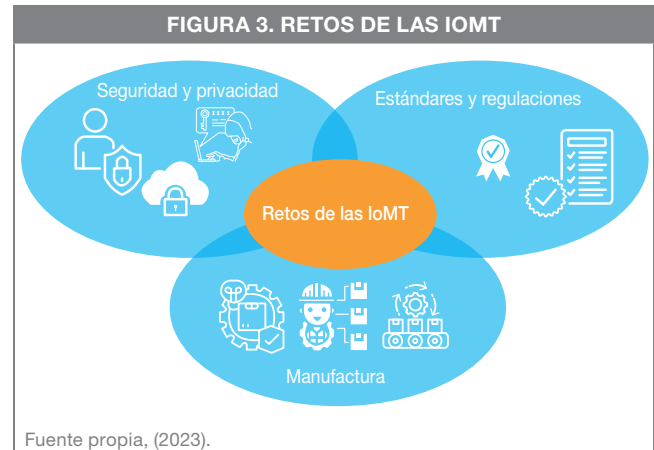
Asimismo, la falta de normativas y regulaciones específicas en la nanotecnología puede obstaculizar la adopción y el desarrollo de tecnologías y aplicaciones en el IoT y el IoMT (Koepsell, 2011; Mitchell *et al.*, 2020; Johnson *et al.*, 2017; Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022). La falta de uniformidad en las normas de nanotecnología puede llevar a inconsistencias en la calidad y seguridad de los dispositivos y componentes a escala nanométrica, lo que potencialmente obstaculiza su aplicación en soluciones de IoT (Mitchell *et al.*, 2020). Además, la ausencia de regulaciones específicas puede dar lugar a preocupaciones sobre la privacidad y la protección de datos, así como a problemas legales y de responsabilidad ética (Srivastava *et al.*, 2022).

Para abordar estos desafíos, es fundamental establecer un marco regulador sólido que garantice la seguridad, eficacia y compatibilidad de las tecnologías y aplicaciones basadas en nanotecnología en el IoT (Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022). Esto implica la colaboración entre organismos reguladores, investigadores, fabricantes y otros actores clave en el desarrollo e implementación de normas y directrices específicas para la nanotecnología en el IoT (Mitchell *et al.*, 2020). En este contexto, la Organización Internacional de Normalización (ISO) desempeña un papel vital en la creación de normas y directrices que pueden ayudar a abordar estos desafíos (ISO, *s.f.*).

La ISO cuenta con un comité técnico dedicado, el ISO/TC 229, centrado específicamente en la normalización en el campo de la nanotecnología (ISO, *s.f.*). Este comité trabaja en la formulación de normas internacionales que aborden la terminología, la metrología, la caracterización y la seguridad de la nanotecnología y sus aplicaciones, incluida su integración en el IoT. Costa Rica y varios países de América Latina forman parte de este comité técnico, y algunos participan con voz y voto en la formulación de futuras normas que se establecerán (ISO, *s.f.*).

Establecer regulaciones y normas específicas para la nanotecnología en el IoT ayudará a garantizar la

calidad y seguridad de los dispositivos y componentes a escala nanométrica, lo que facilita su adopción y promueve el desarrollo de aplicaciones innovadoras en el IoMT y otros campos relacionados con el IoT (Srivastava *et al.*, 2022).



Seguridad y Privacidad

En el ámbito del IoT en general, la seguridad y la privacidad son preocupaciones clave al integrar la nanotecnología en dispositivos conectados (Chaurasia, 2022; Gebrehiyot *et al.*, 2012; Mitchell *et al.*, 2020). Según un estudio realizado por Symantec, se encontraron vulnerabilidades en más del 50% de los dispositivos IoT analizados en 2017 (Symantec, 2017). Estas vulnerabilidades pueden ser aún más críticas cuando se trata de dispositivos médicos basados en nanotecnología, ya que podrían poner en riesgo la salud y la vida de los pacientes (Ngoepe y Ngwenya, 2022; Higashisaka, 2022).

Un caso notable es el de un marcapasos fabricado por Abbott Laboratories, que tuvo que realizar actualizaciones de firmware para abordar vulnerabilidades de seguridad (FDA, 2017). Si bien no era un dispositivo basado en nanotecnología, destaca la importancia de garantizar la seguridad en los dispositivos médicos conectados. La implementación de la nanotecnología en dispositivos de IoT requiere una atención especial a la seguridad de la información y la protección de la privacidad del usuario. Un estudio realizado por Srivastava *et al.*, (2022), destacó la necesidad de desarrollar sistemas de sensores portátiles seguros y eficientes para monitorear los movimientos corporales de los recién nacidos. Esto implica adoptar medidas adecuadas de

seguridad y privacidad para proteger los datos sensibles de los pacientes.

La nanotecnología tiene el potencial de impulsar el desarrollo y las capacidades del Internet de las Cosas, permitiendo la creación de dispositivos más pequeños, avanzados y eficientes. Sin embargo, también es importante abordar los desafíos y consideraciones de aplicar la nanotecnología en el IoMT para garantizar un futuro sostenible y seguro.

APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA Y EL INTERNET DE LAS COSAS EN MEDICINA IOMT

La combinación de la nanotecnología y el Internet de las Cosas (IoT) puede transformar significativamente la medicina y la atención médica. A través de dispositivos más pequeños, avanzados y eficientes, el denominado "Internet de las Cosas Médicas" (IoMT) puede mejorar la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, así como optimizar la atención al paciente y la gestión hospitalaria (Joyia *et al.*, 2017).

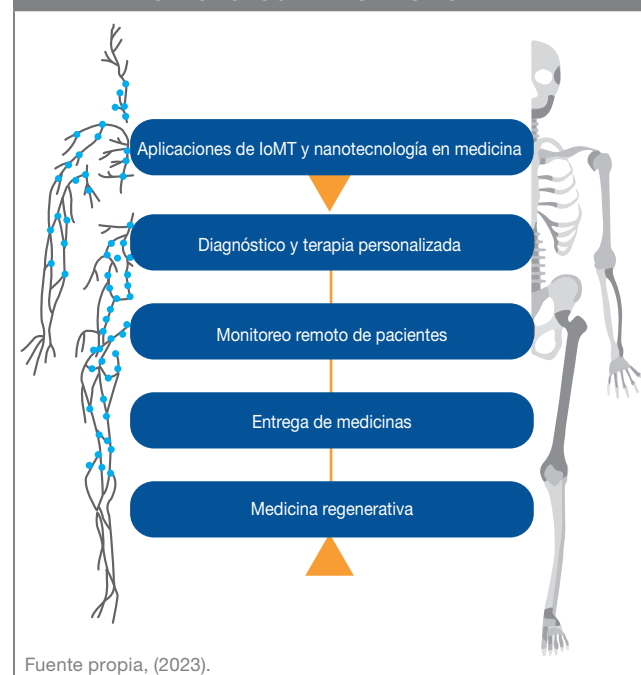
Aplicaciones de IoMT y Nanotecnología en Medicina Monitoreo remoto de pacientes

El monitoreo remoto de pacientes mediante nanosensores se ha convertido en un enfoque prometedor para mejorar la atención médica y la calidad de vida de los pacientes (Srivastava *et al.*, 2022; Pantelopoulos y Bourbakis, 2010). Los nanosensores pueden monitorear constantemente los signos vitales de los pacientes y otros indicadores de salud, transmitiendo esta información en tiempo real a médicos y profesionales de la salud a través del IoMT (Pantelopoulos y Bourbakis, 2010; Islam *et al.*, 2015). Un estudio realizado en 2021 mostró que los avances en tecnologías digitales han permitido que el monitoreo remoto y los sistemas de alerta digital ganen popularidad. A pesar de esto, hay evidencia limitada que respalde las afirmaciones de que las alertas digitales pueden mejorar los resultados clínicos (Iqbal *et al.*, 2021). Aunque este estudio no se centró específicamente en nanosensores, ilustra el impacto potencial en la atención médica a través del monitoreo remoto (Figura 4).

En otro caso, investigadores de la Universidad de Stanford desarrollaron un nanosensor basado en

grafeno que puede detectar la presencia de biomarcadores en la sangre, como la proteína troponina, que indica daño cardíaco (Lee *et al.*, 2016). Este dispositivo podría permitir un diagnóstico rápido y preciso de ataques cardíacos y otras afecciones médicas.

FIGURA 4. ALGUNAS APLICACIONES DE LAS IOMT Y NANOTECNOLOGÍA EN CIENCIAS DE LA VIDA



La atención médica personalizada también puede beneficiarse del uso de nanosensores. Por ejemplo, un estudio publicado en Science Translational Medicine demostró que los nanosensores podrían monitorear la glucosa en tiempo real y administrar automáticamente insulina a pacientes diabéticos, lo que permite ajustarse a las necesidades de cada paciente (Gough *et al.*, 2010).

A pesar del potencial prometedor de los nanosensores en el monitoreo remoto de pacientes, todavía existen desafíos relacionados con la seguridad, la privacidad y la estandarización que deben abordarse antes de que estas tecnologías puedan implementarse ampliamente (Selvaraj y Sundaravaradhan, 2020).

Diagnóstico y terapia personalizada

El monitoreo remoto de pacientes utilizando nanotecnología y IoMT ofrece un gran potencial para el diagnóstico y la terapia personalizada. La nanotecnología permite el desarrollo de dispositivos y sistemas de diagnóstico altamente precisos y sensibles que detectan

biomarcadores específicos en muestras biológicas (Indira *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2018). Combinados con IoMT, estos dispositivos pueden ayudar en el diagnóstico temprano y preciso de enfermedades y en la selección de tratamientos personalizados basados en el perfil genético y molecular del paciente (Indira *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2018).

Por ejemplo, los nanosensores basados en grafeno se han utilizado para detectar biomarcadores de cáncer en etapa temprana. Investigadores de la Universidad de Swansea desarrollaron un dispositivo que utiliza nanosensores de grafeno para detectar cambios en los niveles de ácido desoxirribonucleico (ADN) en la sangre, lo que podría indicar la presencia de células cancerosas (Swansea University, 2017). Esta tecnología podría permitir un diagnóstico temprano y preciso del cáncer, y facilita los tratamientos más efectivos y personalizados. En otro estudio, investigadores del MIT desarrollaron un sistema de administración de medicamentos basado en nanopartículas que puede controlarse a través de un teléfono inteligente y una aplicación (Mitchell *et al.*, 2020). Este sistema podría permitir a los médicos ajustar las dosis de medicamentos en tiempo real según las necesidades de cada paciente, y mejora la eficacia del tratamiento y se reducen los efectos secundarios.

Además, la nanotecnología ha facilitado el desarrollo de dispositivos de terapia génica personalizada, como el sistema CRISPR-Cas9. Este sistema permite la edición precisa del genoma y puede tratar enfermedades genéticas específicas basadas en el perfil genético del paciente (Doudna y Charpentier, 2014). A pesar de estos avances prometedores, persisten dificultades en la implementación de dispositivos de diagnóstico y terapia basados en nanotecnología e IoMT, incluidas preocupaciones sobre seguridad, privacidad y estandarización (Selvaraj y Sundaravaradhan, 2020).

Medicina regenerativa

La medicina regenerativa es un campo en rápido crecimiento que busca desarrollar terapias y tecnologías para reparar, reemplazar o regenerar tejidos y órganos dañados (Mason y Dunnill, 2008). La nanotecnología ha demostrado ser valiosa en la medicina regenerativa, ya que puede desarrollar materiales y sistemas que promueven la regeneración de tejidos y órganos dañados (Shin *et al.*, 2016). La integración de estos avances con IoMT permite monitorear y ajustar

con precisión los tratamientos regenerativos en tiempo real, lo que mejora los resultados y reduce los riesgos asociados (Mihai *et al.*, 2019).

Un ejemplo es el uso de nanofibras electrohiladas en combinación con células madre para la ingeniería de tejidos y la regeneración ósea (Xue *et al.*, 2019). Estas nanofibras pueden proporcionar soporte tridimensional para el crecimiento y la diferenciación celular, facilitando la formación de nuevo tejido. Al integrar dispositivos de comunicación inalámbrica y sensores, los médicos pueden monitorear el proceso de regeneración en tiempo real y ajustar las condiciones de crecimiento según sea necesario (Pantelopoulou y Bourbakis, 2010).

Otro ejemplo es el desarrollo de hidrogeles nanocompuestos que pueden liberar factores de crecimiento y otras moléculas bioactivas de manera controlada para estimular la regeneración del tejido cardíaco después de un infarto de miocardio (Paul *et al.*, 2014). Los sensores y dispositivos de IoMT podrían permitir el monitoreo preciso de la liberación de estas moléculas y ajustar la terapia según las necesidades específicas del paciente. La nanotecnología también se ha utilizado para desarrollar implantes cocleares para tratar la pérdida de audición neurosensorial (Dindelegan *et al.*, 2022). Estos implantes pueden monitorearse y controlarse a través de IoMT, lo que permite a los médicos ajustar los parámetros del dispositivo y mejorar la audición del paciente de manera personalizada.

Administración de medicamentos

La nanotecnología ha desarrollado nanoestructuras y nanovehículos para la administración de medicamentos controlada y específica, lo que mejora la eficacia y minimiza los efectos secundarios (Ventola, 2017). El IoMT puede utilizarse para monitorear la eficacia de estos tratamientos y ajustar las dosis en tiempo real (Peer *et al.*, 2007).

Un ejemplo son las nanopartículas lipídicas sólidas (SLNs) para la entrega de medicamentos antitumorales. En un estudio publicado en 2021, los investigadores desarrollaron SLNs cargadas con ácido oleanólico, un compuesto natural con propiedades anticancerígenas, para tratar el cáncer de mama triple negativo (Tenchov *et al.*, 2021). La integración de IoMT en este enfoque permitiría el monitoreo en tiempo real de la concentración del medicamento y el ajuste de la dosis según sea necesario, lo que mejora la eficacia del tratamiento y

reduce los efectos secundarios. En otro caso, los investigadores han utilizado nanogranos poliméricos biodegradables para la entrega controlada y prolongada de medicamentos antipsicóticos, como la risperidona (Xu *et al.*, 2017). Al combinar esta tecnología con IoMT, se podría lograr el monitoreo en tiempo real de la liberación de medicamentos y el ajuste de la dosis según las necesidades del paciente, se mejora la adherencia al tratamiento, y disminuye la probabilidad de efectos secundarios.

Además, se ha desarrollado un sistema de administración de insulina basado en hidrogeles inteligentes que libera insulina en respuesta a los niveles de glucosa en sangre (Gu *et al.*, 2013). La integración de este sistema con IoMT permitiría a médicos y pacientes monitorear y ajustar la liberación de insulina en tiempo real, se mejora el control glucémico y la calidad de vida de las personas con diabetes.

También, la terapia fototérmica utiliza nanopartículas de oro para convertir la luz en calor, lo que puede destruir selectivamente las células cancerosas (Song *et al.*, 2015). Al integrar esta terapia con IoMT, los cambios de temperatura y la concentración de nanopartículas podrían monitorearse en tiempo real, lo que permitiría un control preciso del tratamiento y una reducción del daño a los tejidos sanos circundantes. Además, se ha determinado el uso de nanopartículas magnéticas para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, recubiertas con polímeros que pueden atravesar la barrera

FUTUROS DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES

A pesar de las prometedoras aplicaciones de IoMT y nanotecnología en medicina, también existen desafíos y consideraciones significativos:

- Seguridad y privacidad de los datos: Proteger la información médica y personal de los pacientes es crucial en cualquier aplicación médica de IoMT y nanotecnología. Para garantizar la confidencialidad de los datos, se deben implementar medidas rigurosas de seguridad y cifrado (Roman *et al.*, 2013).
- Interoperabilidad y estandarización: Para facilitar la adopción y el uso de tecnologías médicas basadas en IoMT y nanotecnología, es necesario establecer estándares y protocolos

comunes que permitan la interoperabilidad entre dispositivos y sistemas de diferentes fabricantes (Joyia *et al.*, 2017).

- Regulaciones y aprobaciones: El desarrollo e implementación de aplicaciones médicas basadas en IoMT y nanotecnología deben cumplir con las regulaciones y obtener las aprobaciones necesarias de los organismos reguladores de salud, lo que puede representar un proceso largo y costoso (Etheridge *et al.*, 2013).

La combinación de nanotecnología y el Internet de las Cosas Médicas tiene un gran potencial para mejorar la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, y optimizar la atención al paciente y la gestión hospitalaria. Sin embargo, abordar los desafíos y consideraciones asociados con estas tecnologías es crucial para garantizar un futuro sostenible y seguro en la medicina.

El monitoreo remoto de pacientes a través del Internet de las Cosas Médicas (IoMT) está ganando cada vez más atención en la atención médica moderna debido a su capacidad para mejorar la calidad, accesibilidad y eficiencia de los servicios de salud. A través de dispositivos conectados y sistemas inteligentes, el monitoreo remoto permite a los profesionales de la salud supervisar a los pacientes fuera del entorno hospitalario, lo que resulta en una atención más personalizada y oportuna (Bashshur *et al.*, 2020).

BENEFICIOS DEL MONITOREO REMOTO DE PACIENTES CON IOMT

El monitoreo remoto de pacientes utilizando dispositivos IoMT puede ayudar a detectar y controlar enfermedades crónicas como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades respiratorias. Estos dispositivos permiten a los médicos ajustar tratamientos y guiar a los pacientes antes de que ocurran complicaciones graves al proporcionar información en tiempo real sobre signos vitales y otros indicadores de salud (Marques *et al.*, 2019).

El monitoreo remoto de pacientes a través de IoMT facilita la atención en el hogar y reduce la necesidad de visitas frecuentes al hospital, lo que puede ser especialmente beneficioso para las personas mayores, los pacientes con movilidad reducida y aquellos que viven en áreas rurales o remotas (Chouvarda *et al.*, 2015).

La adopción de tecnologías IoMT en el monitoreo remoto de pacientes ha impulsado el crecimiento de la telemedicina, lo que permite consultas virtuales y seguimiento entre médicos y pacientes a través de videoconferencias y aplicaciones de mensajería. Esto puede mejorar la accesibilidad y conveniencia para los pacientes, al tiempo que reduce los costos y la carga de trabajo para los profesionales de la salud (Kruse *et al.*, 2017).

EJEMPLOS ESPECÍFICOS DE DIAGNÓSTICO Y TERAPIA PERSONALIZADA UTILIZANDO IOMT

- **Detección de cáncer:** Los dispositivos IoMT que utilizan nanosensores pueden detectar biomarcadores específicos del cáncer con alta sensibilidad y especificidad en muestras biológicas, como sangre o tejidos. Estos dispositivos pueden ayudar en el diagnóstico temprano y preciso del cáncer y en la selección de tratamientos personalizados basados en el perfil genético y molecular del tumor (Siravegna *et al.*, 2017).
- **Manejo de la diabetes:** El IoMT ha permitido el desarrollo de dispositivos, como monitores continuos de glucosa y bombas de insulina inteligentes, que pueden ajustar automáticamente la administración de insulina según las necesidades del paciente. Estos dispositivos pueden mejorar significativamente el control glucémico y reducir las complicaciones asociadas con la diabetes (Heinemann y DeVries, 2016).
- **Terapia génica y celular:** La terapia génica y celular está revolucionando el tratamiento de enfermedades genéticas y trastornos inmunológicos. El IoMT se puede utilizar para monitorear la eficacia de estas terapias y ajustar las dosis en tiempo real, mejorando la eficacia y minimizando los efectos secundarios (Touchot y Flume, 2015).
- **Salud mental y trastornos del sueño:** Los dispositivos IoMT, como los dispositivos vestibles y las aplicaciones móviles, pueden monitorear indicadores de salud mental y trastornos del sueño, como el estado de ánimo, la actividad física y los patrones de sueño. Esta información puede personalizar intervenciones y tratamientos, como la terapia cognitivo-conductual, la estimulación cerebral profunda y la fototerapia (Bauer *et al.*, 2018).

DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES EN EL DIAGNÓSTICO Y LA TERAPIA PERSONALIZADA CON IOMT

- **Validación clínica:** Para garantizar la seguridad y eficacia de los dispositivos y terapias basados en IoMT, es fundamental realizar estudios clínicos rigurosos y obtener la aprobación de los organismos reguladores de salud (Mosa *et al.*, 2017).
- **Integración y análisis de datos:** El diagnóstico y la terapia personalizada a través de IoMT generan una gran cantidad de datos, lo que requiere sistemas adecuados de almacenamiento y análisis para extraer información útil y tomar decisiones clínicas informadas (Dutta *et al.*, 2023; Pradhan *et al.*, 2020).
- **Adopción y aceptación por parte de los usuarios:** Tanto los pacientes como los profesionales de la salud deben estar dispuestos a adoptar y utilizar dispositivos y terapias basados en IoMT. La educación, la capacitación y el apoyo continuo pueden ser cruciales para garantizar una adopción exitosa (Gagnon *et al.*, 2016).

IOMT EN AMÉRICA LATINA

En América Latina, varios avances y desarrollos en el Internet de las Cosas Médicas (IoMT) tienen como objetivo mejorar la atención médica y la calidad de vida de sus ciudadanos. Algunos ejemplos destacados incluyen:

- **Telemedicina en Colombia:** El programa "Telemedicina" en Colombia es una iniciativa gubernamental que busca utilizar tecnologías de la información y la comunicación para mejorar el acceso a los servicios de salud en áreas rurales y remotas del país. Este programa incluye la implementación de soluciones de IoMT, como teleconsultas y telemonitorización, para facilitar la atención médica remota y reducir las brechas en la provisión de atención médica (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017).
- **Plataforma de telemedicina mexicana "MediQo":** MediQo es una plataforma de telemedicina en México que utiliza dispositivos IoMT, como dispositivos portátiles y monitores de salud, para

conectar a los pacientes con profesionales médicos de forma remota. Esta plataforma permite a los usuarios recibir diagnósticos, tratamientos y seguimiento médico desde la comodidad de sus hogares, mejorando el acceso a los servicios de salud (MediQo, *s.f.*).

- Proyecto peruano "TITA": TITA (Tecnología e Innovación para Telemedicina y Atención) es un proyecto peruano que busca desarrollar y validar tecnologías de IoMT para el monitoreo y tratamiento de enfermedades crónicas como la diabetes y la hipertensión. El proyecto combina dispositivos de monitoreo de la salud con aplicaciones móviles y plataformas de telemedicina para mejorar la atención médica y la calidad de vida de los pacientes (TITA, *s.f.*).
- Plataforma brasileña "Laura": Laura es una plataforma de inteligencia artificial en Brasil que utiliza datos de dispositivos IoMT para identificar y prevenir riesgos en la atención médica, como infecciones hospitalarias y eventos adversos. Esta plataforma ayuda a los profesionales de la salud a tomar decisiones más informadas y mejorar la eficiencia y la seguridad de los servicios de salud (Laura, *s.f.*).

Estos ejemplos demuestran el potencial del IoMT para transformar la atención médica en América Latina y abordar algunos de los desafíos clave de la región en términos de accesibilidad, calidad y eficiencia de los servicios de salud.

IoMT en Costa Rica

En un país como Costa Rica, que cuenta con un sistema de atención médica universal y una población en crecimiento, el avance del Internet de las Cosas Médicas (IoMT) puede ofrecer numerosas ventajas para mejorar la atención médica y la calidad de vida de sus ciudadanos. Estas ventajas incluyen:

- Mejora en la accesibilidad a la atención médica: Costa Rica tiene áreas rurales y remotas con acceso limitado a servicios médicos. El IoMT puede facilitar la implementación de soluciones de telemedicina, lo que permite a los pacientes recibir consultas y seguimiento médico de forma remota y elimina la necesidad de viajar a centros de atención médica (Kruse *et al.*, 2017).

- Gestión eficiente de recursos: Los dispositivos y sistemas de IoMT pueden ayudar a optimizar la utilización de recursos médicos y reducir los costos de atención médica. Por ejemplo, el monitoreo remoto de pacientes puede reducir la necesidad de hospitalizaciones y visitas frecuentes al médico, aliviando la carga del sistema de atención médica (Chouvarda *et al.*, 2015).
- Prevención y control de enfermedades crónicas: El IoMT se puede emplear para desarrollar programas de prevención y manejo de enfermedades crónicas, como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. La detección temprana y el monitoreo continuo de los pacientes pueden mejorar los resultados de salud y minimizar las complicaciones asociadas con estas enfermedades (Marques *et al.*, 2019).
- Envejecimiento activo y cuidado de personas mayores: Con una población en envejecimiento, Costa Rica puede beneficiarse del uso de dispositivos IoMT para monitorear la salud y el bienestar de las personas mayores en sus hogares, lo que permite una vida más independiente y una atención médica más personalizada (Mantas *et al.*, 2010).
- Desarrollo económico y creación de empleo: La inversión en el área de IoMT puede impulsar el desarrollo económico y la creación de empleo en Costa Rica. El país podría convertirse en un centro de innovación para tecnologías médicas, atrayendo empresas y talentos en el sector y fomentando la creación de nuevas empresas locales en el campo de la salud digital (Lasierra *et al.*, 2013).
- Mejora de la calidad de vida: En general, la adopción de IoMT en Costa Rica puede mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos al facilitar una atención médica más accesible, personalizada y eficiente. Esto puede hacer que una población más saludable esté más satisfecha con los servicios de salud disponibles (Islam *et al.*, 2015).

Para aprovechar estas ventajas, Costa Rica debe abordar desafíos asociados con la implementación de IoMT, como la interoperabilidad, la seguridad de los datos y la privacidad, y la adopción y aceptación por parte de los usuarios (Joyia *et al.*, 2017).

En Costa Rica, también se están realizando esfuerzos para implementar y desarrollar soluciones de IoMT para mejorar la atención médica y la calidad de vida de sus ciudadanos. Algunos ejemplos destacados incluyen:

- Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC): CITIC, perteneciente a la Universidad de Costa Rica, trabaja en la investigación y desarrollo de tecnologías de la información y la comunicación en áreas como la telemedicina y la salud digital. Esto incluye el estudio y la implementación de dispositivos y sistemas de IoMT para mejorar la atención médica en el país (CITIC, *s.f.*).
- Iniciativas privadas: En Costa Rica, varias empresas privadas y organizaciones también están trabajando en la implementación de soluciones de telemedicina y IoMT. Por ejemplo, el Hospital Clínica Bíblica, a través de sus programas de apoyo a la innovación como el Centro de Innovación en Ciencias de la Vida, respalda diversas iniciativas relacionadas con estas tecnologías para mejorar la atención médica en el país (Centro de Innovación en Ciencias de la Vida, *s.f.*).
- Huli es una empresa de tecnología médica con sede en Costa Rica que ha desarrollado una plataforma HuliVida (Huli, *s.f.*). HuliVida es una aplicación de registros médicos electrónicos y gestión de citas que permite a los pacientes registrar su historia médica y programar citas con profesionales de la salud. Aunque la plataforma no se enfoca específicamente en IoMT, representa un paso significativo hacia la adopción de tecnologías digitales en el sistema de salud costarricense. Medismart es otra empresa costarricense que ofrece servicios de telemedicina y soluciones de software para la gestión de clínicas y hospitales (Medismart, *s.f.*). La plataforma de Medismart permite a los médicos brindar atención remota y gestionar sus consultas de

manera eficiente. Al igual que las otras iniciativas mencionadas, Medismart no se enfoca exclusivamente en IoMT, pero sienta las bases para la adopción de tecnologías médicas conectadas en Costa Rica.

Estos ejemplos muestran que Costa Rica está trabajando activamente en la adopción y desarrollo de soluciones de IoMT para mejorar la atención médica y abordar los desafíos clave que enfrenta su sistema de atención médica.

CONCLUSIONES

El IoMT presenta un gran potencial para transformar la atención médica, ofreciendo soluciones que mejoran la accesibilidad y la calidad de la atención. Estas mejoras son particularmente notables en regiones como Costa Rica, donde el IoMT puede ayudar a superar desafíos como el acceso a la atención médica en áreas rurales y la prevención de enfermedades crónicas. La combinación de IoT con nanotecnología puede dar lugar a la creación de dispositivos más pequeños, eficientes y avanzados, lo que impulsa aún más las capacidades y aplicaciones de IoT. Sin embargo, los desafíos relacionados con la seguridad de los datos, la interoperabilidad y la aceptación por parte de los usuarios siguen siendo consideraciones críticas.

Los avances en sensores digitales y sistemas de alerta han demostrado beneficios en la atención médica, como la reducción de hospitalizaciones y costos de atención médica. Sin embargo, la evidencia que respalda estas afirmaciones sigue siendo limitada, y se necesita más investigación para validar y ampliar estos hallazgos.

Finalmente, para garantizar la seguridad, eficacia y compatibilidad de las tecnologías basadas en nanotecnología en IoT, es esencial establecer un marco regulador sólido. Este enfoque integral permitirá superar los desafíos actuales y maximizar el potencial de la nanotecnología y el IoMT para transformar la atención médica y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aazam, M., Zeadally, S., y Harras, K. A. (2018). Deploying Fog Computing in Industrial Internet of Things and Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4674-4682. <http://dx.doi.org/10.1109/TII.2018.2855198>
- Ashton, K (2009). That “Internet of Things” Thing: In the Real World Things Matter More than Ideas. *RFID Journal*. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- Bashshur, R., Doarn, C. R., Frenk, J. M., Kvedar, J. C., y Woolliscroft, J. O. (2020). Telemedicine and the COVID-19 Pandemic, Lessons for the Future. *Telemedicine and e-Health*, 26(5), 571-573. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.29040.rb>
- Bauer, M., Glenn, T., Monteith, S., Bauer, R., Whybrow, P. C., y Geddes, J. (2018). Ethical perspectives on recommending digital technology for patients with mental illness. *International Journal of Bipolar Disorders*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40345-017-0073-9>
- Chaurasia, D.N. (2022). Nanotechnology and Nanomaterials in Everyday Life. *Journal of Research in Science and Engineering*. <https://doi.org/10.53469/jrse.2022.04%2807%29.03>
- Chen, C., Xue, G., Mei, Z., Bambang Oetomo, S., y Chen, L. (2016). A review of wearable sensor systems for monitoring body movements of neonates. *Sensors*, 16(12), 2134. <https://doi.org/10.3390/s16122134>
- Chouvarda, I., Goulis, D. G., Lambrinoukaki, I., y Maglaveras, N. (2015). Connected Health and Integrated Care: Toward New Models for Chronic Disease Management. *Maturitas*, 82, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.03.015>
- CITIC (s.f.). Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación. Universidad de Costa Rica. <https://www.citic.ucr.ac.cr/>
- Cuteanu, A., Seguin, M., Ziebland, S., Pope, C., Leydon, G., Barnes, R., Murray, E., Atherton, H., y Stevenson, F. (2021). Qualitative study: patients’ enduring concerns about discussing internet use in general practice consultations *BMJ Open*, 11: e047508. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-047508>
- Dindelegan, M. G., Blebea, C., Perde-Schrepler, M., Buzoianu, A. D., y Maniu, A. A. (2022). Recent Advances and Future Research Directions for Hearing Loss Treatment Based on Nanoparticles. <https://doi.org/10.1155/2022/7794384>
- Dorsemayne, B., Gaulier, J., Wary, J., Kheir, N., y Urien, P. (2015). *Internet of Things: A Definition & Taxonomy*. 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 72-77. <https://doi.org/10.1109/NGMAST.2015.71>
- Doudna, J. A., y Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096. <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
- Dutta, A., Kovid, R., Thatha, M. y Gupta, J. (2023). Adoption of IoT-based healthcare devices: An empirical study of end consumers in an emerging economy. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 14(1), 20220106. <https://doi.org/10.1515/pjbr-2022-0106>
- e-Telemed (s.f.). *Telemedicina en Costa Rica*. <https://etelemed.co.cr/>
- Etheridge, M. L., Campbell, S. A., Erdman, A. G., Haynes, C. L., Wolf, S. M., y McCullough, J. (2013). The big picture on nanomedicine: the state of investigational and approved nanomedicine products. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 9(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2012.05.013>
- FDA.(2017). *Firmware Update to Address Cybersecurity Vulnerabilities Identified in Abbott's (formerly St. Jude Medical's) Implantable Cardiac Pacemakers: FDA Safety Communication*. <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/firmware-update-address-cybersecurity-vulnerabilities-identified-abbotts-formerly-st-jude-medicals>
- Gagnon, M. P., Ngangue, P., Payne-Gagnon, J., y Desmartis, M. (2016). m-Health adoption by healthcare professionals: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(1), 212-220. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv052>
- Gebrehiyot, S., Madijagan, M., Pattanaik, B., Balamurugan, E., Selvakanmani, S., y Vijayarangam, S. (2022). High Sensitive IoT Nanotechnology Sensors for Improved Data Acquisition and Processing. En *International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)* (pp. 617-621). Tuticorin, India. <https://doi.org/10.1109/ICEARS53579.2022.9752333>
- Gough, D. A., Kumosa, L. S., Routh, T. L., Lin, J. T., y Lucisano, J. Y. (2010). Function of an implanted tissue glucose sensor for more than 1 year in animals. *Science Translational Medicine*, 2(42), 42ra53. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3001148>
- Gu, Z., Aimetti, A. A., Wang, Q., Dang, T. T., Zhang, Y., Veiseh, O., Cheng, H., Langer, R. S., y Anderson, D. G. (2013). Injectable nano-network for glucose-mediated insulin delivery. *ACS nano*, 7(5), 4194-4201. <https://doi.org/10.1021/nn400630x>

- Hartwein, C., Rimbeck, M., Reil, H., Stumpf-Wollersheim, J., y Leyer, M. (2022). Scenario-based Solutions for Implementing an Internet of Things System at the Organizational Level in Small- and Medium-sized Enterprises. *Special Section: Future of Work in Germany*, 72(4), 1611-1627. <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-211242>
- Heinemann, L., y DeVries, J. H. (2016). Reimbursement for continuous glucose monitoring. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 18(S2), S248-S252. <https://doi.org/10.1089/dia.2015.0296>
- Higashisaka, K. (2022). Health Effects and Safety Assurance of Nanoparticles in Vulnerable Generations. *Biological & pharmaceutical bulletin*. <https://doi.org/10.1248/bpb.b22-00277>
- Huang, Q., Wang, Y., Chen, X., Wang, Y., Li, Z., Du, S., Wang, L., y Chen, S. (2018). Nanotechnology-Based Strategies for Early Cancer Diagnosis Using Circulating Tumor Cells as a Liquid Biopsy. *Nanotheranostics*, 2(1), 21-41. <https://doi.org/10.7150/ntno.22091>
- Huli. (s.f.). *HuliVida*. <https://www.hulivida.com>
- Indira, S. S., Vaithilingam, C. A., Prakash Oruganti, K. S., Mohd, F., y Rahman, S. (2019). Nanogenerators as a Sustainable Power Source: State of Art, Applications, and Challenges. *Nanomaterials*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/nano9050773>
- Iqbal, F. M., Lam, K., Joshi, M., et al. (2021). Clinical outcomes of digital sensor alerting systems in remote monitoring: a systematic review and meta-analysis. *NPJ Digital Medicine*, 4(7). <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00378-0>
- Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., y Kwak, K. S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 3: 678-708. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2437951>
- ISO. (s.f.). *ISO/TC 229 - Nanotechnologies*. <https://www.iso.org/committee/381983.html>
- ISO/IEC. (2011). *ISO/IEC 80001-1:2011 - Application of risk management for IT networks incorporating medical devices*. <https://www.iso.org/standard/44863.html>
- Johnson, M. E., Montoro Bustos, A. R., Murphy, K. E., Winchester, M. R., y Vega Baudrit, J. R. (2017). Silver Nanoparticles: Technological Advances, Societal Impacts, and Metrological Challenges. *Frontiers in Chemistry*, 5, 250277. <https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00006>
- Joyia, G. J., Liaqat, R. M., Farooq, A., y Rehman, S. (2017). Internet of Medical Things (IOMT): Applications, Benefits and Future Challenges in Healthcare Domain. *Journal of Communications*, 12(4), 240-247. <https://doi.org/10.12720/jcm.12.4.240-247>
- Karimi, M., Ghasemi, A.H., Sahandi Zangabad, P., Rahighi, R., Moosavi Basri, S.M., Mirshekari, H., Amiri, M.A., Shafaei Pishabad, Z., Aslani, A., Bozorgomid, M., Ghosh, D., Beyzavi, A., Vaseghi, A., Aref, A.R., Haghani, L., Bahrami, S., y Hamblin, M.R. (2016). Smart micro/nanoparticles in stimulus-responsive drug/gene delivery systems. *Chemical Society reviews*, 45 5, 1457-501. <https://doi.org/10.1039/c5cs00798d>
- Khan, M. A., y Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.11.022>
- Koepsell, D. (2011). *Innovation and Nanotechnology: Converging Technologies and the End of Intellectual Property*. Bloomsbury Publishing.
- Kruse, C. S., Krowski, N., Rodriguez, B., Tran, L., Vela, J., y Brooks, M. (2017). Telehealth and patient satisfaction: a systematic review and narrative analysis. *BMJ Open*, 7(8), e016242. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016242>
- Lasierra, N., Alesanco, Á., Guillén, S., y García, J. (2013). A three-stage ontology-driven solution to provide personalized care to chronic patients at home. *Journal of Biomedical Informatics*, 46(3), 516-529. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2013.03.006>
- Laura (s.f.). *Hospital 4.0: The digital transformation of healthcare*. <https://laura-br.com/>
- Lee, H., Choi, T. K., Lee, Y. B., Cho, H. R., Ghaffari, R., Wang, L., Choi, H. J., Chung, T. D., Lu, N., Hyeon, T., Choi, S. H., y Kim, D. (2016). A graphene-based electrochemical device with thermoresponsive microneedles for diabetes monitoring and therapy. *Nature Nanotechnology*, 11(6), 566-572. <https://doi.org/10.1038/nnano.2016.38>
- Life Science Center for Innovation. (s.f.). <https://www.clinicabiblica.com/es/lscfi>
- Lueth, K. L. (2020). *State of the IoT 2020: 12 billion IoT connections, surpassing non-IoT for the first time*. <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-2020-12-billion-iot-connections-surpassing-non-iot-for-the-first-time/>
- Luo, X., Wang, J., Dooner, M., y Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied Energy*, 137(C), 511-536. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.081>

- Mantas, G., Lymberopoulos, D., y Komninos, N. (2010). Security in Smart Home Environment. In *Wireless Technologies for Ambient Assisted Living and Healthcare: Systems and Applications*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-805-0.ch010>
- Marques, G., Pitarma, R., y Pombo, N. (2019). Internet of Things Architectures, Technologies, Applications, Challenges, and Future Directions for Enhanced Living Environments and Healthcare Systems: A Review. *Electronics*, 8(10), 1081. <https://doi.org/10.3390/electronics8101081>
- Mason, C., y Dunnill, P. (2008). A brief definition of regenerative medicine. *Regenerative Medicine*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.2217/17460751.3.1.1>
- MediQo (s.f.). Consultas médicas en línea. <https://mediqo.com/>
- Medismart. (s.f.). Tecnología de salud en Costa Rica. <https://www.medismart.tech>
- Mihai, M. M., Dima, M. B., Dima, B., y Holban, A. M. (2019). Nanomaterials for Wound Healing and Infection Control. *Materials*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/ma12132176>
- Ministerio de Salud y Protección Social (2017). *Lineamientos para la Implementación de la Telesalud en Colombia*. Ministerio de Salud y Protección Social. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/lineamientos-implementacion-telesalud-colombia.pdf>
- Mitchell, M. J., Billingsley, M. M., Haley, R. M., Wechsler, M. E., Peppas, N. A., y Langer, R. (2020). Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nature Reviews. Drug Discovery*, 20(2), 101-124. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-0090-8>
- Mosa, A. S. M., Yoo, I., y Sheets, L. (2017). A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 12(1), 67. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-67>
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2021). *Nanotechnology standards and measurements*. <https://www.nist.gov/topics/nanotechnology/standards-and-measurements>
- Ngoepe, M. y Ngwenya, M. (2022). Personal Data and the Assemblage Security in Consumer Internet of Things. *International Journal of Information Security and Privacy (IJISP)*, 16(1), 1-20. <http://doi.org/10.4018/IJISP.2022010108>
- Niu, Y., y Ren, H. (2022). Transceiving Signals by Mechanical Resonance: A Miniaturized Standalone Low Frequency (LF) Magnetoelectric Mechanical Antenna Pair With Integrated DC Magnetic Bias. *IEEE Sensors Journal*. <https://doi.org/10.1109/jsen.2022.3183012>
- Pantelopoulous, A., y Bourbakis, N. G. (2010). A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(1), 1-12. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2009.2032660>
- Papatsimouli, M., Lazaridis, L., Ziouzos, D., Dasygenis, M., y Fragulis, G. (2022). Internet of Things (IoT) awareness in Greece. *SHS Web of Conferences*, 139, 03013. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213903013>
- Paul, A., Hasan, A., Kindi, H. A., Gaharwar, A. K., Rao, V. T., Nikkhah, M., Shin, S. R., Krafft, D., Dokmeci, M. R., Shum-Tim, D., y Khademhosseini, A. (2014). Injectable graphene oxide/hydrogel-based angiogenic gene delivery system for vasculogenesis and cardiac repair. *ACS nano*, 8(8), 8050-8062. <https://doi.org/10.1021/nn5020787>
- Peer, D., Karp, J. M., Hong, S., Farokhzad, O. C., Margalit, R., y Langer, R. (2007). Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. *Nature Nanotechnology*, 2(12), 751-760. <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.387>
- Pei, Q., Jiang, B., Hao, D., y Xie, Z. (2023). Self-assembled nanoformulations of paclitaxel for enhanced cancer theranostics. *Acta Pharmaceutica Sinica B*. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2023.02.021>
- Personal Connected Health Alliance (PCHA). (2021). *Continua Design Guidelines*. <https://www.pchalliance.org/continua-design-guidelines>
- Pradhan, B., Bhattacharyya, S., y Pal, K. (2020). IoT-Based Applications in Healthcare Devices. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6632599>
- Roco, M. C. (2011). The Long View of Nanotechnology Development: The National Nanotechnology Initiative at 10 Years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 427-445. <https://doi.org/10.1007/s11051-010-0192-z>
- Roman, R., Zhou, J., y Lopez, J. (2013). On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. *Computer Networks*, 57(10), 2266-2279. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.018>
- Ruchi, N., Naik, N., Kumar, N., Kundu, D., y Kartikeyan, M. (2022). A Rectenna for RF Energy Harvesting for Application in Powering IoT Devices. *IEEE Wireless Antenna and Microwave Symposium (WAMS)*. <https://doi.org/10.1109/WAMS54719.2022.9848409>

- Selvaraj, S. y Sundaravaradhan, S. (2020). Challenges and opportunities in IoT healthcare systems: a systematic review. *SN Appl. Sci.* 2, 139. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1925-y>
- Shin, S. R., Jung, S. M., Zalabany, M., Kim, K., Zorlutuna, P., Kim, S. B., Nikkhah, M., Khabiry, M., Azize, M., Kong, J., Wan, K. T., Palacios, T., Dokmeci, M. R., Bae, H., Tang, X. S., y Khademhosseini, A. (2013). Carbon-nanotube-embedded hydrogel sheets for engineering cardiac constructs and bioactuators. *ACS nano*, 7(3), 2369-2380. <https://doi.org/10.1021/nn305559j>
- Siravegna, G., Marsoni, S., Siena, S., y Bardelli, A. (2017). Integrating liquid biopsies into the management of cancer. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 14(9), 531-548. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2017.14>
- Song, J., Yang, X., Jacobson, O., Lin, L., Huang, P., Niu, G., Ma, Q., y Chen, X. (2015). Sequential drug release and enhanced photothermal and photoacoustic effect of hybrid reduced graphene oxide-loaded ultrasmall gold nanorod vesicles for cancer therapy. *ACS Nano*, 9(9), 9199-9209. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b03804>
- Song, Y., Luo, Y., Zhu, C., Li, H., Du, D., y Lin, Y. (2016). Recent advances in electrochemical biosensors based on graphene two-dimensional nanomaterials. *Biosensors & bioelectronics*, 76, 195-212. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.07.002>
- Srivastava, J., Routray, S., Ahmad, S., y Waris, M. M. (2022). Internet of Medical Things (IoMT)-Based Smart Healthcare System: Trends and Progress. *Computational Intelligence and Neuroscience*: 1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/7218113>
- Statista. (2020). *Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025*.
- Swansea University. (2017, July 26). *Breakthrough in early cancer detection*. <https://www.swansea.ac.uk/press-office/news-archive/2017/breakthroughinearlycancerdetection.php>
- Symantec. (2017). *Insecurity in the Internet of Things*. <https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/white-papers/insecurity-in-the-internet-of-things-en.pdf>
- Tenchov, R., Bird, R., Curtze, A. E., y Zhou, Q. (2021). Lipid Nanoparticles-From Liposomes to mRNA Vaccine Delivery, a Landscape of Research Diversity and Advancement. *ACS Nano*, 15(11), 16982-17015. <https://doi.org/10.1021/acsnano.1c04996>
- TITA (s.f.). *Proyecto TITA*. <http://www.tita.io/>
- Touchot, N. y Flume, M. (2015). The payers' perspective on gene therapies. *Nature biotechnology*, 33(9), 902-904. <https://doi.org/10.1038/nbt.3332>
- Ventola, C. L. (2017). Progress in nanomedicine: approved and investigational nano-drugs. *Pharmacy and Therapeutics*, 42(12), 742-755.
- Wu, J. H., Shen, W. S., Lin, L. M., Greenes, R. A., y Bates, D. W. (2008). Testing the technology acceptance model for evaluating healthcare professionals' intention to use an adverse event reporting system. *International journal for quality in health care*. *Journal of the International Society for Quality in Health Care*, 20(2), 123-129. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzm074>
- Xu, X., Wu, J., Liu, Y., Saw, P. E., Tao, W., Yu, M., Zope, H., Si, M., Victorious, A., Rasmussen, J., Ayyash, D., Farokhzad, O. C., y Shi, J. (2017). Multifunctional Envelope-Type siRNA Delivery Nanoparticle Platform for Prostate Cancer Therapy. *ACS nano*, 11(3), 2618. <https://doi.org/10.1021/acsnano.6b07195>
- Xue, J., Wu, T., Dai, Y., y Xia, Y. (2019). Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials, and Applications. *Chemical reviews*, 119(8), 5298-5415. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00593>





DESAFÍOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO SOCIO CONSTRUCTIVISTA EN LAS ESTRATEGIAS DOCENTES DE LEAD UNIVERSITY

Recibido: 30 Octubre, 2023 • Revisado: 30 Noviembre, 2023 • Aceptado: 15 Diciembre, 2023

Guillermo Zeledón Flores

RESUMEN

El artículo efectúa un breve recorrido por los principales elementos conceptuales del modelo pedagógico conocido como socio-constructivismo, desde los postulados de quien se considera uno de sus máximos exponentes, Jean Piaget, hasta las reformulaciones posteriores de autores inspirados por el psicólogo suizo, con el propósito de brindar un marco comprensivo del modelo educativo que ha adoptado LEAD University. Al sobrevenir la pandemia del COVID19, se trastocan los principios del encuentro académico presencial, y ello obliga a las autoridades universitarias a rediseñar las estrategias de mediación pedagógica, para dar paso en un primer momento a una modalidad de enseñanza- aprendizaje totalmente virtual, y una vez superada la crisis sanitaria, a sentar las bases de un proceso híbrido, en donde deberán coexistir intercambios entre docentes y estudiantes tanto en modalidad presencial como telepresencial. En consecuencia, se enumeran los desafíos que conlleva esta transición, y se proponen algunas estrategias para orientar el planeamiento docente.

Palabras clave: constructivismo, aprendizaje colaborativo, estructura cognitiva, virtualidad, modalidad híbrida, inteligencia artificial.

ABSTRACT

The article makes a brief overview of the main conceptual elements of the pedagogical model known as socio-constructivism, from the postulates of Jean Piaget, who is considered one of its greatest exponents, to the subsequent reformulations of authors inspired by the Swiss psychologist, with the purpose of providing a comprehensive framework of the educational model that LEAD University has adopted. With the onset of the COVID19 pandemic, the principles of face-to-face academic meetings were disrupted, and this forced the university authorities to redesign pedagogical mediation strategies, to give way at first to a fully virtual teaching-learning modality, and once the health crisis was over, to lay the foundations for a hybrid process, where exchanges between teachers and students must coexist both in face-to-face and teleface-to-face modes. Consequently, the challenges involved in this transition are listed, and some strategies are proposed to guide teaching planning.

Keywords: constructivism, collaborative learning, cognitive structure, virtuality, hybrid modality, artificial intelligence.

Guillermo Zeledón Flores es Coordinador de Calidad Académica, LEAD University. Es costarricense, graduado en Ciencias Políticas de la Universidad de Costa Rica, y Master en Administración de Negocios con especialidad en Mercadeo de la Universidad Interamericana de Costa Rica. Posee un programa de Especialización Gerencial de ADEN Business School y la Universidad de San Francisco, California. Ha desarrollado su trayectoria profesional en las áreas de *trade marketing*, ventas y capacitación, tanto en compañías locales como transnacionales.

ORÍGENES Y EVOLUCIÓN DEL CONSTRUCTIVISMO

Como corriente de pensamiento sobre los procesos de aprendizaje humano, el constructivismo debe su nombre y consolidación como teoría a partir de los postulados que durante décadas reconocidos investigadores en el plano de la psicología y la educación fueron desarrollando, y que encuentran puntos de convergencia y complementariedad a lo largo de su evolución. En ese contexto, este ensayo ofrece un recorrido sucinto sobre la evolución de la corriente conocida hoy día como socio-constructivismo, con la finalidad de identificar sus postulados y fundamentos epistemológicos, los cuales han sido adoptados por LEAD University en el marco de su filosofía educativa e institucional.

Hacia finales del siglo XIX, y en los inicios del siglo XX, el filósofo, psicólogo y pedagogo **John Dewey** ofrece las primeras formulaciones teóricas de lo que conocemos como constructivismo. En efecto, este autor es fundador de lo que se denomina en educación “método experimental”, el cual plantea cuatro postulados básicos:

- a) El aprendizaje basado en la experiencia, en el cual le atribuía a la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los estudiantes, un componente significativo que los involucra de lleno con nuevos descubrimientos. En palabras del propio Dewey, “reincorporar a los temas de estudio la experiencia” (Rodríguez, 2015)
- b) El aprendizaje colaborativo, el cual es propiciado en un entorno social donde los pares interactúan activamente entre sí, con el ánimo de desarrollar habilidades y destrezas fundamentales y solidarias.
- c) El aprendizaje reflexivo, en el cual no solamente es relevante los escenarios descritos anteriormente, sino también, el ejercicio reposado de meditar sobre la pertinencia y utilidad de las experiencias vividas.
- d) La contextualización, es decir, el ofrecer un marco social de referencia al aprendizaje para que éste resulte relevante para la cotidianidad. (Dewey, 2010)

A partir de estos conceptos, comienza a perfilarse una teoría y práctica educativas que plantea con claridad que el ejercicio de educar a seres humanos

trasciende por mucho la actividad “transmisora” de conocimientos, sino que es una labor que debe colocar al estudiante en medio de situaciones de descubrimiento, que se potencian en un contexto de pares sociales, y que en conjunto pueden contribuir a generar aprendizajes para la resolución de problemas inmediatos o que tienen referente en el contexto social.

Al tiempo que Dewey efectuaba sus aportes, en el primer cuarto del siglo XX, el psicólogo y biólogo suizo **Jean Piaget**, a quien se le reconoce como el padre de la epistemología genética, desarrolla sus primeros estudios a partir de la identificación de patrones de respuestas que los estudiantes brindaban a determinados *tests* evaluativos. En ese tiempo, también colaboró con el perfeccionamiento del reconocido concepto hasta nuestros días de Coeficiente de *Inteligencia*, desarrollado en definitiva por el científico alemán William Stern, para lo cual sus estudios de medición psicométrica fueron esenciales. El desarrollo de la obra de Piaget se va a desarrollar por casi medio siglo, hasta finales de la década del setenta. Precisamente, en la culminación de su obra, el autor helvético publica su Tratado de lógica y conocimiento científico. Naturaleza y métodos de la epistemología. En ella, “Piaget define la epistemología genética como la disciplina que estudia los mecanismos y procesos mediante los cuales se pasa de los “estados de menor conocimiento a los estados de conocimiento más avanzado” (Rivero García, 2012).

Dichos estados de conocimiento se sustentan en esquemas o estructuras cognitivas, las cuales va desarrollando el individuo desde temprana edad, hasta aproximadamente la adolescencia, pero con capacidad de continuar desarrollándose conforme el individuo progresa en edad. El autor identifica dos procesos que operan en la construcción de conocimiento del ser humano, conocidos como **asimilación** y **acomodación**. El primero le brinda la posibilidad de interactuar o interiorizar los estímulos del ambiente, y darles un significado desde de su esquema actual de pensamiento. El segundo, representa un cambio cualitativo respecto del primero, ya que es aquel que le permite modificar su estructura cognitiva, y a partir de ese momento, incorporar de manera permanente los nuevos elementos o aprendizajes que le proporciona el haber entrado en contacto con los estímulos del entorno. En definitiva, para los propósitos de este ensayo, interesa rescatar de la teoría de Piaget, la relevancia que le concede el autor

a la influencia que ejercen sobre las estructuras cognitivas del ser humano, el entrar en contacto con estímulos provenientes del medio social.

A mediados del siglo XX, el autor estadounidense Jerome Bruner se suma a esta corriente de pensadores que consideran que los aprendizajes se pueden potenciar cuando al estudiante se le permite asumir un rol protagónico en el proceso. De esta manera, el concepto de **aprendizaje por descubrimiento** propuesto por Bruner, muy similar a las propuestas del aprendizaje experimental de Dewey, enfatiza en que el educando es capaz de desarrollar conocimientos significativos al participar activamente en la resolución de problemas, la exploración y el establecimiento de las relaciones entre los conceptos. Así, propone superar los modelos que reducen el saber a un aprendizaje que privilegia la memorización, pero impide el desarrollo de otras habilidades de mayor jerarquía cognitiva, que requieren pensar críticamente, resolver dilemas y proponer soluciones. Como psicólogo y pedagogo, propuso que el currículo debe organizarse de forma espiral, es decir, se deben trabajar los mismos contenidos, ideas o conceptos, cada vez con mayor profundidad (Guilar, 2009). Esto también es coincidente con la modificación de estructuras cognitivas que proponía Piaget, cuando señalaba que el estudiante se expone a nuevos estímulos, como los que son capaces de proponer niveles más complejos de un mismo tema.

Otro psicólogo y pedagogo estadounidense, David P. Ausubel, se suma a la corriente del pensamiento constructivista, y contribuye a desmitificar el que “no es en absoluto cierto que el aprendizaje por descubrimiento sea necesariamente **significativo** ni que el aprendizaje por recepción sea obligatoriamente mecánico. Tanto uno como el otro pueden ser significativos o mecánicos, dependiendo de cómo la nueva información es almacenada en la estructura cognitiva.” (Universidad Internacional de Valencia, 2015).

Para este autor, “el primer paso en la tarea de enseñar debía ser averiguar lo que sabe el estudiante para así conocer la lógica que hay detrás de su modo de pensar y actuar en consecuencia. Así, los nuevos contenidos tienen un significado a la luz de los conocimientos que ya se tienen”. (Torres, 2023)

Finalmente, pero no por ello menos importante, el autor ruso Lev Vygotsky, desarrolla una teoría sociocultural del desarrollo cognitivo, en la cual detalla cómo los factores socioculturales influyen en el desarrollo y el aprendizaje de un individuo.

En su obra, “El desarrollo de los procesos psicológicos superiores”, Vygotsky plantea la denominada *zona de desarrollo próximo*, la cual define como la distancia entre lo que un estudiante puede hacer de manera autónoma, y aquello que puede hacer con la ayuda de un tutor o alguien de mayor experiencia. En ese intervalo es donde ocurren los procesos más significativos de aprendizaje. También incorpora el concepto de andamiaje, entendido precisamente como ese apoyo que recibe el aprendiz por parte de una persona más capacitada. A medida que el estudiante adquiere habilidades, menor es el grado de dependencia del andamiaje. (Vygotsky, 2009) En el proceso de desarrollar funciones cognitivas más avanzadas, como el pensamiento abstracto y la resolución de problemas, estima que la interacción social y el lenguaje cobran una relevancia importante.

MODIFICACIÓN DEL ESCENARIO EDUCATIVO

Si bien la génesis de LEAD University y la fundamentación de su modelo educativo ocurre al menos seis años antes de la declaratoria de la pandemia del COVID 19, la coyuntura que se extiende desde marzo del 2020 hasta agosto del 2022¹ (Ruiz León, 2022), propicia de manera acelerada una serie de cambios que la universidad emprende de manera decidida, con el ánimo de no perjudicar el proceso educativo de los estudiantes. En efecto, durante el primer cuatrimestre del año 2020 se debió migrar súbitamente de una modalidad cien por ciento presencial, a una modalidad completamente virtual, dado que, lo que se esperaba fueran medidas sanitarias de corto plazo, terminó extendiéndose por más de dos años a nivel local.

Aprovechando la experticia que LEAD había desarrollado en el área de Educación Ejecutiva, en la cual sus programas se solían impartir en una modalidad híbrida, es decir, la mitad de las sesiones de manera presencial, y la otra mitad de manera remota, no resultó

¹ La declaratoria de pandemia en Costa Rica data del 06 de marzo de 2020, hasta el 10 de agosto de 2022, en que el presidente Rodrigo Chaves por medio de decreto, anuncia el fin de las restricciones a la movilidad y el distanciamiento social de manera definitiva. A nivel mundial, la OMS declara el fin de la pandemia hasta el 05 de mayo de 2023.

difícil para la universidad efectuar la transición, y de esta manera, finalizar los cursos del primer cuatrimestre en formato virtual. A partir de ese momento, y durante un período de tres años, la oferta académica de la universidad se continuó ofreciendo en modalidad telepresencial, obligando a administrativos, docentes y estudiantes, a modificar los patrones de trabajo, de planeamiento educativo, y de estudio.

No hacía mucho tiempo, en el mes de septiembre de 2019, Costa Rica estrenaba la ley para la regulación del teletrabajo, y según datos oficiales, cerca de 12.000 personas ya utilizaban la modalidad a distancia para realizar sus actividades de estudio o trabajo (Presidencia de la República de Costa Rica, 2019). En el país, a pesar de que ya para esa época algunas universidades ofrecían programas virtuales, fundamentalmente para estudios de posgrado, lo cierto es que la inmensa mayoría de centros de educación superior utilizaban plataformas digitales de aprendizaje como un complemento a la educación presencial, pero sin llegar a sustituirla totalmente como sí ocurrió durante la pandemia. Actividades tales como foros de discusión, lecturas en formato digital, o escucha de podcasts y/o videos, se constituían en las actividades extra-clase más comunes que se desarrollaban de manera paralela a la academia tradicional.

No obstante, la puesta en práctica de una modalidad educativa totalmente virtual supuso un replanteamiento de la metodología de enseñanza, para poder ajustar las condiciones de aprendizaje a un entorno que resultase provechoso para estudiantes y docentes. Adicionalmente, surgieron nuevos desafíos que debieron irse resolviendo paulatinamente, tales como superar la brecha de un ancho de banda limitado, administrar la capacidad y el número reducido de equipos disponibles por familia para atender obligaciones simultáneas, enfrentar condiciones ambientales de ruido no siempre controlables, y uno de los aspectos conductuales que todavía genera bastantes posiciones controversiales, la resistencia a participar con una cámara en el salón virtual, por la incomodidad que resulta para muchos el sentirse observado desde un recinto no académico: el pánico escénico virtual. Ciertamente, en un aula presencial, los participantes no están fijando la mirada sobre nadie en particular –a lo sumo en el profesor–, y todos comparten un mismo escenario. Por el contrario, en la modalidad virtual, cada participante “comparte” un poco de su

entorno inmediato cuando participa con la cámara encendida, tanto visual como auditivamente. No obstante, estos elementos que “magnifican” la presencia del participante en el salón virtual, han venido siendo atenuados, gracias a la tecnología de fondos virtuales o a de reducción de ruido ambiente.

A pesar de todas esas circunstancias, el objetivo primario de no interrumpir el proceso formativo de los estudiantes se mantuvo incólume, y con ello, emerge el desafío de adoptar y mejorar progresivamente en las estrategias de mediación académica, para garantizar que los objetivos de aprendizaje no solo se cumplan, sino que se potencien, mediante el desarrollo de una serie de estrategias y dinámicas que son posibles implementar en entornos virtuales.

NUEVAS FORMAS DE MEDIACIÓN PEDAGÓGICA

Ciertamente, el hecho de virtualizar la oferta académica de una universidad no es tan sencillo como cerrar las aulas presenciales, y brindar indicaciones a los estudiantes de que, a partir de un momento específico, no tendrán que asistir presencialmente, y conectarse a través de una plataforma. Y adicionalmente, surge otro desafío: una vez superado el período de aislamiento social, la comunidad universitaria en general toma conciencia de las ventajas de adoptar una modalidad virtual de manera permanente, y en el marco de las modificaciones al Reglamento del Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada (CONSEUP), publicado en el Alcance número 129 de la Gaceta número 122, del 6 de Julio de 2023, se oficializa que a partir de ese momento, las universidades podrán impartir carreras bajo determinadas modalidades:

“Modalidad mixta (con presencialidad obligatoria): combina actividades en presencialidad remota con algunas sesiones presenciales en laboratorios; giras; estaciones experimentales; canchas deportivas; piscinas; fincas; y estudios y salones de danza, teatro y música.

Modalidad mixta (híbrido-flexible): combina sesiones presenciales y en presencialidad remota, pero llevando a cabo las sesiones planeadas como presenciales con la posibilidad de que el estudiantado pueda estar presencial cara a cara o conectarse de forma virtual sincrónica, siendo así, habrá estudiantes de forma presencial y estudiantes en línea recibiendo la clase simultáneamente.

Modalidad virtual: aquella en la cual la universidad debe disponer de un programa de capacitación en la tecnología dirigido al cuerpo docente y estudiantado, en particular para apropiarse de la tecnología y las metodologías pertinentes a esta modalidad.” (Gaceta, 2023).

En el primer caso, se trata de la autorización de actividades complementarias al currículo, para lo cual se concede la posibilidad de que se participe de manera remota. En el segundo caso, se permite que los estudiantes puedan participar en los cursos de manera tanto presencial como virtual, y en el tercer escenario, la oferta se desarrolla por completo en una modalidad virtual.

Sobre este particular, resulta interesante efectuar una comparación entre la educación asistida por herramientas tecnológicas de comunicación a distancia –“*E-learning*”–, con el proceso que experimentó el comercio electrónico hace algunos años, ya que éste último le lleva ventaja relativa a la educación virtual, en cuanto a su evolución.

En efecto, no toda actividad comercial que hoy se denomina “*e-commerce*”, supone una cadena logística totalmente desmaterializada, es decir, que no suponga la intervención de una persona o de estrategia de venta tradicional para llevarse a cabo. Muchas empresas en efecto han optado por modernizar el canal tradicional, incorporando la herramienta de WhatsApp como auxiliar para lograr un acercamiento con los clientes. (Vialle, 2022)

Con la educación virtual podríamos establecer el mismo principio: no es lo mismo diversificar las actividades del proceso educativo, complementando la presencialidad con herramientas digitales para potenciar el aprendizaje, como por ejemplo, desarrollando foros asincrónicos, repasando conferencias virtuales, o realizando *tests* en línea, que desarrollar una estrategia de mediación pedagógica totalmente diseñada para una plataforma virtual de aprendizaje.

En este último escenario, dado que la presencialidad del docente no es requerida, se requiere de la planeación de una logística tal, que contenga como mínimo, la siguiente estructura:

1. **Un instructivo sobre el uso de la plataforma.** archivo deseablemente en formato multimedia (puede incluir diagramas, animaciones o videos), que detallen el entorno general de la plataforma virtual, las herramientas de aprendizaje que ésta ofrece, y los periodos de ejecución de

cada actividad. Asimismo, una rúbrica de evaluación de los desempeños del participante.

2. **Una lectura y/o presentación multimedia** asignadas de manera semanal, para poder profundizar en los elementos conceptuales necesarios de cada temática.
3. **Un video instruccional**, en donde de manera sintética, el docente haga un planteamiento de aprendizaje sobre cada temática. Puede desarrollar los tópicos o conceptos clave, pero inmediatamente, recrear distintos escenarios que permitan a los estudiantes de manera individual o grupal, reconceptualizar el instrumental teórico-práctico, y tengan la ocasión de utilizarlo para resolver problemas típicos de la disciplina.
4. **Una prueba de evaluación de conocimientos**, que se debe llevar a cabo una vez que el aprendizaje ha concluido la fase de lectura y video instruccional. Muchas plataformas de aprendizaje virtual ofrecen herramientas para tomar las evaluaciones en línea, y obtener inmediatamente realimentación sobre las respuestas o razonamientos acertados. En caso de que la respuesta haya sido incorrecta o mal fundamentada, el docente debe proporcionar orientación sobre la imprecisión de la respuesta brindada. En el marco de una pedagogía constructivista, es fundamental que cada respuesta pueda ser razonada y no simplemente elegida de una batería de opciones.
5. **Una batería de actividades grupales**, en las que se posibilite que el participante socialice con sus pares y ponga en práctica el instrumental y métodos disciplinares que tuvo la ocasión de experimentar de manera individual.
6. **Una matriz de calificaciones**, en donde se visualice el nivel de progreso que cada estudiante va experimentando durante la duración de cada curso, y de esta manera, valorar la efectividad del esfuerzo entregado.
7. **Un medio de comunicación** para que el estudiante pueda formular consultas al profesor, y recibir respuesta por parte de éste.

En el caso de LEAD University, el video instruccional suele ser reemplazado por una sesión sincrónica en línea, en donde el profesor asume la tarea de desarrollar los **tópicos generativos**, para posteriormente,

organizar una serie de actividades grupales relacionadas con la comprensión y aplicación de los conceptos, teoremas e instrumental práctico. En efecto, la categoría de tópico generativo es desarrollado por el enfoque pedagógico denominado **Enseñanza para la Comprensión**, el cual se nutre de los conceptos del socio-constructivismo, y se orienta a estimular el logro de nuevas conexiones o descubrimientos a partir de los conceptos aprehendidos, dando origen a nuevas conexiones mentales (Stone, 1999). Una vez más, la semejanza con los descubrimientos de Piaget es elocuente.

Ahora bien, considerando que a partir del III cuatrimestre del año 2023 la universidad retoma una presencialidad modificada, en donde los estudiantes pueden participar de forma presencial o virtual –modelo híbrido–, **ello plantea un desafío adicional** para el cuerpo docente: la necesidad de recrear un entorno de aprendizaje en donde ambas modalidades no rivalicen, sino que coexistan armoniosamente, y en consecuencia, se proponga un balance de actividades que propicie la complementariedad de cada dimensión.

Para lograr este punto de equilibrio, los autores Jim Henry y Jerff Meadows, de la Universidad de Lethbridge en Alberta, Canadá, invitan a considerar los siguientes elementos:

1. **La tecnología es un vehículo y no el destino.** Señalan que la abundancia de herramientas tecnológicas no deviene automáticamente en incrementos del aprendizaje, y que esto más bien podría ocasionar nuevas dificultades, más de carácter tecnológico que académico propiamente dicho.
2. **En el mundo virtual, el contenido es verbo.** Un curso virtual necesita tener como propósito y estrategia promover el compromiso de los alumnos con actividades interactivas (Koszalka, T. A. y Ganesan, R., 2004), en (Henry y Meadows, 2008). Del aprendizaje basado en la adquisición de información, se debe avanzar hacia un modelo centrado en un conjunto de tareas y actividades que conforman las experiencias de aprendizaje que el estudiante realizará, a fin de lograr los objetivos del curso (Carr-Chellman y Duchastel, 2000), en (Henry y Meadows, 2008).
3. **El principio de comunidad y presencia social son esenciales para alcanzar la excelencia.** En este tercer principio se recoge en buena medida

todos los antecedentes del socio-constructivismo que se reseñaron como marco conceptual de este ensayo. En efecto, cuando un curso no ofrece la experiencia de contacto cara a cara, y se sacrifican aspectos como el lenguaje no verbal, o la posibilidad de experiencias de interacción entre los participantes, la dinámica del curso suele convertirse en estática e impersonal (Zirkle y Guan, 2000), en (Henry y Meadows, 2008). **No obstante, LEAD University ha tomado las medidas para que este contacto se posibilite mediante distintas formas de intervención:**

- a. La instalación en sus aulas de un equipo de transmisión dual de las sesiones virtuales con la herramienta ZOOM, de manera que sea posible ver y escuchar a los participantes en tiempo real.
- b. La grabación de todas las sesiones del curso, con la posibilidad de poder repasar intervenciones del profesor o de los estudiantes.
- c. La posibilidad real de poder asistir al aula presencial, o de participar remotamente en caso de que, por motivos de trabajo u horario, se dificulte la asistencia.
- d. La capacidad del docente de crear salas de grupos pequeños, en donde los estudiantes pueden interactuar de forma más próxima con sus pares, de esta manera, participar un proceso más activo de reformulación de conceptos y construcción de nuevos conocimientos.
- e. La alternativa de reprogramar una clase virtual en modalidad presencial, para profundizar en temáticas de difícil comprensión, o que requieren de dinámicas con un componente presencial fuerte.

ESTRATEGIAS SOCIO CONSTRUCTIVISTAS EN AMBIENTES HÍBRIDOS

Finalmente, se ofrece una serie de estrategias fundamentadas en la pedagogía socio constructivista, orientadas a que estudiantes y profesores de Lead University potencien al máximo las experiencias de aprendizaje. Ciertamente, su aplicación constituye un desafío en el planeamiento didáctico, no tanto por que resulten complejas desde un punto de vista conceptual, sino porque

ahora deben resultar compatibles con un entorno híbrido, en donde las condiciones de aprendizaje son distintas para quienes asisten a clase, como para quienes se integran remotamente. Como se indicaba al inicio de este ensayo, la resistencia de los estudiantes a integrarse con la cámara encendida propicia un desequilibrio entre participantes presentes y participantes “anónimos”, en donde medir el grado de compromiso durante el desarrollo de la lección se torna más complejo.

En este escenario, se propone la incorporación de las siguientes estrategias, orientadas a cerrar esas brechas entre la presencialidad y la participación remota:

1. **Fomentar actividades de aprendizaje colaborativo.** Ya sea de manera presencial o virtual, durante el cuatrimestre se pueden utilizar las herramientas que ofrecen plataformas como Moodle, Coursera, LabSim, o Harvard Business Publishing, entre las que tiene a disposición la universidad, para diseñar foros, grupos de discusión, o simulaciones empresariales, para integrar a los estudiantes en el debate activo de determinadas temáticas y en la resolución de problemas. También se puede aprovechar la funcionalidad que brindan herramientas como *Sheets*, *Docs* o *Slides* del entorno Google, para crear documentos compartidos, y que posibilite a los estudiantes editarlas en tiempo real, propiciando de esta manera el trabajo colectivo.
2. **Proyectos grupales:** La investigación aplicada seguirá siendo una actividad esencial para que los aprendices puedan someter sus conocimientos en un laboratorio real de experiencias. Desde el diseño de investigación, hasta la elaboración de los objetivos y la definición de alcances y limitaciones, la invitación a brindar resultados específicos en un tiempo limitado genera desafíos que resultan más gratificantes si se desarrollan en grupo que de manera aislada. Mediante el uso de la herramienta Zoom, se puede subdividir al grupo en varios grupos para que trabajen en la resolución de casos o desempeños específicos, que requieran de la participación activa de todos los miembros del grupo.
3. **Aprendizaje basado en problemas:** este tipo de actividades constituyen un reto real para los estudiantes, ya que una vez que sean contratados

en organizaciones, o cuando realicen sus pasantías como parte del currículo, se deberán enfrentar ante situaciones complejas que requieren la construcción de soluciones creativas para el logro de los objetivos organizacionales. Aprovechando las ventajas de la tecnología, algunos de estos problemas podrían consistir en efectuar investigaciones acerca de cómo mejorar un proceso determinado al interior de una organización, brindando una solución desde diferentes ópticas que se le asignan a cada estudiante. Se elabora un documento u hoja electrónica compartida en línea, para que cada uno realice su abordaje particular, y una vez recopilados estos insumos, entre todos, se trabaja en la redacción final de la propuesta, ponderando los aportes de cada perspectiva.

4. **Realimentación entre pares:** No se trata en este caso de una actividad *per se*, sino de una práctica transversal que se puede aplicar en todas las dinámicas en las que los estudiantes deban trabajar en equipo. Estas actividades pueden consistir en asignar una calificación fundamentada en el desempeño de cada integrante, o planificar una división de tareas de manera individualizada, y entre todos, hacer una lluvia de ideas de cómo llevar a cabo dichas tareas. Lo destacable de este tipo de actividades es que se puedan destacar fortalezas y debilidades de los integrantes del equipo, sugiriendo las estrategias de cómo mejorar las fragilidades detectadas. Desde una conversación vía *chat*, *whatsapp* o en una plataforma que permita la grabación de las discusiones, los estudiantes pueden intercambiar estos criterios asistidos por la tecnología, integrando a participantes presenciales con remotos.
5. **Estrategias de aula invertida.** En este tipo de actividades, se les ofrece a los estudiantes de manera anticipada, una batería de materiales tales como videos, infogramas, *tests*, y/o ejercicios para resolver de previo a la sesión virtual, para adelantar la comprensión de los tópicos como actividades preparatorios, y una vez que se produzca el encuentro o sesión, se aprovecha el tiempo para el despeje de dudas, profundizar en temas de mayor dificultad, o en la resolución

de problemas que no hayan podido ser resueltos por los estudiantes en la etapa preparatoria.

6. **Elaboración de portafolios digitales.** Este tipo de actividades deben ser transversales durante el período en que se extienda el curso, y su finalidad consiste en ir construyendo un portafolio o colección de pequeños desempeños que giran alrededor de los objetivos de aprendizaje del curso. Por ejemplo, en un curso de ciencias empresariales, los estudiantes pueden desarrollar un manual de buenas prácticas sobre una temática específica, y cada semana ir añadiendo diferentes componentes, como el documento básico, luego una presentación interactiva que explique sus diferentes apartados; posteriormente se añada una hoja electrónica que permita ir llevando un control cuantitativo de las inconformidades de los procesos, y así sucesivamente, se planifican con intervalos de tiempo definidos, los plazos para desarrollar cada elemento del portafolio.
7. **Uso de la inteligencia artificial.** Recientemente, la universidad desarrolló un manual sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial (LEAD, 2023), con el fin de regular esta modalidad de investigación en la comunidad universitaria, y en el que se definen distintas modalidades para su empleo, y la forma adecuada de formular las reseñas en formato Apa. Una actividad de naturaleza grupal sumamente interesante para realizar por parte de los estudiantes es el solicitar a herramientas como Chat GPT, Bing, Bard, o similares, la ejecución de determinados “productos académicos”, como cuestionarios breves, algoritmos de solución de problemas, fórmulas matemáticas, producciones multimedia, entre otros, y comparar entre distintos grupos los resultados obtenidos en cada caso. La inteligencia artificial generativa contemporánea ofrece la característica que crea resultados a partir de las solicitudes que cada usuario le proporcione, por lo que es improbable que se obtengan dos resultados idénticos, a partir de instrucciones distintas. No solo resultará valioso comparar los resultados obtenidos, sino la lógica subyacente a las instrucciones con que se haya alimentado a la aplicación de herramienta artificial.

CONCLUSIÓN

Luego de este recorrido en el que se ha procurado hacer un balance entre la teoría pedagógica del constructivismo, los cambios ocurridos en el entorno social y regulatorio del sistema educativo costarricense, y de haber enunciado algunas estrategias para la mediación académica en un entorno híbrido, se reconoce que es preciso seguir monitoreando las experiencias que acumulen los docentes, las evaluaciones que de ellos proporcionen los estudiantes, y la síntesis reposada que de ambos procesos se pueda construir.

Las plataformas educativas globales que posibilitan la educación virtual alcanzan aproximadamente un cuarto de siglo de existencia, y con ocasión de la pandemia del Covid 19, la demanda de sus servicios se ha instalado como una alternativa fuerte, que ayuda a reducir costos de operación, de desplazamiento de estudiantes y profesores, y permiten ampliar la cobertura geográfica del público meta. En Latinoamérica, el crecimiento de estas plataformas ha experimentado crecimientos sostenidos desde el año 2018 hasta el 2023 (Statista, 2023). Y si a este fenómeno le añadimos la propagación de herramientas de inteligencia artificial, que en la actualidad posibilitan el planeamiento didáctico, estamos ante señales inequívocas que los procesos educativos seguirán transitando por escenarios de virtualización, de adopción de nuevas tecnologías, y en el caso de la LEAD University, de constante adecuación a los enfoques socioconstructivistas.

La evolución de la tecnología educativa posibilita nuevas experiencias de aprendizaje, pero ello no desvirtúa los principios pedagógicos que abraza la universidad, porque sitúan de manera estratégica al estudiante como protagonista de los procesos de generación de conocimiento y pensamiento autónomo, y mientras esta posición defina la rectoría del proceso educativo, seguiremos contribuyendo con la renovación de generaciones de ciudadanos conscientes de los desafíos de sus tiempos y de la creación de valor en los diferentes campos en que desarrollarán su quehacer profesional. En definitiva, podrán modificarse los medios, pero mientras el marco pedagógico ofrezca respuestas atinadas para la erudición estudiantil, el desafío que se impone estriba en el reaprendizaje y la asimilación en el marco de los nuevos contextos, tal y como lo sostenía Piaget.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dewey, J. (2010). *Experiencia y Educación*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Gaceta. (18 de Julio de 2023). Alcance No. 129 a la Gaceta No. 122, Imprenta Nacional.
- Guilar, M. E. (2009). Las ideas de Bruner: "de la revolución cognitiva" a la "revolución cultural". *Educere, Revista de la Universidad de los Andes, Venezuela*, 235-241.
- Henry, J., & Meadows, J. (2008). *Un curso virtual totalmente fascinante: nueve principios para la excelencia en la enseñanza en línea*. Obtenido de Centro de Excelencia Académica, Universidad de Puerto Rico: https://cea.uprrp.edu/wp-content/uploads/2020/03/Articulo_Un-curso-virtual-totalmente-fascinante.pdf
- LEAD, U. (1 de Septiembre de 2023). *Protocolo para el uso de herramientas de inteligencia artificial*. Obtenido de Soy ULEAD: https://campus.ulead.ac.cr/pluginfile.php/189487/mod_resource/content/2/Protocolo%20para%20el%20uso%20de%20INTELIGENCIA%20ARTIFICIAL_ULEAD.pdf
- Presidencia de la República de Costa Rica. (18 de Septiembre de 2019). Obtenido de Teletrabajo es ley de la República: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2019/09/teletrabajo-es-ley-de-la-republica/>
- Rivero García, M. M. (16 de Octubre de 2012). *Teoría Genética de Piaget. Constructivismo Cognitivo*. Obtenido de Diposit Digital de la Universitat de Barcelona: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/32321/6/Teoria%20de%20Jean%20Piaget.pdf>
- Rodríguez, L. (17 de Octubre de 2015). *John Dewey y sus aportes a la educación*. Obtenido de Universidad Abierta, S.C.: <https://www.universidadabierta.edu.mx/ActaEducativa/articulos/28.pdf>
- Ruiz León, F. (10 de Agosto de 2022). *Gobierno pone fin a estado de emergencia por la pandemia de covid-19*. Obtenido de El Financiero: <https://www.elfinanciero.com/economia-y-politica/gobierno-pone-fin-a-estado-de-emergencia-por-la-WVSIQNHXBZCSBE34ZO2HVF6VS4/story/>
- Statista. (01 de Diciembre de 2023). Statista.com. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/1097584/e-learning-market-latin-america/#:~:text=In%202020%2C%20the%20e%2Dlearning,an%20online%20course%20in%202019>
- Stone, M. (1999). *Enseñanza para la comprensión*. Buenos Aires: Paidós.
- Torres, A. (23 de Julio de 2023). *La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/desarrollo/aprendizaje-significativo-david-ausubel>
- Universidad Internacional de Valencia. (09 de Marzo de 2015). *El aprendizaje por descubrimiento de Bruner*. Valencia, España.
- Vialle, C. (30 de Marzo de 2022). *El comercio digital no es igual al comercio electrónico*. Obtenido de Egade Business School, Instituto Tecnológico de Monterrey: <https://egade.tec.mx/es/egade-ideas/opinion/el-comercio-digital-no-es-igual-al-comercio-electronico>
- Vygotsky, L. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Biblioteca de Bolsillo.



TRANSFORMACIÓN DIGITAL: EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO

Recibido: 5 Octubre, 2023 • Revisado: 27 Noviembre, 2023 • Aceptado: 8 Diciembre, 2023

Priscila Villanueva González

RESUMEN

Este artículo revisa el progreso del concepto de transformación digital, resaltando su importancia para la competitividad de las organizaciones en la era digital. Se reconoce el impacto significativo de las tecnologías digitales, pero se señala la falta de consenso en su definición y alcance. El estudio tiene como objetivo documentar la evolución histórica de la transformación digital, brindando claridad en un contexto en constante desarrollo y adopción de tecnologías digitales.

Palabras clave: transformación digital, etapas de la transformación digital, modelos de transformación digital, herramientas de transformación digital.

ABSTRACT

This article reviews the progress of the digital transformation concept, highlighting its importance for the competitiveness of organizations in the digital age. It acknowledges the significant impact of digital technologies but also points out the lack of consensus regarding its definition and scope. The study aims to document the historical evolution of digital transformation, providing clarity in a constantly evolving context of digital technology development and adoption.

Keywords: digital transformation, stages of digital transformation, digital transformation models, digital transformation tools.

Priscila Villanueva González es Ingeniera de sistemas y MBA de la UNIMET, MBA de INCAE Business School, Especialista en Transformación Digital, Doctorando en Dirección de Empresas en el Tecnológico de Costa Rica y profesora de LEAD University, con una amplia trayectoria en servicios financieros, consultoría estratégica, gestión comercial y educación.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital ha adquirido una importancia sin precedentes en el mundo empresarial contemporáneo, cambiando la forma en que las organizaciones operan y se relacionan con sus clientes y competidores. Westerman, Bonnet y McAfee (2011), destacan la necesidad de las empresas de abrazar la transformación digital para mantenerse competitivas en un entorno empresarial dinámico. La transformación digital no es simplemente una opción estratégica, sino una necesidad para la supervivencia a largo plazo de las empresas (Westerman, Bonnet y McAfee, 2014). En este sentido, Kane, Palmer, Phillips, Kiron y Buckley (2015), ofrecen una perspectiva valiosa al argumentar que la estrategia empresarial, más que la tecnología en sí misma, impulsa la transformación digital.

Sin embargo, el término "transformación digital" se utiliza ampliamente, pero su definición varía según el contexto. No existe una definición de aceptación general para el término "transformación digital" (Schallmo, Williams y Boardman, 2017). A pesar de los esfuerzos de diversos autores y expertos por definir su concepto y alcance en la literatura, no existe un consenso entre ellos. Los investigadores tienden a definir la transformación digital desde sus propios campos de experiencia e intereses, lo que dificulta aún más la comprensión de este fenómeno complejo. Esta falta de consenso ha dado lugar a múltiples definiciones, lo que dificulta la navegación tanto para personas como para organizaciones en este tema.

Vial (2019), Morakanyane, Grace y O'Reilly (2017), Besson y Rowe (2012), Henriette Henriette, Feki, y Boughzala (2015), Piccinini Gregory y Kolbe (2015a), son algunos autores que han realizado revisiones sistemáticas de los conceptos sobre transformación digital, enfocándose en su significado, importancia y efectos en una organización, además de resaltar las inconsistencias que existen en la literatura actual sobre el tema.

Es crucial destacar la relevancia de investigar la evolución de la transformación digital, ya que, como señalan Matt, Hess y Benlian (2015), la estrategia empresarial de transformación digital desempeña un papel central en la integración de la coordinación, priorización e implementación de la transformación digital en una organización. Esta perspectiva subraya la necesidad de comprender y abordar de manera holística los

procesos de cambio digital para lograr una implementación exitosa en las empresas.

La historia de la transformación digital se remonta a la década de 1990, cuando las tecnologías digitales ya se utilizaban en los negocios, sin embargo, con el rápido avance de estas tecnologías se volvieron más populares (Schallmo, *et al.*, 2017), influyendo en los modelos de negocio (Ziyadin, Sueubayeva y Utegenova, 2020). Sin embargo, a pesar de su importancia, existen brechas en la comprensión de su evolución y desarrollo.

En esta investigación bibliográfica realizada se reconoce la necesidad de documentar la evolución histórica del concepto de transformación digital. Para ello, se propone un enfoque que incluya un ordenamiento cronológico de los autores e investigaciones más relevantes en el campo. Este estudio tiene como objetivo llenar este vacío y proporcionar una visión más clara y estructurada de la transformación digital a lo largo del tiempo.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el marco de esta investigación, se llevó a cabo una revisión sistemática y bibliométrica de la literatura existente en los últimos 10 años sobre el concepto de transformación digital. El objetivo fue recopilar y analizar de manera exhaustiva los estudios relevantes que abordaran este tema. Para lograrlo, se emplearon tres bases de datos principales: Scopus, Web of Science y Google Académico.

En primer lugar, se realizó un análisis inicial de las publicaciones incluidas en la base de datos Scopus. Sin embargo, dado el interés por obtener una visión más completa y abarcativa, se amplió la búsqueda incorporando la base de datos Web of Science y Google Académico. Esto permitió obtener una mayor cantidad de documentos relevantes y asegurar la exhaustividad del estudio.

Las revisiones de la literatura proporcionan a los investigadores herramientas para evaluar el comportamiento de las publicaciones académicas e intentar identificar qué se conoce del tema, qué se ha investigado, así como conocer los avances más significativos sobre el tema en un período de tiempo determinado y qué aspectos permanecen desconocidos (Merino, 2011).

El proceso de revisión de la literatura se dividió en varias etapas. En primer lugar, se definieron los

objetivos específicos de la revisión, estableciendo claramente los aspectos clave que se buscaban abordar. Luego, se procedió a realizar la búsqueda bibliográfica, definiendo una ecuación de búsqueda precisa y aplicando criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los documentos pertinentes.

Los objetivos específicos de la revisión bibliográfica se centraron en identificar artículos que presentaran definiciones o revisión de literatura relacionada a transformación digital, estableciendo claramente los aspectos clave que se buscaban abordar. Los criterios de inclusión de los artículos contemplaron que el artículo seleccionado presenta alguna definición o investigación bibliográfica acerca de la definición o evolución del término. Si el artículo presenta un modelo o evaluación de estados de la transformación digital, sin mencionar algún concepto nuevo, enfoque o evolución de la definición, se consideró excluido.

En cuanto a la creación de la ecuación de búsqueda, se utilizaron términos clave relacionados con el tema principal, como: “transformación digital” y “digital transformation”. Se seleccionaron los documentos que presentaran alguna descripción o definición del término “transformación digital” o “digital transformation”, excluyendo los que contenían modelos o evaluaciones de estados de la transformación digital, sin mencionar algún concepto nuevo o evolución de la definición. Estos términos se utilizaron de manera estratégica para obtener los artículos más relevantes y pertinentes a la temática de estudio.

Una vez recopilada la lista inicial de documentos, se procedió a organizar la información de manera sistemática. Para ello, se creó una matriz bibliográfica que registraba los aspectos más relevantes de cada artículo, incluyendo el título, el resumen, la introducción, la metodología, los hallazgos, la discusión, las conclusiones y las agendas para futuras investigaciones. Esta matriz permitió sintetizar y facilitar el acceso y análisis de la información recopilada.

En la etapa final de la revisión, se seleccionaron los artículos más relevantes, dándole prioridad a los estudios de revisión más recientes, ya que proporcionan una visión actualizada del estado del conocimiento en el campo de la transformación digital. Además, se ordenaron cronológicamente los documentos seleccionados para comprender la evolución del tema a lo largo del tiempo.

En resumen, la metodología de esta investigación incluyó una revisión sistemática y bibliométrica de la literatura existente, utilizando las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Académico. Se definieron objetivos específicos, se realizó una búsqueda bibliográfica precisa, se organizó la información en una matriz bibliográfica y se seleccionaron los documentos más relevantes. Esta metodología permitió obtener una visión completa y actualizada de la evolución del concepto de transformación digital en los últimos años.

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL: REVISIÓN DE LA LITERATURA

La creciente adopción de tecnologías digitales en diversos sectores ha generado un incremento en la investigación en torno a este fenómeno. No obstante, existe aún una gran confusión y malentendidos acerca de lo que realmente implica la transformación digital, ya que la investigación al respecto se encuentra dispersa y carece de una comprensión clara y consensuada del concepto, además de que su alcance resulta ambiguo.

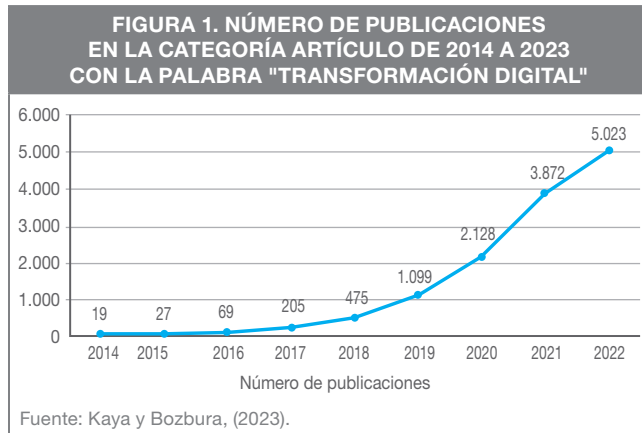
En la literatura, no existe un concepto consensuado por parte de los expertos sobre todo lo que abarca la transformación digital y generalmente los investigadores tienden a definirla en función de sus campos específicos de experiencia e intereses. No existe una definición de aceptación general para el término “transformación digital” (Schallmo *et al.*, 2017).

Esto ha traído como consecuencia que existan múltiples definiciones sobre lo que es la transformación digital, de modo que dificulta que las personas y las organizaciones naveguen por este complejo tema, en tanto este fenómeno de la transformación digital continúa impactando en muchos aspectos de la sociedad (Komarčević *et al.*, 2017).

La historia de la transformación digital se remonta a la década de 1990, cuando las tecnologías digitales ya se utilizaban en los negocios, sin embargo, con el rápido avance de estas tecnologías se volvieron más populares (Schallmo, *et al.*, 2017), influyendo en los modelos de negocio (Ziyadin, *et al.*, 2020).

A pesar de que el concepto de transformación digital se está investigando en muchos ámbitos, todavía no se ha desarrollado una metodología determinada a pesar de que el número de estudios científicos está aumentando para dar luces a esta incierta y compleja

área (Ziyadin *et al.*, 2020; Yoshikawa, *et al.*, 2020; Ji y Li, 2022), tal como lo demuestra el número de publicaciones en la categoría Artículo de 2014 a 2023 con la palabra "Transformación digital" que presenta el estudio de Kaya y Bozbura, (2023). (Ver figura 1).



El término de transformación digital apareció por primera vez en el año 2000 (Patel, McCarthy, 2000) y se centró en la digitalización. Por esta razón, muchas organizaciones e investigadores equiparan erróneamente el concepto de la tecnología digital con el proceso de digitalización o el de digitación.

De manera general, la importancia de la transformación organizacional proviene del hecho que es una necesidad que se ha practicado y estudiado en los campos de negocios, estrategia y gestión, aunque con diferentes nombres (Besson y Rowe, 2012). Sin embargo, recientemente se le han dado amplios espacios a la investigación desde una perspectiva de transformación organizacional impulsada por las tecnologías de la información (TI), hasta el punto de que incluso ha causado fallas (Sarker y Lee, 1999) y, no obstante, también ha impactado positivamente en el negocio con la creación de valor (Hess *et al.*, 2016).

Al estudiar las transformaciones de creación de valor organizacional y comercial habilitadas por las TI, los investigadores han propuesto una comprensión profunda del aspecto de la transformación con presentaciones detalladas y por fases. Por ejemplo, Besson y Rowe (2012), afirmaron que las transformaciones impulsadas por los sistemas de información (SI) están estructuradas estratégicamente con inercia organizacional, proceso, agencia y desempeño desde una perspectiva de estrategia, teoría de la organización y SI.

En los últimos años, debido a los importantes desarrollos tecnológicos, la transformación digital es un nuevo concepto que ha ganado gran popularidad entre los profesionales e investigadores. En constante evolución, se asiste a una auténtica revolución introducida dentro de las empresas y organizaciones.

La transformación, cuando se asume como lo digital, ya no es tanto de alineación en los negocios y las TI, sino más bien que permite elaborar estrategias sobre los recursos, capacidades y objetivos organizacionales para realizar dinámicamente la gestión del cambio en los procesos con agilidad (Sabherwal y Chan, 2001; Henderson y Venkatraman, 1999).

Para comprender completamente el concepto de transformación digital, primero se debe definir y diferenciar entre los términos digitación, digitalización y transformación digital. Existe cierta confusión en la aplicación de estos conceptos, ya que algunos investigadores usan estos términos indistintamente, cuando en realidad existe una diferencia significativa entre ellos (Westerman, *et al.*, 2014). Es muy importante distinguir entre estos tres términos.

De hecho, la digitación significa pasar información del lenguaje de información analógico a la digital donde los datos se representan en forma de dígitos o números, es decir, es una presentación de información en cualquier sistema informático. Mientras que la digitalización significa el uso de datos y tecnología digitales para optimizar procesos y automatizar el manejo de datos. Por otro lado, desde cierto punto de vista, la informatización es un término afín a la digitalización y, en ocasiones, se considera un sinónimo (Schwertner, 2017).

En cuanto la transformación digital, es un concepto utilizado con frecuencia por profesionales y académicos, pero muy a menudo con significado y alcance diferente según el ambiente en el que se utiliza. De hecho, el término transformación digital es utilizado muchas veces de manera errónea, debido a que no existe un acuerdo generalizado para una definición específica en la literatura. En este sentido, muchos autores han tratado de definirla y establecer un concepto claro al respecto (Majchrzak, 2016).

Como resultado de esta situación, el término transformación digital muchas veces se ha mal entendido y desfigurado su contenido, y a lo largo del tiempo han surgido diversas definiciones y conceptos

sobre el tema, como se destaca a continuación en su evolución cronológica.

La primera definición de transformación digital aparece en el trabajo de Fors y Stolterman (Fors y Stolterman, 2004), en el que se describe la transformación digital como los cambios que la tecnología digital conlleva o afecta a todos los aspectos de la vida humana. Los autores Wischnevsky y Damanpour (2006), señalan que el término transformación digital expresa un cambio fundamental dentro de la organización, que impacta la estrategia, la estructura (Matt *et al.*, 2015) y la distribución del poder (Wischnevsky y Damanpour, 2006).

A menudo, estos cambios son resultado de los medios basados en Internet y la conectividad, y que además pueden involucrar colaboraciones de consumidores y productores, como en el proceso mismo de desarrollo del producto (Arakji y Lang, 2007).

Más tarde, Lankshear y Knobel (2008), definieron la transformación digital como el logro de un cambio significativo dentro de un dominio profesional o de conocimiento mediante el uso de herramientas digitales que facilitan la innovación y la creatividad.

Liu *et al.* (2011), a su vez, la considera cómo la integración de las tecnologías digitales en los procesos de negocio. Mientras que Westerman, junto con otros investigadores, definen la transformación digital como la aplicación de tecnología para aumentar el alcance o la eficiencia de las empresas y la creación de nuevas oportunidades de negocio mediante el uso de datos y tecnologías digitales (Westerman *et al.*, 2011).

En este contexto, desde hace algún tiempo, se ha enfatizado que, para lograr una transformación digital exitosa, las empresas deben enfocarse en dos actividades fundamentales: Remodelar las propuestas de valor para el cliente y transformar sus operaciones utilizando tecnologías digitales para una mayor interacción con el cliente y colaboración (Berman, 2012).

Posteriormente, la transformación digital adquiere una mayor relevancia estratégica por su aporte a la estrategia organizacional y su impacto en las áreas comerciales, considerando que se define estrategia de negocios digitales como una estrategia organizacional formulada y ejecutada aprovechando los recursos digitales para crear valor diferencial (Bharadwaj *et al.*, 2013). El alcance, la velocidad, la escala y las fuentes de la transformación digital estratégica se capturan adecuadamente creando una fusión entre el negocio y las

TI por la transformación impulsada por la estrategia de negocio digital (Bharadwaj *et al.*, 2013).

De modo similar, Fitzgerald y otros investigadores destacan el uso de tecnologías digitales para permitir importantes mejoras comerciales (Fitzgerald *et al.*, 2013), mientras que Lucas y otros investigadores resaltan como la transformación digital altera fundamentalmente las formas tradicionales de hacer negocios al redefinir las capacidades, los procesos y las relaciones comerciales (Lucas *et al.*, 2013). Por su lado, Mithas y otros investigadores amplían aún más su impacto al destacar que la transformación digital se refiere a el grado en que una organización se involucra en cualquier actividad de tecnología de la información (Mithas *et al.*, 2013).

Más adelante se enfatiza la importancia de la transformación digital no como un fin en sí misma, sino como un medio para generar valor y lograr un impacto financiero significativo. En este sentido, Westerman define el concepto de transformación digital como el uso de la tecnología digital para transformar la forma en que se hacen los negocios, generando nuevas oportunidades de valor y mejorando la eficiencia operativa (Westerman, 2014). Westerman y otros autores y Bekkhus, de manera similar, describen la transformación digital como la aplicación de tecnología para mejorar el rendimiento empresarial y ampliar el alcance (Westerman *et al.*, 2014 y Bekkhus, 2016).

Además, emergieron conceptos más amplios, como el planteado por Henriette y colegas, que define la transformación digital como un modelo de negocio impulsado por los cambios derivados de la implementación de tecnología digital en todos los ámbitos de la sociedad humana (Henriette *et al.*, 2015).

También en el 2015 se ratificaron las concepciones propuestas inicialmente por Fitzgerald y Lucas, junto a otros investigadores, que resaltan las oportunidades de llevar a cabo mejoras comerciales y redefinir las relaciones comerciales (Fitzgerald *et al.*, 2013 y Lucas *et al.*, 2013), destacando la experiencia del cliente, ya que Piccinini y colegas subrayan que la transformación digital se caracteriza por el uso de nuevas tecnologías digitales para permitir mejoras comerciales significativas (Piccinini *et al.*, 2015). Por otra parte, Schuchmann y Seufert la definen como la realineación de la tecnología y nuevos modelos comerciales para involucrar de manera más efectiva a los clientes digitales en cada punto

de contacto en el ciclo de vida de la experiencia del cliente (Schuchmann y Seufert, 2015).

Algunos autores enfatizan la experiencia del cliente, mientras que otros resaltan el impacto de la transformación digital en el modelo de negocio de una empresa. Según Hess *et al.* (2016), la transformación digital implica cambios en productos, estructuras organizativas y automatización de procesos. Además, Chanias y Hess (2016) indican que la transformación digital refleja los cambios omnipresentes inducidos por las tecnologías digitales en toda la organización. Estas perspectivas resaltan la necesidad de comprender y adaptarse a los cambios impulsados por la transformación digital para mantener la competitividad y el éxito empresarial.

A partir del 2016, se ha evidenciado un notorio incremento en la importancia de comprender y aplicar la transformación digital en las empresas. De hecho, este proceso de adopción de los cambios tiene que ser diseñado iniciado y ejecutado activamente (Berghaus y Back, 2016; Kane *et al.*, 2017). En este sentido, Hansen (2016) y Dremel (2017) señalan que, como todos los tipos de programas de cambio, se puede entender que la transformación digital altera los componentes de personas, procesos, tecnología y datos de una organización (Hansen *et al.*, 2016; Dremel *et al.*, 2017).

El Sawy (2016) y Haffke (2017) sostienen que la motivación detrás de la implementación de un programa de transformación digital puede ser de naturaleza multifacética. Según ellos, muchos programas de transformación digital se enfocan en cambiar la estructura y el modelo de negocio de la organización con el objetivo de servir de manera más eficiente a los clientes existentes y llegar de manera más efectiva a nuevos clientes (Sawy *et al.*, 2016; Haffke *et al.*, 2017). Estos cambios se logran aprovechando tanto las tecnologías digitales actuales como las emergentes (Sawy *et al.*, 2016; Haffke *et al.*, 2017).

Por otra parte, Soule, Puram, Westerman y Bonnet resaltaron la importancia de tres grupos de capacidades digitales para las organizaciones. En primer lugar, la experiencia del cliente, la cual se enfoca en el uso de la tecnología para satisfacer las expectativas del cliente y mejorar la comunicación y la interacción a través de canales digitales (Soule *et al.*, 2016). En segundo lugar, la eficiencia de las operaciones, que se centra en optimizar, automatizar y agilizar los procesos internos

utilizando datos más precisos y herramientas digitales (Soule *et al.*, 2016). Por último, la habilitación de la fuerza laboral, que implica el uso de herramientas digitales para facilitar la colaboración transfronteriza, desarrollar habilidades digitales y fomentar el intercambio de conocimientos en toda la organización (Soule *et al.*, 2016). Estas capacidades digitales son fundamentales para que las organizaciones se adapten al entorno digital y aprovechen las oportunidades que ofrece (Soule *et al.*, 2016).

Estos autores consideran que la destreza digital es el sello distintivo de una organización digital, puesto que permite adaptar sus roles, responsabilidades y relaciones de manera flexible y puede aprovechar rápidamente las nuevas opciones digitales frente a las cambiantes expectativas de los clientes, los cambios en la industria o las estrategias impulsadas internamente (Soule *et al.*, 2016).

Las experiencias exitosas refuerzan formas de trabajo más fluidas y colaborativas, que respaldan la capacidad digital futura y un rendimiento más efectivo a largo plazo. Se podría decir que la esencia de una organización digital es su capacidad para combinar prácticas digitales y poder humano para crear valor continuamente. Es importante darse cuenta de que adquirir experiencia con tecnologías selectas no es suficiente, es clave el aprendizaje colaborativo y cualidades de fuerza laboral de alto compromiso (Soule *et al.*, 2016).

Estos autores identifican los pilares fundamentales de una organización digital. Estos se dividen en tres dimensiones: mentalidad, prácticas y recursos. La mentalidad implica priorizar soluciones digitales, utilizar la tecnología y abordar los datos de manera sistemática (Soule *et al.*, 2016). Las prácticas se centran en la digitalización de operaciones, el aprendizaje colaborativo y la toma de decisiones basadas en datos. En cuanto a la fuerza laboral, se destacan la experiencia tecnológica, las habilidades digitales y el alto compromiso como características clave. Finalmente, los recursos clave incluyen datos de clientes en tiempo real, datos integrados de operaciones y herramientas colaborativas para facilitar la comunicación y la colaboración interna (Soule *et al.*, 2016). Estos elementos son esenciales para una organización digital exitosa, promoviendo la transparencia, la adaptabilidad y la eficiencia en el procesamiento de la información, así como una mayor capacidad para aprovechar las oportunidades digitales (Soule *et al.*, 2016).

Para insistir en el adecuado significado de la transformación digital, se debe enfatizar que implica más que la simple incorporación de herramientas digitales (Goran *et al.*, 2017), abarca la reestructuración integral de los procesos de negocio, la cultura y la estrategia para facilitar la innovación y atender mejor las necesidades de las partes interesadas de la organización (Horlacher y Hess, 2016; João Catarino *et al.*, 2018; Kutnjak *et al.*, 2019; Tumbas *et al.*, 2017). Sólo con una comprensión clara de esto, las organizaciones pueden aprovechar adecuadamente la transformación digital para lograr sus objetivos.

La transformación digital es un proceso que involucra tres áreas: procesos de negocio, modelos de negocio y comportamiento del consumidor, según Schwertner (2017). Destaca la importancia de comprender cómo las expectativas y el comportamiento de los consumidores están evolucionando en el entorno digital y cómo las empresas pueden adaptarse para satisfacer sus necesidades en constante cambio (Schwertner, 2017). En este sentido, Bockshecker, Hackstein y Baumöl (2018), exploran cómo los procesos de negocio tradicionales deben ser modificados y optimizados para aprovechar las oportunidades digitales y mejorar la eficiencia operativa. Por otro lado, Ismail (2017), se centra en la transformación de los modelos de negocio, destacando la necesidad de repensar y reinventar la forma en que las empresas crean y entregan valor en la economía digital. En fin, estos estudios resaltan la importancia de abordar estos tres aspectos interrelacionados en el proceso de transformación digital para lograr el éxito empresarial en la era digital.

En el 2018, Nwaiwu realizó un estudio sobre Transformación Digital en las organizaciones para evaluar diversos marcos conceptuales y teóricos considerados relevantes para el tema de la transformación digital de los negocios, revelando una clara desconexión entre los intereses de investigación empresarial sobre la transformación digital de los negocios y lo que actualmente se encuentra en la academia. Según Nwaiwu, las organizaciones comprenden la utilidad de la tecnología y por qué necesitan lograr la transformación organizacional mediante la adopción e incorporación de tecnologías digitales en sus procesos empresariales para mejorar la eficiencia y generar nuevas fuentes de ingresos (Nwaiwu, 2018). También se reconoce que aún no existe evidencia empírica que permita

determinar el impacto de las percepciones de "facilidad de uso" en las decisiones de las organizaciones para adoptar tecnologías digitales (Nwaiwu, 2018).

La Transformación Digital es explicada desde algunas definiciones como un proceso evolutivo (Morakanyane, Grace, y O'Reilly, 2017); es decir, progresivo en un período de tiempo mientras que, en otros casos, se enfatiza el cambio radical que lleva implícita su propia naturaleza (Reis, Amorim, Melão, y Matos, 2018).

Un destacado estudio de la literatura sobre el tema en cuestión arrojó que existen apenas contribuciones de abordajes sistemáticos como metodología de investigación sobre Transformación Digital, mientras que es más frecuente encontrar modelos conceptuales, marcos de trabajo y estrategias y también, mucho más frecuentes, estudios de caso enfocados a áreas muy puntuales (Gebayew, 2018).

El otro elemento que incorporan algunos investigadores es su esencia compleja (Morakanyane, Grace, y O'Reilly, 2017). De manera que se destaca que el grado de complejidad de la Transformación Digital excede a cualquier transformación previa habilitada por las IT (Ismail I, 2017). Considerando su naturaleza compleja como fenómeno paradigmático que involucra tanto lo económico y tecnológico, como lo social y cultural, una de las motivaciones del presente estudio es documentar la historia de la evolución del concepto para entender la Transformación Digital desde una perspectiva holística, distinguiendo los principios sobre los que se sustenta.

En este sentido, otro término importante que se debe considerar es el de innovación digital, que fue acuñado en el año 2017. En general, la innovación digital es el uso de la tecnología digital durante el proceso de innovación (Nambisan *et al.*, 2017), y dada sus características se denomina fenómeno sociotécnico (Nambisan *et al.*, 2017) habida cuenta la naturaleza dinámica de la innovación que afecta al negocio y sus clientes, entornos y la comunidad de investigación de SI.

En el 2017, Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., y Song, M. abordaron la necesidad de adaptar la investigación en gestión de la innovación al entorno digital. El artículo propone un marco conceptual para comprender la innovación digital y destaca la importancia de la colaboración abierta, la participación de la comunidad y el uso de tecnologías digitales para impulsar la innovación en el mundo actual (Nambisan *et al.*, 2017).

Weill y Woerner (2018), enfatizan que la transformación digital va más allá de la implementación de tecnología. Subrayan que se trata de un cambio fundamental en la forma en que las organizaciones operan y se adaptan a un entorno digital (Weill y Woerner, 2018). Destacan que la cuestión no es si la transformación digital llegará, sino más bien cuándo y cómo las empresas abordarán este cambio (Weill y Woerner, 2018). Para tener éxito en la era digital, es necesario que las organizaciones comprendan la importancia de la transformación en todos los aspectos de su negocio, desde los modelos de negocio hasta los procesos internos y la interacción con los clientes (Weill y Woerner, 2018).

En esta línea de pensamiento, Aguiar y colegas (2019), destacan que el nuevo proceso de creación de valor utilizando tecnología digital, innovación y digitalización se conoce como transformación digital (Aguiar *et al.*, 2019). Así mismo, Vial (2019), en su conceptualización de la transformación digital la define como un proceso que tiene como objetivo mejorar una entidad desencadenando cambios significativos en sus propiedades a través de combinaciones de las IT, computación, comunicación y conectividad (Vial, 2019). Captura tres elementos: la organización centrada en encapsular la sociedad y la industria, la mejora como un resultado esperado de la transformación digital sin garantizar su realización y la aceptación del uso primitivo de las tecnologías digitales como facilitadores de la transformación (Vial, 2019).

Las definiciones de transformación digital propuestas revelan que existen elementos complementarios entre sí (Reis *et al.*, 2018). La transformación digital tecnológica se centra en la adopción y utilización de nuevas tecnologías digitales como redes sociales, móviles y analíticos (Reis *et al.*, 2018). Por otro lado, la transformación digital organizacional implica cambios en los procesos y modelos de negocio de una organización (Reis *et al.*, 2018). Además, la transformación digital social es un fenómeno global que afecta todos los aspectos de la vida humana (Reis *et al.*, 2018). Estas perspectivas muestran que la transformación digital abarca tanto la tecnología como la organización y tiene un impacto significativo en la sociedad en su conjunto.

Además, los cambios transformacionales que son necesarios para implementar la transformación digital están relacionados con la estrategia, la cultura organizacional y el liderazgo. El impacto de la transformación

digital en cualquier organización se puede dividir en tres niveles diferentes: cambio de modelos comerciales, transformación de experiencias de clientes y transformación de procesos comerciales (Mahraz *et al.*, 2019).

Para definir mejor este complejo fenómeno se han definido varias taxonomías. La taxonomía desarrollada por Kutzner, Schoormann y Knackstedt (2018) tiene como contribución clave proveer una taxonomía de tópicos y características de investigación sobre la Transformación Digital, a partir de una técnica de análisis de clúster. Su principal limitación es que está restringida al área de SI y no incluye componentes sobre mecanismos de evaluación.

En el trabajo de Mergel, Edelmann y Haug (2019), se presenta una taxonomía de la Transformación Digital en la administración pública, que se basa en cuatro categorías que incluyen: 1) Razones, tanto externas como internas, que abordan las presiones ambientales y los cambios tecnológicos, así como la gestión de archivos físicos. 2) Objetos, que abarcan procesos, servicios, productos, relaciones, tecnología y modelos de negocio. 3) Procesos, que se centran en la digitalización de procesos, documentos físicos, relaciones, servicios, la adopción de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevas competencias. 4) Resultados, que involucran productos, efectos e impactos generados por la transformación digital. Esta taxonomía proporciona un marco comprensivo para entender y abordar la transformación digital en el sector público, considerando diversos aspectos que deben tenerse en cuenta para lograr resultados exitosos.

Zaoui y Souissi (2018), presentan un modelo basado en ontologías para representar el conocimiento asociado a la Transformación Digital. Los autores de este estudio clasifican los dominios de conocimiento en nueve dimensiones: estructural, informacional ambiental, de seguridad, de calidad, financiera, cultural, de innovación, de participación. Es un modelo conceptualmente robusto que contempla muy diversas perspectivas conceptuales extraídas de la literatura hasta el 2018; sin embargo, puede resultar un poco complejo como primer nivel de aproximación a un modelo conceptual conciliatorio entre comunidades heterogéneas (Fernández, 2020).

La Taxonomía de transformación digital propuesta por Fernández (2020), aporta no sólo las categorías jerarquizadas que contribuyen a su definición holística,

sino una guía para las organizaciones respecto a los ámbitos que tienen que enfrentar con vistas a implementar o adoptar la Transformación Digital. Mientras el componente "mecanismos de adopción" le otorga gobernanza al marco conceptual de la Taxonomía diseñada, el de "evaluación" hace sostenible la adopción de la transformación digital, habilitando a las organizaciones con la capacidad de evaluarse y mejorarse continuamente respecto a su estrategia digital.

Las tecnologías son parte fundamental para el desarrollo de las actividades de las organizaciones (Castellano y Díaz, 2021), puesto que han afectado drásticamente el entorno empresarial hoy altamente competitivo (Ferreira *et al.*, 2019). Las tecnologías digitales, en particular, han transformado la forma en que las organizaciones y los consumidores interactúan e intercambian valor con la reestructuración de procesos, productos y servicios, así como el desarrollo y ejecución de innovaciones (Caputo *et al.*, 2021; Jafari-Sadeghi *et al.*, 2021).

De esta manera, el término transformación digital se usa hoy no solo para indicar las implicaciones transformadoras o disruptivas de las tecnologías digitales para las organizaciones y la sociedad, sino también, para lograr ventajas competitivas y la diferenciación de las empresas (Ferreira *et al.*, 2019; Jafari Sadeghi *et al.*, 2021). Por consiguiente, la transformación digital se refiere a un proceso que tiene como objetivo mejorar una entidad, provocando cambios significativos en sus propiedades a través de combinaciones de las TI, computación, comunicación y conectividad (Kraus *et al.*, 2021, p. 558).

En este sentido, la transformación digital implica que la empresa cuente con recursos digitales y estrategias de crecimiento acompañadas de cambios en la estructura organizativa y los objetivos que desee alcanzar, sin embargo, el uso de nuevas tecnologías digitales, aunque son requisitos previos para transformarse digitalmente, no son suficientes para conseguir el éxito (Björkdahl, 2020; Kraus *et al.*, 2021). No obstante, el proceso de digitalización para las empresas de cualquier sector es complejo, e independientemente de su tamaño estará acompañado de incertidumbre y habrá poca investigación conceptual y empírica que examine y apoye cómo se transforman digitalmente las organizaciones, de tal forma que pueda ser sostenida en el tiempo y cuente con una estrategia que garantice su

adecuada implementación sin generar traumatismos al interior de la empresa (Warner y Wäger, 2019).

La transformación digital es "el uso y apropiación de las TI combinadas con la capacidad de liderazgo y el cambio organizacional para mejorar o cambiar radicalmente el desempeño y el modelo de negocio de las empresas" (Ramírez y Ordóñez, 2019, p. 12)

La transformación digital, al igual que la disrupción provocada por los SI y las herramientas tecnológicas, como el Internet de las cosas (IoT: término acuñado por Kevin Ashton en 1999, que se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, permitiéndoles recopilar y compartir datos), *big data* (término propuesto por Doug Laney, analista de investigación de Gartner, para hacer referencia al manejo y análisis de conjuntos de datos extremadamente grandes y complejos que superan las capacidades de las herramientas de procesamiento de datos tradicionales), plataformas en la nube (refieren a servicios y recursos computacionales como almacenamiento, procesamiento y aplicaciones que están disponibles a través de internet), *blockchain* (tecnología introducida por un individuo o grupo de individuos bajo el seudónimo de Satoshi Nakamoto en 2008 que consiste en una cadena de bloques interconectados, donde cada bloque contiene una lista de transacciones aseguradas criptográficamente), redes sociales (plataformas digitales que permiten a los usuarios crear perfiles, compartir contenido, conectarse con otros usuarios y participar en interacciones en línea) y otros sistemas ciber físicos (Tronvoll *et al.*, 2020) traen consigo nuevas prácticas que motivan a las organizaciones a estar en sintonía con la industria 4.0 (Frank *et al.*, 2019)

Se puede entender la transformación digital como las implicaciones disruptivas de las tecnologías digitales (Nambisan *et al.* 2019). Estas implicaciones aparecen en y a través de varios niveles, desde el individuo sobre el nivel organizacional hasta el nivel social (Lepak *et al.* 2007; Nambisan *et al.* 2019). En este estudio se identifican tres temas clave relacionados con la digitalización: apertura, posibilidades y generatividad, y se esbozan asuntos de investigación amplias relacionadas con cada uno. Sugieren que tales temas que son innatos a las tecnologías digitales podrían servir como una plataforma conceptual común que permita conexiones entre temas en diferentes niveles, así como la integración de ideas de diferentes disciplinas o áreas (Nambisan *et al.*, 2019)

Según Van Der Meulen, N., Weill, P. y Woerner, S. (2020), las mejoras en el desempeño provenientes de las transformaciones comerciales digitales requieren que las empresas hagan frente a cuatro tipos de cambios organizacionales disruptivos, a los que los autores llaman "explosiones": cambio en los derechos de decisión, adopción de las nuevas formas de trabajo, cirugía organizacional y creación de una mentalidad de plataforma.

Según los autores, para lograr un valor positivo en las explosiones organizacionales, los líderes digitales deben seguir recomendaciones clave: 1) Retrasar la cirugía organizacional, refiriéndose a que los efectos de eficiencia van a llegar, pero no inmediatamente. 2) Comenzar por abordar los derechos de decisión, permitiendo que la toma de decisión esté más cerca del cliente. 3) Invertir en el desarrollo de nuevos hábitos de trabajo, ya que el mayor desafío para la transformación digital del negocio es que, si bien la tecnología cambia rápidamente, las formas de trabajo no lo hacen. 4) Construir plataformas de forma incremental y holística. Las transformaciones empresariales digitales exitosas aprovechan las plataformas que promueven la eficiencia operativa y reinventan las experiencias de los clientes. 5) Involucrar a todo Comité Ejecutivo, ya que no es sólo un tema de tecnología. (Van Der Meulen, Weill y Woerner, 2020).

En el 2020, se retoma el término de digitalización, pero con una nueva concepción. La digitalización se considera una fuente de competitividad futura debido a su potencial para desbloquear nuevas oportunidades de creación de valor y generación de ingresos (Kamalaldi, 2020). Para beneficiarse de la digitalización, los proveedores y los clientes tienden a avanzar del simple modelo transaccional centrado en el producto hacia el compromiso relacional orientado al servicio.

Esta transformación relacional se produce a través de la denominada servitización digital, la cual, se refiere al cambio de mentalidad de las organizaciones basado en la transformación de un modelo de negocio enfocado en el producto a uno orientado al servicio (Frank *et al.*, 2019) que se centre en facilitar la creación de valor para el cliente por medio de la prestación de servicios y soluciones con el fin de satisfacer mejor sus necesidades y expectativas (Rapaccini *et al.*, 2020) a través de la personalización y la eficiencia (Kamalaldin *et al.*, 2020).

Se espera que las tecnologías digitales como el IoT, el monitoreo remoto, el análisis de *big data* y la inteligencia artificial permitan a las empresas manufactureras pasar por la transición a la servitización, es decir, pasar de ser un proveedor de productos a un proveedor de soluciones (Hasselblatt, Huikkola, Kohtamäki y Nickell, 2018; Kohtamäki, Parida, Oghazi, Gebauer y Baines, 2019).

La servitización digital se entiende como la provisión de servicios digitales integrados en un producto físico (Holmström y Partanen, 2014; Vendrell-Herrero y Wilson James, 2017). Por lo general, los proveedores de productos adoptan una estrategia de servitización digital para diferenciarse de la competencia (Opresnik y Taisch, 2015) y crear nuevas fuentes de ingresos al establecer una colaboración más estrecha con sus clientes (Scherer, Kloeckner, Ribeiro, Pezzotta y Pirola, 2016).

Sin embargo, a pesar de la considerable inversión en la oferta de servicios digitales, muchas empresas luchan por crear valor real para el cliente y, en última instancia, tanto los proveedores como los clientes no logran obtener un retorno financiero de su inversión (Gebauer, Fleisch y Friedli, 2005; Kastalli y Van Looy, 2013; Pagoropoulos, Maier y McAloone, 2017; Suarez, Cusumano y Kahl, 2013).

La digitalización combinada con la servitización transforma significativamente las relaciones proveedor-cliente; y un desafío clave para las empresas que buscan la servitización digital es adaptar y revisar las relaciones existentes centradas en el producto (Lerch y Gotsch, 2015; Pagoropoulos *et al.*, 2017; Sjödin, Parida, Jovanovic y Visnjic, 2020). Esto se debe a que los servicios digitales requieren que los proveedores asuman una mayor responsabilidad en los procesos centrales del cliente (Lerch y Gotsch, 2015) al pasar de la interacción transaccional a la relacional (Reim, Sjödin y Parida, 2018; Sousa y da Silveira, 2017).

Sin embargo, la transición a relaciones recíprocas a largo plazo no siempre es fácil, ya que para muchas empresas este es un paso hacia un territorio desconocido. Por ejemplo, las empresas pueden luchar con numerosos problemas relacionales, cómo equilibrar el riesgo y la recompensa (Reim *et al.*, 2018), cómo encontrar el nivel adecuado de personalización y cómo garantizar la transparencia, compartir datos e integrar sistemas digitales (Coreynen, Matthyssens y Van Bockhaven, 2017).

La digitalización se considera una fuente de competitividad futura debido a su potencial para desbloquear nuevas oportunidades de creación de valor y generación de ingresos (Kamalaldin, Linde, Sjödin y Parida, 2020). Para beneficiarse de la digitalización, proveedores y clientes tienden a alejarse de un modelo centrado en productos transaccionales hacia un compromiso relacional orientado al servicio. Esta transformación relacional se logra a través de la servitización digital.

Sin embargo, hay una falta de conocimiento sobre cómo los proveedores y clientes transforman su relación para obtener beneficios de la servitización digital. Los resultados del estudio referido de Kamalaldin y colegas, que aborda esa brecha de conocimiento aplicando la teoría de la visión relacional, proporcionan evidencia de cuatro componentes relacionales proveedor-cliente: capacidades de digitalización complementarias, activos digitales específicos de la relación, rutinas de intercambio de conocimientos habilitadas digitalmente y gobernanza de la asociación, que permiten a los proveedores y clientes beneficiarse de la servitización digital (Kamalaldin *et al.*, 2020).

Adicionalmente, la servitización digital puede verse desde dos perspectivas organizativas: una desde la perspectiva de *back-end* (se encarga del procesamiento y almacenamiento de datos, así como de la lógica empresarial), relacionada con la aplicación de nuevas tecnologías, la asignación de recursos y la transparencia en apoyo de una mejor toma de decisiones; y otra desde la perspectiva de *front-end* (servicios o interfaz visible para los usuarios), que facilita nuevos tipos de interacción con el cliente y una integración más estrecha para desarrollar propuestas de valor personalizadas basadas en servicios y relaciones de mayor calidad (Tronvoll *et al.*, 2020). En pocas palabras, la mayoría de los estudios existentes en la literatura relacionan la servitización y sus beneficios con la industria 4.0 y la transformación digital, en tal grado que el uso de soluciones tecnológicas crea valor y permiten innovar los modelos de negocio de las empresas (Frank *et al.*, 2019).

En este orden de ideas, los estudios sobre el comportamiento de la transformación digital la describen como versátil, continua, disruptiva, radical y compleja (Brown y Brown, 2019; Morakanyane, Grace y Reilly, 2017; Matt, Hess y Benlian, 2015; Ismail, Khater y Zaki, 2018; Pousttchi, Gleiss, Buzzi y Kohlhagen, 2019; Grab, Olaru y Gavril, 2019).

De manera que la transformación digital es un proceso complejo y continuo que requiere que las organizaciones sean ágiles y adaptables en su enfoque. Al adoptar tecnologías digitales y conocimientos basados en datos, las organizaciones pueden posicionarse para el éxito en la era digital (Gölzer y Fritzsche, 2017).

De hecho, las transformaciones organizacionales se consideran conjuntos de tareas gerenciales complejas y no rutinarias (Berghaus, 2018), por lo que, además de complejas, son un gran desafío para las organizaciones (Ferreira, Moreira, y Seruca, 2017). De modo que las organizaciones requieren desarrollar prácticas para superar estas transformaciones complejas (Matt, Hess y Benlian, 2015). Por lo tanto, se están creando nuevos departamentos y contratando especialistas en diferentes dominios para impulsar la estrategia de transformación digital (Schallmo y Williams, 2018) mientras respaldan sus rutas de transformación digital al observar desarrollos y marcos conceptuales recientes (Valdez-de-Leon, 2016).

El concepto de transformación digital también se ha abordado como *front-end* difuso en consideración a las incertidumbres que surgen al comienzo de un proceso de innovación (Berghaus, 2018). Además, el potencial de innovación de la transformación digital solo puede aprovecharse al permitir que las organizaciones utilicen enfoques empíricos para probar nuevas ideas (Berghaus y Back, 2017).

En el 2017, surgió el término de madurez digital como una medida del progreso o grado de éxito en la transformación digital de una empresa (Berghaus y Back, 2016), haciendo alusión al término madurez que se refiere a un estado de ser completo, perfecto o listo (Lahrmann *et al.*, 2011). El término madurez se define como los niveles o la medida del progreso de los desarrollos o mejoras en un sistema específico (Boström y Celik, 2017) (Schumacher, Erol, y Sihm, 2016). Algunos autores proponen diferentes dimensiones para identificarlas como los impulsores clave para la transformación digital y se evalúan para medir la madurez digital (Valdez-de Leon, 2016).

En la literatura, la mayoría de los modelos de evaluación de la madurez de la transformación digital se implementan utilizando una escala de niveles junto con sus correspondientes dimensiones. Estas dimensiones se determinan en función del dominio de la aplicación o de un punto de vista holístico.

(Valdez-de-Leon, 2016; Schumacher, Erol y Sih, 2016; Unterhofer, Rauch, Matt, y Santiteerakul, 2018; Leyh, Schäffer, Bley, y Forstenhäusler, 2016; Berghaus y Back, 2016; Gokalp, Sener, y Eren, 2017; Boström y Celik, 2017; Schumacher, Nemeth y Sih, 2019; Kozina, 2019).

Otros enfoques de evaluación más específicos se plantean como intentos de abordar el impacto financiero para cerrar la brecha de conocimiento (Liebrecht, Jacob, Kuhnle y Lanza, 2017) o describir el contexto, las entradas, los propósitos, los resultados y las prácticas para agregar capacidades de mapeo de ruta a un modelo de madurez. (Aguar, Gomes, da Cunha y da Silva, 2019; Haryanti, Rakhmawati y Subriadi, 2023).

En el estudio de Teichert (2019), se presentan avances actualizados de modelos de madurez digital. Se identifican las dimensiones utilizadas para medir la madurez digital y la representación de la cultura organizacional en los modelos. Se encontró que las dimensiones y la incorporación de capacidades de transformación varían entre los modelos. Se destaca la importancia de la cultura como facilitadora de la transformación digital. Además, se ofrece una visión general de las dimensiones más utilizadas y una síntesis de los atributos culturales. Se concluye que la mayoría de los modelos son incompletos y que se necesita más investigación para evaluar la madurez de la transformación digital.

Tanto en la práctica como en la literatura, se hace referencia a la transformación digital como un fenómeno complejo en diferentes aspectos y ocurre que la práctica avanza mucho más rápido que la teoría (Gudergan y Mugge, 2017). A su vez, el cambio tecnológico aumenta el efecto disruptivo más que las transformaciones comerciales habilitadas por las TI (Ismail, Khater y Zaki, 2018) (Vial, 2019). El cambio disruptivo requiere redefinir las estrategias organizacionales. Es probable que dichas actividades y sus resultados no estén claros en un entorno complejo (Berghaus, 2016; Berghaus, 2018; Berghaus y Back, 2017). Por lo tanto, investigar para comprender los patrones y las interacciones que surgen durante estas actividades guiará a las organizaciones a tomar medidas correctivas para gestionar con éxito sus actividades de transformación digital manteniendo sus enfoques actualizados (Morakanyane, Grace y Reilly, 2017; Jöhnk, Oesterle, Ollig y Riedel, 2020; Moreira, Ferreira y Seruca, 2018; Pousttchi, Gleiss, Buzzi y Kuhlhausen, 2019).

La transformación digital ha generado investigaciones en diversas disciplinas, las cuales suelen ser especializadas y limitadas a dominios específicos, lo que fragmenta la investigación y pierde validez general. La revisión de literatura sistemática realizada por Hausberg, Liere-Netheler, Packmohr, Pakura y Vogelsang (2019), buscó proporcionar una visión general de las investigaciones en transformación digital desde una perspectiva empresarial holística. Este estudio identificó nueve áreas principales de investigación: finanzas, mercadeo, innovación, gestión del conocimiento, *analytics* (la palabra “analítica” hace alusión al procedimiento de recoger, procesar, analizar e interpretar datos con la finalidad de adquirir información significativa que faculte la toma de decisiones informadas), manufactura, cadena de suministro, sociedad y turismo, destacando finanzas, mercadeo y gestión de la innovación como los campos dominantes (Hausberg *et al.*, 2019). Las tecnologías enfocadas consideradas incluyen el IoT, *big data*, computación en la nube e inteligencia artificial, con énfasis en el desarrollo de habilidades en *big data* y análisis para el comercio y la predicción de mercados en el campo de las finanzas (Hausberg *et al.*, 2019).

La complejidad de la transformación digital no se puede superar sin considerar los posibles cambios futuros. Las organizaciones digitales alientan a sus empleados a autoorganizarse para que se puedan trabajar en nuevas ideas y experimentos para reducir la complejidad. Los líderes que fomentan los estudios empíricos para permitir la experimentación y el fracaso rápido permitirán que surjan nuevos desarrollos y patrones, lo cual es crucial en un entorno complejo (Gudergan *et al.*, 2019). La transformación digital se considera la fase más compleja de los cambios digitales en una organización y no hay debates multidisciplinarios que incluyan el uso de tecnologías, el cambio de la organización comercial y la entrega de valor comercial. (Verhoef *et al.*, 2021)

McCarthy, Sammon y Alhassan (2021), proporcionan una comprensión completa del Liderazgo en la Transformación Digital e identifican ocho características que le son inherentes al líder que impulsa la transformación digital:

1. **Estratega digital:** Este tipo de líder es responsable de desarrollar una visión clara y coherente de la transformación digital y de establecer objetivos y metas claras para el equipo. También

es responsable de identificar oportunidades y amenazas en el mercado digital y de desarrollar estrategias para aprovechar las oportunidades y mitigar las amenazas.

2. **Culturista digital:** Este tipo de líder es responsable de crear una cultura digital en la organización que fomente la innovación, la experimentación y el aprendizaje continuo. También es responsable de fomentar la colaboración y la comunicación entre los equipos y de crear un ambiente de trabajo positivo y motivador.
3. **Arquitecto digital:** Este tipo de líder es responsable de diseñar y desarrollar la arquitectura digital de la organización, incluyendo la infraestructura, las aplicaciones y los sistemas. También es responsable de garantizar que la arquitectura digital sea escalable, segura y eficiente.
4. **Centrado en el cliente:** Este tipo de líder es responsable de comprender las necesidades y expectativas de los clientes y de desarrollar soluciones digitales que satisfagan esas necesidades y expectativas. También es responsable de garantizar que la experiencia del cliente sea coherente y satisfactoria en todos los canales digitales.
5. **Agilista organizacional:** Este tipo de líder es responsable de fomentar la agilidad organizacional y de garantizar que la organización pueda adaptarse rápidamente a los cambios en el mercado digital. También es responsable de fomentar la colaboración y la comunicación entre los equipos y de garantizar que los procesos y las estructuras organizacionales sean flexibles y adaptables.
6. **Defensor de datos:** Este tipo de líder es responsable de garantizar que la organización tenga acceso a los datos necesarios para tomar decisiones informadas y de garantizar que los datos se utilicen de manera ética y responsable. También es responsable de fomentar la cultura de datos en la organización y de garantizar que los datos se utilicen para mejorar la experiencia del cliente y la eficiencia operativa.
7. **Optimizador de procesos comerciales:** Este tipo de líder es responsable de identificar oportunidades para mejorar los procesos comerciales existentes y de desarrollar soluciones digitales

que mejoren la eficiencia y la eficacia de esos procesos. También es responsable de garantizar que los procesos comerciales sean escalables y adaptables.

8. **Diseñador de entornos de trabajo digitales:** Este tipo de líder es responsable de diseñar y desarrollar el lugar de trabajo digital de la organización, incluyendo la tecnología, los procesos y la cultura. También es responsable de garantizar que el lugar de trabajo digital sea un ambiente de trabajo positivo y motivador que fomente la colaboración, la innovación y el aprendizaje continuo.

También plantean la asignación inicial de estas características a roles ejecutivos, así como presentan una taxonomía emergente basada en el análisis de la literatura.

En 2022 se introdujo una concepción crucial, el concepto de "sostenibilidad digital", que el estudio de Guandalini explora para comprender cómo la digitalización puede impulsar la sostenibilidad. Los hallazgos de su estudio revelaron un retraso en la producción académica y una discrepancia terminológica entre la literatura y la práctica. Se comprobó que existe una fragmentación en la investigación sobre la relación entre transformación digital y sostenibilidad en términos de sectores, funciones y metodologías. El estudio proporciona una contribución teórica y práctica al desarrollo del campo de la "sostenibilidad digital", abordando las brechas identificadas y presentando oportunidades de investigación. Estos hallazgos de Guandalini (2022), son relevantes para profesionales y formuladores de políticas, ya que ofrecen una comprensión más profunda de cómo la digitalización puede impulsar la sostenibilidad en diferentes sectores y promueven la alineación entre la investigación académica y las necesidades prácticas en este ámbito (Guandalini, 2022).

En general, los estudios han abordado la transformación digital en diferentes tipos de organizaciones como, por ejemplo, Magd y Jonathan (2022), que enfocaron su investigación en la transformación digital de las pymes, señalando que la adopción gradual de actividades tecnológicas digitales con el respaldo de la alta dirección, los órganos de gobierno y el gobierno es fundamental. Propusieron un modelo de transformación digital como guía para la planificación y ejecución efectiva de la tecnología digital adaptada a cada negocio.

Por otro lado, Chin, Marasini y Lee (2023), examinaron la evolución de la transformación digital en la industria de servicios, utilizando casos reales y artículos académicos. Su estudio aportó contribuciones teóricas al comparar las aplicaciones prácticas con la investigación académica y clasificar las etapas de evolución. Además, proporcionaron soluciones para fortalecer la competitividad organizacional en sectores legales y de salud.

Por otra parte, Anggara, Kurniawan, Hariyanto y Arman (2023), analizaron la terminología y los componentes de la transformación de servicios digitales y proponen un modelo de transformación de estos servicios digitales que detalla su posición dentro de la transformación digital. Estos autores destacan que la transformación de servicios digitales implica crear o mejorar productos de servicios digitales para agregar valor utilizando tecnología digital. Aunque el modelo propuesto no ha sido validado, los componentes identificados pueden servir como referencia para su desarrollo futuro.

Anggara y sus colegas (2023), resaltan que la pandemia ha llevado a las empresas a acelerar la creación de nuevo valor mediante la optimización de la tecnología digital y la digitalización. Además, señalan que la tecnología digital, la innovación digital y la digitalización han tenido un impacto fundamental en todos los aspectos sociales, culturales y económicos de la vida humana. Esta transformación ha afectado los procesos, productos, servicios y relaciones empresariales (Osmundsen *et al.*, 2018). A su vez, destacan que la digitalización está experimentando un desarrollo dinámico en el contexto de la Industria 4.0 y los rápidos cambios ambientales, como la pandemia del COVID-19 (Kutnjak, 2021). Además, resaltan que la Industria 4.0 se apoya en tecnologías digitales e innovaciones como SMACIT (Vial, 2019), que incluyen redes sociales, aplicaciones móviles, análisis de datos, computación en la nube y el Internet de las cosas (IoT), para agregar valor potencial a las empresas. SMACIT es un acrónimo que se refiere a las siguientes tecnologías:

- Social: se refiere a las tecnologías de redes sociales, que permiten la interacción y la colaboración entre personas y organizaciones.
- Mobile: se refiere a las tecnologías móviles, como los teléfonos inteligentes y las tabletas, que

permiten la movilidad y la accesibilidad en cualquier momento y lugar.

- Analytics: se refiere a las tecnologías de análisis de datos, que permiten la recopilación, el procesamiento y la interpretación de grandes cantidades de datos.
- Cloud: se refiere a las tecnologías de computación en la nube, que permiten el acceso a recursos informáticos a través de Internet.
- Internet de las cosas (IoT): se refiere a las tecnologías que permiten la conexión y la comunicación entre objetos cotidianos y dispositivos electrónicos a través de Internet.

La transformación digital se refiere a los cambios que la tecnología digital influye en todos los aspectos de la vida humana o el proceso continuo mediante el cual las empresas se adaptan a los cambios disruptivos en sus clientes y mercados mediante el uso de competencias digitales para crear modelos de negocios, productos y servicios innovadores (Al-Ruithe *et al.*, 2018; Vial, 2019). La implementación de una transformación a gran escala plantea un desafío importante, ya que muchas organizaciones tienen que reconsiderar sus servicios existentes al mismo tiempo que replantean sus estrategias comerciales (Bernard *et al.*, 2006).

Otro estudio realizado por Kaya y Bozbura (2023), pretende llenar el vacío que genera la brecha entre las empresas y la academia con relación a la transformación digital (Grab, Olaru y Gavril, 2019), la cual surge continuamente debido a su complejidad, al considerar los marcos y los modelos de madurez construidos para la transformación digital y confrontarlos con las experiencias reales de los líderes digitales (Kaya y Bozbura, 2023). Además, también existe una falta de consenso sobre un marco para la transformación digital que pueda ser utilizado en diferentes industrias (Reis, Amorim, Melao y Matos, 2018), frente a lo cual Kaya y Bozbura plantean el desarrollo de un enfoque holístico e involucrando varias experiencias en diferentes industrias.

Según Kaya y Bozbura (2023), existen importantes estudios de modelización de madurez digital en la literatura con dimensiones claramente definidas, que permiten identificar los factores relacionados con la transformación digital y evaluarlos posteriormente. Con los hallazgos de este estudio, los gerentes que

quieran identificar sus estrategias de transformación digital podrán adaptar sus enfoques, evitar posibles errores y explorar nuevos aspectos para entregar más valor. Como tal, considerar las regulaciones, el apoyo de la alta dirección, la cultura de la empresa y la contratación para permitir una transformación digital exitosa en una organización será esencial para hacer uso de métodos, herramientas y tecnologías para habilitar el valor comercial. Los gerentes deben considerar que solo usar tecnologías digitales no será suficiente para tener una transformación digital exitosa, sino experimentar para descubrir qué genera valor comercial real.

Los efectos de las tecnologías digitales emergentes seguirán alterando los modelos comerciales, las estrategias organizacionales, la experiencia del cliente y la cultura organizacional. Por lo tanto, los comportamientos organizacionales seguirán siendo uno de los elementos significativos de la transformación digital. Las organizaciones deben gestionar sus negocios y transformaciones culturales alineadas con los resultados de estas disrupciones. Abordar estos efectos en enfoques científicos ayudará a las empresas a ser más cautelosas, efectivas y eficientes en sus viajes de transformación digital (Kaya y Bozbura, 2023).

El estudio realizado por Kaya y Bozbura (2023) reveló que la transformación digital va más allá de las tecnologías digitales, involucrando también la transformación de los modelos de negocio y un cambio cultural. Además, tecnologías como las redes de quinta generación (la tecnología 5G es quinta generación en tecnología celular, diseñada para mejorar la velocidad, reducir la latencia y optimizar la flexibilidad de los servicios inalámbricos), la computación cuántica (disciplina informática que utiliza principios de la mecánica cuántica para lograr cálculos a velocidades potencialmente mucho más rápidas que las computadoras clásicas) y *blockchain* (la cadena de bloques es una tecnología de registro digital que asegura y descentraliza la información mediante bloques de datos interconectados) que pueden afectar más a estos modelos en el futuro. Es posible que las organizaciones deban considerar más las regulaciones legales, la contratación, el soporte de gestión y la experiencia del cliente para realizar una transformación digital exitosa (Kaya y Bozbura, 2023).

De igual forma, Semrau y Zaczek (2023), sistematizaron el conocimiento sobre la definición y ocurrencia

de las actividades clave que conforman el concepto general de transformación digital. Identificaron etapas de implementación y realizaron un análisis comparativo de modelos, proponiendo uno nuevo que enfatiza la gestión de la resistencia al cambio. La originalidad del artículo radica en la necesidad de modelar el proceso de transformación digital, destacando competencias clave y métodos de cambio en las organizaciones.

El modelo propuesto de transformación digital de estos autores destaca componentes clave resaltados en modelos existentes, respaldados por diferentes autores. Estos componentes incluyen: 1) énfasis en el liderazgo (BCG, Brunelli *et al.*, 2017; Capgemini, Bechtold *et al.*, 2021); 2) determinación de la importancia de la transformación (Pessl *et al.*, 2017); 3) creación y comunicación de estrategias (BCG, Brunelli *et al.*, 2017; Capgemini, Bechtold *et al.*, 2021; Schallmo *et al.*, 2016; Pessl *et al.*, 2017); 4) análisis de oportunidades y amenazas del entorno (BCG, Brunelli *et al.*, 2017; Capgemini, Bechtold *et al.*, 2021; Schallmo *et al.*, 2016; Pessl *et al.*, 2017); 5) evaluación de la madurez digital (BCG, Brunelli *et al.*, 2017; Capgemini, Bechtold *et al.*, 2021; Schallmo *et al.*, 2016; Pessl *et al.*, 2017); 6) desarrollo de una hoja de ruta de transformación digital (BCG, Brunelli *et al.*, 2017; Capgemini, Bechtold *et al.*, 2021; Schallmo *et al.*, 2016; Pessl *et al.*, 2017); y 7) indicación de competencias digitales de los participantes en la organización (Schallmo *et al.*, 2016). Sin embargo, se destaca la necesidad de desarrollar recomendaciones específicas para abordar la resistencia al cambio. En todo caso, este modelo integrador proporciona una guía completa para la transformación digital, basada en la experiencia de diversos estudios.

Por último, un estudio reciente realizado mediante la encuesta de 125 empresas en Indonesia, utilizando el modelo de ecuaciones estructurales, llamado SEM (técnica de análisis estadístico multivariante que combina la regresión, el análisis factorial y el análisis de varianza para estimar relaciones de dependencia interrelacionadas), para analizar los datos, mostraron que la inercia organizacional impacta indirectamente en las competencias de las empresas a través de las capacidades digitales, aunque no a la transformación digital. Sin embargo, las capacidades digitales sí impactan la transformación digital y, en consecuencia, afecta las competencias de las empresas (Utomo, Maulida y Musa, 2023).

CONCLUSIONES

La investigación sobre transformación digital ha proliferado con la creciente adopción de tecnologías digitales, aunque no existe una definición de aceptación general para el término (Schallmo *et al.*, 2017). Esto ha traído como consecuencia que existan múltiples definiciones sobre lo que es la transformación digital, de modo que dificulta que las personas y las organizaciones naveguen por este complejo tema, en tanto este fenómeno de la transformación digital continúa impactando en muchos aspectos de la sociedad (Komarčević *et al.*, 2017).

Nacido en la década de 1990, el término "transformación digital" se consolidó en los años 2000 como una revolución que trasciende la simple digitalización. Este concepto ha evolucionado con el rápido desarrollo tecnológico, facilitando estrategias ágiles para adaptarse a cambios dinámicos en procesos organizativos.

La transformación digital contribuye a la estrategia organizacional, remodelando propuestas de valor y operaciones para una colaboración mejorada. Enfocada en cambios en personas, procesos, tecnología y datos, busca cambiar la estructura y el modelo de negocio para servir de manera eficiente a clientes existentes y llegar a nuevos, con pilares fundamentales como mentalidad, prácticas y recursos.

La transformación digital va más allá de la adopción de herramientas digitales, implicando la reestructuración integral de procesos, cultura y estrategia para facilitar la innovación. Es un proceso complejo y fundamental para lograr ventajas competitivas, destacando la necesidad de comprender su complejidad económica, tecnológica, social y cultural.

Cabe destacar que Kaya y Bozbura proponen un enfoque holístico, destacando la importancia de la cultura. Semrau y Zaczyk presentan un modelo centrado en la gestión de la resistencia al cambio, así como el estudio en Indonesia que revela que la inercia organizacional impacta indirectamente en las competencias de las empresas a través de las capacidades digitales, aunque no a la transformación digital. Sin embargo, las capacidades digitales sí impactan la transformación digital y, en consecuencia, afecta las competencias de las empresas (Utomo, Maulida y Musa, 2023).

En conclusión, en este artículo de investigación documental se ha proporcionado un panorama cronológico resumido de las principales definiciones y

enfoques de la transformación digital en la literatura, lo que permite caracterizar y estructurar el conocimiento para comprender su evolución a lo largo del tiempo, brindando perspectiva histórica clave para la investigación, la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias empresariales efectivas. Es crucial señalar que los hallazgos de los estudios revisados destacan la necesidad de cerrar la brecha entre las empresas y la academia en lo que respecta a la transformación digital.

También, el artículo resalta la importancia y el interés académico en torno a la transformación digital. Sin embargo, se identifica la necesidad de una definición más profunda y clara del concepto, así como de su alcance, a fin de comprender mejor los requisitos para su exitosa implementación. Además, se subraya la relevancia de desarrollar una orientación estratégica a largo plazo en este proceso en constante evolución.

Por último, es importante resaltar que la transformación digital seguirá evolucionando impulsada por tecnologías como IoT, *big data*, servicios en la nube, *blockchain* y redes sociales, entre otras tecnologías emergentes, lo requiere un esfuerzo constante de actualización del término "transformación digital" y sus implicaciones organizacionales.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Según Nwaiwu (2018), los resultados de la revisión y comparación realizada en la investigación revelaron una clara desconexión entre los intereses de investigación empresarial sobre la transformación digital de los negocios y lo que actualmente se encuentra en la academia. Esto plantea preguntas importantes que podrían servir como base para investigaciones futuras: ¿Por qué las empresas se alejan de la academia en el tema de la transformación digital de los negocios? ¿No se supone que la producción académica debería impulsar a las empresas? Además, ¿no debería haber una fusión o alineación de intereses de investigación en este tema? (Nwaiwu, 2018).

Los estudios de la literatura relacionada con la transformación digital y sus hallazgos muestran que, para lograr un marco o modelo conceptual robusto, sostenible y no complejo para la transformación digital, la brecha entre las empresas y la academia debe llenarse continuamente (Kaya y Bozbura, 2023). Los enfoques científicos de las prácticas comerciales deben

mantenerse actualizados, los que genera una gran oportunidad para investigaciones futuras.

Como comentan Ji y Li (2022), la investigación actual sobre la transformación digital de las empresas presenta deficiencias en su connotación, medición, proceso y fundamentos teóricos. Estas deficiencias señalan la dirección para futuras investigaciones. En este estudio, se sugiere que la investigación sobre la transformación digital se enfoque en los siguientes aspectos: (1) realizar investigaciones en profundidad sobre el concepto de transformación digital y establecer un modelo conceptual más claro desde diferentes perspectivas y dimensiones; (2) desarrollar indicadores y escalas de medición más precisos de la transformación digital; (3) integrar múltiples perspectivas teóricas para analizar los factores influyentes y sus mecanismos específicos, explorando su relación; (4) utilizar diversos métodos de investigación para explorar el mecanismo de proceso de la transformación digital de las empresas; (5) analizar el impacto de la transformación digital en diferentes aspectos empresariales.

La investigación de Teichert (2019), acerca de la madurez de la transformación digital indican que las investigaciones en este campo no son suficiente y que se debe prestar más atención a los siguientes problemas: (1) Los modelos de madurez digital incompletos deben ampliarse para incluir modelos de "madurez de transformación digital" que sean holísticos y, al mismo tiempo, específicos y detallados. (2) Además, se deben desarrollar modelos que aborden otros ámbitos distintos a la manufactura. En este contexto, se requiere más atención al ámbito de los servicios. (3) Los atributos claramente definidos de una cultura digital deben integrarse de manera sistemática en los modelos de madurez digital. Esto genera oportunidades para investigaciones futuras.

La investigación de Teichert (2019), acerca de la madurez de la transformación digital, indica que se necesita más atención en los siguientes aspectos: (1) Ampliar los modelos de madurez digital para incluir modelos de "madurez de transformación digital" más holísticos y específicos. (2) Desarrollar modelos para otros ámbitos además de la manufactura, como el sector de servicios. (3) Integrar atributos claramente definidos de una cultura digital en los modelos de madurez digital de manera sistemática. Estos hallazgos señalan la necesidad de investigaciones futuras en este campo.

Por otra parte, el estudio realizado por Chin, Marasini y Lee, (2023) sobre la evolución de la transformación digital en la industria de servicios lamentablemente no incluyó todos los servicios generales, lo que dificulta generalizar los resultados. Además, existe una diferencia de tiempo entre la implementación de casos reales y la publicación de la investigación académica, lo que puede generar un sesgo en los datos utilizados. Esto representa una importante veta para futuras investigaciones.

Además, con relación a la sostenibilidad digital, es importante destacar la contribución significativa de Guandalini (2022), con su exhaustiva revisión de literatura. Sin embargo, es necesario abordar de manera diferente la pregunta de investigación central: ¿Cómo puede mejorar la sostenibilidad a través de la transformación digital? Aunque el enfoque adoptado en este estudio se basa en la falta de una revisión de literatura exhaustiva sobre la relación entre sostenibilidad y transformación digital, sería igualmente valioso realizar un estudio que aglutine investigaciones de niveles de especificidad, considerando el papel poco discutido de las empresas en contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a la sostenibilidad en general a través de la digitalización. Esto parece ser pasado por alto en la producción académica o abordado solo superficialmente (George *et al.*, 2020), lo que brinda una importante oportunidad para futuras investigaciones.

Por otra parte, se recomienda que futuras investigaciones aborden las tecnologías emergentes como el análisis de *big data*, la inteligencia artificial (IA), el IoT y la computación en la nube, y exploren con estas tecnologías cómo mejorar los procesos operativos a través de la transformación digital. Asimismo, se sugiere ampliar el alcance de la investigación para superar las limitaciones señaladas y obtener nuevos hallazgos significativos.

En este mismo sentido, a lo largo de los años, el concepto del metaverso y la inteligencia artificial ha sido objeto de estudios académicos en una variedad de campos que van desde la literatura hasta el arte, la música y la educación. La IA y el metaverso son dos de las tecnologías más prominentes del siglo XXI. Cada uno puede mejorar la vida de las personas de diversas formas, así como muchas industrias y procesos de trabajo. La IA y el metaverso se pueden utilizar en una

variedad de industrias, incluyendo operaciones, moda, gestión, marketing y educación (Rathore, 2023). En consecuencia, es necesario abordar nuevas investigaciones que incorporen estas nuevas tecnologías dentro del contexto de la transformación digital.

Por último, en el futuro, la naturaleza compleja del tema creará nuevas oportunidades para que los investigadores actualicen los estudios académicos sobre la transformación digital, así como los estudios cualitativos que reúnan las experiencias de los líderes digitales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture Strategy y GeSI. (2016). *System Transformation: How digital solutions will drive progress towards the Sustainable Development Goals*.
- Ahmed Hezzah. (2021, June 24). *Why Customer Experience must be the key driver for digital transformation*. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/xe/en/blog/consulting/2022/whycustomer-experience-must-be-the-key-driver-for-digital-transformation.html>
- Akmaeva, R., Epifanova, N. y Zhukov, V. (2017). Features of the agile adaptive model applicable in management. Vestnik of Astrakhan State Technical University. *Series: Economics*, 7-15. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2017-1-7-15>
- Al-Alawi, A. I., Messaadia, M., Mehrotra, A., Sanosi, S. K., Elias, H., y Althawadi, A. H. (2023). Digital transformation adoption in human resources management during COVID-19. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-05-2022-0069>
- Alexopoulos, A., Becerra, Y., Boehm, O., Bravos, G., Chatzigiannakis, V., Cugnasco, C., Demetriou, G., Eleftheriou, I., Fotis, S., Genchi, G., Ioannidis, S., Jakovetic, D., Kallipolitis, L., Katusic, V., Kavakli, E., Kopanaki, D., Leventis, C., Martínez, M., Mascolo, J., Vinov, M. (2022). Big Data Analytics in the Manufacturing Sector: Guidelines and Lessons Learned Through the Centro Ricerche FIAT (CRF) Case. In E. Curry, S. Auer, A. J. Berre, A. Metzger, M. S. Perez, & S. Zillner (Eds.). *Technologies and Applications for Big Data Value* (pp. 321-344). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78307-5_15
- Al-Ruithe, M., Benkhelifa, E. y Hameed, K. (2018). Key Issues for Embracing the Cloud Computing to Adopt a Digital Transformation: A study of Saudi Public Sector. *Procedia Computer Science*, 130, 1037-1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.145>
- Ana Kunjak. (2021, May 24). *Covid-19 Accelerates Digital Transformation in Industries: Challenges, Issues, Barriers and Problems in Transformation*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9443090/>
- Ana Kutnjak y Igor Pihir. (2019). Challenges, Issues, Barriers and Problems in Digital Transformation - Systematic Literature Review. 30th Central European Conference on Information and Intelligent Systems. Andal-Ancion, A., Cartwright, P. A., & Yip, G. S. (2003). *The Digital Transformation of Traditional Business*. MIT Sloan Management Review. <https://sloanreview.mit.edu/article/the-digitaltransformation-of-traditional-business/>
- Angélico Gonçalves, M., Rocha, Á. y Cota, M. (2016). Information management model for competencies and learning outcomes in an educational context. *Information Systems Frontiers*, 18. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9623-4>
- Anggara, S. M., Kurniawan, N. B., Hariyanto, A., y Arman, A. A. (2023). Formulating a Conceptual Model of Digital Service Transformation Based on a Systematic Literature Review. *Journal of Information Science Theory & Practice (JISaP)*, 11(1).
- Anna S. Cui y Fang Wu. (2016). *Utilizing customer knowledge in innovation: Antecedents and impact of customer involvement on new product performance*. SpringerLink. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11747-015-0433-x>
- Appio, F. P., Frattini, F., Petruzzelli, A. M., y Neirotti, P. (2021). Digital Transformation and Innovation Management: A Synthesis of Existing Research and an Agenda for Future Studies. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 4-20. <https://doi.org/10.1111/jpim.12562>
- Arakji, R. Y., y Lang, K. R. (2007). Digital consumer networks and producer-consumer collaboration: Innovation and product development in the video game industry. *Journal of Management Information Systems*, 24(2), 195-219.
- Baptista, J., Stein, M.-K., Klein, S., Watson-Manheim, M. B., y Lee, J. (2020). Digital work and organisational transformation: Emergent Digital/Human work configurations in modern organisations. *The Journal of Strategic Information Systems*, 29(2), 101618. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2020.101618>
- Baraldi, E., y Nadin, G. (2006). The challenges in digitalising business relationships. The construction of an IT infrastructure for a textile-related business network. *Technovation*, 26(10), 1111-1126. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.09.016>

- Baslyman, M. (2022). Digital Transformation From the Industry Perspective: Definitions, Goals, Conceptual Model, and Processes. *IEEE Access*, 10, 42961-42970.
- Bechtold, J., Kern, A., Lauenstein, C., Bernhofer, L. (2022). *Industry 4.0–The Capgemini Consulting View*. Capgemini Consulting. https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2017/07/capgemini-consultingindustrie-4.0_0_0.pdf
- Beckers, S. F. M., van Doorn, J. y Verhoef, P. C. (2018). Good, better, engaged? The effect of company-initiated customer engagement behavior on shareholder value. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 46(3), 366-383. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0539-4>
- Behnam Tabrizi, Ed Lam, Kirk Girard y Vernon Irvin. (2019, March 13). *Digital Transformation Is Not About Technology*. <https://hbr.org/2019/03/digital-transformation-is-not-about-technology>
- Bekkhus, R. (2016). *Do KPIs used by CIOs Decelerate Digital Business Transformation?* The Case of ITIL. DIGIT 2016 Proceedings. <https://aisel.aisnet.org/digit2016/16>
- Benevene, P. y Cortini, M. (2010). Interaction between structural capital and human capital in Italian NPOs: Leadership, organizational culture and human resource management. *Journal of Intellectual Capital*, 11(2), 123-139. <https://doi.org/10.1108/14691931011039642>
- Berghaus, S. y Back, A. (2016). *Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study*.
- Berghaus, S. y Back, A. (2017). *Disentangling the Fuzzy Front End of Digital Transformation: Activities and Approaches*. 18.
- Berman, S. y Bell, R. (s.f.). *Digital transformation: Creating new business models where digital meets physical*.
- Berman, S. J. (2012). Digital transformation: Opportunities to create new business models. *Strategy & Leadership*, 40(2), 16-24. <https://doi.org/10.1108/10878571211209314>
- Bernard, A. B., Jensen, J. B. y Schott, P. K. (2006). Survival of the best fit: Exposure to low-wage countries and the (uneven) growth of U.S. manufacturing plants. *Journal of International Economics*, 68(1), 219-237. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2005.06.002>
- Berry, L. (2021, February 5). *How a focus on employee experience can accelerate your digital transformation*. Interact Software. <https://www.interactsoftware.com/blog/employeeexperience-digital-transformation/>
- Besson, P. y Rowe, F. (2012). Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions. *The journal of strategic information systems*, 21(2), 103-124.
- Bhanushali, M. (2020, December 27). Application of Iot in textile industry. *Textile Magazine, Textile News, Apparel News, Fashion News*. <https://textilevaluechain.in/in-depthanalysis/articles/textile-articles/application-of-iot-in-textile-industry/>
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A. y Venkatraman, N. (2013). Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471-482.
- Bienhaus, F. y Haddud, A. (2018). Procurement 4.0: Factors influencing the digitisation of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*, 24. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2017-0139>
- Blanka, C., Krumay, B. y Rueckel, D. (2022). The interplay of digital transformation and employee competency: A design science approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121575. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121575>
- Bockshecker, A., Hackstein, S. y Baumöl, U. (2018). *Systematization of the term digital transformation and its phenomena from a socio-technical perspective-A literature review*.
- Boris Shiklo. (2022, August 9). *IoT in the Automotive Industry: Concept, Benefits, and Use Cases*. <https://www.scnsoft.com/blog/iot-in-automotive-industry>
- Boström, E. y Celik, O. C. (2017). *Towards a maturity model for digital strategizing: A qualitative study of how an organization can analyze and assess their digital business strategy*.
- Botella-Carrubi, D. y Torras, M. (2019). *Talent Revolution: New Challenges in People Management* (pp. 247-267). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1169-5.ch012>
- Brown, A., Fishenden, J. y Thompson, M. (2014). *Organizational Structures and Digital Transformation*.
- Brown, B. B. (2019). *Readies for Bob Brown's Machine: A Critical Facsimile Edition*. Edinburgh University Press.
- Brown, J. Fishenden y M. Thompson (Eds.). *Digitizing Government: Understanding and Implementing New Digital Business Models* (pp. 165-183). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137443649_10
- Brunelli, J., Lukic, V., Milon, T. (2017). *Five Lessons from the Frontlines of Industry 4.0*. Bost. Consult. Gr. <https://www.bcg.com/publications/2017/industry-4.0-lean-manufacturing-five-lessons-frontlines>

- Buchwald, A. y Lorenz, F. (2020, January 1). *Who is in Charge of Digital Transformation? The Birth and Rise of the Chief Digital Officer*.
- Bun, P., Grajewski, D. y Gorski, F. (2021). Using augmented reality devices for remote support in manufacturing: A case study and analysis. *Advances in Production Engineering & Management*, 16(4), 418-430. <https://doi.org/10.14743/apem2021.4.410>
- Castagna, F., Centobelli, P., Cerchione, R., Esposito, E., Oropallo, E. y Passaro, R. (2020). Customer Knowledge Management in SMEs Facing Digital Transformation. *Sustainability*, 12(9), <https://doi.org/10.3390/su12093899>
- Catlin, T., Lorenz, J.-T., Sternfels, B., Willmott, P. A. (2022). *Roadmap for a Digital Transformation*. McKinsey Co. <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/a-roadmap-for-a-digital-transformation>
- Chanias, S. (2017). *Mastering digital transformation: The path of a financial services provider towards a digital transformation strategy*.
- Chen, H., Chiang, R. H. L. y Storey, V. C. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165-1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Chanias, S. y Hess, T., (2016). *Understanding Digital Transformation Strategy Formation: Insights From Europe's Automotive Industry*. PACIS 2016 Proceedings
- Chin, H., Marasini, D. P. y Lee, D. (2023). Digital transformation trends in service industries. *Service Business*, 17(1), 11-36.
- Cortellazzo, L., Bruni, E. y Zampieri, R. (2019). The Role of Leadership in a Digitalized World: A Review. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01938>
- Cozza, M. (2020). *Course: Bachelor thesis in Business Administration Course code: FOA230 15 cr*.
- Davenport, T. H. (1993). Need radical innovation and continuous improvement? Integrate process reengineering and TQM. *Planning Review*, 21(3), 6-12. <https://doi.org/10.1108/eb054413>
- David Alvaro y Cynthia A. Challener. (2022, October 11). *Leveraging Big Data, Artificial Intelligence, and Machine Learning for Drug Discovery, Development, Manufacturing, and More*. <https://www.pharmasalmanac.com/articles/leveraging-big-data-artificial-intelligence-and-machine-learning-for-drug-discovery-development-manufacturing-and-more>
- Deloitte y GeSI. (2019). *Digital with purpose: Delivering a SMARTer2030*.
- Demir, A. O. (s.f.). *Digital skills, organizational behavior and transformation of human resources: A review*. 8(1), 6.
- Di Vaio, A., Boccia, F., Landriani, L. y Palladino, R. (2020). Artificial Intelligence in the Agri-Food System: Rethinking Sustainable Business Models in the COVID-19 Scenario. *Sustainability*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/su12124851>
- Dong, Z., Liang, W., Liang, Y., Gao, W. y Lu, Y. (2022). Blockchain supply chain management based on IoT tracking and machine learning. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, (1), 127. <https://doi.org/10.1186/s13638-022-02209-0>
- Dremel, C., Wulf, J., Herterich, M. M., Waizmann, J. C. y Brenner, W. (2017). How AUDI AG established big data analytics in its digital transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16(2).
- Elizabeth Robinson. (2017, October 10). Increasing competitive threats are driving digital transformation. *Technology Record*. <https://www.technologyrecord.com/Article/increasingcompetitive-threats-are-driving-digital-transformation-60443>
- European Commission. (2018, March 16). *The Digitising European Industry initiative in a nutshell. Shaping Europe's digital future*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digitising-european-industry-initiative-nutshell> European Commission.
- European Commission. (2020). *Supporting the Green Transition: Shaping Europe's Digital Future*.
- European Digital Innovation Hubs. *Shaping Europe's digital future*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/edihs>
- European Commission. (2022b). *The Digital Europe Programme. Shaping Europe's digital future*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme>
- Fernández, T. D. (2020). Taxonomía de transformación digital. *Revista Cubana de transformación digital*, 1(1), 4-23.
- Fitzgerald, M. (2013). How Starbucks Has Gone Digital. *MITSloan Management Review*
- Fitzgerald, M. (2014). Your Digital Journey Is Being Mapped By Your Customers. *MITSloan Management Review*
- Fitzgerald, M. et.al. (2013). Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative. *MITSloan Management Review*.
- Gabryelczyk, R. (2020). Has COVID-19 Accelerated Digital Transformation? Initial Lessons Learned for Public Administrations. *Information Systems Management*, 37(4), 303-309. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1820633>

- Gartner (2019). *Employ Digital Technology to Enable a Circular Economy*.
- Gartner (2020). *Define Sustainability and Leverage Materiality to Drive More Effective Strategy*.
- Gartner (2021). *Definition of Digitalization–Gartner Information Technology Glossary*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>
- George, G., Lakhani, K. y Puranam, P. (2020). What has changed? The impact of Covid pandemic on the technology and innovation management research agenda. *Journal of Management Studies*.
- Georgescu, M. R., Stoica, E. A., Bogoslov, I. A. y Lungu, A. E. (2022). Managing Efficiency in Digital Transformation - EU Member States Performance during the COVID-19 Pandemic. *Procedia Computer Science*, 204, 432-439. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.053>
- Ginting, A. (2022, August 5). Benefits of Cloud Computing System for Manufacturing Industry. *BusinessTech*. <https://www.hash-micro.com/hash-manufacturing-software>
- Gölzer, P. y Fritzsche, A. (2017). Data-driven operations management: Organisational implications of the digital transformation in industrial practice. *Production Planning & Control*, 28, 1332- 1343. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375148>
- Goran, J., LaBerge, L. y Srinivasan, R. (2017). *Culture for a digital age*.
- Grab, B., Olaru, M. y Gavril, R. M. (2019). The impact of digital transformation on strategic business management. *Ecoforum Journal*, 8(1).
- Guerra, J., Danvila del Valle, I. y Méndez-Suárez, M. (2023). The impact of digital transformation on talent management. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122291. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122291>
- Haffke, I., Kalgovas, B. y Benlian, A. (2016). *The Role of the CIO and the CDO in an Organization's Digital Transformation*.
- Harel, R., Schwartz, D. y Kaufmann, D. (2020). Funding Access and Innovation in Small Businesses. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/jrfm13090209>
- Hausberg, J. P., Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Pakura, S. y Vogelsang, K. (2019). Research streams on digital transformation from a holistic business perspective: a systematic literature review and citation network analysis. *Journal of Business Economics*, 89, 931-963.
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E. y Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: Analysis and a game theoretic framework. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 18(2), 227-254. <https://doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x>
- Helmy Ismail Abdelaal, M., Khater, M. y Zaki, M. (2018). *Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far?* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36492.62086>
- Henderson, J. C. y Venkatraman, H. (1999). Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM systems journal*, 38(2.3), 472-484.
- Henriette, E., Feki, M. y Boughzala, I. (2016). *Digital Transformation Challenges*. Mediterranean Conference on Information Systems.
- Hess, T. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15(2), 123-139.
- Hong, J. y Lee, J. (2017). The Role of Consumption-based Analytics in Digital Publishing Markets: Implications for the Creative Digital Economy. *ICIS 2017 Proceedings*. <https://aisel.aisnet.org/icis2017/TransformingSociety/Presentations/4>
- Horlach, B., Drews, P., Schirmer, I. y Böhmman, T. (2017). *Increasing the Agility of IT Delivery: Five Types of Bimodal IT Organization*. Proceedings of the Hawaiian International Conference on System Sciences.
- Horlacher, A. (2016). Co-creating value - The dyadic CDO-CIO relationship during the digital transformation. *Creating Value*, 12.
- Horlacher, A. y Hess, T. (2016). *What Does a Chief Digital Officer Do? Managerial Tasks and Roles of a New C-Level Position in the Context of Digital Transformation*. 5126-5135. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.634>
- Horlacher, A., Klarner, P. y Hess, T. (2016, August 11). *Crossing Boundaries: Organization Design Parameters Surrounding CDOs and Their Digital Transformation Activities*.
- Hunjet, A., Kozina, G., & Vuković, D. (2019). Consumer of the digital age. *Ekonomika Misao i Praksa*, 28(2), 639-654.
- Huseynli, B. (2022). Digital Transformation for Improving Customer Experience: In G. Akel (Ed.). *Advances in Marketing, Customer Relationship Management, and E-Services* (pp. 78-100). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4380-4.ch005>
- Iansiti, M. y Lakhani, K. R. (2014). Digital ubiquity: How connections, sensors, and data are revolutionizing business. *Harvard Business Review*, 92(11), 19.

- IDC. (2018). *Transforming Enterprise Work Execution*. https://www.smartsheet.com/sites/default/files/FINAL_Smartsheet%20InfoBrief.pdf
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Proceedings of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, CIRP CMS 2018, Vol. 72. Stockholm, Sweden, 16-18 May 2018, pp. 973-978.
- Ji, X. y Li, W. (2022). Digital Transformation: A Review and Research Framework. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 5(3), 21-27.
- Jiang, D., Chen, Z., Teng, L., Honghong, Z., Wang, S. y Qian, C. (2022). Individual Creativity in Digital Transformation Enterprises: Knowledge and Ability, Which Is More Important? *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.734941>
- Jigjiddorj, S., Zanabazar, A., Jambal, T. y Semjid, B. (2021). Relationship Between Organizational Culture, Employee Satisfaction and Organizational Commitment. *SHS Web of Conferences*, 90, 02004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219002004>
- João Catarino, Isabel Rosa y Miguel Mira da Silva. (2018, November 1). Defining the Chief Digital Officer Using COBIT 5. *ISACA*. <https://www.isaca.org/resources/isacajournal/issues/2018/volume-6/defining-the-chief-digital-officer-using-cobit-5>
- John Metselaar. (2021). *The Impact of Digital Transformation on Business: A Detailed Review*. <https://www.proudpen.com/book/strategic-management-in-the-age-of-digitaltransformation/the-impact-of-digital-transformation-on-business-a-detailed-review/>
- Jones, M. D., Hutcheson, S. y Camba, J. D. (2021). Past, present, and future barriers to digital transformation in manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 60, 936-948. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.006>
- Jung, W.-K., Kim, D.-R., Lee, H., Lee, T. H., Yang, I., Youn, B. D., Zontar, D., Brockmann, M., Brecher, C. y Ahn, S.-H. (2020). Appropriate Smart Factory for SMEs: Concept, Application and Perspective. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 22. <https://doi.org/10.1007/s12541-020-00445-2>
- Kalsoom, T., Ahmed, S., Rafi-ul-Shan, P. M., Azmat, M., Akhtar, P., Pervez, Z., Imran, M. A. y UrRehman, M. (2021). Impact of IoT on Manufacturing Industry 4.0: A New Triangular Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/su132212506>
- Kamalaldin, A., Linde, L., Sjödin, D. y Parida, V. (2020). Transforming provider-customer relationships in digital servitization: A relational view on digitalization. *Industrial Marketing Management*, 89, 306-325. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.00>
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D. y Buckley, N. (2015). *Strategy, not Technology, Drives Digital Transformation*.
- Kathuria, R., Partovi, F. y Greenhaus, J. (2010). Leadership Practices, Competitive Priorities, and Manufacturing Group Performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 30, 1080-1105. <https://doi.org/10.1108/01443571011082535>
- Karagiannaki, A., Vergados, G. y Fouskas, K. (2017). The Impact Of Digital Transformation In The Financial Services Industry: Insights From An Open Innovation Initiative In Fintech In Greece. *MCIS 2017, Proceedings*, 2.
- Kaya, Y. y Bozbura, F. T. (2023). Digital Transformation: A Cognitive Study for Organizations to Shape their Journeys. *International Journal of Professional Business Review*, 8(5), 76.
- Knowles, H. (2017, October 9). Digital transformation driven by increasing competitive threats rather than innovation. *Compare the Cloud*. <https://www.comparethecloud.net/news/digitaltransformation-driven-by-increasing-competitive-threats-rather-than-innovation/>
- Komarčević, M., Dimić, M. y Čelik, P. (2017). Challenges and impacts of the digital transformation of society in the social sphere. *SEER: Journal for Labour and Social Affairs in Eastern Europe*, 20(1), 31-48.
- Korhonen, J. J. y Halén, M. (2017). Enterprise Architecture for Digital Transformation. 2017 IEEE 19th *Conference on Business Informatics (CBI)*, 01, 349-358. <https://doi.org/10.1109/CBI.2017.45>
- Kutnjak, A., Krizanic, S. y Pihir, I. (2019). *Educational and practical view of knowledge, skills and experience needed by a chief digital officer*. 5711-5718. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1389>
- Kwon, C. (2018). Book review: Reinventing organizations: A guide to creating organizations inspired by the next stage of human consciousness. *Management Learning*, 49(5), 628-630. <https://doi.org/10.1177/1350507617738652>
- Lankshear, C., y Knobel, M. (2008). *Digital Literacies: Concepts, Policies and Practices*.
- Le Grand, T., Deneckere, R. (2019). COOC: An Agile Change Management Method. *Proceedings of the 21st IEEE Conference on Business Informatics*, Vol. 2. CBI 2019, Moscow, Russia, 15-17 July 2019, pp. 28-37.

- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T. y Forstenhäusler, S. (2016, September). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. *Federated conference on computer science and information systems (fedcsis)* (pp. 1297-1302). IEEE.
- Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Vogelsang K. (2018). Drivers of Digital Transformation in Manufacturing. *Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Lin, L.-M., Hsia, T.-L., y Wu, J.-H. (2009). What dynamic capability are needed to implement EBusiness? *Proceedings of the International Conference on Electronic Business (ICEB)*, 180-189.
- Lin, S. C., Shih, L. H., Yang, D., Lin, J. y Kung, J. F. (2018). Apply RPA (Robotic Process Automation) in Semiconductor Smart Manufacturing. *E-Manufacturing & Design Collaboration Symposium (EMDC)*, 1-3.
- Liu, Y. y Lu, Z. (2011). Chinese High School Students' Academic Stress and Depressive Symptoms: Gender and School Climate as Moderators. *Stress and Health*, 28, 340-346. <http://dx.doi.org/10.1002/smi.2418>
- Lucas, H., Agarwal, R., Clemons, E. K., El Sawy, O. A. y Weber, B. (2013). Impactful Research on Transformational Information Technology: An Opportunity to Inform New Audiences. *MIS Quarterly*, 37(2), 371-382.
- Magd, H. y Jonathan, H. (2022). Digitalization-An Emerging Business Trend for Sustainable Transformation of SMEs Sectors: A Proposed Model for Survival and Sustainability in Uncertainties. *Global Business & Management Research*, 14.
- Mahraz, M. I., Benabbou, L. y Berrado, A. (2019). A systematic literature review of digital transformation. *Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management* (pp. 917-931). IEOM Society.
- Majchrzak, A. (2016). Designing for digital transformation: Lessons for information systems research from the study of ICT and societal challenges. *MIS Quarterly. Management Information Systems*, 40(2), 267-277. [doi:10.25300/MISQ/2016/40](https://doi.org/10.25300/MISQ/2016/40).
- Markus, M. L. y Robey, D. (1988). Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research. *Management Science*, 34(5), 583-598.
- Martinčević, I. (2021). Influence of Digital Technologies and Its Technological Dynamics on Company Management. *Tehnicki Vjesnik*, 28, 1262. <https://doi.org/10.17559/TV-20200924091906>
- Martínez-Caro, E., Cegarra-Navarro, J. G. y Alfonso-Ruiz, F. J. (2020). Digital technologies and firm performance: The role of digital organisational culture. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119962. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119962>
- Matt, C., Hess, T. y Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339-343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- McCarthy, P., Sammon, D. y Alhassan, I. (2021). Digital transformation leadership characteristics: A literature analysis. *Journal of Decision Systems*, 1-31.
- McKinsey. (2018, October 29). *The keys to a successful digital transformation*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/ourinsights/unlocking-success-in-digital-transformations>
- McKinsey. (2020, October). *How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point-And transformed business forever*. <https://www.mckinsey.com/businessfunctions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companiesover-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever>
- Mendhurwar, S. y Mishra, R. (2019). Integration of social and IoT technologies: Architectural framework for digital transformation and cyber security challenges. *Enterprise Information Systems*, 15, 1-20. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1600041>
- Merino Trujillo, A. (2011). *Como escribir documentos científicos* (Parte 3). [Artículo de revisión].
- Micah Smith. (2021). *What is RPA? Robotic Process Automation*. Automation Anywhere. <https://www.automationanywhere.com/rpa/robotic-process-automation>
- Mithas, S., Tafti, A. y Mitchell, W. (2013). How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy. *MIS Quarterly*, 37(2), 511-536.
- Morakanyane, R; Grace, A.; y O'Reilly, P (2017), Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature; *BLED Proceedings*. 21. <http://aisel.aisnet.org/bled2017/21>
- Müller, E. y Hopf, H. (2017). Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises. *Procedia Manufacturing*, 11, 1495-1500. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.281>

- Murtaza Masood Mustafa y Santosh Kumar Nanda. (s.f.). Impact of Information Technology Management Practices on Customer Services. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*.
- Nicoletti, B. (2021). *Banking 5.0: How Fintech Will Change Traditional Banks in the 'New Normal' Post Pandemic*. Springer Nature.
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A. y Song, M. (2017). Digital innovation management. *MIS quarterly*, 41(1), 223-238.
- Nambisan, S., Wright, M. y Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8), 103773.
- Ng, H.Y., Tan, P.S., Lim, Y.G. (2019). *Methodology for Digitalization-A Conceptual Model*. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bangkok, Thailand, 16-19 December 2019, pp. 1269-1273.
- Niels Neelis. (2017, March 31). *Robotic Process Automation: 4 Huge Benefits for Businesses*. Insights. <https://www.accenture.com/nl-en/blogs/insights/robotic-process-automation-4-huge-benefits-for-businesses>
- OECD. (2021). *The Digital Transformation of SMEs*. OECD. <https://doi.org/10.1787/bdb9256a-en>
- Nwaiwu, F. (2018). Review and comparison of conceptual frameworks on digital business transformation. *Journal of Competitiveness*.
- Omrani, N., Rejeb, N., Maalaoui, A., Dabic, M. y Kraus, S. (2022). Drivers of Digital Transformation in SMEs. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3215727>
- Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: How to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63-77.
- Patel, K., McCarthy, M.P. (2000). *Digital Transformation: The Essentials of E-Business Leadership*. McGraw-Hill Professional.
- Pessl, E., Sorko, S.R., Mayer, B. (2017). *Roadmap industry 4.0-Implementation guideline for enterprises*. Proceedings of the 26th International Association for Management of Technology Conference, Vol. 5, IAMOT, Vienna, Austria, 14-18 May 2017, pp. 193-202.
- Peter Lang, Levchaev, P. y Khezazna, B. (2019). Transformation of Management Technologies in the Digital Economy. *Digital Transformation*, 39-47. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-3-39-47>
- Philip, G. y Mckeown, I. (2004). Business Transformation and Organizational Culture: The Role of Competency, IS and TQM. *European Management Journal*, 22, 624-636. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2004.09.026>
- Piccinini, E., Gregory, R. W. y Kolbe, L. M. (2015a). *Changes in the producer-consumer relationship-towards digital transformation*.
- Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R. y Kolbe, L. (2015b). *Transforming industrial business: the impact of digital transformation on automotive organizations*.
- pipartners.com. (2021, July 15). *Digital Maturity: What It Is, How to Achieve It, and the Digital Maturity Model to Drive Business Transformation*. Performance Improvement Partners. <https://www.pipartners.com/digital-maturity/>
- PNRR. (2022a). *Planul Național de Redresare și Reziliență*. https://www.fonduriue.gov.ro/ords/repo_fo/r/planul-national-de-redresare-sirezilienta/home?session=115924009939144
- PNRR. (2022b). *Proiecte PNRR*. <https://proiecte.pnrr.gov.ro/#/home>
- Pramanik, I. (2016, June 30). *Automatic Crime Detector: A Framework for Criminal Pattern Detection in Big Data Era*.
- PWC. (2018). *The Next Wave of Sustainability with Digital Innovation*.
- Rathore, B. (2023). Digital Transformation 4.0: Integration of Artificial Intelligence & Metaverse in Marketing. Eduzone: International Peer Reviewed/Refereed. *Multidisciplinary Journal*, 12(1), 42-48.
- Reinhard, G., Jesper, V., Stefan, S. (2016). *Industry 4.0: Building the Digital Enterprise*. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Reis, J. (2018). Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 745, 411-421, doi:10.1007/978-3-319-77703-0_41
- Roedder, N., Dauer, D., Laubis, K., Karaenke, P. y Weinhardt, C. (2016). The digital transformation and smart data analytics: An overview of enabling developments and application areas. *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2795-2802. <https://doi.org/10.1109/BigData.2016.7840927>
- Ross, J. W., Beath, C. M. y Sebastian, I. M. (2017). How to develop a great digital strategy. *MIT Sloan Management Review*, 58(2), 7.

- Sabherwal, R. y Chan, Y. E. (2001). Alignment between business and IS strategies: A study of prospectors, analyzers, and defenders. *Information systems research*, 12(1), 11-33.
- Sarker, S. y Lee, A. S. (1999). *A hermeneutic interpretation of the effect of computerized BPR tools on redesign effectiveness in two organizations. New information technologies in organizational processes: field studies and theoretical reflections on the future of work*, 197-218.
- Schallmo, D., Williams, C.A., Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models-best practice, enablers, and road-map. *Int. J. Innov. Manag.*, 21, 119-138.
- Schmarzo, B. (2017). *What is Digital Transformation?* CIO.
- Schuchmann, D. y Seufert, S., (2015). Corporate Learning in Times of Digital Transformation: A Conceptual Framework and Service Portfolio for the Learning Function in Banking Organizations; *iJAC*, Vol 8 No. 1: 31-39
- Schwertner, K. (2017). Digital Transformation of Business. *Trakia Journal of Science*, 15, no. Suppl. 1, 388-93. <https://doi.org/10.15547/tjs.2017.s.01.065>
- Sebastian, I., Ross, J., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K. y Fonstad, N. (2017). How big old companies navigate digital transformation. *MIS quarterly executive*, 16(3), 197-213.
- Seetharaman, P. (2020). Business models shifts: Impact of Covid-19. *International Journal of Information Management*, 54, 102173. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102173>
- Shah, B., Roytman, A., De Matteis, P. (2020). *Accenture Interactive-Point of View Series Digital Transformation Re-Imagine from the outside-In*. https://www.accenture.com/t20160128t000639w/us-en/_acnmedia/accenture/conversionassets/dotcom/documents/global/pdf/technology_7/accenture-interactive-digital-transformation.pdf
- Shrivastava, S. (2017). *Digital Disruption is Redefining the Customer Experience: The Digital Transformation Approach of the Communications Service Providers*. 10(1), 13.
- Sia, S. K., Soh, C. y Weill, P. (2016). How DBS Bank Pursued a Digital Business Strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15(2). <https://aisel.aisnet.org/misqe/vol15/iss2/4>
- Singh, A. y Hess, T. (2017). How Chief Digital Officers Promote the Digital Transformation of their Companies. *MIS Quarterly Executive*, 16, 1-17.
- Slack. (2022, July 29). *What is digital culture?* Slack. <https://slack.com/blog/collaboration/what-is-digital-culture>
- Soto-Acosta, P. (2020). COVID-19 Pandemic: Shifting Digital Transformation to a High-Speed Gear. *Information Systems Management*, 37(4), 260-266. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1814461>
- Soule, D. L., Puram, A., Westerman, G. F. y Bonnet, D. (2016). *Becoming a digital organization: The journey to digital dexterity*.
- Sousa, M. J. y Rocha, Á. (2019). Digital learning: Developing skills for digital transformation of organizations. *Future Generation Computer Systems*, 91, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.048>
- Stefan F. Dieffenbacher. (2022, November 24). *Organizational Structure: Types, Definition and Examples*. <https://digitalleadership.com/blog/organizational-structure/>
- Stolterman, E., Fors, A.C. (2004). Information Technology and the Good Life. In. B. Kaplan, D.P. Truex, D. Wastell, A.T. Wood-Harper, J.I. DeGross (eds.). *Information Systems Research*. IFIP International Federation for Information Processing, vol. 143. MA: Springer.
- Strategic Digital Transformation-Kearney. (2022). <https://www.kenarney.com/digital/strategic-digital-transformation>
- Szopa, Ł., Cyplik, P. (2020). The concept of building a digital transformation model for enterprises from the SME sector. *LogForum*, 16.4.
- Şener, U., Gökalp, E. y Eren, P. E. (2018). *Towards a maturity model for industry 4.0: A systematic literature review and a model proposal*. Ind, 4, 290-302.
- Taryn Hall. (2016, September 2). *How the Digital Revolution is Changing Consumer Behaviour*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-digital-revolution-changing-consumer-behaviour-taryn-hall>
- Teichert, R. (2019). *Digital transformation maturity: A systematic review of literature*. Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis.
- Tronvoll, B., Sklyar, A., Sörhammar, D. y Kowalkowski, C. (2020). Transformational shifts through digital servitization. *Industrial Marketing Management*, 89, 293-305.

- Trung, N. D., Huy, D. T. N. y Le, T.-H. (2021). IoTs, Machine Learning (ML), AI and Digital Transformation Affects Various Industries—Principles and Cybersecurity Risks Solutions. *Webology*, 18(Special Issue 04), 501-513. <https://doi.org/10.14704/WEB/V18SI04/WEB18144>
- Tsedal Neeley y Paul Leonardi. (2022). *Developing a Digital Mindset*. <https://hbr.org/2022/05/developing-a-digital-mindset>
- Tsiavos, V. y Kitsios, F. (2022). *Technology as Driver, Enabler and Barrier of Digital Transformation: A Review* (pp. 681-693). https://doi.org/10.1007/978-3-030-95947-0_48
- Tulip. (2023). *Digital Culture: Driving Digital Transformation*. Tulip. <https://tulip.co/ebooks/digitalculture/>
- Tumbas, S., Berente, N. y Brocke, J. vom. (2017). Three types of chief digital officers and the reasons organizations adopt the role. *MIS Quarterly Executive*, 16, 121-134.
- UiPath. (2021). *What is Robotic Process Automation—RPA Software* | UiPath. <https://www.uipath.com/rpa/robotic-process-automation>
- United Nations. (2020). *Sustainable Development Goals Report 2020*.
- Unterhofer, M., Rauch, E., Matt, D. T. y Santiteerakul, S. (2018, December). Investigation of assessment and maturity stage models for assessing the implementation of industry 4.0. In *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 720-725). IEEE.
- Utomo, A. A., Maulida, M. y Musa, S. (2023). Organizational Inertia, Digital Capabilities, Digital Transformation, and Firm Competencies. *The South East Asian Journal of Management*, 17(1), 6.
- Valdez-de-Leon, O. (2016). A digital maturity model for telecommunications service providers. *Technology innovation management review*, 6(8).
- Van Der Meulen, N., Weill, P. y Woerner, S. (2020). Managing organizational explosions during digital business transformations. *Transformation*, 1, 2.
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N. y Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Wang, T. y Ji, P. (2010). Understanding customer needs through quantitative analysis of Kano's model. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 173-184. <https://doi.org/10.1108/02656711011014294>
- Wang, Y., Kung, L. y Byrd, T. A. (2018). Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.019>
- Westerman, G., Bonnet, D. y McAfee, A. (2014). *The Nine Elements of Digital*. 8.
- Westerman, G., Calmejsane, C., Bonnet, D. (2011). Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations. *Capgemini Consulting and MIT Center for Digital Business*, Nov. 17.
- Westerman, G., Bonnet, D. y McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Press.
- Westerman, G., Bonnet, D. y McAfee, A. (2014). The nine elements of digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 55(3), 1-6.
- Weill, P. y Woerner, S. (2018). *What's your digital business model?: six questions to help you build the next-generation enterprise*. Harvard Business Press.
- Wischnevsky, J. D. y Damanpour, F. (2006). Organizational transformation and performance: An examination of three perspectives. *Journal of Managerial*, 104-128.
- Won, J. Y. y Park, M. J. (2020). Smart factory adoption in small and medium-sized enterprises: Empirical evidence of manufacturing industry in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120117. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120117>
- World Bank (2020). *Digital Development Partnership*. Annual Review
- World Economic Forum. (2018, September 18). *The Digital Enterprise: Moving from experimentation to transformation*. <https://www.weforum.org/reports/the-digital-enterprise-moving-from-experimentation-to-transformation/>
- Yeow, A., Soh, C. y Hansen, R. (2018). Aligning with new digital strategy: A dynamic capabilities approach. *The Journal of Strategic Information Systems*, 27(1), 43-58. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2017.09.001>

- Yoo, Y., Bryant, A. y Wigand, R. (2010). Designing Digital Communities that Transform Urban Life: Introduction to the Special Section on Digital Cities. *Communications of the Association for Information Systems*, 27(1). <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02733>
- Yoshikawa, N. K., Costa Filho, J. R., Penha, R., Kniess, C. T. y de Souza, J. B. (2020). Abordagem ágil como estratégia em projetos de transformação digital: Um estudo bibliométrico e bibliográfico. *International Journal of Professional Business Review*, 5(2), 272-287.
- Yukl, G. (2012). Effective Leadership Behavior: What We Know and What Questions Need More Attention. *Academy of Management Perspectives*, 26, 66-85. <https://doi.org/10.5465/amp.2012.0088>
- Ziyadin, S., Suieubayeva, S., Utegenova, A. (2020). Digital Transformation in Business. In: Ashmarina, S., Vochozka, M., Mantulenko, V. (eds) *Digital Age: Chances, Challenges and Future*. ISCDTE 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 84. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_49



LIBRO BLANCO EXTENDIDO DE BITCOIN. ADAPTADO AL REGLAMENTO MICA *EXTENDED BITCOIN WHITE PAPER. ADAPTED TO EU MICA REGULATION*

Recibido: 16 Octubre, 2023 • Revisado: 30 Noviembre, 2023 • Aceptado: 13 Diciembre, 2023

Javier Maestre Rodríguez,
Juan Ignacio Ibañez y Nancy Quirós Aguilar

RESUMEN

La aparición de Bitcoin en el año 2009 ha impactado a diferentes sectores, tales como el financiero, tecnológico, político, educativo, regulatorio, entre otros, y más de una década después, todavía no contamos con un consenso acerca de su naturaleza. Es por esta razón, que el ámbito regulatorio enfrenta grandes retos, ya que debe encontrar la forma de no obstaculizar el auge innovativo de la nueva tecnología Bitcoin. Los requerimientos del reglamento MiCA representan uno de los primeros enfoques regulatorios que han surgido y surgirán a nivel mundial. Así que, los autores de este documento, de forma voluntaria, han decidido redactar "El Libro Blanco Extendido de Bitcoin" de acuerdo con las normativas de MiCA y brindarlo a la comunidad, para que así Bitcoin sea el primer criptoactivo en cumplir con dichas disposiciones y que tales requerimientos no sean un impedimento para su uso.

Palabras clave: Bitcoin, regulación, criptoactivo, tecnología, minería, prueba de trabajo.

ABSTRACT

The emergence of Bitcoin in 2009 has had an impact on various sectors, including the financial, technological, political, educational, regulatory, and others. More than a decade later, we still do not have a consensus about its nature. For this reason, the regulatory brand faces significant challenges, as it must find a way to not hinder the innovative rise of the new Bitcoin technology. The requirements of the MiCA regulation represent one of the first regulatory approaches that have emerged and will continue to emerge worldwide. Therefore, the authors of this document have voluntarily decided to draft the "Extended White Paper of Bitcoin" in accordance with MiCA regulations and offer it to the community. This way, Bitcoin can become the first cryptoasset to comply with these provisions, so these requirements will not be an impediment to its use.

Keywords: Bitcoin, regulation, cryptoasset, technology, mining, proof of work.

Javier Maestre es Abogado especializado en Internet y nuevas tecnologías, empezó a escribir y trabajar en temas de Bitcoin y criptoactivos en el año 2013. Profesor del Máster de Formación Permanente y Alta Especialización en Asesoría Fiscal de la Escuela de Práctica Jurídica de la Universidad Complutense.

Juan Ignacio Ibañez es Chief of Staff de la DLT Science Foundation, Administrador del Centro de Tecnología Blockchain del University College London, docente de Blockchain y Criptomonedas de la Universidad Católica Argentina, Investigador en blockchain y sustentabilidad en la Universidad Católica de Córdoba. Abogado especializado en análisis económico del derecho.

Nancy Quirós Aguilar. PhD in Physics, MSc in Digital Currencies. Instructora del curso "Bitcoin y los criptoactivos" que imparte LEAD University of Costa Rica. Vicepresidenta de la Asociación Bitcoin Costa Rica (AsoBitcoin CR). Su interés se enfoca en el estudio del impacto político y económico de Bitcoin en la sociedad desde una perspectiva filosófica.

MOTIVACIÓN

Los integrantes del movimiento *cypherpunk*¹, que inspira Bitcoin, no estaban exentos de una cierta paranoia, como muestra el hecho de que quien o quienes lo concibieron [Bitcoin] se cuidaron mucho de permanecer en el anonimato, así como la obsesión que evidencia su diseño por los eventuales puntos de fallo.

No hay que llegar a la paranoia *cypherpunk* para discernir que los actuales Estados tienen a Bitcoin en el punto de mira, dado que supone una seria amenaza al latrocinio en que se ha convertido lo que eufemísticamente denominan "política monetaria".

Pero a pesar de la tiranía en la que, en aras del bien común y el interés general, se están convirtiendo nuestras democracias, hay cosas que se antojan todavía difíciles, como, por ejemplo, que haya una prohibición directa de tener contacto alguno con Bitcoin y su tecnología. No pueden decir "prohíbo bitcoin"; tienen que ser más sutiles.

En Estados Unidos habría quien arguyera en su favor la 2ª enmienda y el derecho a portar armas, pues no falta quien lo ve desde esa perspectiva. O también podría considerarse que su naturaleza de código informático haga que esté amparado por la proscripción de la censura y Libertad de expresión. En España, por ejemplo, el derecho fundamental "a la producción y creación literaria, artística, científica y técnica" consagrado en el art. 19 de la Constitución², podría ser empleado para amparar Bitcoin ya que es un *software*, por lo tanto, una creación de índole científico y técnico.

Como se indica, si se quiere mantener un mínimo de coherencia que sustente el castillo de naipes sobre el que andan, han de ser más precavidos e ir por otro camino. Una de las estrategias a las que se suele echar mano en situaciones como éstas consiste en crear una

categoría, por artificial y arbitraria que sea (véase el caso del concepto de "security"³) y regularla. Esa es la punta de lanza. La categoría ya la tenemos: criptoactivo, en la que bitcoin entra, aunque sea con calzador y admitiendo barco como animal acuático.

Por razones cuya explicación sería demasiado extensa para este acto, hay quienes consideramos, como los que presentamos este trabajo, que Bitcoin necesitará un Libro Blanco que cumpla las previsiones del MiCA⁴ para que pueda ser admitido a cotización. Mucha gente puede pensar: "a mí eso me da igual". Pero se considera que no es una actitud honesta ni razonable: los bitcoiners no pueden ser un grupo exclusivo, los bitcoiners deben aspirar a que todas las personas puedan beneficiarse de este avance tecnológico. Y eso pasa, de momento, porque la gente pueda entrar y salir del *fiat*⁵ al Bitcoin de forma fácil y sencilla y que puedan experimentar ambas opciones.

Este proyecto viene a decir a los reguladores que Bitcoin será el primer criptoactivo en cumplir con los requerimientos del Reglamento MiCA y, lo más importante, que todas las modificaciones y ampliaciones normativas que se avecinan (porque con certeza vendrán), van a contar con un ejército de individuos que, como los autores de este documento, harán efectivo el cumplimiento de las ocurrencias legislativas que se antojen, al objeto de que la mayor cantidad de gente posible tenga la opción de elegir; la posibilidad de aspirar a un grado mayor de Libertad.

CUMPLIMIENTO DE DEBERES DE INFORMACIÓN DEL ART. 6.3 Y 6.4⁶

En cumplimiento de lo indicado en el Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo,

¹ El movimiento cypherpunk emergió a finales de los años 80 y fue conformado por un grupo de activistas expertos en ciencia computacional, matemática, filosofía y política quienes tenían por objetivo resguardar las libertades individuales, también la anonimidad, privacidad en línea por medio del uso de criptografía. Eric Hughes. "A Cypherpunk's Manifesto". Consultado el 29 de Noviembre de 2023. <https://www.activism.net/cypherpunk/manifesto.html>.

² David Vila-Viñas, "Derecho a la ciencia. Libertad de investigación, acceso, participación y promoción de la ciencia en el ordenamiento español," Universidad de Zaragoza, 2020, <https://e-revistas.uc3m.es/index.php/DYL/article/download/6110/4479/>.

³ El análisis de los criptoactivos bajo la categoría de security (valores negociables e instrumentos financieros) ha sido motivo de enorme controversia en distintos países, sobre todo Estados Unidos, donde el *Security and Exchange Commission (SEC)* ha demandado a reconocidas casas de intercambio bajo el incumplimiento de la normativa relacionada con este tipo de instrumentos financieros. Sin embargo, al día de redacción de este documento, no existe una clara definición acerca de qué corresponde como security en el caso de los criptoactivos. Javier Maestre, "To be security or not to be. That's the question". Consultado el 29 de noviembre de 2023, <https://maestreabogados.com/to-be-security-or-not-to-be-thats-the-question/>.

⁴ MiCA: Markets in CryptoAssets. Marco regulatorio de la Unión Europea para los criptoactivos y mercados asociados. Se puede encontrar en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

⁵ El dinero fiat o fiat se refiere al dinero emitido por los bancos centrales de los distintos países o sus respectivas autoridades monetarias y no tiene respaldo por dinero mercancía.

⁶ Página 69 del "Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos", <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos (MiCA)⁷, se informa de que:

- Artículo 6.3: Este libro blanco de criptoactivos no ha sido aprobado por ninguna autoridad competente de ningún Estado miembro de la Unión Europea. El oferente del criptoactivo, la persona que solicite la admisión a negociación, el operador de la plataforma de negociación, o cualquier otra persona que haga uso del presente documento, según el caso, es el único responsable del contenido de este libro blanco de criptoactivos.
- Artículo 6.4:
 - a) el criptoactivo puede perder su valor total o parcialmente;
 - b) el criptoactivo puede no ser siempre negociable;
 - c) el criptoactivo puede no ser líquido;
 - d) cuando la oferta pública se refiera a una ficha de consumo, esa ficha puede no ser canjeable por el bien o servicio prometido en el libro blanco de criptoactivos, especialmente en caso de fracasar o interrumpirse el proyecto de criptoactivos;
 - e) el criptoactivo no está cubierto por los sistemas de indemnización de los inversores con arreglo a la Directiva 97/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo;
 - f) el criptoactivo no está cubierto por los sistemas de garantía de depósitos con arreglo a la Directiva 2014/49/UE.

DECLARACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ART. 6.6⁸

En cumplimiento de lo indicado en el art. 6.6, el órgano de dirección del oferente, la persona que solicite

la admisión a negociación o el operador de la plataforma de negociación declara que, según el leal saber y entender del órgano de dirección, la información presentada en el libro blanco de criptoactivos es imparcial, clara y no engañosa y el libro blanco de criptoactivos no incurre en ninguna omisión que pueda afectar a su contenido.

RESUMEN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ART. 6.7⁹

Bitcoin fue, usando la terminología del Reglamento, el primer criptoactivo de la historia y ha estado plenamente operativo desde el año 2009. Nació como un *software* libre, de código abierto, que cualquier persona puede utilizar, reproducir y modificar sin restricción alguna impuesta por sus autores. El *White Paper* (Libro Blanco) original del proyecto se encuentra accesible en el enlace de esta nota¹⁰. En el presente documento se hará referencia a Bitcoin (con mayúsculas) para designar al sistema compuesto por la red de ordenadores y el *software* necesario para su funcionamiento, mientras que bitcoin (en minúsculas) se usará para referirse a las unidades, *token* o fichas que se crean automáticamente como recompensa por la validación de operaciones en el contexto de un mecanismo de consenso, mediante la utilización del mecanismo conocido como Prueba de Trabajo (PoW, por sus siglas en inglés, *Proof of Work*).

En cumplimiento de lo indicado en el art. 6.7, se efectúa un resumen sobre diversos aspectos del criptoactivo.

- a) **Oferta pública¹¹:** A diferencia de otros proyectos, en el caso de Bitcoin, no hubo una venta inicial o preminado por parte del emisor¹², puesto que Bitcoin no tiene emisor, en el sentido que se indica en el Reglamento, ya que no existe persona o empresa que haya emitido, emita o vaya a

⁷ Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

⁸ Página 70 del “Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos”, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

⁹ Art. 6.7. “El libro blanco de criptoactivos contendrá un resumen, insertado después de la declaración a que se refiere el apartado 6, que proporcionará, de forma sucinta y sin tecnicismos, información relevante acerca de la oferta pública del criptoactivo o de su admisión prevista a negociación. El resumen será fácil de comprender y se presentará y aparecerá en un formato claro y completo, utilizando caracteres de tamaño legible. El resumen del libro blanco de criptoactivos ofrecerá información adecuada sobre las características del criptoactivo en cuestión a fin de que los potenciales titulares puedan tomar una decisión fundada.”

¹⁰ Satoshi Nakamoto, “Bitcoin: Un sistema de efectivo electrónico peer-to-peer,” [bitcoin.org, https://bitcoin.org/bitcoin.pdf](https://bitcoin.org/bitcoin.pdf).

¹¹ El art. 3 define “oferta pública” como “una comunicación a personas, de cualquier forma y por cualquier medio, que presenta información suficiente sobre los términos de la oferta y los criptoactivos que se ofertan de modo que permite a potenciales titulares decidir si adquieren dichos criptoactivos”. Y el término oferente se define como “la persona física o jurídica, u otra empresa, o el emisor, que oferta al público criptoactivos”.

¹² El artículo 3 define al emisor como “una persona física o jurídica u otra empresa que emite criptoactivos”. Por su parte, el Considerando 20 indica que “Los emisores de criptoactivos son las entidades que controlan la creación de criptoactivos.”

emitir o controle la creación de los criptoactivos de la red. Desde que el software se encontró disponible y la red comenzó a funcionar, la emisión de nuevas unidades del criptoactivo se realiza de forma automática como parte del funcionamiento del mecanismo de consenso. [a completar, en su caso, por el oferente]

- b) Su **admisión prevista a negociación**. Bitcoin lleva muchos años siendo admitido a cotización en innumerables plataformas de intercambio, al menos desde octubre del año 2009¹³. Al ser el primer criptoactivo de la historia, fue también el primero en ser admitido a negociación en los mercados, por lo que es de esperar que siga siendo así. [a completar, en su caso, por el oferente o solicitante a negociación]

Igualmente, en cumplimiento de lo indicado en el art. 6.7 del Reglamento, se advierte de que:

- el resumen debe leerse a modo de introducción del libro blanco de criptoactivos;
- el potencial titular debe basar su decisión de compra del criptoactivo en el contenido de la totalidad del libro blanco de criptoactivos, y no únicamente en el resumen;
- la oferta pública del criptoactivo no constituye una oferta o invitación para la adquisición de instrumentos financieros, que únicamente puede hacerse mediante un folleto u otro documento de oferta en virtud del Derecho nacional aplicable;
- el libro blanco de criptoactivos no constituye un folleto a tenor del Reglamento (UE) 2017/1129 del Parlamento Europeo y del Consejo¹⁴ ni ningún otro tipo de documento de oferta en virtud del Derecho de la Unión o nacional.

Parte A: Información sobre el oferente o la persona que solicite la admisión a negociación [a completar por el oferente/solicitante]

- Nombre:
- Forma jurídica:

- Domicilio social y sede social, si fueran diferentes:
- Fecha de inscripción en el registro:
- Identificador de entidad jurídica u otro identificador exigido en virtud del Derecho nacional aplicable (NIF):
- Varios:
 - Número de teléfono de contacto:
 - dirección de correo electrónico:
 - número de días en los que un inversor que se ponga en contacto recibirá una respuesta:
- En su caso, el nombre de la empresa matriz:
- Identidad, dirección profesional y funciones de las personas que son miembros del órgano de dirección de la empresa:
- Actividad empresarial o profesional del oferente o de la persona que solicite la admisión a negociación y, en su caso, su empresa matriz.
- La situación financiera, en los tres últimos años, del oferente o de la persona que solicite la admisión a negociación o, en caso de que el oferente o la persona que solicite la admisión a negociación no haya estado establecido durante los tres últimos años, su situación financiera desde la fecha de su inscripción en el registro. La situación financiera se evaluará sobre la base de una exposición fiel de la evolución y los resultados de la actividad empresarial del oferente o la persona que solicite la admisión a negociación, y de su situación, para cada año y período intermedio sobre los que se deba presentar información financiera histórica, con las causas de los cambios importantes. La exposición consistirá en un análisis equilibrado y exhaustivo de la evolución y los resultados del negocio del oferente o la persona que solicite la admisión a negociación y de su situación, que sea coherente con la magnitud y la complejidad de la misma.

¹³ - "Línea del tiempo de Bitcoin", Dinero Sin Reglas, <https://dinerosinreglas.com/linea-del-tiempo-de-bitcoin/>.

- "2009 Exchange Rate," New Liberty Standard, <https://web.archive.org/web/20131102222638/http://www.newlibertystandard.wikifoundry.com/page/2009+Exchange+Rate>, consultado el 18 de octubre de 2023.

¹⁴ Reglamento (UE) 2017/1129 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2017, sobre el folleto que debe publicarse en caso de oferta pública o admisión a cotización de valores en un mercado regulado y por el que se deroga la Directiva 2003/71/CE (DO L 168 de 30.6.2017, p. 12).

Parte B: Información sobre el emisor, cuando difiera del oferente o la persona que solicite la admisión a negociación

1. **Nombre:** Bitcoin no tiene emisor, ni identificable ni no identificable. Las unidades de bitcoin se crean automáticamente como recompensa por la validación de operaciones en el contexto de un mecanismo de consenso.
2. **Forma jurídica:** No procede.
3. **Domicilio social y sede social, si fueran diferentes:** No procede.
4. **Fecha de inscripción en el registro:** No procede
5. **Identificador de entidad jurídica u otro identificador exigido en virtud del Derecho nacional aplicable (NIF):** No procede
6. **En su caso, el nombre de la empresa matriz:** No procede.
7. **Identidad, dirección profesional y funciones de las personas que son miembros del órgano de dirección del emisor:** No procede.
8. **Actividad empresarial o profesional del emisor y, en su caso, su empresa matriz:** No procede.

Parte C: Información sobre el operador de la plataforma de negociación en los casos en que elabore el libro blanco de criptoactivos [a completar por el operador de la plataforma]

1. Nombre.
2. Forma jurídica.
3. Domicilio social y sede social, si fueran diferentes.
4. Fecha de inscripción en el registro.
5. Identificador de entidad jurídica u otro identificador exigido en virtud del Derecho nacional aplicable.
6. En su caso, el nombre de la empresa matriz.
7. Motivo por el que dicho operador elaboró el libro blanco de criptoactivos:
8. Identidad, dirección profesional y funciones de las personas que son miembros del órgano de dirección del operador.
9. Actividad empresarial o profesional del operador y, en su caso, su empresa matriz.

Parte D: Información sobre el proyecto de criptoactivos

1. **Identificación del proyecto de criptoactivo:**
 - a. **Denominación del proyecto de criptoactivos:** "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System".
 - b. **Denominación de los criptoactivos:** bitcoin y satoshi (la cien millonésima parte de un bitcoin).
 - c. **Forma abreviada o ticker:** BTC
2. **Breve descripción del proyecto de criptoactivos¹⁵:**

En síntesis, Bitcoin es un protocolo para la transmisión de valor entre pares (*peer-to-peer*, en inglés), sin la necesidad de un tercero de confianza, que posibilita la aparición, por primera vez en la historia, de un activo digital escaso.

De acuerdo con el *White Paper* (Libro Blanco) original cuyo/s autor/es se identifica/n con el pseudónimo "Satoshi Nakamoto", mencionado en la nota 4, Bitcoin es un protocolo que permite el almacenamiento y la transmisión de valor sin la necesidad de participación de intermediarios o terceros de confianza, ya que las transacciones o intercambios se realizan entre pares y una vez realizadas tienen el carácter de irreversibles.

Bitcoin hace uso de un sistema de firmas digitales. El marco habitual de monedas basadas en firmas digitales proporciona un control estricto de la propiedad basado en registros de transacciones centralizados, a cargo de terceros de confianza, que garanticen la unicidad de las transacciones y eviten el doble gasto. Bitcoin ofrece una solución alternativa al problema del doble gasto sin necesidad de recurrir a elementos centrales de confianza, mediante una tecnología de registro distribuido (TRD), que permite la aparición, por primera vez en la historia, de un activo digital real escaso.

La red de Bitcoin está conformada por los nodos que ejecutan el *software* de Bitcoin, que es de código abierto y, por tanto, susceptible de poder ser modificado por cualquiera, y contempla las

¹⁵ Redacción basada en gran medida en el "Abstract" del White Paper original mencionado en la nota 4.

reglas del protocolo a las que todos los usuarios se someten para recibir, verificar y transmitir transacciones. Además, almacenan el libro histórico de registro de transacciones y, en consecuencia, mantienen el registro distribuido.

Al no existir elementos de coordinación central en la red, el consenso de todos los nodos acerca del orden temporal de transacciones se produce a través de los nodos llamados "mineros", cuya función es organizar en grupos (bloques)¹⁶ las transacciones que se van produciendo en la red, y agregarlos al libro de registro de transacciones o registro distribuido. Este proceso ocurre aproximadamente cada 10 minutos y se conoce como la Prueba de Trabajo, que es la forma en que Bitcoin resuelve el problema del doble gasto, y que será descrita en secciones posteriores.

La red marca la hora de las transacciones mediante el hash¹⁷ de estas en una cadena continua de pruebas de trabajo¹⁸, formando un registro que no se puede cambiar sin repetir el proceso de Prueba de Trabajo. La cadena más larga¹⁹, no solo sirve como prueba de la secuencia de eventos presenciados, sino también de que proviene del grupo con mayor poder de cómputo o procesamiento²⁰. Mientras la mayoría del poder de cómputo o procesamiento esté controlada por nodos que no cooperen para atacar la red, éstos generarán la cadena más larga y superarán a los eventuales atacantes. La propia red requiere una estructura mínima. Los mensajes se transmiten sobre la base del mayor esfuerzo, y los nodos pueden abandonar y volver a unirse a la red a voluntad, aceptando la cadena de pruebas de trabajo más larga como evidencia de lo que sucedió mientras estuvieron ausentes.

De esta forma, se propone un sistema para transacciones electrónicas sin depender de la confianza, con base en una red entre pares (*peer-to-peer*) que utiliza pruebas de trabajo para registrar un historial público de transacciones, integrantes del registro distribuido, que rápidamente se vuelve computacionalmente impracticable de cambiar si los nodos honestos controlan la mayoría del poder de cómputo. La red es robusta en su simplicidad no estructurada. Los nodos trabajan todos al mismo tiempo, con poca coordinación. No necesitan ser identificados, ya que los mensajes no se enrutan hacia ningún lugar en particular y tan solo necesitan ser entregados de la mejor manera posible. Los nodos pueden abandonar y volver a unirse a la red a voluntad, aceptando la cadena de pruebas de trabajo como evidencia de lo que sucedió mientras estuvieron ausentes. Los nodos hacen su elección con su potencia de procesamiento informático, expresando su aceptación de bloques válidos trabajando en su extensión y rechazando bloques inválidos al negarse a trabajar sobre ellos. Cualquier regla o incentivo necesario pueden ser implementados con este mecanismo de consenso.

3. **Datos de todas las personas físicas o jurídicas (incluida su dirección profesional o el domicilio de la empresa) que participen en la ejecución del proyecto de criptoactivos, como los asesores, el equipo de desarrollo y los proveedores de servicios de criptoactivos:** No procede. En la ejecución del proyecto participa una pluralidad indeterminada de personas, algunas anónimas y otras no, y con papeles o funciones muy variadas.

¹⁶ Estructura de datos que contiene un conjunto de transacciones de bitcoin, información del bloque y metadata, entre la que se incluye el campo "nonce" usado para la Prueba de Trabajo y el identificador del bloque.

¹⁷ Hash: función criptográfica que calcula sobre ciertos elementos de entrada (input) un valor de tamaño fijo, determinista y único. El elemento de salida se conoce como el "hash del input". Es inviable calcular el input a partir de su hash. Los identificadores o ID de los bloques son obtenidos por medio de cálculos de hashes. El ID de un bloque nuevo depende del ID del bloque precedente formando una cadena de hashes.

¹⁸ A lo largo de este documento, el término "Prueba de Trabajo" ha sido empleado para hacer referencia al mecanismo de consenso utilizado en Bitcoin. También, se hace mención a "pruebas de trabajo" y por esta expresión se debe entender a la actividad (o trabajo en forma de cálculo de hashes) realizado por los mineros.

¹⁹ Por "cadena más larga" nos referimos al libro de registro de transacciones con la mayor cantidad de prueba de trabajo representada por cálculos de hashes. En ocasiones, diferentes nodos pueden tener libros de registro con diferente prueba de trabajo (distinto número de bloques y dificultad). Con el fin de que la red llegue a un consenso con respecto al estado del libro de transacciones, convencionalmente los nodos eligen como válida la cadena con mayor cantidad de trabajo.

²⁰ El White Paper original habla de "the largest pool of CPU power". Las siglas CPU se corresponden con la expresión "Central Processing Unit" (Unidad Central de Procesamiento).

4. **Cuando el proyecto de criptoactivos se refiera a fichas de consumo, características fundamentales de los bienes o servicios por desarrollar.** No procede, Bitcoin no es una ficha de consumo, si bien puede usarse su red para la creación de ese tipo de criptoactivos.
5. **Información sobre el proyecto de criptoactivos, especialmente las principales etapas pasadas y futuras del proyecto y, cuando proceda, los recursos ya asignados al proyecto:**

Etapas pasadas

El 31 de octubre de 2008²¹, Satoshi Nakamoto publicó el Libro Blanco (*White Paper*) original en una lista de correo de asuntos criptográficos²² llamada "*The Cryptography Mailing List*". Hoy en día, todavía es un misterio la persona o colectivo que se encuentra tras ese pseudónimo y existen numerosas y variopintas teorías al respecto²³.

El 9 de noviembre de 2008, se registra el proyecto en la plataforma "SourceForge.net"²⁴, un sitio especializado en distribución de *software* de código abierto.

El 16 de noviembre de 2008 es la fecha más antigua de la que hay constancia del código informático de Bitcoin, según se indica en el foro de Bitcointalk.org²⁵.

El 3 de enero de 2009 se procede a la creación del bloque génesis²⁶ de Bitcoin por parte de Satoshi Nakamoto y la red empieza a funcionar.

El 9 de enero de 2009 se da a conocer la versión 0.1 del cliente de Bitcoin. Esta es la primera versión en Código Abierto (*Open Source*) del código de Bitcoin que incluye unas 30.000 líneas de código²⁷.

El 5 de octubre de 2009 es la primera fecha de la que se tiene constancia en que se haya establecido alguna tarifa o relación de cambio entre bitcoin y una

moneda *fiat*, fijándola en 1 USD (\$) = 1.309,03 BTC, utilizando una ecuación que incluye el coste de la electricidad para hacer funcionar un ordenador que genere 1 bitcoin²⁸.

Durante los años siguientes, se realizaron mejoras técnicas significativas en el protocolo de Bitcoin. Por ejemplo:

- En el año 2017, se implementó Segregated Witness (SegWit), una actualización que mejoró la capacidad de la red y la eficiencia de las transacciones. Además, se llevaron a cabo discusiones y debates sobre la escalabilidad y el tamaño de bloque de Bitcoin, de forma que en agosto de 2017, Bitcoin experimentó, entre otras muchas, la bifurcación (*fork*) que condujo a la creación de Bitcoin Cash (BCH). Esta bifurcación fue el resultado de diferencias en la visión de escalabilidad de Bitcoin y condujo a la creación de un criptoactivo diferente basado en una cadena con bloques más grandes.
- En el año 2018 se propone Taproot y se implementa en el 2021. Esta actualización cambió el esquema de firma de transacciones de Bitcoin y representó un aumento en privacidad, escalabilidad y capacidad para añadir funcionalidades avanzadas que son de utilidad para implementaciones de capa superior como *Lightning Network*²⁹.
- En el año 2019 es propuesto ERLAY e implementado en el 2022. ERLAY es una actualización realizada con el fin de incrementar la eficiencia en el proceso de comunicación entre los nodos al reducir la necesidad de transmisión de información redundante, como consecuencia, disminuye el ancho de banda requerido para ejecutar un nodo.

²¹ "Línea del tiempo de Bitcoin", Dinero Sin Reglas, <https://dinersinreglas.com/linea-del-tiempo-de-bitcoin/>.

²² - "Mensaje de la lista de correo de criptografía de octubre de 2008," Metz Dowd Cryptography Mailing List, <https://www.metzdowd.com/pipermail/cryptography/2008-October/014810.html>

- "Fragmento de la página web," <https://archive.is/rMBtV#selection-65.90-65.119>.

²³ "Satoshi Nakamoto," Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Satoshi_Nakamoto.

²⁴ "Proyecto Bitcoin en SourceForge," SourceForge, <https://sourceforge.net/projects/bitcoin/>.

²⁵ "Topic: Bitcoin source from November 2008", Bitcointalk, <https://bitcointalk.org/index.php?topic=382374.0>, 18 de octubre de 2023

²⁶ "Bloque en MempoolSpace," MempoolSpace, <https://mempool.space/es/block/000000000019d6689c085ae165831e934ff763ae46a2a6c172b3f1b60a8ce26f>

²⁷ "Topic: v0.1," Bitcointalk, <https://bitcointalk.org/index.php?topic=68121.0>, 18 de octubre de 2023.

²⁸ "2009 Exchange Rate," New Liberty Standard, <https://web.archive.org/web/20221009200138/http://newlibertystandard.wikifoundry.com/page/2009+Exchange+Rate>, consultado el 18 de octubre de 2023

²⁹ Protocolo de interacción peer-to-peer con la capa principal o base, Bitcoin, que permite la creación de relaciones transaccionales entre partes (canales de pago) por medio de multifirmas, con el fin de enviar y recibir pagos bitcoin sin la necesidad que estos movimientos sean registrados en el libro de registro de transacciones de Bitcoin. La ventaja de Lightning Network es que permite a Bitcoin alcanzar escalabilidad (elevado número de transacciones por segundo).

Recursos asignados al proyecto Bitcoin

Bitcoin es una red distribuida, con una gran descentralización y no está respaldada por una entidad centralizada. No hay una entidad responsable que gestione los recursos asignados al proyecto. Entre estos recursos se puede diferenciar:

Recursos de hardware y computación. Los mineros que contribuyen a la generación de nuevos bloques, utilizando equipos informáticos, tiempo y capacidad de cómputo o procesamiento (que actualmente se traduce en energía). Por otro lado, los nodos validan dichos bloques, comprobando que cumplen las reglas del protocolo. Ambos son necesarios para el funcionamiento de la red. La potencia de cálculo de los equipos mineros de la red se encuentra en constante ascenso, habiendo superado en agosto de 2023 la cifra de 400 millones de TH/s³⁰, mientras que el número de nodos conectados a la red, en agosto de 2023, se estima en más de 45.000³¹.

Recursos humanos. Existen numerosos desarrolladores de *software* que contribuyen a su mejora y seguridad, así como una comunidad activa de contribuyentes en todo el mundo. Las mejoras y actualizaciones del protocolo se proponen y debaten abiertamente a través del proceso de mejora de Bitcoin (Bitcoin Improvement Proposal, BIP)³².

Recursos inmateriales. Proporcionados por los desarrolladores y participantes de la comunidad, tales como el *software* o código informático, que se encuentra en constante actualización y que suele ser publicado como código libre y abierto, así como la creación de otros elementos protegidos por las leyes de propiedad intelectual o industrial, como, por ejemplo, el logotipo usado mayormente y que fue licenciado de forma amplia por su autor en favor de la comunidad³³.

Etapas futuras

Desde que Bitcoin ha estado en funcionamiento, las unidades del criptoactivo se han ido creando automáticamente como recompensa por la validación de

operaciones en el contexto del mecanismo de consenso diseñado en el protocolo. Inicialmente, durante los primeros 210.000 bloques, aproximadamente 4 años, los mineros recibían 50 bitcoins como recompensa. Al concluir este periodo, se produjo un recorte de los incentivos a la mitad (25 bitcoins) y así sucesivamente³⁴. Así que, como parte de las etapas futuras por las que atravesará Bitcoin, tendremos estos recortes en el subsidio por bloque hasta que finalmente, alrededor del año 2140, nos encontraremos con un acercamiento asintótico a los 21 millones de bitcoins y finalizará la creación de nuevas unidades y los mineros serán recompensados únicamente con las comisiones por transacción.

Además, como ha sido expresado a lo largo de este documento, Bitcoin es un *software* descentralizado que se ejecuta en nodos ubicados por todo el mundo y que no son coordinados por ningún elemento central. Por lo tanto, no existe lo que se conoce como *road map* o planes futuros para Bitcoin. De lo que hay certeza es lo que ya está establecido por el protocolo, como fue mencionado en el párrafo anterior. Por esta razón, no es posible describir con claridad por qué otras etapas atravesarán la red en los próximos años.

Sin embargo, es posible para los participantes de la red de Bitcoin llegar a consensos acerca de mejoras en funcionalidad del *software* a través de propuestas realizadas por los desarrolladores. Estas propuestas de mejoras son de índole voluntario y no imperativo, es decir, aquellos nodos que ejecutan el *software* tienen la capacidad de aceptarlas o rechazarlas. Es importante resaltar que los cambios o actualizaciones en el *software* no han alterado, ni es previsible que lo hagan, la cantidad total de unidades en circulación ni el proceso de emisión de las mismas.

Los retos a los que se enfrenta Bitcoin en el futuro podrían sintetizarse en los siguientes:

Mejoras en la escalabilidad: El desafío de la escalabilidad continúa siendo uno de los principales enfoques del desarrollo de Bitcoin. Se están explorando

³⁰ "Gráficos del hashrate en Blockchain.com," Blockchain.com, <https://www.blockchain.com/explorer/charts/hash-rate>, 18 octubre de 2023.

³¹ "Sitio web de Bitnodes," Bitnodes, <https://bitnodes.io/>, 18 octubre de 2023.

³² "Página sobre BIP en Bit2Me Academy," Bit2Me Academy, <https://academy.bit2me.com/que-es-bip-bitcoin/>, 18 de octubre de 2023.

³³ "Topic: More Bitcoin logos, buttons, and also some other graphics," Bitcointalk, <https://bitcointalk.org/index.php?topic=1631>, 18 de octubre de 2023.

³⁴ Enlace al hilo en una versión más antigua donde figuran los logotipos creados: "Topic: More Bitcoin logos, buttons, and also some other graphics," Bitcointalk, <https://web.archive.org/web/20130912111647/https://bitcointalk.org/index.php?topic=1631>, 18 de octubre de 2023.

³⁴ Evento conocido como "halving"

diferentes soluciones, como la implementación de la tecnología *Lightning Network*, que permite transacciones más rápidas y de menor coste fuera de la cadena principal de Bitcoin.

Mayor adopción e integración: Se espera que Bitcoin continúe siendo adoptado por más personas y empresas en todo el mundo. A medida que se mejora la infraestructura y se facilita la accesibilidad, se espera que aumente la adopción tanto como reserva de valor como medio de intercambio.

Regulación y marco legal: A medida que se incrementa el uso y adopción de Bitcoin y otros criptoactivos, es probable que se implementen más regulaciones y se establezcan marcos legales en diferentes jurisdicciones. La forma en que se desarrollen estas regulaciones y cómo afecten a Bitcoin sigue siendo un tema de discusión y atención.

Innovaciones tecnológicas: Dado que Bitcoin es una tecnología en constante evolución, es probable que se realicen más innovaciones y mejoras en el software y el protocolo. Esto puede incluir mejoras en la privacidad, seguridad y eficiencia de las transacciones. Este tipo de mejoras se lograrían a través de consenso de la red y son de carácter voluntario, como fue mencionado previamente.

Es importante tener en cuenta que el futuro de Bitcoin es incierto y está sujeto a diversos factores, como la adopción, la competencia de otros criptoactivos y los desarrollos tecnológicos en el campo de la criptografía. Sin embargo, hasta la fecha, Bitcoin ha demostrado ser un proyecto resiliente y sigue siendo uno de los criptoactivos más populares y reconocidos en todo el mundo.

6. Cuando proceda, el uso previsto de todos los fondos u otros criptoactivos captados:

No procede. Bitcoin nunca ha captado fondos ni otros criptoactivos, ni está previsto que lo haga en el futuro.

Parte E: Información sobre la oferta pública de criptoactivos o su admisión a negociación

1. Indicación de si el libro blanco de criptoactivos se refiere a una oferta pública de criptoactivos o a su admisión a negociación.

[a completar por el oferente/solicitante]

2. Motivos de la oferta pública o de la solicitud de admisión a negociación.

[a completar por el oferente/solicitante]

3. Cuando proceda, importe o cantidad que se pretende obtener a través de la oferta pública en fondos o en cualquier otro criptoactivo, incluidos, en su caso, los objetivos mínimos y máximos de suscripción establecidos para la oferta pública de criptoactivos, y si se acepta el exceso de suscripciones y cómo se asigna.

[a completar, en su caso, por el oferente]

4. Precio de emisión del criptoactivo ofertado al público (en una moneda oficial o en cualquier otro criptoactivo), comisiones de suscripción aplicables o método que se seguirá para determinar el precio de oferta.

[a completar, en su caso, por el oferente]. En su caso, ver punto III del presente Libro Blanco “Resumen para el cumplimiento del art. 6.7”.

5. Cuando proceda, número total de criptoactivos que se ofertarán al público o admitirán a negociación.

En cuanto al número de criptoactivos admitidos a negociación, no hay ningún límite más allá de los criptoactivos que se generarán conforme al *White Paper* original mencionado en la nota 4 y que alcanzará la cifra aproximada de 21 millones de bitcoins (BTC). [En caso de oferta pública, completar por el oferente]

6. Indicación de los potenciales titulares a los que se dirige la oferta pública de criptoactivos o la admisión a negociación de criptoactivos, incluida cualquier restricción en cuanto al tipo de titulares de tales criptoactivos.

[a completar por el oferente/solicitante]

7. Aviso específico que indique que los compradores que participen en la oferta pública de criptoactivos podrán obtener un reembolso si no se alcanza, al término de la oferta pública, el objetivo mínimo de suscripción previsto, si ejercen el derecho de desistimiento previsto en el artículo 13, o si la oferta se cancela, así como una descripción detallada del plan de reembolso, incluido el plazo previsto en que se llevarán a cabo dichos reembolsos.

[a completar por el oferente/solicitante]

8. Información sobre las distintas fases de la oferta pública de criptoactivos, incluida información sobre el precio de compra con descuento para los primeros compradores de criptoactivos (preventa pública). En caso de haber precios de compra con descuento para algunos compradores, explicación de por qué los precios de compra pueden ser diferentes, y descripción del efecto de ello en los otros inversores.
[a completar por el oferente/solicitante]
9. En el caso de las ofertas limitadas en el tiempo, período de suscripción durante el cual estará abierta la oferta pública.
[a completar por el oferente/solicitante]
10. Mecanismos para salvaguardar los fondos u otros criptoactivos a que se refiere el artículo 10 durante la oferta pública limitada en el tiempo o durante el período de desistimiento.
[a completar por el oferente/solicitante]
11. Medios de pago para adquirir los criptoactivos ofertados y métodos de transferencia del valor a los compradores cuando estos tengan derecho a obtener un reembolso.
[a completar por el oferente/solicitante]
12. En lo que respecta a las ofertas públicas, información sobre el derecho de desistimiento a que se refiere el artículo 13.
[a completar por el oferente/solicitante]
13. Información sobre las modalidades y el calendario de transferencia de los criptoactivos adquiridos a los titulares.
[a completar por el oferente/solicitante]
14. Información sobre los requisitos técnicos que ha de cumplir el comprador para poseer los criptoactivos.
El comprador deberá contar con un *wallet* o monedero³⁵ que sea compatible con el protocolo de Bitcoin si quiere poseer realmente sus criptoactivos, custodiar sus claves privadas y no depender de terceros para esa posesión efectiva. [a completar por el oferente/solicitante]
15. En su caso, el nombre del proveedor de servicios de criptoactivos encargado de la colocación

de los criptoactivos y forma de dicha colocación (sobre la base de un compromiso firme o sin él).

[a completar por el oferente/solicitante]

16. En su caso, nombre de la plataforma de negociación de criptoactivos en la que se solicita la admisión a negociación, e información sobre la forma en que los inversores pueden acceder a tales plataformas de negociación y los costes correspondientes.
[a completar por el solicitante]
17. Gastos relacionados con la oferta pública de criptoactivos.
[a completar por el oferente/solicitante]
18. Posibles conflictos de intereses de las personas que participen en la oferta pública o en la admisión a negociación que surjan en relación con la oferta o la admisión a negociación.
[a completar por el oferente/solicitante]
19. Derecho aplicable a la oferta pública de criptoactivos, así como órgano jurisdiccional competente. [a completar por el oferente]

Parte F: Información sobre los criptoactivos

1. El tipo de criptoactivo que se ofertará al público o respecto del cual se solicita la admisión a negociación.
De acuerdo con la taxonomía del Reglamento MiCA, Bitcoin entra dentro de la categoría de criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico.
2. Descripción de las características, incluida la información necesaria para la clasificación del libro blanco de criptoactivos en el registro a que se refiere el artículo 109, tal como se especifique de conformidad con el apartado 8 de dicho artículo, y funcionalidades de los criptoactivos objeto de la oferta o admisión a negociación, incluida información sobre el momento en que se prevé que las funcionalidades estarán disponibles.

El apartado 8 del art. 109 indica que:

³⁵ Software que genera las llaves criptográficas asociadas con el bitcoin del usuario, permite crear y firmar transacciones. También establece comunicación con los nodos con el fin de propagar transacciones a través de la red, o bien, escuchar transacciones entrantes hacia las direcciones asociadas con su llave privada.

“La AEVM³⁶ elaborará proyectos de normas técnicas de regulación donde se concreten los datos necesarios para la clasificación, por tipo de criptoactivo, de los libros blancos de criptoactivos en el registro, incluidos los identificadores de entidad jurídica, y especificarán las disposiciones prácticas para garantizar que dichos datos puedan leerse en formato de lectura mecánica.

La AEVM presentará a la Comisión los proyectos de normas técnicas de regulación a que se refiere el párrafo primero a más tardar el 30 de junio de 2024.

Se delegan en la Comisión los poderes para completar el presente Reglamento adoptando las normas técnicas de regulación a que se refiere el párrafo primero del presente apartado de conformidad con los artículos 10 a 14 del Reglamento (UE) n.o 1095/2010.”

Dado que todavía no se ha publicado la correspondiente norma técnica de regulación, no se puede completar este apartado.

Parte G: Información sobre los derechos y obligaciones vinculados a los criptoactivos

1. Descripción de los derechos y obligaciones del comprador, en su caso, así como del procedimiento y las condiciones para el ejercicio de tales derechos.

Jurídicamente, Bitcoin no confiere ni establece derecho u obligación alguna. Las facultades de disposición y uso del criptoactivo son las derivadas de su código informático, conforme al *White Paper* original indicado en la nota 4 y el código informático de Bitcoin.

2. Descripción de las condiciones en las que podrían modificarse los derechos y obligaciones.

Bitcoin es un *software* de código abierto, circunstancia que permite que pueda ser replicado y modificado, produciendo otras variantes³⁷. Como un hecho histórico, es importante mencionar un suceso acontecido en el 2017 al que se

ha denominado “*The Blocksize Wars*” (La Guerra del Tamaño de Bloques). Los usuarios de Bitcoin (desarrolladores, mineros, compañías y usuarios) mostraron tener diferencias irreconciliables acerca de cuál es el tamaño ideal de los bloques, ya que de este parámetro depende la escalabilidad de Bitcoin o la cantidad de transacciones por segundo (tps) que es capaz de procesar la red.

Tales diferencias dividieron a la comunidad de Bitcoin en dos bandos: los *big blockers* (BB, los de bloques grandes), y los *small blockers* (SM, los de bloques pequeños). Los BB propusieron cambiar el *software* y aumentar el tamaño de los bloques con el objetivo de incrementar la escalabilidad y que de esta forma Bitcoin pudiera cumplir más eficazmente su función de medio de intercambio. Por otro lado, los SM se opusieron con vehemencia a esta idea porque tal cambio podría afectar la descentralización de la red, ya que el aumento del tamaño de los bloques provocaría un incremento del espacio requerido para almacenar el libro de transacciones o registro distribuido por parte de los nodos y, de esta forma, los usuarios que no tuvieran acceso a gran poder computacional se verían imposibilitados para ejecutar nodos.

La Guerra del Tamaño de Bloques culmina con la división irreparable de la comunidad de Bitcoin y el surgimiento de otro criptoactivo. Los BB crearon su propia red a partir de Bitcoin a la que llamaron Bitcoin Cash (BCH) y aumentaron el tamaño de los bloques a 8 MegaBytes (MB), que ha ido incrementándose hasta los 32 MB. La red de Bitcoin, defendida por los SM, permaneció en 1 MB (sin embargo, debido a mejoras en el software, es posible que los bloques lleguen a tener un tamaño de hasta 4 MB). Este hecho describe lo que se conoce como un *hard fork*. Es interesante notar que Bitcoin Cash ha quedado en la irrelevancia, ya que el mercado, en líneas generales, ha rechazado su propuesta de valor. Por otro lado, la red de Bitcoin ha resuelto su problema de escalabilidad con implementaciones como Lightning Network.

³⁶ AEVM: Autoridad Europea de Valores y Mercados.

³⁷ Más información sobre las diferentes bifurcaciones (*forks*) que ha sufrido Bitcoin, dando lugar a otros proyectos puede consultarse en: “Mapa de bifurcaciones importantes de Bitcoin,” Visual Capitalist, <https://www.visualcapitalist.com/major-bitcoin-forks-subway-map>, 18 de octubre de 2023.

A partir de este acontecimiento, es importante resaltar que si alguien considera que Bitcoin tiene alguna deficiencia, puede tomar el código, hacer los cambios que crea pertinentes y crear una copia de Bitcoin con diferentes parámetros. No obstante, lo relevante para definir a Bitcoin como tal es que los usuarios acepten las reglas que se proponen. Por lo tanto, los efectos de red son indispensables para concluir que las propiedades de Bitcoin son inalterables. Por esta razón, la descentralización e inmutabilidad de las reglas del protocolo dependen también del rechazo de los usuarios a cambios unilaterales por usuarios o entes que deseen proponer versiones alternativas al protocolo de Bitcoin generalmente aceptado. Cuanta mayor descentralización se produzca en el funcionamiento de la red, más sólida y robusta se convierte.

3. **Cuando proceda, información sobre las futuras ofertas públicas de criptoactivos del emisor y el número de criptoactivos conservados por el propio emisor.**

Bitcoin nunca ha realizado ni realizará una oferta pública de adquisición, ni preminado, ni ninguna otra operación similar, dado que, como se ha explicado, carece de la figura del emisor, tal y como se define en el Reglamento.

4. **Cuando la oferta pública de criptoactivos o su admisión a negociación se refiera a fichas de consumo, información sobre la calidad y cantidad de bienes o servicios a los que dan acceso las fichas de consumo.**

No procede.

5. **Cuando la oferta pública de criptoactivos o su admisión a negociación se refiera a fichas de consumo, información sobre la forma en que pueden canjearse las fichas de consumo por los bienes o servicios a los que correspondan.**

No procede.

6. **Cuando no se solicite la admisión a negociación, información sobre cómo y dónde podrán adquirirse o venderse los criptoactivos después de la oferta pública.**

Las unidades del criptoactivo podrán adquirirse o venderse libremente, sin más restricciones que las derivadas de la aplicación de la normativa en vigor.

7. **Restricciones aplicables a la transferibilidad de los criptoactivos ofertados o admitidos a negociación.**

Las restricciones a la transferibilidad son las derivadas de su código informático, en síntesis, la principal restricción es no incurrir en doble gasto.

8. **Cuando se disponga de protocolos para criptoactivos en lo relacionado con el aumento o la disminución de su oferta en respuesta a cambios en la demanda, una descripción del funcionamiento de dichos protocolos.**

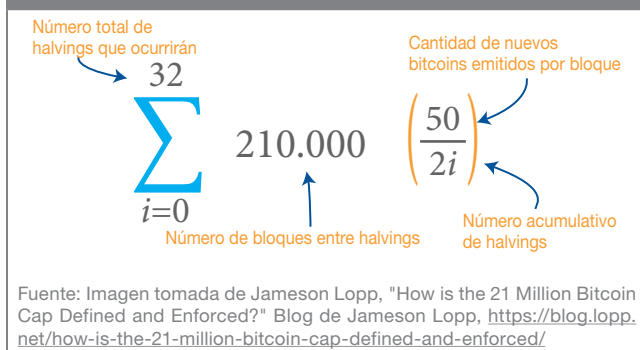
No existe un mecanismo para variar la oferta en respuesta a cambios en la demanda. La generación de nuevas unidades de bitcoins está definida en el código informático de la red. Cada bloque de transacciones generado incluye una transacción que remunera al nodo que ha minado o generado el bloque. Cada 210.000 bloques generados, el número de unidades nuevas de bitcoin se divide a la mitad en un proceso conocido como "*halving*"³⁸, de forma que no pueden existir más de 21 millones de unidades, en concreto, la cantidad máxima de unidades será la de 2.099.999.997.690.000 de satoshis (la cienmillonésima parte de un bitcoin).

Los cálculos correspondientes se efectúan conforme a la siguiente fórmula³⁹ mostrada en la Figura 1 junto con una breve anotación del significado de cada término:

³⁸ Jameson Lopp, "How is the 21 Million Bitcoin Cap Defined and Enforced?" Blog de Jameson Lopp, <https://blog.lope.net/how-is-the-21-million-bitcoin-cap-defined-and-enforced/>, 19 de octubre de 2023.

³⁹ -Jameson Lopp, "¿Cómo podrán existir 21 millones de Bitcoins? Jameson Lopp lo explica," CriptoNoticias, <https://www.criptonoticias.com/tecnologia/como-podran-existir-21-millones-bitcoins-jameson-lopp-explica/>, 19 de octubre de 2023.

FIGURA 1. EXPRESIÓN MATEMÁTICA QUE DESCRIBE EL LÍMITE HACIA EL QUE TIENDE LA CANTIDAD TOTAL DE BITCOIN



Aunque la fórmula anterior define al "halving" número 32 como el final de la emisión de bitcoins, según el código fuente de bitcoin no es exactamente así. El *halving* número 32 define que a partir de ese momento, la emisión de bitcoins será tan pequeña que sobrepasará el límite de 8 decimales, lo que implica que no podrá ser expresado dentro de la contabilidad de Bitcoin con los parámetros actuales.

A pesar de ello, los *halvings* continuarán hasta llegar al número 63, según muestra el propio código fuente, sobre la línea 1072.

9. Cuando proceda, descripción de los sistemas de protección que protejan el valor de los criptoactivos y de los sistemas de indemnización.

No procede.

10. Derecho aplicable a los criptoactivos, así como órgano jurisdiccional competente.

Al ser Bitcoin, en síntesis, un *software* libre, de código abierto, disponible para cualquier persona en cualquier parte del mundo, no se puede decir que haya un derecho nacional concreto aplicable al criptoactivo que genera la utilización del *software* aludido. De igual manera, no hay un "órgano jurisdiccional competente" específico. Si surge un conflicto a resolver en sede judicial, habrá que estar a las normas procesales de la sede del órgano jurisdiccional que conozca el asunto y los materiales que éste considere aplicables.

Parte H: Información sobre la tecnología subyacente

1. Información sobre la tecnología utilizada, incluida la tecnología de registro distribuido, los protocolos y las normas técnicas utilizadas.

Bitcoin hace uso de numerosas tecnologías anteriores, tal y como se describe en el *White Paper* original⁴⁰. En este artículo enlazado⁴¹ se puede acceder a un compendio de las diferentes tecnologías que usa Bitcoin.

2. Cuando proceda, mecanismo de consenso.

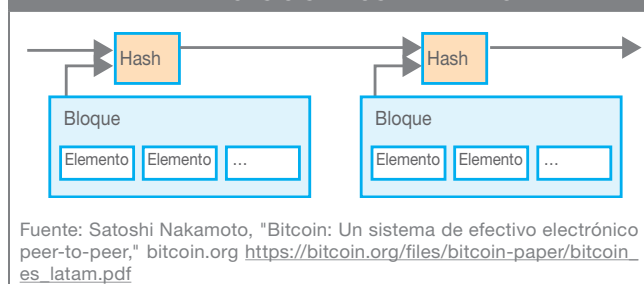
El mecanismo de consenso está explicado en los puntos 3 y 4 del *White Paper* original de Bitcoin y, en síntesis, consiste en la creación de un servidor de marcas o sellos de tiempo utilizando el mecanismo de Prueba de Trabajo. Una representación de un servidor de marcas o sellos de tiempo se muestra en la Figura 2, de la forma en que fue presentado por Nakamoto. La función de la Prueba de Trabajo consiste en ordenar temporalmente las transacciones ocurridas en la red. La participación de los denominados mineros es de vital importancia para lograr este objetivo. Los mineros compiten entre sí con el fin de proponer el estado más actualizado del libro de transacciones o registro distribuido. La competencia se basa en encontrar un identificador (hash del bloque) para el bloque consecutivo del libro. El minero que logre realizar la tarea (o el trabajo) de encontrar el identificador antes que los demás mineros, se atribuye la capacidad de indicarle a los nodos el bloque que deberán agregar en su libro o registro. Es así como la red de nodos llega a un consenso sin la presencia de intermediarios ni terceros de confianza. Si por la red se propagan transacciones que representen un doble gasto, los mineros solamente escogerán una a la hora de crear su bloque, así que, eventualmente, solamente una de estas transacciones será agregada al libro de registro. Por el trabajo realizado para encontrar el identificador del bloque, los mineros son recompensados con nuevas unidades del criptoactivo.

⁴⁰ Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: Un sistema de efectivo electrónico peer-to-peer," bitcoin.org, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

⁴¹ Rishi Sidhu, "Exploring Bitcoin's History," Medium, <https://medium.com/coinmonks/exploring-bitcoins-history-ecbf1c59952c>, 19 de octubre de 2023.

Desde una perspectiva un poco más técnica, la Prueba de trabajo opera de la siguiente forma: un servidor de marcas de tiempo funciona al realizar el hash de un bloque de datos a ser fechados y publicándolo ampliamente, tal y como se haría en un periódico o en una publicación de Usenet. La marca de tiempo prueba que el dato, obviamente, debió de haber existido en ese momento para poder incluirse dentro del *hash*. Cada marca de tiempo incluye en su *hash* la marca de tiempo previa, formando una cadena, de modo que cada marca de tiempo adicional refuerza las anteriores.

FIGURA 2. ILUSTRACIÓN DE UN SERVIDOR DE MARCAS O SELLOS DE TIEMPO



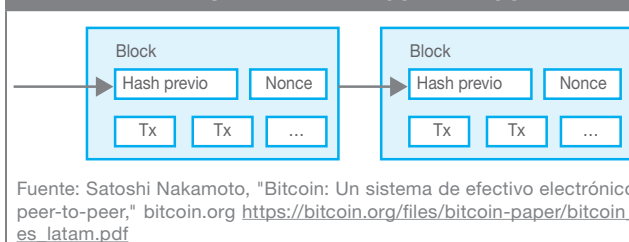
Para implementar un servicio distribuido de marcas de tiempo en un entorno de relaciones entre pares (*peer-to-peer*), se necesita utilizar un sistema de prueba de trabajo similar al Hashcash de Adam Back⁴², en vez de usar una publicación en un periódico o en Usenet.

La prueba de trabajo consiste en buscar un valor de un campo denominado "nonce" (*"number used once"*) que, al ser sometido, junto con los otros campos que integran el bloque, al cálculo de un *hash*, como con SHA-256, el resultado del hash comience con un cierto número de bits con valor cero. El trabajo promedio requerido es exponencial en la cantidad de bits de valor cero necesarios y puede ser verificado ejecutando un único hash. El *White Paper* original de Bitcoin representa esta idea por medio de la Figura 3.

Una vez que se ha invertido el esfuerzo de computación necesario para que cumpla con la prueba

de trabajo, el bloque no puede ser modificado sin volver a realizar el trabajo. A medida que se encadenan bloques posteriores a este, el trabajo necesario para cambiar el bloque incluiría volver a hacer todos los bloques posteriores a él.

FIGURA 3. ILUSTRACIÓN DE LA FORMA EN LA QUE SE UTILIZA EL SERVIDOR DE MARCAS DE TIEMPO EN LA PRUEBA DE TRABAJO DE BITCOIN



La prueba de trabajo también resuelve el problema de determinar la representación en el proceso de decisión por mayoría. Si esta mayoría se basara en un voto por dirección IP, podría ser alterada por alguien capaz de asignar muchas direcciones IP. La prueba de trabajo equivale esencialmente a "una-CPU-un-voto"⁴³. La decisión de la mayoría es representada por la cadena más larga, la cual posee la prueba de trabajo con mayor esfuerzo invertido.

Si la mayoría del poder de computación está controlada por nodos honestos, la cadena honesta crecerá más rápido y dejará atrás a cualquier otra cadena que esté compitiendo. Para modificar un bloque en el pasado, un atacante tendría que rehacer la prueba de trabajo del bloque y de todos los bloques posteriores, y luego alcanzar y superar el trabajo de los nodos honestos. La probabilidad de que un atacante más lento pueda alcanzar a la cadena con mayor cantidad de trabajo que cotidianamente se refiere como la "más larga", disminuye exponencialmente a medida que más bloques subsecuentes se van incorporando.

Para compensar el crecimiento de la velocidad de funcionamiento del hardware y la eventual variabilidad en el tiempo del interés por ejecutar

⁴² Adam Back, "Hashcash: A Denial of Service Counter-Measure" (Cambridge, Reino Unido: Adam Back, 2002), <http://www.hashcash.org/papers/hashcash.pdf>, 19 de octubre de 2023.

⁴³ Hoy en día, la cantidad de poder computacional necesaria para la prueba de trabajo es enorme, por lo tanto, desde un punto de vista práctico es imposible realizarla con ordenadores personales clásicos.

nodos, la dificultad de la prueba de trabajo es determinada por una media móvil con el objetivo de conseguir un determinado promedio de nº de bloques por hora. Si estos se generan demasiado rápido, la dificultad se incrementa.

3. Mecanismos de incentivo para asegurar las operaciones y comisiones aplicables, en su caso.

El mecanismo de incentivo está explicado en el punto 6 del *White Paper* original.

Por convención, la primera transacción en el bloque es una transacción especial que genera nuevas unidades del criptoactivo, cuyo dueño es el creador del bloque. Esto agrega un incentivo para que los nodos apoyen a la red, y provee una forma inicial de distribuir y poner en circulación las unidades del criptoactivo, dado que no hay una autoridad para crearlas. Esta adición estable de una cantidad constante de nuevas unidades es análoga a los mineros de oro que gastan recursos para ponerlo en circulación. En nuestro caso, los recursos son el tiempo de procesamiento informático⁴⁴ y el consumo de electricidad.

El incentivo también puede establecerse con los costes de transacción. Si el valor de salida de una transacción es menor que la entrada, la diferencia será una tarifa de transacción que se añadirá al valor del incentivo del bloque que la contiene. Una vez que un número predeterminado de unidades han entrado en circulación, el incentivo puede evolucionar enteramente a tarifas de transacción y estar completamente libres de inflación.

El incentivo también puede ayudar a animar a los nodos a mantenerse honestos. Si un atacante egoísta es capaz de reunir más poder computacional que todos los nodos honestos, éste tendría que elegir entre utilizarlo para defraudar a la gente robando sus pagos, o usarlo para generar nuevas unidades. Debería encontrar más rentable jugar siguiendo las reglas, ya que éstas lo favorecerán con más unidades nuevas que a todos los demás nodos, en lugar de socavar el sistema y la validez de su propia riqueza.

4. Cuando los criptoactivos se emitan, transfieran y almacenen utilizando tecnología de

registro distribuido gestionada por el emisor, el oferente o por un tercero que actúe por cuenta de ellos, descripción detallada del funcionamiento de dicha tecnología de registro distribuido:

Si hay una persona, ya sea emisor, oferente o tercero que gestione la tecnología de registro distribuido, entonces no nos encontramos ante una tecnología de registro distribuido, sino ante una tecnología de registro, en mayor o menor medida, centralizado. Bitcoin utiliza una tecnología de registro distribuido realmente, por lo que no hay ninguna persona, ni emisor, ni oferente o tercero que la gestione.

5. Información sobre el resultado de la auditoría de la tecnología utilizada, en caso de haberse llevado a cabo tal auditoría.

No procede.

Parte I: Información sobre los riesgos

1. Descripción de los riesgos asociados a la oferta pública de criptoactivos o su admisión a negociación.

No hay riesgos específicos relacionados con la oferta pública y/o admisión a negociación de bitcoin diferentes a los de cualquier otro criptoactivo y que se reseñan a continuación.

2. Descripción de los riesgos asociados al emisor, si difiere del oferente o la persona que solicite la admisión a negociación.

Como se ha indicado en el punto III del presente documento "Resumen para el cumplimiento del art. 6.7", en el caso de Bitcoin no existe emisor, ni conocido ni desconocido, en el sentido que se indica en el Reglamento. Desde que el software se encontró disponible y la red comenzó a funcionar, la emisión o creación de nuevas unidades del criptoactivo se lleva a cabo automáticamente como recompensa por la validación de operaciones en el contexto del mecanismo de consenso utilizado. En consecuencia, al no haber emisor, no puede hablarse de la existencia de riesgos asociados a dicha figura.

⁴⁴ El *Whiter Paper* original habla de "CPU time".

3. Descripción de los riesgos asociados a los criptoactivos.

Es preciso tener en cuenta que las operaciones con criptoactivos presentan una serie de riesgos de los que se debe ser consciente, mencionados, entre otros documentos, en la **Circular 1/2022, de 10 de enero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores de España**⁴⁵, relativa a la publicidad sobre criptoactivos presentados como objeto de inversión, tales como los que se indican aquí⁴⁶.

[Si se hace uso de este documento en jurisdicciones distintas a la española, sería conveniente adaptar este apartado al territorio a considerar]

Producto de inversión de alto riesgo

1. El valor de las inversiones y el rendimiento obtenido de las mismas puede experimentar significativas variaciones al alza y a la baja, pudiendo perderse la totalidad del importe invertido.
2. Las inversiones en proyectos en etapas tempranas suponen un alto nivel de riesgo, por lo que resulta necesario entender adecuadamente su modelo de negocio.
3. Los criptoactivos no están cubiertos por mecanismos de protección al cliente como el Fondo de Garantía de Depósitos o el Fondo de Garantía de Inversores.
4. Los precios de los criptoactivos se constituyen en ausencia de mecanismos que aseguren su correcta formación, como los presentes en los mercados regulados de valores.
5. Muchos criptoactivos pueden verse carentes de la liquidez necesaria para poder deshacer una inversión sin sufrir pérdidas significativas, dado que su circulación entre inversores, tanto minoristas como profesionales, puede ser muy limitada.

Puede consultar igualmente el comunicado conjunto de la CNMV y del Banco de España sobre el riesgo de las criptomonedas como inversión en la URL: <https://www.cnmv.es/Portal/ver-Doc.axd?t=%7Be14ce903-5161-4316-a480-eb-1916b85084%7D>

Así como el Comunicado conjunto del Banco de España, la CNMV y la DG de Seguros sobre la advertencia de los reguladores financieros europeos en relación con los riesgos de los criptoactivos en la URL: https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/NotasInformativas/22/presbe2022_19.pdf

4. Descripción de los riesgos asociados a la ejecución del proyecto. Riesgos legales.

1. La aceptación de los criptoactivos como medio de cambio es aún muy limitada y no existe obligación legal de aceptarlos.
2. Cuando el proveedor de servicios no se encuentra localizado en un país de la Unión Europea la resolución de cualquier conflicto podría resultar costosa y quedar fuera del ámbito de competencia de las autoridades españolas o europeas.
3. Cuando el inversor no disponga de los criptoactivos, estando en monederos digitales (*wallets*) del proveedor de servicios, y sin acceso a las claves privadas de los mismos, usted debe ser consciente de esa circunstancia y de los riesgos que conlleva, debiendo cerciorarse de los derechos que le confiere el prestador de los servicios.

5. Descripción de los riesgos asociados a la tecnología utilizada, así como de las medidas de atenuación, en su caso.

1. Las tecnologías de registros distribuidos se encuentran todavía en un estadio temprano de maduración, habiendo sido muchas de estas redes creadas recientemente, por lo que, pueden no estar suficientemente probadas y existir fallos significativos en su funcionamiento y seguridad.
2. El registro de las transacciones en las redes basadas en tecnologías de registros distribuidos funciona a través de protocolos de consenso que pueden ser susceptibles a ataques que intenten modificar dicho registro y, en caso de tener éxito estos ataques, no existiría un registro alternativo que respalde dichas

⁴⁵ Boletín Oficial del Estado, número 14, 17 de enero de 2022, páginas 4106-4116, <https://www.boe.es/eli/es/cir/2022/01/10/1>, 19 de octubre de 2023.

⁴⁶ Texto a continuación, hasta el punto 5, extraído de la normativa de la CNMV

transacciones ni por tanto a los saldos correspondientes a las claves públicas, pudiéndose perder la totalidad de los criptoactivos.

3. Las facilidades de anonimato que pueden aportar los criptoactivos los convierten en un objetivo para los ciberdelincuentes, ya que en el caso de robar credenciales o claves privadas pueden transferir los criptoactivos a direcciones que dificulten o impidan su recuperación.
4. La custodia de los criptoactivos supone una responsabilidad muy relevante ya que pueden perderse en su totalidad en el caso de robo o pérdida de las claves privadas.
6. **Información sobre los principales efectos adversos sobre el clima y otros efectos adversos relacionados con el medio ambiente del mecanismo de consenso utilizado para emitir el criptoactivo.**

El art. 6.1.j) del Reglamento indica que el Libro Blanco deberá contener información sobre los principales efectos adversos sobre el clima y otros efectos adversos relacionados con el medio ambiente del mecanismo de consenso utilizado para emitir el criptoactivo.⁴⁷ Sin embargo, en el anexo I⁴⁸ no se menciona nada al respecto, por lo que, para cumplir con las previsiones del art. 6.1.j) se hace necesario una breve referencia a la cuestión del clima y otros efectos adversos relacionados con el medio ambiente.

Toda actividad humana involucra efectos sobre el medio ambiente. Bitcoin, sin embargo, posee la particularidad de que una gran variedad de esos efectos son positivos. El principal de estos efectos positivos sobre el clima y el medio ambiente es el efecto descarbonizador del minado de Bitcoin, mediante dos mecanismos: la promoción de la penetración de las energías renovables

a través de esquemas de consumo energético flexible, y la conversión de gas metano a dióxido de carbono a través de la mitigación de la ventilación de gas y del quemado en antorcha.

Entre eventuales efectos negativos de Bitcoin sobre el medio ambiente se cuentan simplemente aquellos comunes a todos los centros de cómputos y a la gran mayoría de las industrias: un efecto muy localizado de contaminación sonora generado por los grandes centros de cómputos ("granjas") en donde se está realizando la parte fundamental del consenso, i.e. el minado. Asimismo, si eventualmente se produce algún periodo en que el precio del bitcoin suba exponencialmente y la tecnología de minado ("ASICs") mejore rápidamente, podría producirse un estadio temporal con cierto grado de producción de residuos electrónicos. Ello sería, empero, temporal. En todo caso, estos impactos negativos son comunes a muchas industrias, e.g. los centros de cómputos en general, y pueden ser abordados desde la perspectiva de la regulación general.

Al discutirse el impacto de Bitcoin en el medio ambiente, sin embargo, el principal objeto de discusión es el impacto climático, dado por el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero. Este impacto es con frecuencia un impacto positivo para el medio ambiente, debido a que el minado de Bitcoin puede contribuir a la rentabilidad –y, por ende, a la penetración– de las fuentes renovables en las redes energéticas y a la neutralización de emisiones de gas metano de otras industrias. Esto implica un potencial para que el minado de Bitcoin sea carbono-negativo.

Esta sección desarrolla estos factores, cubriendo cuatro aristas:

1. La magnitud de las emisiones de alcance 2 de la red Bitcoin.⁴⁹
2. La complementariedad de Bitcoin con las energías renovables variables.

⁴⁷ Nótese que el mecanismo de consenso no se utiliza "para emitir" el criptoactivo, sino para, justamente, alcanzar el consenso. En un criptoactivo, la emisión o acuñado puede darse durante el proceso que deriva en el consenso, o no darse. En el caso de Bitcoin, la gran mayoría de las unidades del criptoactivo (más de 19 millones sobre un total de 21) ya han sido emitidas, y las restantes se emitirán durante los restantes 120 años aproximadamente. Sin embargo, el mecanismo de consenso continuará operando más allá de este límite temporal al margen de que haya o no emisión. Sin embargo, sí es cierto que el "subsidio" de bloque que lleva a la emisión de bitcoin puede estimular un mayor minado que el que habría en su ausencia.

⁴⁸ Donde, supuestamente, se recogen con mayor detalle los "elementos de información para el libro blanco de criptoactivos relativo a criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico". Anexo I: Página 150 del "Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos", <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

⁴⁹ Las emisiones de alcance 1 son aquellas producidas directamente por la maquinaria de la empresa, las emisiones de alcance 2 son aquellas producidas en la generación de la energía consumida por la empresa, y las emisiones de alcance 3 son aquellas producidas por los clientes y proveedores de una empresa. Recientemente, se ha propuesto el término de emisiones de alcance 4 para las emisiones "negativas" o "evitadas" (Dan Roarty, David Wheeler, "Huellas de carbono positivas: un marco climático favorable para inversores en renta variable", AllianceBernstein, <https://www.alliancebernstein.com/library/huellas-de-carbono-positivas-un-marco-climatico-favorable-para-inversores-en-renta-variable.htm>, 19 de octubre de 2023). Bitcoin no tiene emisiones significativas de alcance 1 ni 3.

3. La utilidad de Bitcoin para la neutralización de las emisiones de metano.
4. Los esquemas emergentes en el ecosistema Bitcoin para la decarbonización.

El consumo energético y la huella de carbono de Bitcoin son temas ampliamente debatidos y estimados de manera variada. La magnitud del consumo energético fluctúa entre estimaciones de 72 y 185 mil millones de kilovatios-hora por año, según la Oficina de Políticas de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca⁵⁰. Estas variaciones se deben a la dificultad de determinar el *hardware* exacto utilizado en la minería de Bitcoin y la intensidad de carbono de las fuentes de energía utilizadas. Para abordar esta incertidumbre, se han propuesto dos enfoques principales: el enfoque "de arriba hacia abajo", que estima la proporción de los ingresos de los mineros gastados en electricidad, y el enfoque "de abajo hacia arriba", que estima el consumo de energía en función de la tasa de hash. En general, se prefiere este último enfoque debido a su mayor precisión.

En relación con la intensidad de carbono, existen métodos para calcularla basándose en la mezcla de la red según las direcciones IP de los grupos de minería, o utilizando datos proporcionados por los propios mineros. Sin embargo, ambos enfoques presentan limitaciones en términos de disponibilidad y confiabilidad de los datos. La utilización de direcciones IP para la atribución de la intensidad de carbono propia de la región puede exagerar las emisiones provenientes del minado, dado que ignora la baja intensidad de carbono del minado realizado detrás del medidor (un gran y creciente porcentaje del total) así como ubica a los mineros lejos de la fuente de energía (frecuentemente baja en carbono) y cerca del "*pool*" de minado (probablemente más alta en carbono). Por otra parte, tomar la intensidad de carbono de los mineros directamente implica las vulnerabilidades del auto-reportaje de datos, así como potenciales inconsistencias con el sistema de certificados de atributos energéticos. Por esta razón, para describir las emisiones de alcance 2 de la red Bitcoin se utiliza un rango de posibilidades. Empero, todo ello excluye las emisiones de alcance 4 de la red, que son negativas (véase más adelante).

El impacto ambiental de Bitcoin se ha comparado con países e industrias para tener una idea de su escala de consumo de energía. Los críticos suelen preferir la comparación con países, ya que esto destaca la magnitud del consumo de energía de Bitcoin. Sin embargo, probablemente sea más apropiada la comparación con industrias específicas, argumentando que muchas de estas industrias superan el consumo de energía de países enteros sin que se considere un problema. En este sentido, el minado de Bitcoin consume mucha menos energía que las industrias del oro, el cobre o el zinc.⁵¹

Otro aspecto para tener en cuenta es la elección de denominadores para representar la participación de Bitcoin en una magnitud global. Algunos proponen utilizar el consumo global de electricidad como denominador. Sin embargo, es más apropiado acudir al consumo global de energía, no electricidad, para tener en cuenta las eficiencias de conversión entre diferentes fuentes de energía, dado que Bitcoin utiliza una mezcla energética diferente al promedio de la red. Más adecuado aún es la propuesta de utilizar denominadores basados en las emisiones globales de CO₂ y gases de efecto invernadero (GEI), ya que el cambio climático está relacionado principalmente con las emisiones de gases de efecto invernadero y no tanto con el consumo de energía en sí. Debe tenerse siempre en cuenta que Bitcoin consume un determinado porcentaje de la electricidad global, pero que este porcentaje será menor para la energía global, y que será todavía menor para las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Esto es porque Bitcoin es más eficiente en su consumo de energía que la industria promedio, y porque el consumo de energías bajas en carbono es proporcionalmente mayor que el de la industria promedio.

Por último, el impacto del consumo energético de la red Bitcoin sobre las emisiones de GEI depende del paradigma de contabilidad de carbono adoptado. Existen dos grandes formas de contabilidad de carbono: contabilidad atribucional y contabilidad marginal. La primera involucra atribuir la totalidad emisiones de una red a la totalidad de los consumidores de energía de esa red, asignando a cada uno una porción del total según un criterio, que puede ser un criterio igualitario

⁵⁰ OSTP, "Climate and energy implications of crypto-assets in the United States". Tech. rep. Washington, D.C.: White House Office of Science and Technology Policy (Sept. 2022). <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/09/08/fact-sheet-climate-and-energy-implications-of-crypto-assets-in-the-united-states/>, 19 de octubre de 2023.

⁵¹ Nic Carter, Ross Stevens. "Bitcoin Net Zero. Tech". rep. NYDIG (2021). <https://nydig.com/bitcoin-net-zero>, 19 de octubre de 2023.

u otro (como el porcentaje de certificados de atributos energéticos adquiridos). La segunda asigna la diferencia entre las emisiones posteriores y anteriores de una demanda adicional de energía a esa demanda adicional de energía. La primera tiene la ventaja de ser consistente en el largo plazo y de que cumple el principio de que el todo debe ser igual a la suma de las partes. La segunda permite observar el efecto "antes y después" de la introducción del minado de Bitcoin, pero no cumple este principio e introduce implícitamente una serie de juicios de valor insostenibles de ser aplicada en el largo plazo. Entre ellos, esta segunda forma de contabilidad asigna a los consumidores más antiguos de energía mayor legitimidad que los consumidores más nuevos. Generalmente, los artículos críticos del consumo de energía de Bitcoin asumen, sin admitirlo explícitamente, una perspectiva marginalista, razón por la cual debe mantenerse cierto escepticismo ante artículos sensacionalistas críticos del mismo.⁵²

En resumen, el impacto ambiental de Bitcoin, en términos de consumo de energía y huella de carbono de alcance 2, es un tema complejo y debatido, debiéndose evitar las afirmaciones simplistas y prohibicionistas. Existen diferentes metodologías y perspectivas para evaluar este impacto, lo que puede llevar a conclusiones divergentes. Sin embargo, es claro que la minería de Bitcoin presenta características únicas que la diferencian como comprador de energía y ofrece oportunidades de negocio en la convergencia de las industrias de energía y criptoactivos. Así, es más plausible, como se indicó antes, que el impacto de Bitcoin sea positivo para el medio ambiente, a que sea negativo, gracias a la creciente eficiencia de la actividad minera y el uso de fuentes de energía renovable.

Más allá del consumo de energía absoluto de Bitcoin, su impacto climático depende de dos factores: la cantidad de electricidad generada a partir de fuentes intensivas en carbono que consume, y la cantidad de fuentes intensivas en carbono que lleva a reemplazar con fuentes bajas en carbono. Este último factor es un producto de la especial complementariedad de Bitcoin con las energías renovables variables.

Las energías renovables variables presentan algunos problemas fundamentales. Concretamente, se

encuentran problemas de intermitencia en la generación de energía y de imposibilidad de adaptar la oferta de energía a la demanda de energía. En este contexto, se añade la insuficiencia de las opciones de almacenamiento de energía. Si bien el almacenamiento puede mitigar la intermitencia y los desequilibrios en la generación, las tecnologías existentes aún presentan limitaciones en términos de capacidad, costo y eficiencia.

Además, la expansión de la capacidad de generación de energía renovable también enfrenta obstáculos debido a su costo asociado. Aunque los precios de las tecnologías renovables han disminuido en los últimos años, el proceso de expansión a gran escala aún puede resultar costoso y requerir inversiones significativas. Adicionalmente, a medida en que aumenta la contribución de las energías renovables variables a la red energética, mayores son la cantidad y duración de eventos de precios negativos, reduciendo mayormente su rentabilidad. A ello se agrega la volatilidad de los precios, tanto en la generación de energía como en los mercados energéticos. La variabilidad en los precios puede afectar la rentabilidad de los proyectos renovables y dificultar la planificación a largo plazo.

Para abordar estos desafíos, se requiere una mayor resiliencia de la red eléctrica, así como soluciones técnicas y regulatorias para optimizar la transmisión y evitar la congestión en los nodos de conexión. Además, se deben explorar opciones de almacenamiento de energía más eficientes y rentables, así como expansiones de capacidad que puedan adaptarse a las fluctuaciones en la generación de energía renovable. Es fundamental superar estos desafíos para lograr una transición exitosa hacia un sistema energético más sostenible y confiable.

En este contexto, la minería de Bitcoin presenta características únicas que la diferencian como comprador de energía y que pueden coadyuvar a superar los desafíos indicados. Los mineros de Bitcoin tienen flexibilidad de carga, lo que les permite activarse o desactivarse rápidamente y con costos mínimos. También son interrumpibles, lo que significa que pueden cambiar su salida inmediatamente sin perder el trabajo realizado. Además, la minería de Bitcoin es portátil y móvil, ya que no requiere inversiones significativas en activos fijos y el equipo es fácilmente transportable.

⁵² Juan Ignacio Ibañez, Alexander Freier, "Don't Trust, Verify: Towards a Framework for the Greening of Bitcoin" (May 2, 2023). <https://ssrn.com/abstract=4436607> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4436607>

Esta movilidad les permite adaptarse a diferentes condiciones geográficas y climáticas.

La sensibilidad al precio es otra característica destacada de la minería de Bitcoin. Los mineros son altamente reactivos a los cambios en los precios de la energía debido a sus bajos costos operativos y la alta proporción de sus ingresos dedicados a la electricidad. Además, la industria minera de Bitcoin es escalable y puede adaptarse a diferentes escalas de operación, desde pequeñas operaciones en el hogar hasta grandes instalaciones industriales. La granularidad en el consumo de energía también es una ventaja, ya que los mineros pueden ajustar con precisión sus niveles de consumo, lo que les permite ser participantes flexibles en el mercado energético.

Es importante destacar que la minería de Bitcoin no compite directamente con otros consumidores de energía, ya que puede aprovechar energía ya generada y utilizar emisiones que de todos modos se habrían producido. Esto implica que el consumo de energía de la minería no necesariamente aumenta la generación de energía o las emisiones, lo que puede ser beneficioso desde el punto de vista ambiental.

En términos de modelos de negocio, la minería de Bitcoin ofrece diversas oportunidades en la intersección de las industrias de energía y criptoactivos. Algunos modelos incluyen la minería como demanda primaria, y otros la de último recurso. En ambos casos, los mineros pueden pagar más por la energía que lo que obtendrían los generadores de venderla a la red, lo que aumenta rentabilidad de la instalación de nuevas plantas de energía, y por ende las fomenta. Además, la disponibilidad de los mineros de Bitcoin, su capacidad para proporcionar una carga estable a largo plazo y su adaptabilidad a diferentes escalas hacen que sean atractivos para los vendedores de energía.

Por todas las facilidades antedichas, está creciendo el minado de Bitcoin con energías renovables, y específicamente con energías renovables variables. A medida en que aumenta la penetración renovable en las redes energéticas, los problemas de financiamiento, desbalances oferta-demanda y congestión de nodos, empeoran, implicando que existe una tendencia a una

utilidad cada vez mayor del minado de Bitcoin en estos contextos. En paralelo, a medida en que el Bitcoin gana más adopción, se estabiliza su precio y se "comodifica" y abarata la producción de infraestructura de minado. Esto resulta en menores márgenes de ganancia para los mineros, lo cual aumenta su necesidad de contar con fuentes de energía baratas, exacerbando así la complementariedad entre el minado y las energías renovables variables con instancias de precios negativos. Por añadidura, todo esto toma aún mayor color con los episodios de "halvings" antedichos, que reducen las ganancias de los mineros y acentúan aún más esta complementariedad.⁵³

Dado que el minado de Bitcoin aumenta la rentabilidad de la generación renovable, particularmente de la generación renovable variable como la energía solar y la energía eólica, estimula su penetración. A mayor rentabilidad de una actividad, más emprendimiento de dicha actividad. Una mayor generación de energía renovable implica una mayor generación de energía absoluta, lo cual abarata los costos de la energía para el consumidor. El abaratamiento de los costos de la energía implica una reducción de los márgenes de ganancia para los generadores de energía en general. Por ende, a medida que se mine más Bitcoin, es probable que haya una mayor penetración de energías renovables, y que simultáneamente esto *expulse* a generadores no renovables fuera del mercado por su menor rentabilidad. Así, el minado de Bitcoin puede tener un efecto descarbonizador a pesar de tener un alto consumo energético, porque por su efecto se reemplazan fuentes de energía no renovables con fuentes de energía renovables. Esto ya está ocurriendo en la actualidad, existiendo regiones en la que el minado de Bitcoin está reduciendo los precios para los consumidores finales de energía, así como bajando las emisiones totales de la red.⁵⁴

El minado de Bitcoin ofrece una segunda vía de descarbonización: el minado con gas metano. La ventilación y el quemado de antorcha de gas metano implican una gran contribución al cambio climático, puesto que el gas metano tiene un forzamiento radiativo mucho mayor al dióxido de carbono. Los vertederos de basura son una fuente de gas metano, y también lo son los

⁵³ Juan Ignacio Ibañez, Alexander Freier, "Bitcoin's Carbon Footprint Revisited: Proof of Work Mining for Renewable Energy Expansion", (8 Agosto, 2023). Challenges, 14(3), 35 Disponible en: <https://doi.org/10.3390/challe14030035/3/35>

⁵⁴ Xinyi Luo, "Bitcoin Miners Offered Way to Cut Texas Electricity Usage to Help the Grid," Coindesk, 6 de diciembre 2022, <https://www.coindesk.com/business/2022/12/06/texas-bitcoin-miners-are-offered-to-cut-electricity-usage-to-help-the-grid/>, 19 de octubre 2023.

sitios de extracción de petróleo. En ambos casos, se libera metano a la atmósfera directamente (ventilación) o indirectamente (el metano es quemado en antorcha, pero la combustión es de baja eficiencia y una gran cantidad de metano es igualmente liberada).

Siendo el minado de Bitcoin una industria "hambrienta" de energía, que busca energía de precio cero o precio negativo (muchas empresas están dispuestas a pagar para que alguien consuma el gas metano en cuestión para reducir su impacto ambiental y los créditos de carbono o descrédito público que deben afrontar) y que es altamente agnóstico en lo geográfico, los mineros de Bitcoin pueden consumir este gas metano. Los esquemas de minado modular de Bitcoin utilizan modos de combustión de altísima eficiencia, en grado mucho mayor al quemado en antorcha, asegurando que casi la totalidad de las emisiones de gas metano es utilizada y reconvertida en emisiones de dióxido de carbono, de mucho menor forzamiento radiativo. Así, el minado de Bitcoin reemplaza emisiones de mayor potencial de calentamiento global por emisiones de menor potencial de calentamiento global, o mayores emisiones carbono-equivalentes por menores emisiones carbono-equivalentes. Esto es, otro efecto descarbonizador del minado de Bitcoin. Existe un creciente cuerpo de literatura apoyando estas afirmaciones.⁵⁵

Finalmente, debe notarse que la industria del Bitcoin es una industria excepcionalmente consciente de su

consumo energético, y excepcionalmente innovadora en el desarrollo de esquemas de mitigación de impacto ambiental, muy por encima de las demás industrias. En este contexto, los diversos actores de la industria del Bitcoin han desarrollado múltiples iniciativas para favorecer y estimular el minado "verde" aún más allá de las ya fuertes tendencias de la industria hacia el uso de energías renovables. Empresas y emprendedores en la industria del Bitcoin son sensibles a las demandas de la sociedad por una mayor descarbonización, por lo cual se han elaborado certificados de Bitcoin verde y esquemas de co-inversión de Bitcoin con minado renovable que aseguran un efecto carbono-negativo de la inversión en Bitcoin, garantizando un efecto medioambiental positivo.⁵⁶

En resumen, las críticas al consumo energético de Bitcoin tienden a provenir de malentendidos de su impacto ambiental. La minería de Bitcoin puede desempeñar un papel importante en la transición global hacia la energía renovable y contribuir a la descarbonización de la energía. Su flexibilidad de carga, capacidad de adaptación, y la creciente tendencia hacia el uso de energías renovables para el minado de Bitcoin son factores clave en este proceso. A medida que la sociedad continúa exigiendo una mayor conciencia ambiental, es probable que veamos aún más innovación y por parte de la industria del Bitcoin para no solamente minimizar su huella de carbono, sino descarbonizar a otras industrias⁵⁷.

⁵⁵ J. Vázquez, DL. Crumpley. "Flared Gas puede reducir algunos riesgos en la criptominería, así como en las operaciones de petróleo y gas." Riesgos 2022, 10, 127. <https://doi.org/10.3390/risks10060127>

⁵⁶ Juan Ignacio Ibañez, Alexander Freier, "Don't Trust, Verify: Towards a Framework for the Greening of Bitcoin" (May 2, 2023). <https://ssrn.com/abstract=4436607> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4436607>

⁵⁷ En sentido análogo se pronuncia el informe de KPMG titulado "Bitcoin's role in the ESG imperative", elaborado por Brian Consolvo y Kirk Caron, "Bitcoin's role in the ESG imperative," KPMG, <https://advisory.kpmg.us/articles/2023/bitcoin-role-esg-imperative.html>, 19 de octubre 2023.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

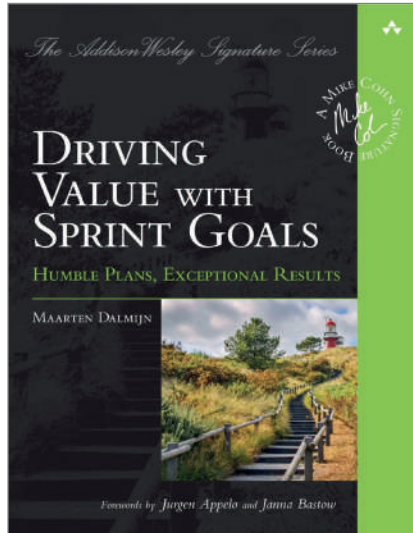
- Back, A. (2002). *Hashcash: A Denial of Service Counter-Measure*. Cambridge. <http://www.hashcash.org/papers/hashcash.pdf>
- Banco de España. (2022). *Comunicado conjunto del Banco de España, la CNMV y la DG de Seguros sobre la advertencia de los reguladores financieros europeos en relación con los riesgos de los criptoactivos*. https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/NotasInformativas/22/presbe2022_19.pdf
- Bit2Me Academy. (2023). *Página sobre BIP en Bit2Me Academy*. <https://academy.bit2me.com/que-es-bip-bitcoin/>
- Bitcointalk. (2008). *Topic: Bitcoin source from November 2008*. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=382374.0>
- Bitcointalk. (2010). *Topic: More Bitcoin logos, buttons, and also some other graphics*. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=1631>
- Bitcointalk. (2023). *Topic: More Bitcoin logos, buttons, and also some other graphics*. <https://web.archive.org/web/20130912111647/https://bitcointalk.org/index.php?topic=1631>
- Bitcointalk. (2023). *Topic: v0.1*. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=68121.0>
- Bitnodes. (2023). *Sitio web de Bitnodes*. <https://bitnodes.io/>
- Blockchain.com. (2023). *Gráficos del hashrate*. <https://www.blockchain.com/explorer/charts/hash-rate>
- Boletín Oficial del Estado. (Enero, 2022). No. 14. Pp. 4106-4116. <https://www.boe.es/eli/es/cir/2022/01/10/1>
- Carter, Nic. y Stevens, Ross. (2021). *Bitcoin Net Zero*. Tech. Rep. NYDIG. <https://nydig.com/bitcoin-net-zero>
- Comisión Nacional del Mercado de Valores. (2023). *Comunicado conjunto de la CNMV y del Banco de España sobre el riesgo de las criptomonedas como inversión*. <https://www.cnmv.es/Portal/verDoc.axd?t=%7Be14ce903-5161-4316-a480-eb1916b85084%7D>
- Consolvo, B. y Caron, K. (2023). *Bitcoin's role in the ESG imperative*. KPMG. <https://advisory.kpmg.us/articles/2023/bitcoin-role-esg-imperative.html>
- Dinero Sin Reglas. (s.f.). *Línea del tiempo de Bitcoin*. <https://dinerosinreglas.com/linea-del-tiempo-de-bitcoin/>
- Fragmento de la página web. (s.f.) <https://archive.is/rMBtV#selection-65.90-65.119>
<https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/09/08/fact-sheet-climate-and-energy-implications-of-crypto-assets-in-the-united-states/>
- Hughes, E. (1993). *A Cypherpunk's Manifesto*. <https://www.activism.net/cypherpunk/manifesto.html>
- Ibañez, J.I. y Freier, A. (2023). *Bitcoin's Carbon Footprint Revisited: Proof of Work Mining for Renewable Energy Expansion. Challenges*, 14(3), 35. <https://doi.org/10.3390/challe14030035/3/35>
- Ibañez, J.I. y Freier, A. (2023). *Don't Trust, Verify: Towards a Framework for the Greening of Bitcoin*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4436607>
- Lopp, J. (2023). *How is the 21 Million Bitcoin Cap Defined and Enforced?" Blog de Jameson Lopp*. <https://blog.lopp.net/how-is-the-21-million-bitcoin-cap-defined-and-enforced/>
- Lopp, J. (2023). *¿Cómo podrán existir 21 millones de Bitcoins? Jameson Lopp lo explica*. CriptoNoticias. <https://www.cryptonoticias.com/tecnologia/como-podran-existir-21-millones-bitcoins-jameson-lopp-explica/>
- Luo, Xinyi. (2022). *Bitcoin Miners Offered Way to Cut Texas Electricity Usage to Help the Grid*. Coindesk. <https://www.coindesk.com/business/2022/12/06/texas-bitcoin-miners-are-offered-to-cut-electricity-usage-to-help-the-grid/>
- Maestre, J. (2023). *Tobesecurityornottobe. That's the question*. <https://maestreabogados.com/to-be-security-or-not-to-be-thats-the-question/>
- Mempool Space. (s.f.). *Bloque en Mempool Space*. <https://mempool.space/es/block/00000000019d6689c085ae165831e934ff763ae46a2a6c172b3f1b60a8ce26f>
- Metzdowd Cryptography Mailing List. (2008). *Mensaje de la lista de correo de criptografía de octubre de 2008*. <https://www.metzdowd.com/pipermail/cryptography/2008-October/014810.html>
- Nakamoto, S. (s.f.). *Bitcoin: Un sistema de efectivo electrónico peer-to-peer*. Bitcoin.org. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- New Liberty Standard. (2009). *2009 Exchange Rate*. <https://web.archive.org/web/20131102222638/http://www.newlibertystandard.wikifoundry.com/page/2009+Exchange+Rate>
- OSTP. (2022). *Climate and energy implications of crypto-assets in the United States*. Tech. rep. White House Office of Science and Technology Policy.
- Proyecto Bitcoin en SourceForge. (s.f.). *SourceForge*. <https://sourceforge.net/projects/bitcoin/>

- Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>
- Roarty, D. y Wheeler, D. (s.f.). *Huellas de carbono positivas: un marco climático favorable para inversores en renta variable*. AllianceBernstein. <https://www.alliancebernstein.com/library/huellas-de-carbono-positivas-un-marco-climatico-favorable-para-inversores-en-renta-variable.htm>
- Sidhu, R. (s.f.). *Exploring Bitcoin's History*. Medium. <https://medium.com/coinmonks/exploring-bitcoins-history-ecbf1c59952c>
- Vázquez, J. y Crumbley, DL. (2022). Flared Gas puede reducir algunos riesgos en la criptomonería, así como en las operaciones de petróleo y gas. *Riesgos*, 10: 127. <https://doi.org/10.3390/risks10060127>
- Vila-Viñas, D. (2020). *Derecho a la ciencia. Libertad de investigación, acceso, participación y promoción de la ciencia en el ordenamiento español*. <https://e-revistas.uc3m.es/index.php/DYL/article/download/6110/4479/>
- Visual Capitalist. (s.f.). *Mapa de bifurcaciones importantes de Bitcoin*. <https://www.visualcapitalist.com/major-bitcoin-forks-subway-map>



RESEÑAS DE LIBROS

Mario Agüero Obando



“Driving value with Sprint Goals” por Maarten Dalmijn

Un refrescante recordatorio de los fundamentos empíricos de Scrum y de las razones por las que los planes pueden fallar

El espíritu original de Scrum no era cambiar las unidades de tiempo en diagramas de Gantt de días a "Sprints". Ni mucho menos medir productividad por la "velocidad". Tampoco pretendió garantizar sin duda la entrega de funcionalidades completas a tiempo. El sentido original de este marco de trabajo (que no es metodología), o de la agilidad, siempre fue otro.

La complejidad de los sistemas de información es enorme. Y cuanto más complejo (en requerimientos funcionales o de rendimiento) el producto, más difícil entender todas sus partes y las interacciones de las mismas. Y todo cambia con el tiempo. Por distintas personas que van y vienen. Y el entorno cambia. O como dijo alguien: "El Cambio, cambió".

El libro de Dalmijn es un recordatorio de la complejidad a lo que nos enfrentamos: gigantescas bases de código, comunicación compleja (muchas veces mas

complicada por la burocracia), requerimientos y necesidades que vienen desde el cliente pasando por cadenas de comunicación donde se termina haciendo "teléfonos chochos" y los mensajes o sentidos se pierden. Y todo eso era lo que pretendía ayudar a enmendar Scrum; y en general, la agilidad. Porque esencialmente Scrum nunca pretendió ser la respuesta, sino el camino para implementar nuestra respuesta.

Escrito con una prosa clara y con ideas muy bien expuestas, el autor nos lleva de vuelta a todos esos fundamentos e ideas que deberíamos tener más presentes. Y nos recuerda cómo las organizaciones de desarrollo de *software* (y posiblemente cualquiera que desarrolle un producto de cualquier índole hoy) capaces de experimentar, aprender de sus errores y mantenerse alineadas en implementar lo que se necesita y da valor al cliente pueden lograr más, tratando de abarcar menos.

Así queda planteada la idea de hacer "planes humildes" donde al abarcar o enforcarnos en lo realmente necesario se tiene más libertad, enfoque y menos ruido. Hay menos desperdicio de esfuerzos y planeaciones innecesarias. Y hasta es más fácil alinearse con la misión o "North Star" de la organización.

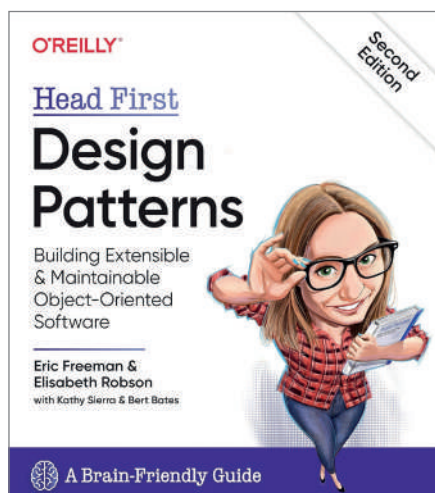
Al trabajar y priorizar por objetivos y no por funcionalidades específicas: todo se vuelve más fácil. Y de pronto los desarrolladores saben por qué aportan valor y por qué hacen lo que hacen más allá de simplemente cumplir con una tarea o tiquete asignado porque le tocó en el sprint. Y de paso, el autor constantemente nos recuerda todas las "lagunas" o "vacíos" de conocimiento que siempre enfrentaremos. Mismos "gaps" que arruinan nuestros perfectos(?) planes. Y que no se corrigen haciendo más planes. Es como insistir en tapar un hueco en el camino sacando tierra de alrededor de él para hacer más huecos.

En fin, este libro es una lectura más que recomendada y que debería llevarnos a la reflexión. Nos lleva a cuestionarnos muchas prácticas y metodologías

Mario Agüero es desarrollador de software con amplia experiencia en la industria. Ha trabajado en proyectos de industria de apuestas deportivas, marketing digital, finanzas e integración de servicios. Con experiencia en .NET, PHP, Javascript y, sobre todo, en desarrollo empresarial con Java, posee amplia experiencia impartiendo capacitaciones en múltiples tecnologías. También ha colaborado en procesos de implementación de métodos ágiles en varias organizaciones.

extendidas hoy. Y ojalá nos lleve a todos a proponer e implementar mejoras.

Realmente, un libro imprescindible.



"Head First Design Patterns" por Eric Freeman y Elisabeth Robson

Un libro diferente, de una serie de libros diferente.

En los últimos años se han incrementado bastante los esfuerzos por presentar la información y los datos de formas más atractivas a la gente que desea aprender. La neurociencia ha descubierto muchas cosas importantes respecto a neuroplasticidad, motivación o capacidad de enfoque (solo por citar algunas cosas).

En ese sentido la editorial O'Reilly desde 2003 empezó con una serie de libros que por medio de visualización, "story telling" y ejercicios no tradicionales como crucigramas, acertijos y hasta canciones, pretendía hacer el conocimiento más accesible y la experiencia educativa más memorable. Esa serie es la "Head First" y hoy no solo incluye temas de TI, sino hasta matemática, estadística y Excel.

En ese sentido el libro de Freeman y Robson pues tiene todas las particularidades propias de la serie. Pero no es solo una experiencia digamos lúdica. Realmente desentraña los fundamentos y motivaciones detrás de los patrones de diseño. Pero ojo: no cubre la lista canónica del memorable "Gang of Four", pero si es más accesible y menos críptico (amén de que no está escrito en un lenguaje tan poco conocido hoy como *Smalltalk*).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Dalmijn, M. (2023). *Driving Value with Sprint Goals: Humble Plans, Exceptional Results*. Addison-Wesley Professional.

Los ejemplos son innovadores y en su desarrollo muestran las ventajas y compromisos asumidos al usar cada patrón. No es un falso evangelismo optimista y pretencioso pregonando que conocerlos y usarlos es garantía de éxito, *software* sin fallas y que el mantenimiento será fácil. En medio de todas las actividades y recursos visuales hay sustancia. Y de la buena.

Sin duda es una introducción más efectiva a este tema que muchos otros libros. De hecho, es de mis libros preferidos de toda la vida. Siempre renuevo las ediciones. Y no pasa de nada. Como se dijo en el título que inspiró la idea original de los patrones de diseño estamos ante una "timeless way of building".

Este libro aparte de proporcionar conocimiento sólido y ser extremadamente aprovechable debería inspirar a crear más y mejores materiales impresos para la educación. Más allá del éxito de la transmisión de información que se ha logrado en esta serie, el ejemplo de los libros y su estilo debería ser imitado. Se puede hacer material entretenido sin perder seriedad y profundidad.

En medio de toda la parafernalia de este libro y su efectiva impronta del mensaje en la mente del lector sin duda es fácil olvidar dar el debido mérito a sus autores. Cada concepto es perfectamente explicado. No se escatima en reforzar cada detalle y los diagramas que muestran el flujo de interacción entre los participantes de cada patrón son totalmente esclarecedores. El resumen y síntesis conseguido es notable y muy bien logrado.

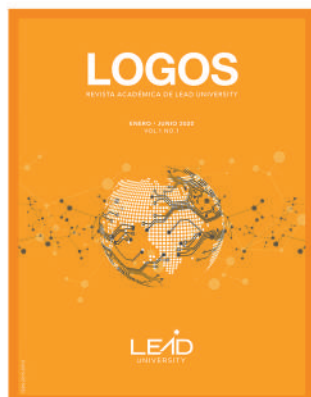
Resumiendo, este texto puede tanto ser libro de referencia de un curso como un ayudante casual desde el estante. Siempre engalanará con sus explicaciones, y ojalá nos inspire a ser tan efectivos transmitiendo el conocimiento como él mismo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Freeman, E. y Robson, E. (2021). *Head First Design Patterns: Building Extensible and Maintainable Object-Oriented Software*. (2 ed.). O'Reilly Media.

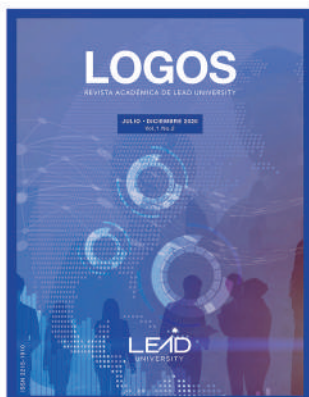
REVISTA ACADÉMICA LOGOS

Primera revista académica cosechada a nivel nacional e internacional en el repositorio de acceso abierto Kimuk.



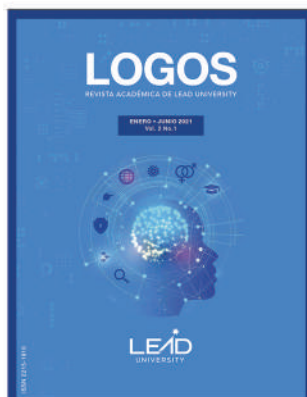
VOL. 1 NO. 1

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



VOL. 1 No. 2

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



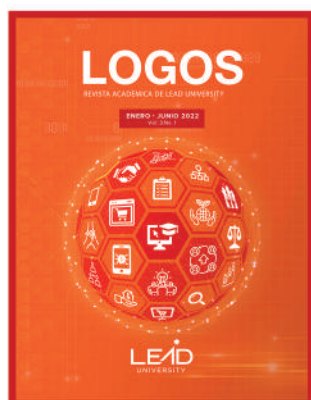
VOL. 2 No. 1

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



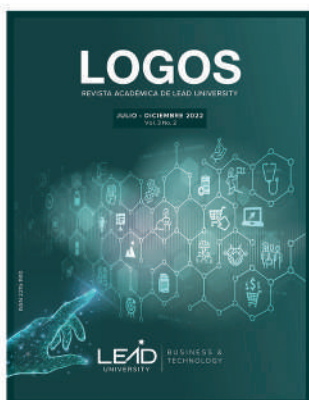
VOL. 2 No. 2

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



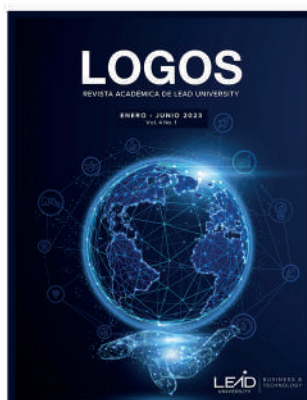
VOL. 3 NO. 1

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



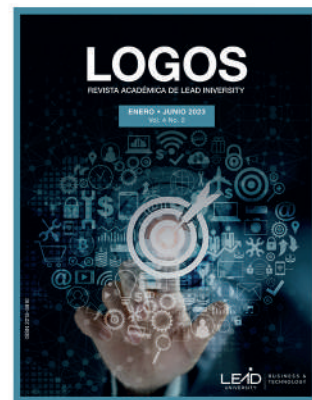
VOL. 3 No. 2

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



VOL. 4 No. 1

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista



VOL. 4 No. 2

Lea el código QR con la cámara de su smartphone para acceder a la revista

DEBATES DE POLÍTICA PÚBLICA



**SERIE DEBATES
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 1**



*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

PROPUESTA PARA UNA MEJOR REGULACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN COSTA RICA

Uri Weinstok



**SERIE DEBATES
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 2**



*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

EFFECTOS Y DEFECTOS DE LA REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS EN COSTA RICA. NUEVOS DESAFÍOS ANTE NUEVOS PARADIGMAS

Dennis Meléndez Howell, Marlon Yong Chacón, José Eduardo Angulo Aguilar



**SERIE DEBATES
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 3**



*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

¿ES NECESARIA UNA INTERVENCIÓN EN EL MERCADO DE MEDICAMENTOS DE COSTA RICA?

Diego Petrecolla, Uri Weinstok

COMPENDIOS DE POLÍTICA PÚBLICA



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**ACCIONES DE POLÍTICA PÚBLICA
PARA LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA
POST COVID-19**



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA POST INGRESO
DE COSTA RICA A LA ORGANIZACIÓN PARA LA
COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE)**



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 3**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA
SOBRE LA FACILITACIÓN DE COMERCIO**



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 4**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA.
DESAFÍOS COSTA RICA DIGITAL 2021**



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 5**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA. LA RECONFIGURACIÓN
DE LAS CADENAS DE VALOR: EL PAPEL Y LAS
IMPLICACIONES DEL NEARSHORING PARA LA REGIÓN**



**COMPENDIO
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 6**

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA.
COSTA RICA: UN AÑO DESPUÉS
DE SU INCORPORACIÓN A LA OCDE**

COMPENDIOS DE POLÍTICA PÚBLICA



COMPENDIO DE POLÍTICA PÚBLICA No. 7

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA
EL MERCADO DEL ARROZ: REGULACIÓN ACTUAL
Y ACCIONES PARA SU APERTURA**



COMPENDIO DE POLÍTICA PÚBLICA No. 8

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA
BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES
DE LA ATRACCIÓN DE NÓMADAS DIGITALES**



COMPENDIO DE POLÍTICA PÚBLICA No. 9

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA
¿QUÉ SE ESPERA SOBRE LA EVOLUCIÓN
DEL TIPO DE CAMBIO?**

INVESTIGACIONES



SERIE INVESTIGACIONES No. 1

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**COSTA RICA: UN PROCESO DE APERTURA INCONCLUSO.
ANÁLISIS DE ECONOMÍA POLÍTICA DE LA APERTURA
COMERCIAL Y EPISODIOS REVELADORES**

Ricardo Monge González, Luis Rivera Valerio



SERIE INVESTIGACIONES No. 2

*Lea el código QR con la cámara de su
smartphone para acceder a la revista*

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:
ALINEAMIENTOS Y AVANCE DE EMPRESAS
CON PRESENCIA EN COSTA RICA**

Roxana Viquez S., Irene Viquez S.



ENERO • JUNIO 2024
Vol. 5 No. 1