

# IMPACTOS DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LOS MERCADOS CAPITALES

Juan Pablo Tenorio<sup>1</sup>

Sebastián Villarreal<sup>2</sup>

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal mostrar el impacto generado por la Cuarta Revolución Industrial en los mercados de capitales y su relación con las tecnologías Fintech, basado en una metodología de revisión bibliográfica en bases de datos de revistas científicas, utilizando palabras clave como: Industrias 4.0, mercados de capitales, banca digital, sistema financiero, globalización, entre los más destacados. Este análisis permitió examinar cómo la digitalización y la automatización han reconfigurado la operación de los mercados financieros, posibilitando transacciones en tiempo real, reducción de costos y democratización de la inversión. La irrupción de las fintech ha ampliado la disponibilidad de inversión para diversos perfiles de inversores, facilitando la inversión fraccionada y el acceso a información actualizada. Asimismo, se analiza la evolución de los mercados antes y después de esta revolución, destacando el cambio desde la intermediación tradicional hacia un entorno más inclusivo y globalizado. También se abordan los desafíos regulatorios y se subraya la importancia de la ciberseguridad en este contexto.

---

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de finanzas y negocios internacionales, línea de investigación \*\*\*\* - grupo a que se vincula el TG \*\*\*, Universidad \*\*\*\*\*

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de finanzas y negocios internacionales, línea de investigación \*\*\*\* - grupo a que se vincula el TG \*\*\*, Universidad \*\*\*\*\*

**Palabras clave:** Cuarta revolución industrial, mercados capitales, Fintech, finanzas, tecnologías.

### **Abstract**

The main objective of this research is to show the impact generated by the Fourth Industrial Revolution on capital markets and its relationship with Fintech technologies, based on a bibliographic review methodology in databases of scientific journals, using keywords such as: Industries 4.0, capital markets, digital banking, financial system, globalization, among the most notable. This analysis allowed us to examine how digitalization and automation have reconfigured the operation of financial markets, enabling real-time transactions, cost reduction, and democratization of investment. The emergence of fintech has expanded the availability of investment for various investor profiles, facilitating fractional investment and access to updated information. Likewise, the evolution of the markets before and after this revolution is analyzed, highlighting the change from traditional intermediation towards a more inclusive and globalized environment. Regulatory challenges are also addressed and the importance of cybersecurity in this context is underlined.

**Keywords:** Fourth Industrial Revolution, capital markets, Fintech, finance, technologies.

### **Introducción**

Iniciemos mencionando que la Cuarta Revolución Industrial se caracteriza por ser era en la cual se logran combinar lo mecánico con lo humano, trayendo consigo conceptos como la Inteligencia Artificial, el Machine Learning, el aprendizaje automático, la nanotecnología, entre las principales. Estos conceptos combinan aspectos propios del ser

humano como el funcionamiento del cerebro, el lenguaje natural y el aprendizaje por refuerzo, lo cual combinado con tecnologías de amplio alcance, mejorando sustancialmente la capacidad de procesamiento, almacenamiento y generación de información.

Si bien es cierto, la Industria 4.0, es un concepto reciente, sus inicios se remontan propiamente hasta el año 2016, “Cuarta Revolución Industrial”, que siguiendo el informe de (Perasso, 2016) “Esta Marcada por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, anticipan que cambiará el mundo tal como lo conocemos”, y agrega la autora que los avances de esta nueva tecnología se basan en los sistemas generados en la revolución anterior, pero incorporando mejoras en procesos que requerían grandes cantidades de recursos y tiempos prolongados para su realización

La Cuarta Revolución Industrial, se caracteriza por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, ha transformado profundamente diversos aspectos de la sociedad y la economía. Uno de los ámbitos más impactados por esta revolución es el sector financiero y, en particular, los mercados de capitales. La Cuarta Revolución Industrial ha influido en la naturaleza y el funcionamiento de los mercados de capitales, y cómo los inversores y las instituciones financieras están adaptándose a estos cambios (Maya, 2019). La irrupción de nuevas tecnologías como por ejemplo lo que sucede con la inteligencia artificial y los modelos de aprendizaje no supervisado representan una transformación sustancial no solo dentro del mercado de capitales, sino con el funcionamiento global del sistema financiero, y la entrada de nuevos actores, con un componente tecnológico y digital muy marcado, convirtiéndose en nuevas alternativas para inversores, empresas y personas del común.

Debido a la indiscutible relevancia de esta revolución tecnológica en la economía global y en la misma sintonía adjuntado la Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por la digitalización, la automatización y la inteligencia artificial, ha transformado radicalmente la forma en que las empresas operan en todo el mundo. Por otro lado, su influencia en los

mercados de capitales es innegable, dado que estos actúan como barómetro de la salud económica y se ven fuertemente afectados por los cambios tecnológicos.

En la misma sintonía, esta investigación es esencial para proporcionar una comprensión profunda de cómo las tecnologías emergentes afectan la inversión, el riesgo y la toma de decisiones en los mercados de capitales. Por consiguiente, brinda a inversionistas, gestores de fondos y analistas financieros la información necesaria para ajustar sus estrategias y tomar decisiones fundamentadas en un entorno en constante cambio.

Ya conocemos el origen y alcance que esta generando y va a generar la Industria 4.0 y todos los procesos que van detrás de esta revolución, sin embargo, en la presente investigación, buscaremos analizar el caso concreto del mercado de capitales, fundamentalmente a través de una revisión bibliográfica del tema en sí, buscando identificar que factores estructurales están cambiando, como lo están llevando a cabo los principales grupos de interés, así mismo describir cual es el papel de los nuevos actores que poco a poco están tomando mayor protagonismo en el sector financiero tradicional, pero con un componente tecnológico y digital significativo. Por ultimo se busca mostrar que tipo de actividades o procesos dentro del propio mercado están cambiando mas significativamente con la llegada de las nuevas tecnologías de la I4.0.

### **Materiales y métodos**

La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque descriptivo y exploratorio para analizar en detalle cómo las tecnologías 4.0 transformaron los mercados de capitales, al mismo tiempo que se buscó descubrir patrones emergentes y nuevas tendencias en esta área. Para lograr este objetivo, se utilizó como método principal el rastreo bibliográfico, que consistió en la recopilación y análisis de trabajos académicos, artículos científicos, informes de organismos financieros y otras fuentes relevantes.

Bajo esta técnica permite que el investigador conozca mas a fondo, los diferentes puntos de vista con los cuales se aborda la temática en sí, teniendo en cuenta, la disponibilidad de informacion, así como el mejoramiento de las técnicas, y procedimiento de análisis que actualmente existen, de tal forma que se pueda llevar todo esa experiencia investigativa hacia un enfoque mas practica bajo el mejoramiento continuo de las nuevas técnicas de análisis, en este caso el uso de las nuevas tecnologías de la I 4.0, aplicada a un conocimiento mas profundo de los mercados de capitales a nivel global.

Diversas fuentes y técnicas de recolección de datos se emplearon en este proceso. Se llevaron a cabo búsquedas exhaustivas en Bases de Datos Académicas, tales como PubMed, IEEE Xplore, Scopus y Google Scholar, con el fin de identificar investigaciones clave relacionadas con el tema. Además, se recopilaron informes y análisis de Sitios Web de Instituciones Financieras, como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, que abordan los cambios en los mercados de capitales debido a las tecnologías 4.0. También, se revisaron Revistas Especializadas en finanzas, economía y tecnología para identificar investigaciones recientes sobre el impacto de la Cuarta Revolución Industrial en los mercados financieros. Finalmente, se consultó la literatura académica y técnica relevante sobre finanzas y tecnologías emergentes en Libros y Monografías.

Los criterios de inclusión para la selección de fuentes se basaron en varios aspectos importantes. Estas fuentes debían haber sido publicadas en los últimos 10 años para asegurar su relevancia actual, abordar directamente el impacto de la Cuarta Revolución Industrial en los mercados de capitales, y estar escritas en inglés o español para garantizar la comprensión y el análisis adecuados. Se excluyeron las fuentes que no cumplían con estos criterios de inclusión, así como aquellas que se centraban exclusivamente en otras áreas no relacionadas con los mercados de capitales o que no abordaban las tecnologías 4.0 en su análisis.

Una vez recopiladas las fuentes pertinentes, se llevó a cabo un análisis crítico para identificar tendencias, patrones y hallazgos comunes en relación con el impacto de la Cuarta Revolución Industrial en los mercados de capitales. Los resultados se organizaron en secciones temáticas para facilitar la presentación coherente de la información recopilada.

Es importante destacar que esta metodología tenía limitaciones, ya que se basaba en el rastreo bibliográfico y podía estar sujeta a limitaciones de disponibilidad de información y posibles sesgos inherentes en los trabajos seleccionados. Sin embargo, se realizó un esfuerzo por minimizar estas limitaciones al llevar a cabo una búsqueda exhaustiva y crítica de fuentes relevantes y confiables.

### **Desarrollo y discusión**

Los objetivos planteados para la investigación están relacionados entre sí y se centran en cómo la Cuarta Revolución Industrial, la digitalización y la tecnología fintech han afectado los mercados de capitales. Describir las transformaciones en la operación de los mercados de capitales debido a la digitalización y la automatización impulsadas por la Cuarta Revolución Industrial: Este objetivo se enfoca en proporcionar una visión general de cómo la digitalización y la automatización han remodelado los mercados de capitales. Describe cómo la Cuarta Revolución Industrial ha impulsado estos cambios, lo que incluye la aceleración de las transacciones, la distribución de información en tiempo real y la reducción de la latencia en las operaciones. Esto ha resultado en una mayor eficiencia y accesibilidad para los inversores. Para el segundo que es evaluar el surgimiento de tecnologías fintech y su influencia en la democratización del acceso a los mercados de capitales: Este objetivo se centra en la influencia de las tecnologías fintech en la apertura de los mercados de capitales a una audiencia más amplia. Las fintech han sido fundamentales para democratizar la inversión al ofrecer inversión fraccionada, reducción de costos y acceso a información en tiempo real. Esto ha permitido que los inversores minoristas participen en

los mercados de capitales, lo que antes estaba reservado principalmente para inversores institucionales.

Hablemos inicialmente de los principales objetivos de la Cuarta Revolución Industrial, sus alcances y proyecciones hacia futuro, para luego adentrarnos a analizar propiamente como han influido estas nuevas tecnologías en el mercado de capitales.

La optimización de muchos procesos de producción enarcados en la era de la Cuarta Revolución Industrial, generara cambios substanciales en la demanda de mano de obra. Se espera que muchos oficios, profesiones o actividades laborales desaparezcan en un lapso inferior a 10 años. De acuerdo con (Ayuso, 2016), se espera que antes de 2010 los procesos de robotización, impresión en 3D, nanotecnología, automatización e inteligencia artificial destruyan cerca de 20 millones de empleo, y que la nuevas actividades no sean suficientes para absorber la mano de obra desempleada, por lo que, aquellas personas que no tengan conocimiento en análisis de grandes volúmenes de datos, ingeniería, biotecnología y similares, no logren insertarse en el mercado laboral, lo que puede suponer el desmejoramiento de las condiciones de vida para un sector importante de personas con bajos niveles educativos.

Es claro que, a través de la inteligencia artificial y la robotización, los procesos de producción se aceleren de forma exponencial, mejorando la calidad y eficiencia en cada una de las etapas o ciclos del producto y en el caso de la prestación de servicios, lograr acortar los tiempos de respuesta en la atención al cliente, reducir las interrupciones del servicio, aumentar la rapidez de los canales de comunicación entre la empresa y el consumidor final, entre otras ventajas. Se estima que en Estados Unidos entre los años 1990 a 2007 el incremento unitario de un robot por cada 1000 empleados reducía la tasa de empleo entre un 0,18 a 0,34 puntos porcentuales y de un 0,25 al 0,5 la tasa salarial, dicha reducción era mayormente en actividades rutinarias y con niveles de cualificación media. (Gonzales Páramo, 2017)

Si bien, se ha evidenciado que en la sociedad actual se han reducido los niveles de pobreza, y pobreza extrema, las brechas de desigualdad entre ricos y pobres se hacen cada vez más amplias. En estos términos, dados los vertiginosos cambios de los procesos de producción, la mano de obra requerida para el desarrollo de las actividades que en mayor demanda, deben cumplir con una serie de habilidades técnicas y de comunicación que en promedio de la población de escasos recursos no cuenta, y dado que las políticas públicas de educación no han logrado llegar a toda la población que requiere mejorar sus niveles de cualificación, esto conduce a que este grupo poblacional se encuentre mayoritariamente en trabajos informales, o en empleos con condiciones laborales incumplen constitucionalmente con los derechos del trabajador.

Con todo lo dicho en esta sección, es claro que cada revolución trae consigo grandes transformaciones tecnológicas, generan cambios fundamentales en la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos con los demás. Es un nuevo capítulo en el desarrollo humano, el cual está habilitado por los avances tecnológicos proporcionales a los de la primera, segunda y tercera revolución industrial, y que está fusionando los mundos físico, digital y biológico en formas que crean tanto promesas como riesgos (Foro Económico Mundial, n.d.)

Comparar el desarrollo de actividades de los mercados capitales antes y después de la cuarta revolución industrial: Este objetivo busca establecer una comparación entre la situación de los mercados de capitales antes y después de la Cuarta Revolución Industrial. Antes de esta revolución, había intermediarios tradicionales, costos más altos y limitaciones geográficas. Después de la revolución, la digitalización y la tecnología fintech han transformado la intermediación financiera, reducido costos, eliminado barreras geográficas y democratizado la inversión.

En conjunto, estos objetivos destacan cómo la Cuarta Revolución Industrial ha sido el motor detrás de la transformación de los mercados de capitales y cómo las tecnologías fintech han desempeñado un papel importante en la democratización de la inversión. La

comparación entre el estado anterior y posterior a esta revolución ayuda a comprender la magnitud de los cambios y sus implicaciones en el mundo financiero actual.

Estas nuevas tecnologías han transformado profundamente los mercados de capitales, alterando su funcionamiento, su accesibilidad y sus desafíos regulatorios. Como resultado, los mercados se han vuelto más rápidos, eficientes y accesibles, pero también más complejos y susceptibles a la volatilidad. A medida que la tecnología continúa evolucionando, es imperativo que los inversores, las instituciones financieras y los reguladores colaboren para aprovechar al máximo las oportunidades de esta revolución y abordar sus implicaciones en el panorama financiero global. Todos estos procesos deben estar al alcance de los entes de control, por lo cual, por lo cual, la implementación de nuevos protocolos tecnológico y digitales en dichos mercados, no solo es necesario para brindarle información confiable y completa al inversor, sino también, mostrar parte de tranquilidad a terceros de que toda transacción sigue una trazabilidad transparente y cumpliendo los reglamentos nacionales e internacionales, dependiendo desde donde se estén realizando las operaciones centrales.(Moloney, 2023).

Por lo tanto, propicia un enfoque innovador y adaptativo en la industria financiera. Proporciona información vital para las instituciones financieras y las empresas de tecnología financiera (fintech) sobre cómo pueden aprovechar las oportunidades que presentan las tecnologías 4.0. Esta comprensión les permite ajustar sus estrategias y modelos de negocio para maximizar la eficiencia, la transparencia y la toma de decisiones en los mercados de capitales, manteniéndose a la vanguardia en un entorno en constante cambio.

Efectivamente, la digitalización ha revolucionado las operaciones en los mercados de capitales al permitir que estas se realicen en tiempo real. La información sobre los precios de los activos, órdenes de compra y venta, así como noticias relevantes se distribuye instantáneamente a inversores y operadores en todo el mundo. Esto ha generado un conjunto de transformaciones notables en la dinámica de los mercados financieros:

Además, la digitalización y la automatización han demostrado propiciar cambios profundos en la dinámica de los mercados financieros, alterando tanto la operación interna como las interacciones entre inversores, reguladores e instituciones financieras. Por este motivo, se ha convertido en un tema atractivo para diversos investigadores del campo. En este contexto, Ali & Dwivedi (2020) desarrollaron un artículo titulado "The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review" en el que argumentan que la convergencia de tecnologías disruptivas está remodelando los servicios financieros en su conjunto. Señalan que la digitalización y la automatización están llevando a una mayor eficiencia y transparencia en los mercados de capitales, permitiendo la reducción de costos, la democratización del acceso a la inversión y la descentralización de la información.

Por su parte, investigaciones como la de Pardo, (2019), Relacionando la automatización de las finanzas, profundizan en cómo los algoritmos y la automatización están impactando en la velocidad y la eficiencia de las transacciones en los mercados financieros. Esta aceleración en la ejecución de operaciones, aunque mejora la eficiencia, también plantea interrogantes sobre la estabilidad del mercado y la posible volatilidad en este nuevo entorno automatizado, siendo así como la estabilidad de los mercados es una preocupación central para los reguladores y los participantes en la industria financiera. La volatilidad excesiva puede erosionar la confianza de los inversores y socavar la integridad de los mercados. Por lo tanto, es esencial que se implementen controles y mecanismos de supervisión efectivos para mitigar los riesgos asociados con la aceleración en la ejecución de operaciones y para detectar y responder rápidamente ante eventos que puedan desencadenar perturbaciones

Otra perspectiva significativa proviene de Barberis y Thaler en su artículo "automatización de las finanzas: infraestructuras, ingenieros y creación de mercados electrónicos". Estos autores enfocan su investigación en cómo las fintech están transformando los servicios financieros y la interacción entre los inversores y las instituciones financieras. Destacan cómo plataformas como el crowdfunding y los robo-

advisors están alterando la relación tradicional entre los inversores y los asesores financieros, al tiempo que impulsan la inversión sostenible mediante nuevas formas de acceso a los mercados.

En línea con estas tendencias, Tapscott y Tapscott (2018) enfocan la atención en la tokenización de activos y su impacto en los mercados de capitales. Los autores exploran cómo la tecnología blockchain permite la división y el comercio de activos de manera más fraccionada, lo que lleva a una mayor liquidez y a una redefinición de cómo los inversores acceden y negocian activos financieros.

Una investigación llevada a cabo por Tao, et. al, (2021) en el artículo "robo advisors, algorithmic trading and investment management: wonders of fourth industrial revolution in financial markets", explora cómo los algoritmos y la automatización están cambiando la forma en que se negocian los activos en los mercados financieros. Los autores analizan cómo los algoritmos de trading de alta frecuencia han aumentado la liquidez del mercado, pero también han introducido preocupaciones sobre la estabilidad y la volatilidad.

La introducción de plataformas de trading algorítmico ha revolucionado la velocidad y la eficiencia de la ejecución de transacciones. Ahora, las operaciones que antes llevaban minutos o incluso horas se completan en cuestión de segundos. Si bien esto ha incrementado la liquidez y la capacidad de reacción, también ha suscitado cuestionamientos sobre la estabilidad y la volatilidad del mercado, especialmente en momentos de alta incertidumbre (Navia, et. al, 2020).

La tokenización de activos y su impacto en los mercados de capitales son el foco de investigación de Radziwill (2018), en "Revolución Blockchain: cómo la tecnología detrás de Bitcoin está cambiando el dinero, los negocios y el mundo". Los autores explican cómo la tecnología blockchain permite la fragmentación de la propiedad y la negociación de partes más pequeñas de activos, lo que aumenta la liquidez y expande el alcance de los inversores.

En "la tecnología financiera y el futuro de la banca" Broby, (2021), exploran cómo las tecnologías 4.0 están cambiando la estructura misma de las instituciones financieras.

Analizan cómo la digitalización y la automatización están permitiendo la aparición de nuevos modelos de negocios, como los bancos virtuales y las plataformas de préstamos peer-to-peer.

En " The future of finance: The impact of Fintech, AI, and crypto on financial services", Arslanian & Fischer (2019) examinan el papel de las Fintech, la inteligencia artificial y la criptografía en la transformación de los mercados de capitales. Destacan cómo las plataformas de crowdfunding y los robo-advisors están cambiando la relación entre los inversores y los asesores financieros tradicionales. También señalan que estas tecnologías están impulsando la inversión sostenible y responsable.

**Velocidad y Eficiencia:** La posibilidad de operar en tiempo real ha aumentado significativamente la velocidad y eficiencia de las transacciones. Los inversores pueden reaccionar rápidamente a las fluctuaciones de precios, lo que es especialmente crucial en mercados volátiles (Castells, 2019).

**Acceso Global:** La distribución instantánea de información ha democratizado el acceso a los mercados de capitales. Inversores de diferentes regiones geográficas pueden participar y tomar decisiones adecuadas en tiempo real.

**Reducción de la Latencia:** La latencia, es decir, el tiempo de demora en la ejecución de una orden, se ha reducido drásticamente. Esto es crítico en el trading de alta frecuencia, donde incluso fracciones de segundo pueden marcar la diferencia en los resultados (Lavarello, 2018).

**Mayor Transparencia:** La información en tiempo real ha mejorado la transparencia en los mercados. Los inversores tienen acceso inmediato a datos de precios y volúmenes de operaciones, lo que promueve una mayor competencia y toma de decisiones fundamentas.

**Automatización de Operaciones:** La velocidad de las operaciones en tiempo real ha facilitado la automatización de ciertas estrategias de trading. Los algoritmos pueden ejecutar

órdenes en cuestión de milisegundos, lo que impulsa el trading de alta frecuencia y la gestión de carteras basada en reglas predefinidas (Chang, Luo & Chen, 2019).

Nuevos Modelos de Negocio: La operación en tiempo real ha dado lugar a nuevos modelos de negocio, como las plataformas de trading en línea y las aplicaciones móviles. Esto ha permitido la participación de inversores individuales y el crecimiento de la industria fintech.

La automatización y la digitalización de los mercados de capitales han dado lugar a cambios profundos en su funcionamiento. Por un lado, la operación en tiempo real ha acelerado significativamente las transacciones, permitiendo a los inversores reaccionar de manera inmediata a las fluctuaciones de precios. Además, la automatización ha impulsado el auge de algoritmos de trading y el trading de alta frecuencia. En este sentido, los algoritmos, que ejecutan órdenes en milisegundos, han aumentado la liquidez de los mercados al facilitar la compra y venta de activos de manera rápida y eficiente.

Sin embargo, esta rapidez extrema también ha planteado desafíos significativos. Por un lado, la estabilidad de los mercados se ha vuelto una preocupación, ya que la alta velocidad de las operaciones puede dar lugar a "flash crashes" o caídas abruptas de precios. Además, la regulación y supervisión de estas nuevas formas de operación han resultado ser un desafío complejo para los reguladores financieros.

La transparencia y la ética también han surgido como cuestiones críticas en este contexto. La necesidad de una mayor transparencia en las estrategias de trading y la toma de decisiones automatizadas es un tema importante, ya que el trading de alta frecuencia y los algoritmos pueden dar lugar a prácticas cuestionables, como el front-running y la manipulación del mercado (Fernández, 2019).

A través de la aparición de tecnologías de registro distribuido, especialmente la blockchain. Estas innovaciones han dado lugar a la creación de criptomonedas y activos digitales, lo que ha abierto nuevas perspectivas en el mundo de la inversión y el financiamiento. Por un lado, las criptomonedas representan una evolución radical en la

forma en que concebimos la moneda y el valor. Su funcionamiento se basa en la tecnología blockchain, que permite la creación de registros inmutables y transparentes de transacciones. Esta transparencia es esencial para la confianza de los inversores y para garantizar la integridad de los mercados (Torre, et al, 2023).

La tecnología blockchain, promete cambiar el paradigma referente a la transferencia, almacenamiento y difusión de la información en la red, el objetivo principal por el cual surge, es la realización de transacciones de forma ágil y segura, sin depender de la respuesta de los servidores centrales, por lo cual en el año 2008 surge la primer moneda digital, al igual que las transacciones con bitcoin, el blockchain genera una conexión masiva de ordenadores que de forma autónoma tienen la facultad de aprobar las transacciones que se realizan por la red, y de notificar cualquier alteración en la información que ha sido transmitida, bloqueando no solo las posibles modificaciones que se hagan de manera externa y anulando los posibles robos de datos o de activos que se estén transfiriendo (Ahram et al., 2017).

Es por las razones anteriormente mencionadas, que la cadena de bloques es un sistema que parece mucho más seguro para las transacciones principalmente de activos digitales, pero también ha sido utilizado ampliamente en diferentes ámbitos como las cadenas de suministro, el transporte, la banca, sector salud, comercio al por mayor y por menor etc. La ventaja que ofrece su implementación es la baja posibilidad de que, al momento de transferir información, esta sea alterada por terceros, o redireccionamiento hacia un lugar diferente al de la fuente de destino. En el caso de las transacciones con criptomonedas, las transferencias de valor se hacen mediante un complejo entrelazamiento de bloques, los cuales son independientes y están enlazadas a varios nodos, los cuales van estructurándose a a medida que el proceso cumple con los protocolos establecidos por la cadena.

Los activos digitales, como los tokens de seguridad y los activos tokenizados, han ganado terreno en el mundo financiero. Estos activos permiten la representación digital de activos físicos, como bienes raíces o arte, y pueden ser negociados de manera

descentralizada (Khan, Jamali, Maksymyuk, 2020). Esto ha abierto oportunidades para la inversión en activos que históricamente han sido menos accesibles para los inversores minoristas. No obstante, esta transformación no está exenta de desafíos. La volatilidad de las criptomonedas ha sido un tema de preocupación, y la regulación de estos activos sigue siendo un campo en evolución. La seguridad y la ciberseguridad son preocupaciones constantes, ya que la tecnología blockchain no está exenta de amenazas (Sanchez, 2020).

A medida que se acumulan enormes volúmenes de información, el análisis de big data y las técnicas de aprendizaje automático se han convertido en herramientas esenciales para extraer valor y prever tendencias en el mercado. La recopilación de datos en tiempo real proporciona una instantánea en constante evolución de la situación del mercado. Los datos provienen de diversas fuentes, como fuentes en línea, redes sociales, sensores y registros transaccionales, entre otros. Esta abundancia de información es crítica para la toma de decisiones respaldadas en un entorno financiero altamente dinámico (Zheng, Pan, 2020).

El análisis de Big Data y el aprendizaje automático son los medios para procesar y comprender esta vasta cantidad de datos. Estas técnicas pueden identificar patrones y correlaciones que podrían no ser evidentes a simple vista. Los modelos predictivos pueden anticipar tendencias del mercado, lo que brinda a los inversores una ventaja competitiva al tomar decisiones fundamentadas y oportunas (Hasan, et al, 2022). aunque la disponibilidad de información en la actualidad es muy superior a lo que se tenía hace solo una década atrás principalmente con el incremento exponencial de los sitios web, el flujo de información en redes sociales y la proliferación de plataformas tecnológicas que ofrecen servicios por suscripción, muchas de esta información no es fácilmente procesable, por lo cual las técnicas para los proceso de extracción, transformación y carga, demandan una capacidad de procesamiento y almacenamiento bastante significativas, pero la capacidad de poder usar esta información, hoy en día es un elemento clave para lograr imponerse en el mercado.

Por otro lado, la abundancia de datos y la analítica predictiva han permitido a los inversores y a las instituciones financieras tomar decisiones más fundamentadas. El análisis de Big Data y la inteligencia artificial han mejorado la identificación de tendencias y

patrones en los mercados, lo que a su vez permite una toma de decisiones más precisa. No obstante, el uso masivo de datos también ha avivado preocupaciones sobre la privacidad de la información y la seguridad de los datos.

La capacidad de prever tendencias del mercado y comprender mejor el comportamiento de los activos financieros tiene un impacto profundo en la estrategia de inversión. Los inversores pueden aprovechar esta inteligencia para ajustar sus carteras y tomar decisiones que optimicen sus resultados. Por esta razón es importante tener en cuenta que el análisis de big data y el aprendizaje automático no están exentos de desafíos. La calidad de los datos, la privacidad y la seguridad de la información, así como la interpretación correcta de los resultados, son consideraciones críticas en este proceso.

Esta transformación se ha logrado gracias a la implementación de algoritmos capaces de identificar de manera veloz posibles riesgos y de activar mecanismos de protección, lo que a su vez ha contribuido a reducir la probabilidad de pérdidas catastróficas.

La gestión de riesgos es una parte fundamental de las operaciones financieras, y la automatización ha permitido perfeccionarla de diversas formas:

Entre ellas, podemos destacar que los algoritmos pueden evaluar grandes conjuntos de datos en tiempo real para identificar tendencias o eventos que podrían tener un impacto adverso en el mercado o en las inversiones. Esto permite a los inversores anticipar situaciones de riesgo y tomar decisiones preventivas. De la misma manera, la automatización ha posibilitado la creación de sistemas de protección y limitación de pérdidas, que pueden activarse automáticamente en respuesta a señales de riesgo detectadas por los algoritmos. Estos sistemas son particularmente efectivos para evitar pérdidas excesivas y reducir la exposición al riesgo. La capacidad de reacción rápida que brindan los algoritmos y la automatización es fundamental, ya que los mercados pueden experimentar cambios bruscos en cuestión de segundos. La automatización proporciona una ventaja crucial al tomar decisiones en tiempo real, lo que reduce el riesgo de pérdidas significativas (Navia, Cobos & Mendoza, 2020).

Efectivamente, la digitalización y la automatización en los mercados de capitales han dado lugar a desafíos regulatorios y de ciberseguridad que requieren una atención especial por parte de las autoridades y los participantes en el mercado. Estos desafíos son inherentes a la naturaleza en constante evolución de los mercados financieros digitales:

#### Desafíos Regulatorios:

**Rápida Evolución:** La rápida evolución de la tecnología y la digitalización de los mercados ha superado la capacidad de los reguladores para mantenerse al día con los cambios. La adaptación constante de las regulaciones es necesaria para abordar las nuevas realidades del mercado (Gupta, Dedeoglu & Jurdak, 2020).

**Equilibrio entre Innovación y Protección:** Los reguladores deben encontrar un equilibrio entre fomentar la innovación y proteger a los inversores y la integridad del mercado. Las regulaciones deben ser lo suficientemente flexibles para permitir la innovación, pero también lo suficientemente sólidas para evitar abusos y riesgos excesivos.

**Coordinación Internacional:** Dado que los mercados de capitales son globales, la coordinación internacional es esencial para garantizar una regulación efectiva y coherente en todo el mundo. Los estándares y las mejores prácticas deben compartirse y adoptarse a nivel global.

#### Ciberseguridad:

**Vulnerabilidad a Ataques:** Los mercados digitales son altamente vulnerables a ataques cibernéticos. Los hackers pueden apuntar a plataformas de trading, instituciones financieras y otros actores en busca de ganancias ilícitas o para desestabilizar el mercado.

**Protección de Datos del Cliente:** La protección de los datos del cliente es esencial. La pérdida de información confidencial o la exposición de datos financieros de los

inversores puede tener graves consecuencias tanto para los individuos como para las instituciones financieras (Ng, Kwok, 2017).

**Continuidad del Negocio:** Los ataques cibernéticos pueden interrumpir la operación normal de los mercados. La ciberseguridad se vuelve fundamental para garantizar la continuidad del negocio y minimizar las interrupciones. El abordaje de estos desafíos requiere una cooperación estrecha entre reguladores, instituciones financieras y tecnológicas, y la inversión continua en medidas de ciberseguridad sólidas. Las regulaciones deben ser diseñadas para proteger a los inversores y garantizar la estabilidad de los mercados sin sofocar la innovación. La ciberseguridad se ha vuelto un componente crítico de la infraestructura financiera, y la prevención, detección y respuesta a amenazas cibernéticas deben ser prioridades constantes.

Un impacto profundo y positivo en la inclusión de pequeños inversores. Esto se ha logrado a través de una serie de avances tecnológicos que han democratizado la inversión. En primer lugar, las plataformas de inversión en línea han desempeñado un papel fundamental al brindar a los inversores minoristas un acceso sencillo a los mercados financieros. Estas plataformas ofrecen una amplia gama de herramientas, desde información en tiempo real hasta capacidades de análisis y ejecución de órdenes, lo que facilita la toma de decisiones pertinentes. Además, la proliferación de aplicaciones móviles ha llevado la inversión literalmente a la palma de la mano de los inversores. Estas aplicaciones permiten a las personas comprar y vender activos financieros y realizar un seguimiento de sus carteras desde sus dispositivos móviles. Esta accesibilidad en movimiento ha transformado la forma en que las personas interactúan con los mercados financieros (Demirkan, & McKee, 2020).

Un factor importante en este cambio ha sido la reducción de los costos de transacción. Las plataformas en línea suelen ofrecer tarifas de intermediación más bajas en comparación con los métodos tradicionales, lo que hace que la inversión sea más asequible para los inversores minoristas. Además, estas plataformas a menudo brindan recursos educativos, lo que es fundamental para ayudar a los inversores principiantes a comprender los mercados y las estrategias de inversión. La diversificación y la flexibilidad son otros

beneficios clave. Los inversores minoristas pueden acceder a una amplia gama de activos, desde acciones y bonos hasta criptomonedas y otros instrumentos financieros. Esto permite una mayor flexibilidad en la toma de decisiones de inversión y la capacidad de adaptarse a diferentes estrategias y objetivos. Los inversores pueden optar por estrategias a largo plazo o a corto plazo según sus preferencias y objetivos financieros (Garrido, Quinaluisa & Talavera, 2020).

La automatización ha estimulado una mayor competencia en el espacio de intermediación financiera. La digitalización y la automatización han permitido la entrada de nuevos participantes y la proliferación de plataformas de inversión en línea. Esto ha diversificado las opciones disponibles para los inversores, brindándoles una variedad de servicios y enfoques de inversión para elegir. Por otra parte, la reducción de los costos de transacción es un factor clave que ha mejorado significativamente la rentabilidad de los inversores. La automatización ha disminuido las tarifas de intermediación, lo que significa que los inversores pagan menos en comisiones y costos asociados a la inversión. Esta reducción de costos ha hecho que la inversión sea más asequible y accesible para un público más amplio (Fromer, 2019).

La competencia en el espacio de intermediación financiera ha llevado a una mayor presión para que las instituciones reduzcan las tarifas y mejoren sus servicios. Esto ha sido beneficioso para los inversores, ya que pueden obtener mejores condiciones y opciones de inversión. Además, la automatización ha mejorado la eficiencia en la ejecución de órdenes y el procesamiento de transacciones, lo que ha reducido la latencia y ha permitido que las operaciones se realicen de manera más rápida y precisa.

Hablemos ahora de las llamadas Fintech, que es la unificación de las palabras en inglés Technology Financial, que son esas nuevas empresas con un componente tecnológico importante que vienen a competir con el sector financiero existente, abriendo nuevos canales de comunicación con los clientes, formas alternativas de inversión, ahorro y financiación. de igual forma están aquellas plataformas tecnológicas que buscan

expandir su modelo de negocio, dando soluciones alternativas a las existentes en el mercado (Zurdo et al., 2018).

La proliferación de tecnologías Fintech ha democratizado el acceso a los mercados de capitales. En este contexto, plataformas de crowdfunding, robo-advisors y aplicaciones de inversión han disminuido las barreras de entrada, permitiendo a inversores minoristas participar en mercados previamente dominados por instituciones financieras. Sin embargo, esta transformación ha dado lugar a una diversificación de las fuentes de financiamiento y a una mayor diversidad de inversores. Al mismo tiempo, ha planteado interrogantes en relación con la regulación y la protección del consumidor (Carballo, 2020).

Parte de estas transformaciones que se están llevando a cabo en el sistema financiero tiene que ver con una transición hacia un entorno más digitalizado, donde se reemplazara gradualmente el uso de efectivo como medio de pago imperante, hacia modalidades de pago más seguras, eficientes y rápidas, tal como se está presentando actualmente en gran parte de los países del mundo, con la eliminación gradual del efectivo y pagos mediante dispositivos móviles o pagos con criptomonedas, (Castro et al., 2017, p. 02).

El surgimiento de tecnologías fintech ha tenido un impacto profundo en la democratización del acceso a los mercados de capitales, al abrir nuevas oportunidades y eliminar barreras previamente existentes. En primer lugar, estas innovaciones tecnológicas han permitido un acceso global a los mercados, superando las limitaciones geográficas que antes restringían la participación. Los inversores de diversos rincones del mundo pueden ahora acceder a una amplia gama de activos financieros, lo que ha generado una diversificación geográfica de las carteras de inversión (Berg, Fuster & Puri, 2022).

Además, la introducción de la inversión fraccionada ha sido una revolución en sí misma. Los inversores, independientemente de su capacidad financiera, pueden comprar partes de acciones o activos a un costo mucho más bajo, democratizando así el acceso a

activos que históricamente estaban reservados para grandes inversionistas. Esta democratización también se refleja en las comisiones reducidas o incluso la eliminación de comisiones por parte de muchas plataformas fintech, lo que ha hecho que la inversión sea más asequible para un público más amplio (Suryono, Budi, & Purwandari, 2020).

En consonancia con la accesibilidad, las fintech también han proporcionado una abundancia de recursos educativos y herramientas de inversión que empoderan a los inversores a tomar decisiones más. La transparencia y el acceso a información en tiempo real sobre activos y mercados se han vuelto comunes, lo que simplifica la toma de decisiones y brinda a los inversores un mayor entendimiento del panorama financiero (Estrada & Liberato, 2023).

Este entorno financiero tecnológicamente avanzado ha facilitado una mayor flexibilidad de inversión, permitiendo a los inversores adaptar sus carteras según sus preferencias y objetivos financieros. Sin embargo, es fundamental recordar que, a pesar de estos avances, las inversiones conllevan riesgos, y la educación financiera sigue siendo un componente esencial para tomar propicias.

La Cuarta Revolución Industrial ha marcado un antes y un después en el desarrollo de actividades en los mercados de capitales. Antes de esta revolución, la intermediación financiera se basaba en enfoques tradicionales, donde los intermediarios, como corredores y bancos, desempeñaban un papel central en la realización de transacciones. Sin embargo, con la llegada de la Cuarta Revolución Industrial, una serie de cambios significativos han remodelado la industria financiera (Gonzalez, Vásquez, Uribe & Hernández, 2021).

En la era anterior a esta revolución, las limitaciones geográficas eran una realidad que dificultaba la inversión internacional y el acceso a activos extranjeros. Los costos de transacción eran altos, especialmente para los inversores minoristas, y la falta de acceso a datos en tiempo real limitaba la toma de decisiones correctas. Los inversores dependían en gran medida de intermediarios para acceder a los mercados y obtener información valiosa. Sin embargo, en la era posterior a la Cuarta Revolución Industrial, la digitalización y la

automatización se han convertido en los pilares de los mercados de capitales. La intermediación financiera tradicional ha cedido paso a plataformas de inversión en línea y tecnologías fintech que han democratizado la inversión. Los inversores ahora pueden acceder a una amplia gama de activos financieros y realizar inversiones fraccionadas, lo que ha reducido las barreras de entrada y ha hecho que la inversión sea más accesible.

Uno de los cambios más notables ha sido la reducción significativa de los costos de transacción. Las comisiones y tarifas se han vuelto mucho más competitivas, gracias a la automatización de procesos y a la competencia entre plataformas en línea. Además, el acceso a datos en tiempo real se ha vuelto la norma, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas y la ejecución de estrategias. La globalización de la inversión se ha vuelto más factible, lo que significa que los inversores pueden diversificar sus carteras en un ámbito internacional con relativa facilidad. Sin embargo, este nuevo panorama no está exento de desafíos, como la necesidad de adaptar la regulación financiera y abordar cuestiones de ciberseguridad en un entorno digital (Sanchez & Quintanero, 2022).

### **Conclusiones**

la Cuarta Revolución Industrial ha sido un catalizador de transformaciones significativas en los mercados de capitales. La digitalización y la automatización han permitido operaciones en tiempo real, la distribución instantánea de información y la reducción de la latencia en las transacciones. Estos cambios han aumentado la eficiencia de los mercados y han facilitado el acceso a la inversión, lo que beneficia tanto a inversores institucionales como a inversores minoristas. El surgimiento de las tecnologías fintech ha tenido un impacto profundo en la democratización del acceso a los mercados de capitales. Estas tecnologías han abierto las puertas a inversores de diversos perfiles, al ofrecer inversión fraccionada, reducción de costos y acceso a datos en tiempo real. Han permitido que los inversores minoristas participen activamente en los mercados de capitales, democratizando la inversión y ampliando el alcance de las oportunidades de inversión (Jalal, Mubarak & Durani, 2023).

La comparación entre las actividades de los mercados de capitales antes y después de la Cuarta Revolución Industrial refleja un cambio sustancial en la forma en que operan estos mercados. Antes de la revolución, predominaba la intermediación tradicional con costos elevados, limitaciones geográficas y falta de acceso a información en tiempo real. Tras la revolución, la digitalización y la tecnología fintech han democratizado la inversión al reducir costos, eliminar barreras geográficas y proporcionar acceso a información en tiempo real. Esta transformación ha hecho que los mercados de capitales sean más accesibles, eficientes y diversificados, lo que beneficia a inversores de todos los perfiles.

Sin embargo debemos tener en cuenta, que la implantación de nuevas tecnologías a un mercado que puede ser bastante sofisticado y complejo de abordar desde una sola arista, requiere de una readaptación de los procesos y/o procedimientos que ya se hayan implementado en otros mercados, con el fin de minimizar el riesgo que puede provenir de diferentes fuentes, entre ellas, riesgo de mercado si se crean nuevos instrumentos financieros o activos para sobre apalancar nuevas inversiones, lo que representaría un mayor riesgo de iliquidez para inversores poco conocedores de la complejidad y estructura de los nuevos mercados. Pueden existir riesgos tecnológicos, como la caída masiva de los servicios, como ya ha sucedido anteriormente, producto de ataques informáticos desde fuera, fallas internas en los sistemas de información, o caída de servicios tecnológicos prestados por terceros. Finalmente podemos mencionar un tercer factor de riesgo y es el tema regulatorio, sabiendo lo que ha sucedido como plataformas para el intercambio de Exchanges o criptomonedas, como FTX, practicando actividades de intercambio de valores de los depositantes sin el consentimiento debido, lo que provocó fuertes sanciones económicas y/o judicializaciones para los responsables, y mas recientemente el caso de Binance, quienes permitían realizar depósitos de recursos cuyo origen era ilegal, las nuevas apuestas dadas en el mercado de capitales, deben ser capaces de implementar protocolos de seguridad en la información, que garantice la seguridad y tranquilidad para los depositantes, garantizar la transparencia con el uso y o disposición de los recursos, así como el cumplimiento de los requerimientos legales nacionales y de cooperaciones internacional.

Esta investigación ofrece una sólida base para futuros investigadores interesados en comprender cómo la tecnología y la Cuarta Revolución Industrial están dando forma a los mercados de capitales y la inversión. Los temas relacionados con la democratización de la inversión, los desafíos regulatorios y la educación financiera ofrecen áreas ricas en oportunidades de estudio para aquellos que buscan profundizar en estos temas y contribuir al entendimiento continuo de la transformación del mundo financiero en constante evolución.

### Referencias

- Ali, O., Ally, M., & Dwivedi, Y. (2020). The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, 54, 102199.
- Arslanian, H., & Fischer, F. (2019). *The future of finance: The impact of FinTech, AI, and crypto on financial services*. Springer.
- Berg, T., Fuster, A., & Puri, M. (2022). Fintech lending. *Annual Review of Financial Economics*, 14, 187-207.
- Broby, D. (2021). La tecnología financiera y el futuro de la banca. *Innovación financiera*, 7 (1), 1-19.
- Carballo, I. E. (2020). Tecnologías Financieras: oportunidades y desafíos de las Fintech para la regulación, la educación y la inclusión financiera. *Revista CIES Escolme*, 11(2), 247-276.
- Castells, M. (2019). *Globalización, tecnología, trabajo, empleo y empresa*.

- Chang, S. E., Luo, H. L., & Chen, Y. (2019). Blockchain-enabled trade finance innovation: A potential paradigm shift on using letter of credit. *Sustainability*, 12(1), 188.
- Demirkan, S., Demirkan, I., & McKee, A. (2020). Blockchain technology in the future of business cyber security and accounting. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 189-208.
- Estrada Paredes, C. V., & Liberato Huaman, E. L. (2023). Fintech y liquidez en MYPES del sector comercial en la ciudad de Lima Metropolitana, 2022.
- Fernández Mullín, B. (2019). Evolución histórica y visión ética del insider trading.
- Foro Económico Mundial. (n.d.). *La cuarta revolución industrial*. Inteligencia Estratégica.
- Fromer, J. C. (2019). Machines as the new Oompa-Loompas: Trade secrecy, the cloud, machine learning, and automation. *NYUL Rev.*, 94, 706.
- Garrido-Jarrín, E., Quinaluisa-Molina, M., & Talavera-Carvajal, C. (2020). Trading en el mercado financiero. *Journal of finance*, 2(1), 17-26.
- González, G. A. A., Vásquez, M. G., Uribe, J. P. V., & Hernández, A. H. S. (2021). Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial-Retos, oportunidades y tendencias futuras. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(93), 33-47.
- Gupta, P., Dedeoglu, V., Najeebullah, K., Kanhere, S. S., & Jurdak, R. (2020, September). Energy-aware demand selection and allocation for real-time IoT data trading. In *2020 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)* (pp. 138-147). IEEE.
- Hasan, M. K., Alkhalifah, A., Islam, S., Babiker, N. B., Habib, A. A., Aman, A. H. M., & Hossain, M. A. (2022). Blockchain technology on smart grid, energy trading, and big data: security issues, challenges, and recommendations. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-26.

- Jalal, A., Al Mubarak, M., & Durani, F. (2023). Financial technology (fintech). In *Artificial Intelligence and Transforming Digital Marketing* (pp. 525-536). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Khan, M. A., Jamali, M. M., Maksymyuk, T., & Gazda, J. (2020). A blockchain token-based trading model for secondary spectrum markets in future generation mobile networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020, 1-12.
- Lavarello, P. J. (2018). Financierización, promesas (latentes) de la biotecnología y nuevas barreras a la entrada: Algunas lecciones para los países semi-industrializados.
- Navia-Rodríguez, J. R., Cobos-Lozada, C. A., & Mendoza-Becerra, M. E. (2020). Trading Algorítmico para la Predicción de Series de Tiempo Financieras: Una Revisión Sistemática. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E38), 337-357.
- Ng, A. W., & Kwok, B. K. (2017). Emergence of Fintech and cybersecurity in a global financial centre: Strategic approach by a regulator. *Journal of Financial Regulation and Compliance*, 25(4), 422-434.
- Maya Escobar, D. (2019). *Industria 4.0 en el sector financiero: estado actual y retos futuros* (Doctoral dissertation).
- Mesa, L. C. C., & Correa, M. V. *Algorithmic Trading en el mercado accionario colombiano: efectos previstos y propuesta de implementación.*
- Moloney, N. (2023). *EU Securities and Financial Markets Regulation* (xford University Press, Ed.; 4th ed.).

- Ocampo, M., & Santa Catarina, C. (2017, November). Fintech: tecnología financiera. In Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (Vol. 6, No. 2017, pp. 1-6).
- Pardo-Guerra, JP (2019). Automatización de las finanzas: infraestructuras, ingenieros y creación de mercados electrónicos. Prensa de la Universidad de Cambridge.
- Sánchez González, M. (2020). Criptomonedas y tecnología blockchain.
- Suryono, R. R., Budi, I., & Purwandari, B. (2020). Challenges and trends of financial technology (Fintech): a systematic literature review. *Information*, 11(12), 590.
- Tao, R., Su, C. W., Xiao, Y., Dai, K., & Khalid, F. (2021). Robo advisors, algorithmic trading and investment management<sup>o</sup>: wonders of fourth industrial revolution in financial markets. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120421.
- Tapscott, Don & Tapscott Alex, (2018). La revolución del Blockchain y la Educación Superior //dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7763512
- Torres, J. A. A., García-Arango, D. A., Gutiérrez, C. A. E., Agudelo, L. C. A., & Gutiérrez, M. S. E. (2023). Blockchain aplicada en la innovación de proceso para la integración de servicios de tecnología financiera. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (69), 135-156.
- Zheng, S., Pan, L., Hu, D., Li, M., & Fan, Y. (2020, July). A blockchain-based trading platform for big data. In *IEEE INFOCOM 2020-IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)* (pp. 991-996). IEEE.

