

Estudio de investigación técnica



# Mejor rendimiento mundial para IA y ML

La investigación de Prowess aborda las relaciones entre la fortaleza en los puntos de referencia de los servidores Dell™ y el rendimiento real para entrenamiento e inferencia en modelos de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML).

## Resumen ejecutivo

Organizaciones de una gran variedad de sectores dependen de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) para pronosticar las ventas, segmentar sus bases de clientes, identificar riesgos, gestionar redes de suministros complejas, optimizar los costes y mejorar la eficiencia. Sin importar cómo se apliquen, los casos de uso de IA y ML dependen del rendimiento informático (además de la velocidad y la cantidad de memoria y del ancho de banda de las interconexiones y redes). Además, debido a la naturaleza de los datos que utilizan las empresas para actividades como los análisis predictivos de clientes o la detección de fraudes, la seguridad suele tener la misma importancia.

Debido a las necesidades de rendimiento de la IA y el ML, la infraestructura de computación, memoria local, ancho de banda de red y almacenamiento de datos necesaria para respaldar estas cargas de trabajo puede suponer una inversión importante, lo que aumenta la necesidad de una evaluación rigurosa antes de la compra. Los puntos de referencia estándar del sector pueden ser buenos para ello, y los récords mundiales pueden ser incluso mejores, siempre que se evalúen de la forma adecuada.

Las empresas deben recopilar, almacenar y procesar rápidamente sus datos. Estos puntos de referencia pueden ofrecer información sobre la rapidez con la que se pueden recopilar y procesar los datos, y acceder a ellos una vez almacenados. Para investigar la relación entre un alto rendimiento en los puntos de referencia y el posible valor empresarial en el mundo real, Prowess Consulting profundizó más en lo que unos sólidos resultados en los puntos de referencia del sector pueden significar para las empresas que implementan los servidores con el mejor rendimiento mundial. Debido a su enorme cuota de mercado y al número de récords mundiales que ostenta Dell Technologies en situaciones de IA y ML, lo que queda representado por los puntos de referencia reconocidos del sector, Prowess analizó específicamente los servidores Dell™ PowerEdge™.

Entre los servidores Dell PowerEdge de última generación, identificamos tres que habían conseguido recientemente récords mundiales en un punto de referencia diseñado específicamente para ofrecer datos de rendimiento reales en cargas de trabajo de IA y ML:

- **Servidor Dell PowerEdge R6625 (récord mundial, TPC Express Benchmark™ AI [TPCx-AI])**
- **Servidor Dell PowerEdge R7615 (récord mundial, TPCx-AI)**
- **Servidor Dell PowerEdge R7515 (récord mundial, TPC Express Benchmark™ IoT [TPCx-IoT])**

Al aumentar las optimizaciones de rendimiento de Dell Technologies para cargas de trabajo de IA y ML, también determinamos que los procesadores AMD EPYC™ y las tarjetas de red de Broadcom® pueden ayudar a mejorar el rendimiento de Big Data y análisis para los puntos de referencia y las aplicaciones reales. Por ejemplo, la compatibilidad con el formato numérico bfloat16 de los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación permite ejecutar modelos de IA de mayor tamaño con conjuntos de datos más grandes, mientras que la compatibilidad con números INT8 puede acelerar la inferencia en modelos de IA. Además, las dos tarjetas de controlador RAID Dell™ PowerEdge™ (Dell™ PERC) NVM Express® (NVMe®) y la compatibilidad con PCIe® 4.0 con tarjetas de red de Broadcom permiten usar controladores de interfaz de red (NIC) Ethernet de 100 gigabits (GbE) con doble puerto, ayudan a eliminar las limitaciones de ancho de banda y aceleran más el rendimiento de las cargas de trabajo de IA y ML.

Este estudio cubre los siguientes temas:

- [Panorama del sector](#)
- [Metodología de investigación de Prowess](#)
- [Puntos de referencia de IA y ML](#)
- [Detrás de los resultados de rendimiento](#)



## Panorama del sector: IA y ML

La IA y el ML han llegado para ocupar un papel central en las operaciones empresariales de organizaciones de una variedad de sectores. Ya se trate de un banco que supervisa los fraudes, un comercio minorista que proyecta las ventas, un hospital que quiere conseguir diagnósticos más precisos o un fabricante de tamaño medio que implementa mantenimiento predictivo en sus líneas de ensamblaje, las organizaciones de todos los tipos y tamaños emplean la IA para extraer patrones que pueden ser invisibles para las personas. En general, los modelos de IA, y los modelos de aprendizaje profundo (DL) en particular, suelen ser más precisos cuando hay más datos disponibles para entrenarlos. Este apetito de datos aumenta la necesidad de un almacenamiento con mayor capacidad y espacio, redes más rápidas y servidores con un mejor rendimiento para encontrar más valor en los datos, que también deben protegerse.

A menudo, las empresas emplean servidores en las instalaciones en lugar de implementaciones en la cloud por una variedad de motivos. En el caso de la IA y el ML, estos motivos suelen centrarse en la gravedad de datos y la menor latencia para el uso de modelos de IA. Con frecuencia, es más rápido y fácil acercar las funciones de entrenamiento de IA a los datos que soportar el coste y el tiempo de trasladar grandes cantidades de datos a un ordenador centralizado. Trabajar con los datos cerca de donde residen también puede reducir la latencia de entrenamiento de la IA, lo que puede acelerar el proceso. Además, los requisitos normativos y las leyes sobre soberanía de los datos también pueden ser motivos convincentes para mantener los datos en las instalaciones, en función del sector y la ubicación de una organización. En todos los casos, el rendimiento es un requisito fundamental para las empresas a la hora de lidiar con sus datos y extraer el valor analítico que contienen estos a través de IA y ML.

Las demandas de rendimiento de cargas de trabajo como los análisis suponen que la infraestructura de datos se debe adaptar para cumplir los acuerdos de nivel de servicio (SLA). La interconexión del procesador, el tamaño de la memoria, el ancho de banda de red y los subsistemas de almacenamiento es fundamental. Una herramienta destacada para comparar el rendimiento de los servidores en esta interconexión son los resultados en los puntos de referencia. Debido a que los puntos de referencia generan resultados numéricos, las comparaciones entre los sistemas en competencia puede parecer sencilla.

Precisamente porque los puntos de referencia generan resultados claros y aparentemente objetivos, es crucial conocer lo que miden y, por lo tanto, lo que expresan realmente sobre las plataformas de servidor. Las organizaciones que ignoran el matiz de estos puntos de referencia y buscan a ciegas a aquellos que han obtenido las mayores puntuaciones en ellos pueden sentirse decepcionadas cuando su retorno de la inversión (ROI) no cumpla sus expectativas.



## Metodología de investigación de Prowess

Para investigar la relación entre un alto rendimiento en los puntos de referencia y el posible valor empresarial en el mundo real, Prowess Consulting profundizó más en lo que unos sólidos resultados en los puntos de referencia del sector pueden significar para las empresas que implementan los servidores con el mejor rendimiento mundial. Para simplificar nuestra investigación y centrarnos en cómo los puntos de referencia individuales pueden proporcionar información sobre el rendimiento en facetas concretas de la IA y el ML, analizamos específicamente los servidores Dell PowerEdge. Lo hicimos debido a la gran cuota de mercado de los servidores de Dell Technologies y al número de récords mundiales que ostenta Dell Technologies en una variedad de puntos de referencia de IA y ML.

Un único récord mundial en un punto de referencia es impresionante, pero lo que destaca en las cargas de trabajo de IA y ML es que las plataformas de Dell consiguen récords mundiales en varios puntos de referencia. Cada punto de referencia se puede ver como una pieza del rompecabezas de las cargas de trabajo y la obtención de varios récords mundiales ofrece información adecuada sobre cómo funcionarán las plataformas de Dell en entornos reales.

Analizamos los resultados en puntos de referencia para ayudar a determinar qué plataformas ofrecían el mejor rendimiento para diferentes aspectos de las cargas de trabajo de IA y ML. Nuestra investigación se centró en los servidores de montaje en rack de Dell™. Dell Technologies cuenta con la mayor cuota de mercado de servidores en todo el mundo (17,2 %)¹ y los servidores Dell PowerEdge son servidores todoterreno populares, diseñados para necesidades de cargas de trabajo entre estándar y medias. Específicamente, para este estudio examinamos las plataformas de montaje en rack 1U (servidor Dell PowerEdge R6625) y 2U (servidores Dell PowerEdge R7615 y PowerEdge R7515).

Al examinar los resultados en los puntos de referencia, es esencial verlos a través del objetivo de los factores de rendimiento más importantes. En el caso de las cargas de trabajo de IA y ML, incluyen los siguientes:

- Rendimiento
- Relación precio-rendimiento

Dell Technologies ha optimizado su plataforma PowerEdge, basada en los procesadores AMD®, para soluciones de IA y ML. Las cargas de trabajo de IA y ML tienen necesidades específicas, y los servidores PowerEdge optimizados permiten un alto nivel de flexibilidad para que los clientes ejecuten sus cargas de trabajo únicas de acuerdo con sus requisitos específicos. Además, Dell Technologies ha optimizado el rendimiento de sus plataformas PowerEdge mediante la incorporación de las tarjetas Dell PERC más recientes y los adaptadores de red Broadcom NVMe que ofrecen importantes mejoras en el ancho de banda.

## Puntos de referencia de IA y ML

Los puntos de referencia reconocidos en el sector pueden ofrecer información sobre los usos habituales de una plataforma de servidor, así como ayudar a informar a los clientes sobre si la plataforma satisfará las necesidades de las cargas de trabajo que está ejecutando el cliente. Para este estudio, analizamos específicamente los puntos de referencia aplicables más directamente a las cargas de trabajo de IA y ML.

**Nota:** El conjunto de puntos de referencia de inferencia MLPerf™ se utiliza habitualmente para medir el rendimiento de ML. Prowess optó por no utilizar MLPerf para nuestro análisis porque ese punto de referencia se centra en el rendimiento de la unidad de procesamiento gráfico (GPU), mientras que nuestro estudio se centraba en investigar el rendimiento de CPU rentable para la inferencia de IA.

TPC Express Benchmark™ AI (TPCx-AI)	Mide el rendimiento integral de las cargas de trabajo de IA y ML representativas del sector.
TPC Express Benchmark™ IoT (TPCx-IoT)	Mide el rendimiento, la relación precio-rendimiento y la disponibilidad para sistemas que recopilan enormes cantidades de datos de grandes cantidades de dispositivos.

### TPC Express Benchmark™ (TPCx-AI)

TPCx-AI mide el rendimiento de una plataforma de ML o ciencia de datos integral. El punto de referencia se ha diseñado para emular el comportamiento de las soluciones de IA representativas del sector que están presentes en los centros de datos y los entornos de cloud de producción.

TPCx-AI evalúa el rendimiento de IA a través de un número de casos de uso. Los casos de uso hacen referencia a problemas individuales resueltos por el pipeline de ciencia de datos de DL y ML en TPCx-AI. El pipeline es independiente de todos los marcos o sintaxis específicos y se puede implementar de muchas formas. Los casos de uso en TPCx-AI suelen incluir las fases de generación de datos, gestión de datos, entrenamiento, puntuación y servicio.

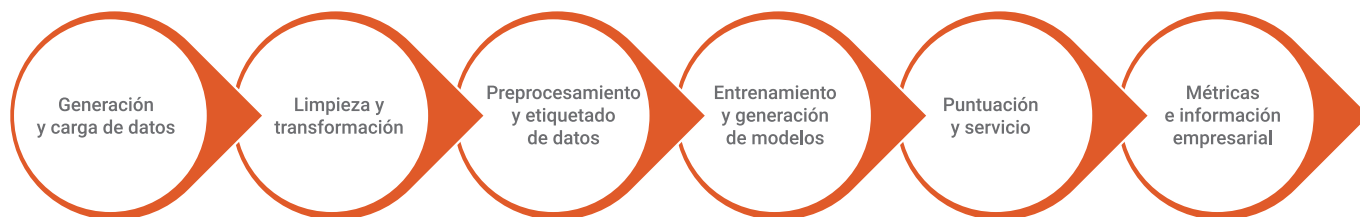


Figura 1. Pipeline de ciencia de datos de DL y ML TPC Express Benchmark™ AI (TPCx-AI)

Los casos de uso en TPCx-AI incluyen segmentación de clientes, transcripción de conversaciones con los clientes, pronósticos de ventas, detección de spam, predicción de precios, clasificación y detección de fraudes.

Dell Technologies ostenta cuatro récords mundiales para **TPCx-AI** con procesadores AMD EPYC de 4.ª generación:<sup>2</sup>

- Servidor Dell PowerEdge R7615 (con factor de escala 3)
- Servidor Dell PowerEdge R7615 (con factor de escala 10)
- Servidor Dell PowerEdge R6625 (con factor de escala 30)
- Servidor Dell PowerEdge R6625 (con factor de escala 100)

Los servidores PowerEdge R7615 consiguieron un rendimiento de pipeline de IA de 408,36 GB/segundo en el factor de escala 3 (3 GB de datos) y 425,31 GB/segundo en el factor de escala 10 (10 GB de datos), con una relación precio-rendimiento de 118,56 \$/GB/segundo en el factor de escala 3.<sup>2</sup>

El servidor PowerEdge R6625 consiguió 365,59 GB/segundo en el factor de escala 30, mientras que un clúster de cuatro servidores PowerEdge R6625 alcanzó 868,49 GB/segundo en el factor de escala 100, con relaciones de precio-rendimiento de 196,38 \$/GB/segundo y 356,56 \$/GB/segundo, respectivamente.<sup>2</sup>

Estos servidores cuentan con procesadores AMD EPYC 9374F, EPYC 9174F y EPYC 9354 de 4.ª generación. Además de tener un mayor recuento de núcleos y subprocesos que la generación anterior, los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación también son compatibles con memoria DDR5 para ampliar la memoria, PCIe de 5.ª generación para un mayor rendimiento de datos dentro de servidores y clústeres de servidores, las extensiones de vector avanzadas 512 (AVX-512) más recientes para un rendimiento de datos más rápido en el registro del procesador y tipos numéricos eficientes (como bfloat16 e INT8) para acelerar el entrenamiento y la inferencia de los modelos. Todas estas funciones ayudaron a los servidores Dell en cada etapa del pipeline de ciencia de datos en TPCx-AI.

### Internet of Things (IoT): TPC Express Benchmark™ IoT (TPCx-IoT)

Internet of Things (IoT) representa una gran fuente de datos para IA y ML, especialmente para inferencia en tiempo real mediante modelos de IA, como los que realizan comprobaciones de control de calidad en líneas de fabricación. El concepto de IoT también representa una fuente esencial de datos de entrenamiento para modelos de IA. Esto se aplica al entrenamiento inicial o a los nuevos modelos, pero también al nuevo entrenamiento de modelos existentes que se han desviado.

Aunque ninguna parte del pipeline de ciencia de datos está encapsulada en el punto de referencia TPCx-AI, el entrenamiento continuo de los modelos de IA en producción es esencial. Con el tiempo, la composición de los datos en los entornos de producción como el comercio minorista, las finanzas y los servicios de salud puede cambiar sutilmente. Esto puede provocar que la precisión de los modelos de IA se reduzca constantemente. Capturar de forma eficaz datos de entrenamiento actualizados para corregir la desviación de los modelos de IA es una parte crucial de cualquier flujo de trabajo de IA o ML.

Lo que distingue al IoT de otros tipos de datos no estructurados es que los dispositivos de IoT a menudo generan sus datos a partir de su entorno, como los altavoces inteligentes que escuchan comandos o los drones industriales que recopilan datos sobre terrenos agrícolas. Por lo tanto, los datos de IoT deben capturarse eficazmente y usarse para las cargas de trabajo de IA y ML debido a su enorme volumen, que suele ser superior al que otras fuentes de datos, como las transacciones minoristas o los historiales de los servicios de salud.

El punto de referencia TPCx-IoT permite una comparación directa de las diferentes soluciones de software y hardware para puertas de enlace de IoT. Debido a que están ubicados entre la arquitectura perimetral y el centro de datos back-end, los sistemas de puerta de enlace llevan a cabo funciones como la agregación de datos para IA y ML en tiempo real. El punto de referencia TPCx-IoT se diseñó específicamente para proporcionar métricas verificables de rendimiento, precio-rendimiento y disponibilidad para sistemas disponibles comercialmente que suelen recopilar ingentes cantidades de datos de un gran número de dispositivos.

Dell Technologies ostenta un récord mundial para **TPCx-IoT** por los servidores Dell PowerEdge 7515 con procesadores AMD EPYC de 3.ª generación. El clúster consiguió un rendimiento de 1 617 545 000 registros/segundo a una relación de precio-rendimiento de 329,75 \$/millón de registros/segundo.<sup>3</sup>

Además de la capacidad de procesamiento que proporciona el procesador AMD EPYC 75F3 de 3.ª generación, nuestro análisis de los resultados en puntos de referencia también indica que el rendimiento de los servidores Dell aumentó gracias a las tarjetas de red de 25 GbE de Broadcom utilizadas en el clúster. Todas estas funciones ayudaron a los servidores Dell a conseguir su rendimiento en el punto de referencia TPCx-IoT, y los resultados de Dell Technologies son especialmente relevantes para las organizaciones que utilizan Cloudera®, como en el caso del servidor que ostenta el récord de Dell Technologies, para almacenar grandes cantidades de datos en el perímetro con fines de análisis e IA.

## Detrás de los resultados de rendimiento

Debido a que Dell Technologies ha optimizado su plataforma PowerEdge basada en procesadores AMD, ha conseguido numerosos récords mundiales en puntos de referencia que miden el rendimiento de IA y ML. En una implementación en las instalaciones, los procesadores AMD EPYC de 3.ª generación ya ofrecían un rendimiento general, rendimiento por vatio y rendimiento por dólar de CPU sólidos. En la cloud, los sistemas en chip (SoC) AMD EPYC se encargan de las instancias de infraestructura como servicio (IaaS) optimizadas mediante informática de alto rendimiento (HPC) para muchos proveedores de servicios de cloud (CSP), incluidos Amazon Web Services® (AWS®), Microsoft® Azure®, Google Cloud Platform™ y otros.

Los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación utilizados en las configuraciones de servidor con récord mundial de Dell para TPCx-AI proporcionan mejoras en el rendimiento que se deben a varias mejoras en la plataforma en comparación con la plataforma de la generación anterior, que incluyen:

- Aumento del 50 % en el número de núcleos,<sup>4</sup> un mayor número de subprocesos y frecuencias más altas, lo que puede aumentar directamente el rendimiento de procesamiento.
- 12 DIMM/socket (hasta 8), lo que permite a las organizaciones aumentar significativamente la memoria disponible. Esto se traduce en el procesamiento más rápido de conjuntos de datos más grandes, en especial para análisis en memoria como los realizados por Apache Spark™.
- Compatibilidad con memoria DDR5 para un acceso más rápido a los datos.
- Compatibilidad con AVX-512, que permite a los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación completar más cálculos simultáneos en sus registros.
- Caché L2 superior, duplicada de 512 KiB a 1 MiB por núcleo, que también acelera las operaciones en la memoria.
- Compatibilidad con PCIe de 5.ª generación, que permite interconexiones más rápidas para trasladar más datos con una menor latencia.
- Mejoras específicamente para cargas de trabajo de IA y ML, lo que incluye compatibilidad con el tipo numérico bfloat16 para acelerar el entrenamiento de los modelos de ID y compatibilidad con inferencia INT8 para aumentar el rendimiento de los modelos ya entrenados en producción.

En general, los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación funcionan con mayor eficiencia que sus predecesores. Los resultados del índice de coma flotante de SPEC CPU® 2017 de la Standard Performance Evaluation Corporation muestran una mejora en el rendimiento del 121 % en las pruebas realizadas en un sistema con procesadores AMD EPYC de 4.ª generación, en comparación con un sistema con procesadores AMD EPYC de 3.ª generación.<sup>5</sup> Los resultados de los índices de enteros de SPEC CPU 2017 mostraron mejoras del 102 %.<sup>6</sup> Los resultados de rendimiento de estos procesadores se reflejan en los récords mundiales en los resultados del punto de referencia conseguidos por varias de las plataformas PowerEdge examinadas.

El número de núcleos en estos procesadores aumentó un 50 %, en comparación con la generación anterior, lo que también potencia el rendimiento. Al mismo tiempo, las especificaciones publicadas de AMD muestran un aumento en el consumo de energía predeterminado máximo de solo el 42 %, de una potencia de diseño térmico (TDP) de 280 vatios a una TDP máxima de 400 vatios.<sup>7</sup> En comparación con los resultados de rendimiento de SPEC anteriores, estas cifras de potencia muestran la capacidad de los servidores basados en procesadores AMD EPYC de 4.ª generación para ofrecer un beneficio de potencia-rendimiento de hasta el 55 % para las empresas que ejecutan cargas de trabajo de IA y ML.<sup>8</sup>

El punto de referencia TPCx-AI, que mide el rendimiento de IA y ML, también refleja el rendimiento que ofrecen los adaptadores de red de Broadcom y las tarjetas Dell PERC. Las organizaciones que implementan cargas de trabajo de IA y ML requieren controladores RAID para redundancias con el fin de satisfacer los requisitos normativos e internos. Los servidores PowerEdge R6625 y PowerEdge R7615 que ostentan los récords mundiales en TPCx-AI contaban con tarjetas Dell PERC compatibles con RAID NVMe rápidos.

### Seguridad basada en hardware de AMD®

Para todas las cargas de trabajo evaluadas en este estudio de investigación, las consideraciones en cuanto a seguridad son críticas. Los procesadores AMD EPYC™ de 3.ª generación y 4.ª generación pueden ofrecer seguridad basada en hardware para las cargas de trabajo de IA y ML. AMD® Secure Memory Encryption (AMD® SME) cifra la memoria del sistema para proteger los datos en uso. AMD® Secure Encrypted Virtualization (AMD® SEV) protege las máquinas virtuales (VM) en ejecución para que se cifren y aislen entre sí y del hipervisor del sistema host. AMD® Secure Encrypted Virtualization-Encrypted State (AMD® SEV-ES) cifra los contenidos del registro de CPU de las máquinas virtuales detenidas para ayudar a proteger los datos almacenados en ellas. Y AMD® Secure Boot ayuda a proteger los servidores durante el proceso de arranque, lo que ofrece defensas frente a rootkits, bootkits y firmware mientras los servidores son más vulnerables.

Las tarjetas de red de Broadcom aceleran el flujo de datos para cargas de trabajo de IA y ML. La compatibilidad con PCIe de 5.ª generación de los procesadores AMD EPYC de 4.ª generación y NIC de Broadcom permite el uso de adaptadores de red de 100 GbE de Broadcom basados en el factor de forma NIC 3.0 de Open Compute Project (OCP). Estos diseños modernos reflejan un rápido cambio en el sector hacia los adaptadores de 100 GbE basados en un factor de forma más eficiente y habilitados mediante PCIe 4.0 y PCIe 5.0. Además, la compatibilidad con PCIe 4.0 y PCIe 5.0 puede ofrecer cifras de rendimiento de un solo NIC que están a la par de los NIC de 100 Gbps dobles. La especificación NIC 3.0 de OCP permite a los fabricantes de servidores como Dell Technologies utilizar diseños más compactos compatibles con adaptadores de alto rendimiento con capacidades de aceleración de hardware avanzadas para acelerar más las cargas de trabajo de IA y ML.<sup>9</sup>

### El controlador RAID Dell™ PowerEdge™ (Dell™ PERC) protege los datos y potencia el rendimiento de almacenamiento

Las interfaces RAID PCIe® de 4.ª generación modernas funcionan con unidades de estado sólido (SSD) NVMe Express® (NVMe®) con alto ancho de banda para potenciar significativamente el rendimiento de almacenamiento. Las dos tarjetas de controlador RAID 11 y 12 Dell PowerEdge (PERC 11 y PERC 12) y los adaptadores NVMe con host PCIe de 4.ª generación e interfaces de almacenamiento PCIe de 4.ª generación pueden ayudar a eliminar las limitaciones de ancho de banda y latencia.



## Conclusión

Los resultados en los puntos de referencia en general (y los resultados con récord mundial en particular) no son solo algo de lo que los fabricantes de servidores puedan alardear. Si se interpretan correctamente, los mejores resultados del sector en los puntos de referencia pueden ofrecer información sobre cómo podrían funcionar los servidores en casos de uso reales. Debido a la cuota de mercado de Dell Technologies y al número de récords mundiales que ostenta la empresa, sus servidores PowerEdge ofrecen una oportunidad natural para examinar cómo los resultados en los puntos de referencia pueden relacionarse con beneficios en el rendimiento para las organizaciones en producción. Aunque ninguna correlación de rendimiento en puntos de referencia (ya se haya obtenido un récord mundial o no) es 1:1, nuestra investigación muestra que el rendimiento de los servidores Dell PowerEdge en un punto de referencia reconocido del sector indica el sólido rendimiento de IA y ML en varios casos de uso en una variedad de sectores. Además, el número de récords mundiales que ostenta Dell Technologies en diferentes puntos de referencia demuestra cómo la empresa ha desarrollado plataformas que aprovechan los puntos fuertes de los componentes individuales para ofrecer un valor real a sus clientes para una variedad de cargas de trabajo.

## Apéndice A: enlaces sobre rendimiento en puntos de referencia

- Mejores resultados de rendimiento en TPCx-AI: [www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai\\_perf\\_results5.asp](http://www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai_perf_results5.asp)
- Mejores resultados de rendimiento en TPCx-IoT V2: [www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot\\_perf\\_results5.asp?version=2](http://www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot_perf_results5.asp?version=2)

## Apéndice B: enlaces a especificaciones de sistemas de Dell Technologies

- Hojas de especificaciones de servidores Dell PowerEdge: [www.dell.com/en-us/dt/servers/poweredge-rack-servers.htm](http://www.dell.com/en-us/dt/servers/poweredge-rack-servers.htm)

<sup>1</sup> History-Computer. "The 10 Largest Server Companies In The World, And What They Do". Septiembre de 2022. <https://history-computer.com/largest-server-companies-in-the-world-and-what-they-do/>.

<sup>2</sup> TPC. "TPCx-AI Top Performance Results". Acceso el 1 de noviembre de 2022. [www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai\\_perf\\_results5.asp](http://www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai_perf_results5.asp).

<sup>3</sup> TPC. "TPCx-IoT V2 Top Performance Results". Acceso el 1 de noviembre de 2022. [www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot\\_perf\\_results5.asp?version=2](http://www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot_perf_results5.asp?version=2).

<sup>4</sup> Tom's Hardware. "Zen 4 Madness: AMD EPYC Genoa With 96 Cores, 12-Channel DDR5 Memory, and AVX-512". Agosto de 2021. [www.tomshardware.com/news/zen4-madness-amd-epyc-genoa-with-96-cores-12-channel-ddr5-memory-and-avx-512](http://www.tomshardware.com/news/zen4-madness-amd-epyc-genoa-with-96-cores-12-channel-ddr5-memory-and-avx-512)

<sup>5</sup> Rendimiento de coma flotante de SPEC@ hasta un 121 % superior al comparar los mejores procesadores AMD EPYC™ de 4.ª generación con los mejores procesadores AMD EPYC de 3.ª generación basado en la puntuación de índice de coma flotante de SPEC de 1410 conseguida en un servidor Dell™ PowerEdge™ R7625 con procesadores AMD EPYC 9654, en comparación con una puntuación de 636 conseguida en un servidor Dell PowerEdge R7525 con procesadores AMD EPYC 7763. Acceso a las puntuaciones el 10 de noviembre de 2022. Consulte los resultados de puntos de referencia de la Standard Performance Evaluation Corporation. <http://spec.org/benchmarks.html>.

<sup>6</sup> Rendimiento de índice de enteros de SPEC@ hasta un 102 % superior al comparar los mejores procesadores AMD EPYC™ de 4.ª generación con los mejores procesadores AMD EPYC de 3.ª generación basado en la puntuación de índice de enteros de SPEC de 1660 conseguida en un servidor Dell™ PowerEdge™ R7625 con procesadores AMD EPYC 9654, en comparación con una puntuación de 821 conseguida en un servidor Dell PowerEdge R7525 con procesadores AMD EPYC 7763. Acceso a las puntuaciones el 10 de noviembre de 2022. Consulte los resultados de puntos de referencia de la Standard Performance Evaluation Corporation. <http://spec.org/benchmarks.html>.

<sup>7</sup> AMD. Página web de especificaciones de los procesadores AMD EPYC serie 7003. [www.amd.com/en/processors/epyc-7003-series](http://www.amd.com/en/processors/epyc-7003-series).

<sup>8</sup> Mejora del rendimiento de CPU por vatio del 55 % calculada utilizando la puntuación de coma flotante de SPEC@ de 1410 conseguida en un servidor Dell™ PowerEdge™ R7625 con procesadores AMD EPYC 9654 con una cTDP del procesador de 400 vatios, en comparación con una puntuación de 636 conseguida en un servidor Dell PowerEdge R7525 con procesadores AMD EPYC 7763 con una cTDP del procesador de 280 vatios.

<sup>9</sup> Broadcom. NetXtreme E-Series OCP NIC 3.0 Ethernet Adapters Product Brief. 2021. <https://docs.broadcom.com/doc/12395120>.

