

■ Notas técnicas de los expertos  
en continuidad crítica de los negocios

***Energy Logic: Reducción del consumo  
de energía del centro de proceso de  
datos mediante la creación de ahorros  
que forman una cascada entre los  
sistemas***

---



*El modelo demuestra que las reducciones del consumo de energía a nivel del equipo de tecnología de la información causan el mayor impacto en el consumo general porque forman una cascada a través de todos los sistemas de apoyo.*

## **Resumen ejecutivo**

Varias asociaciones, consultores y proveedores han promovido las mejores prácticas para mejorar el consumo eficiente de energía en el centro de proceso de datos. Dichas prácticas cubren todo desde la iluminación del centro al diseño del sistema de enfriamiento, y han probado ser útiles en ayudar a las compañías a reducir o revertir la tendencia de un centro de proceso de datos con mayor consumo de energía. Sin embargo, la mayoría de organizaciones carecen de un enfoque integral, holístico, para reducir el consumo de energía del centro de proceso de datos.

Emerson Network Power analizó las oportunidades de ahorro de energía disponibles e identificó las diez mejores. Cada una de estas diez oportunidades luego se aplicaron a un modelo de centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados (464.52 m<sup>2</sup>) basado en tecnologías y parámetros operativos. A través del modelo, Emerson Network Power pudo cuantificar los ahorros de cada acción en el nivel del sistema e identificar el modo en que la reducción de energía en algunos sistemas afecta el consumo en los sistemas de apoyo.

El modelo demuestra que las reducciones del consumo de energía a nivel del equipo de tecnología de la información causan el mayor impacto en el consumo general porque forman una cascada a través de todos los sistemas de apoyo, conduciendo así al desarrollo de Energy Logic, un esquema de trabajo neutral con respecto al proveedor para optimizar el consumo eficiente del centro de proceso de datos comenzando con los equipos de tecnología de información y avanzando hasta la infraestructura de apoyo. Este documento muestra el modo en que Energy Logic puede rendir una reducción de 50 por ciento o más en el consumo de energía del centro de proceso de datos sin comprometer el rendimiento o disponibilidad.

Este enfoque tiene el beneficio adicional de eliminar las tres limitaciones más críticas que enfrentan los gerentes del centro de proceso de datos en la actualidad: energía, enfriamiento y espacio. En el modelo, las diez estrategias de Energy Logic liberaron aproximadamente el 66% del espacio ocupado, 33% de la capacidad de UPS, y 40% de la capacidad de enfriamiento de precisión.

Todas las tecnologías utilizadas en el enfoque de Energy Logic están disponibles en la actualidad y pueden ser introducidas paulatinamente en el centro de proceso de datos como parte de actualizaciones periódicas de tecnología, reduciendo los gastos de capital.

El modelo también identificó algunos vacíos en las tecnologías existentes que podrían permitir mayores reducciones de energía y ayudar a las organizaciones a tomar mejores decisiones concernientes a las tecnologías más eficientes para un centro de proceso de datos determinado.

## Introducción

El impacto doble del aumento del consumo de energía en el centro de proceso de datos y el aumento de los costos de energía ha elevado la importancia del consumo eficiente del centro de proceso de datos como estrategia para reducir los costos, gestionar la capacidad y promover la responsabilidad ambiental.

El consumo de energía del centro de proceso de datos se ha adecuado a la demanda en casi toda organización para obtener una mayor capacidad de cómputo y el aumento de la centralización de la tecnología de información. Aunque ocurría esto, los precios de la electricidad a nivel mundial aumentaron 56 por ciento entre los años 2002 y 2006.

Las implicancias financieras son significativas, los cálculos de los costos de energía anuales para los centros informáticos de Estados Unidos ahora aumentan a aproximadamente 3,3 mil millones de dólares.

Esta tendencia también afecta la capacidad del centro de proceso de datos. De acuerdo con la Encuesta de Data Center Users Group (DCUG®) de otoño de 2007, un grupo influyente de gerentes de centros informáticos, se citaron las limitaciones de energía como el factor primario que limitaba el crecimiento en 46 por ciento de los encuestados, en mayor medida que cualquier otro factor.

Además de las consideraciones financieras y capacidad, la reducción de la energía del centro de proceso de datos se ha vuelto una prioridad para las organizaciones que buscan reducir su impacto en el medio ambiente.

Existe un consenso general de que es posible que se realicen mejoras en el consumo eficiente del centro de proceso de datos.

En un informe del Congreso de Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental concluyó que las mejores prácticas pueden reducir el consumo de energía del centro de proceso de datos en 50 por ciento a más tardar el año 2011.

El informe de la Agencia de Protección Ambiental incluyó una lista de las mejores 10 prácticas de ahorro de energía identificadas por el Lawrence Berkeley National Lab. Otras organizaciones, incluyendo Emerson Network Power, han distribuido información similar y existe evidencia de que se han adoptado algunas de las mejores prácticas.

La Encuesta de DCUG de la primavera de 2007 encontró que 77 por ciento de los entrevistados ya habían dispuesto el centro de proceso de datos con una configuración de pasillo caliente/pasillo frío (hot aisle/cold aisle) para aumentar la eficiencia del sistema de enfriamiento, 65 por ciento usó paneles en blanco para minimizar la recirculación de aire caliente y 56 por ciento selló el piso para evitar pérdidas por enfriamiento.

Aunque se han logrado avances, falta todavía un objetivo: la evaluación neutral con respecto al proveedor de las oportunidades de eficiencia entre la variedad de sistemas de centros informáticos, lo cual se ha dificultado porque los gerentes de los centros informáticos priorizan los esfuerzos de eficiencia y personalizan las mejores prácticas a sus equipos del centro de proceso de datos y las prácticas operativas.

Este documento cierra ese vacío delineando un enfoque holístico para la

*El consumo de energía del centro de proceso de datos se ha adecuado a la demanda en casi toda organización para obtener una mayor capacidad de cómputo y el aumento de la centralización de la tecnología de información.*

*La distinción entre consumo de energía por demanda y por oferta es valiosa porque las reducciones de energía orientadas a la demanda utilizan la cascada a través de la oferta.*

reducción de energía basado en el análisis cuantitativo que permite una reducción de 50 por ciento o más en el consumo de energía del centro de proceso de datos.

### **Consumo de energía del centro de proceso de datos**

El primer paso para priorizar las oportunidades de ahorro de energía fue lograr un claro entendimiento del consumo de energía del centro de proceso de datos.

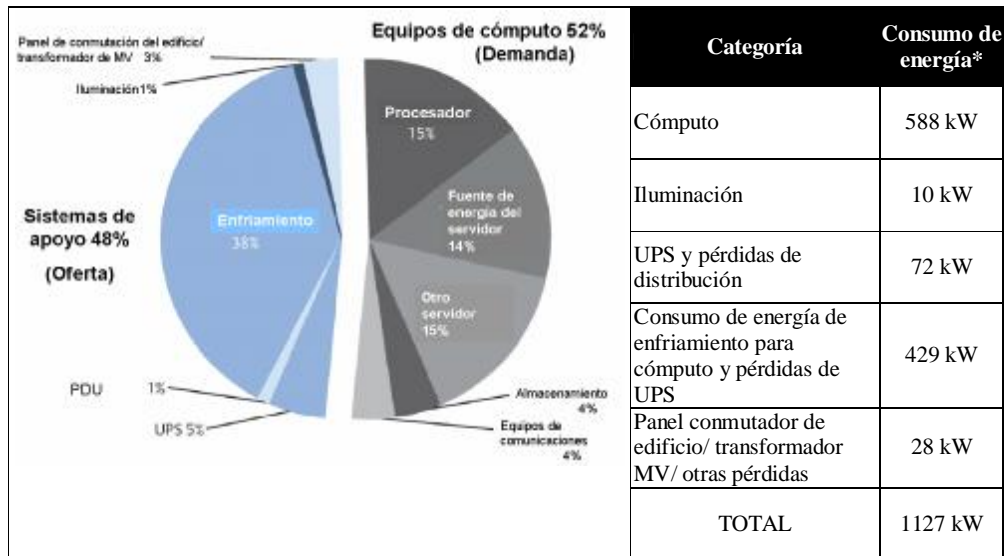
Emerson Network Power modeló el consumo de energía de un centro de proceso de datos típico de 5.000 pies cuadrados (464.52 m<sup>2</sup>) (Figura 1) y analizó el modo en que se utiliza la energía dentro de la instalación. El consumo de energía se categorizó como “orientado a la demanda” o “orientado a la oferta”.

Los sistemas orientados a la demanda son los servidores, almacenamiento, comunicaciones y otros sistemas de tecnología de la información que apoyan las actividades. Los sistemas orientados a la oferta existen para apoyar a la demanda.

En este análisis, los sistemas orientados a la demanda, que incluyen a procesadores, fuentes de energía de servidores, otros componentes de los servidores, almacenamiento y equipo de comunicaciones, representan el 52 por ciento del consumo total. Los sistemas orientados a la oferta incluyen el UPS, distribución de energía, enfriamiento, iluminación y panel conmutadores del edificio, y representan el 48 por ciento del consumo.

La información del centro de proceso de datos y el equipo de infraestructura y los parámetros operativos sobre los que se basó el análisis se presentan en el Anexo A. Nótese que todos los centros informáticos son distintos, y el potencial de ahorro variará según el centro. Sin embargo, como mínimo, este análisis proporciona una comparación de magnitudes para las estrategias de reducción de energía de centros informáticos.

La distinción entre consumo de energía por demanda y por oferta es valiosa porque las reducciones de energía orientadas a la demanda utilizan la cascada a través de la oferta. Por ejemplo, en el centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados utilizado para analizar el consumo de energía, una reducción de 1 vatio a nivel de componentes del servidor (procesador, memoria, disco duro, etc.) resulta en ahorros adicionales de 1,84 vatios en la fuente de energía, sistemas de distribución de energía, sistema UPS, sistema de enfriamiento y panel conmutador al ingreso del edificio y transformador de voltaje medio (Figura 2).



**Figura 1.** El análisis de un centro de proceso de datos típico de 5.000 pies cuadrados muestra que el equipo de cómputo orientado a la demanda representa el 52 por ciento de consumo de energía y los sistemas orientados a la oferta representan el 48 por ciento.

\* Esto representa el consumo de energía promedio (kW). El consumo de energía diario (kWh) se puede obtener multiplicando el consumo de energía por 24.

En consecuencia, todo vatio que puede ahorrarse a nivel del procesador crea aproximadamente 2,84 vatios de ahorro para el centro.

### El enfoque de Energy Logic

Energy Logic considera un enfoque secuencial para reducir los costos de energía aplicando las 10 tecnologías y mejores prácticas que mostraron el mayor potencial en el orden en que causan el mayor impacto.

Aunque la secuencia es importante, Energy Logic no pretende ser un enfoque paso a paso en el sentido de que cada paso sólo puede realizarse después de completarse el paso previo. Las medidas de ahorro de energía incluidas en Energy Logic se deben considerar una guía. Muchas organizaciones ya han tomado medidas al final de la secuencia o tendrán que retirar algunas tecnologías fuera de la secuencia para eliminar las restricciones de crecimiento existentes.

El primer paso en el enfoque de Energy Logic es establecer una política de adquisiciones de equipos de tecnología de la información que explota los beneficios de eficiencia de energía de los procesadores de bajo consumo y la fuente de energía de alta eficiencia.

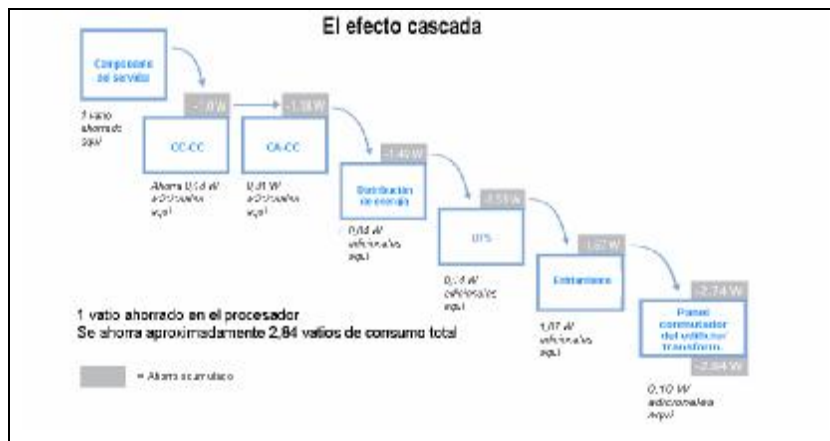
Debido a que estas tecnologías se especifican en los nuevos equipos, los servidores ineficientes serán desfasados y reemplazados con unidades de mayor eficiencia, creando cimientos sólidos para un centro de proceso de datos con optimización de energía.

El software de gestión de energía tiene mayor potencial de reducir los costos de energía y se debe considerar como parte de la estrategia de optimización de energía, en especial para los centros informáticos que

*El primer paso en el enfoque de Energy Logic es establecer una política de adquisiciones de equipos de tecnología de la información que explota los beneficios de eficiencia de energía de los procesadores de bajo consumo y las fuentes de energía de alta eficiencia.*

*El espacio ocupado total requerido por los equipos de tecnología de información se redujo en 65 por ciento.*

tienen grandes diferencias entre los índices de utilización máxima y promedio. Otros centros pueden optar por no emplear la gestión de energía debido a las inquietudes acerca de los tiempos de respuesta. Existe una oportunidad significativa dentro de la industria para mejorar la sofisticación de la gestión de energía para convertirla en una herramienta incluso más poderosa para la gestión del consumo de energía.



**Figura 2.** Con el efecto cascada, 1 vatio ahorrado a nivel de componentes del servidor crea una reducción en el consumo de energía del centro de aproximadamente 2,84 vatios.

El siguiente paso implica proyectos de tecnología de la información que no pueden seguir las consideraciones de eficiencia, pero tienen un impacto en el consumo de energía. Por ejemplo:

- Servidores ultradelgados
- Virtualización de servidores

Estas tecnologías han surgido como enfoques de “mejor práctica” para la gestión de centros informáticos, y desempeñan un papel en la optimización de un centro de proceso de datos para lograr eficiencia, rendimiento y gestionabilidad.

Una vez que se han establecido las políticas y planes para optimizar los sistemas de tecnología de la información, el enfoque varía a los sistemas orientados a la oferta. Los enfoques más eficaces para la optimización de la infraestructura son:

- Mejores prácticas de enfriamiento
- Distribución de energía de 415 VCA
- Enfriamiento de capacidad variable
- Enfriamiento suplementario
- Supervisión y optimización

Emerson Network Power ha cuantificado los ahorros que pueden lograrse a través de cada una de estas acciones individualmente y como parte de la secuencia de Energy Logic (Figura 3). Nótese que el ahorro de los sistemas orientados a la oferta parece más pequeño cuando se considera parte de Energy Logic porque estos sistemas ahora sostienen una carga más pequeña.

### **Reducción del consumo de energía y eliminación de las limitaciones de crecimiento**

El uso del enfoque de Energy Logic aplicado al centro de proceso de datos modelado redujo el consumo de energía en 52 por ciento sin comprometer el rendimiento o la disponibilidad.

En su estado no optimizado, el modelo del centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados utilizado para desarrollar el enfoque de Energy Logic sustentó una carga total de 588 kW y una carga total del centro de 1127 kW. A través de las estrategias de optimización presentadas en este documento, este centro se ha transformado para permitir el mismo nivel de rendimiento utilizando significativamente menos energía y espacio. La carga total de cómputo se redujo a 367 kW, y la densidad de bastidores (racks) aumentó de 2,8 kW por bastidor a 6,1 kW por bastidor.

Ello ha reducido el número de bastidores requerido para sostener la carga de cómputo de 210 a 60 y eliminó las limitaciones de energía, enfriamiento y espacio que restringen el crecimiento (Figura 4).

El consumo de energía total se redujo a 542 kW y el espacio ocupado total requerido para los equipos de tecnologías de información se redujo en 65 por ciento (Figura 5).

Energy Logic es apropiado para cada tipo de centro de proceso de datos; sin embargo, la secuencia puede verse afectada por el tipo de centro. Los centros que operan con altos índices de utilización las 24 horas del día desearán enfocar sus esfuerzos iniciales en adquirir equipos de tecnología de información con procesadores de baja energía y fuentes de energía de alta eficiencia. Los centros que experimentan los máximos predecibles de actividad pueden lograr el mayor beneficio de la tecnología de gestión de energía. La Figura 6 muestra el modo en que la carga de cómputo y el tipo de operación influyen en las prioridades.

Medida de ahorro de energía	Ahorro independiente de otras medidas		Ahorro de Energy Logic con el efecto cascada			Retorno de inversión
	Ahorro (kW)	Ahorro (%)	Ahorro (kW)	Ahorro (%)	Ahorro acumulado (kW)	
Procesadores de baja energía	111	10%	111	10%	111	12 a 18 meses
Fuente de energía de alta eficiencia	141	12%	124	11%	235	5 a 7 meses
Características de gestión de energía	125	11%	86	8%	321	Inmediato
Servidores ultradelgados	8	1%	7	1%	328	Reducción costo total de operaciones 38%*
Virtualización de servidores	156	14%	86	8%	414	Reducción costo total de operaciones 63%**
Distribución de energía de 415 VCA	34	3%	20	2%	434	2 a 3 meses
Mejores prácticas de enfriamiento	24	2%	15	1%	449	4 a 6 meses
Enfriamiento de capacidad variable: motores de ventilador de velocidad variable	79	7%	49	4%	498	4 a 10 meses
Enfriamiento suplementario	200	18%	72	6%	570	10 a 12 meses
Supervisión y optimización: Unidades de enfriamiento trabajan como equipo	25	2%	15	1%	585	3 a 6 meses

\* Fuente de servidor ultradelgado afecta el costo total de operaciones: Costos indirectos

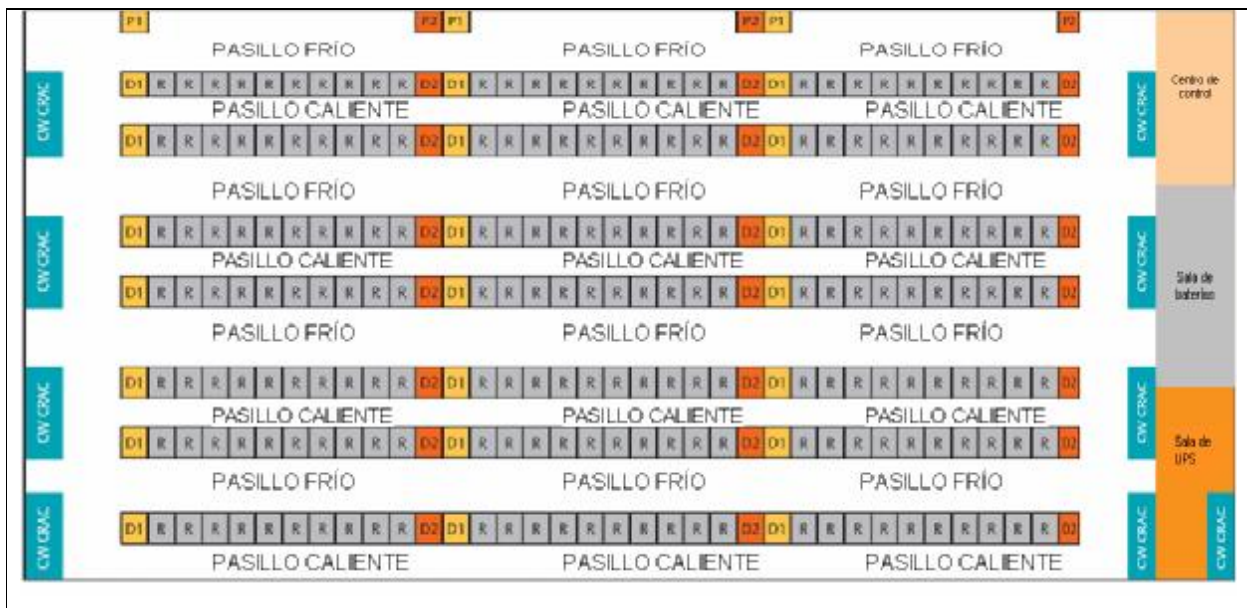
\*\*Fuente de virtualización afecta el costo total de operaciones: VMware

**Figura 3. Usando el modelo de un centro de proceso de datos de 5,000 pies cuadrados que consume 1127 kW de energía, las medidas incluidas en el enfoque de Energy Logic trabajan en conjunto para producir una reducción de 585 kW en el consumo de energía.**

Limitación	No optimizado	Optimizado	Capacidad liberada
Espacio del centro de proceso de datos (pies cuadrados)	4988	1768	3220 (65%)
Capacidad de UPS (kVA)	2 * 750	2 * 500	2 * 250 (33%)
Capacidad de la planta de enfriamiento (toneladas)	350	200	150 (43%)
Panel conmutador al ingreso del edificio y equipo generador (kW)	1169	620	549 (47%)

**Figura 4. Energy Logic elimina las limitaciones de crecimiento además de reducir el consumo de energía.**





Antes de Energy Logic



Después de Energy Logic

P1 = Distribución de etapa 1, lado A      D1 = Distribución de etapa 2, lado A      R = Bastidor  
P2 = Distribución de etapa 1, lado B      D2 = Distribución de etapa 2, lado B      XDV = Módulo de enfriamiento suplementario  
CW CRAC = Acondicionador de aire de sala de cómputo enfriado con agua

**Figura 5.** El diagrama superior muestra la distribución no optimizada del centro de proceso de datos. El diagrama inferior muestra el centro de proceso de datos luego de aplicar las medidas de Energy Logic. El espacio requerido para los equipos del centro de proceso de datos se redujo de 5,000 pies cuadrados a 1,768 pies cuadrados (65 por ciento).

Operaciones durante 24 horas	1. Procesador de energía más baja 2. Fuentes de energía de alta eficiencia 3. Servidores ultradelgados 4. Gestión de energía	1. Virtualización 2. Procesadores de energía más baja 3. Fuente de energía de alta eficiencia 4. Gestión de energía
	1. Gestión de energía 2. Procesador de energía baja 3. Fuentes de energía de alta eficiencia 4. Servidores ultradelgados	5. Considerar arquitectura de mainframe 1. Virtualización 2. Gestión de energía 3. Procesador de energía baja 4. Fuentes de energía de alta eficiencia
Operaciones diurnas	E/S intensiva	Cómputo intensivo

**Figura 6. El enfoque de Energy Logic puede adaptarse a la carga de cómputo y al tipo de operación.**

## Las diez acciones de Energy Logic

### 1. Eficiencia del procesador

En ausencia de una medida estándar verdadera de eficiencia del procesador similar al estándar de eficiencia de combustible del Departamento de Transportes de Estados Unidos, la Energía de Diseño Térmico (TDP, por sus siglas en inglés) sirve como un intermediario para el consumo de energía del servidor.

La TDP típica de los procesadores utilizados actualmente está entre 80 y 103 vatios (91 vatios en promedio). Con un recargo en los precios, los fabricantes de procesadores proporcionan versiones de menor voltaje de sus procesadores que consumen un promedio de 30 vatios menos que los procesadores estándares (Figura 7). Estudios independientes muestran que estos procesadores de menor energía ofrecen el mismo rendimiento que los modelos de mayor energía (Figura 8).

En el centro de proceso de datos de 5,000 pies cuadrados modelado para este estudio, los procesadores de menor energía crean una reducción de 10 por ciento en el consumo de energía total del centro de proceso de datos.

### 2. Fuentes de energía

En cuanto a los procesadores, varias de las fuentes de energía de los servidores utilizadas actualmente funcionan con eficiencias por debajo de lo que está actualmente disponible. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos estimó la eficiencia promedio de las fuentes de energía de los servidores instalados en 72 por ciento en el año 2005. En el modelo, suponemos que el centro de proceso de datos no optimizado utiliza una fuente de energía con un promedio de 79 por ciento en una combinación de servidores que tienen 4 años de antigüedad o son nuevos.

	Receptáculos	Velocidad (GHz)	Estándar	Baja energía	Ahorro
AMD	1	1,8-2,6	103 W	65 W	38 W
	2	1,8-2,6	95 W	68 W	27 W
Intel	2	1,8-2,6	80 W	50 W	30 W

Figura 7. Intel y AMD ofrecen varios procesadores de baja energía que proporcionan un ahorro promedio entre 27 W y 38 W.

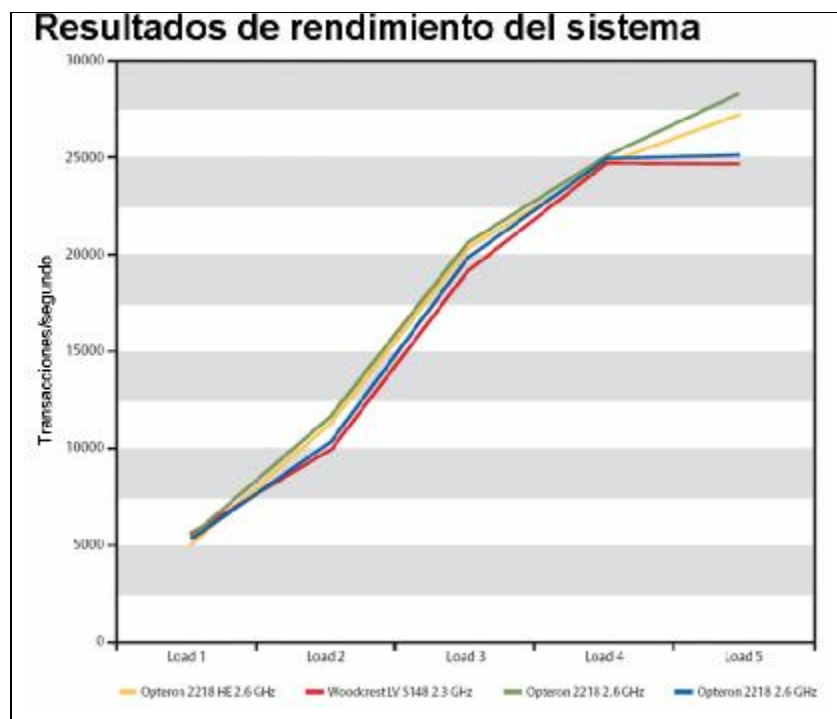


Figura 8. Resultados de rendimiento de los sistemas de procesadores estándares y de baja energía que utilizan el valor referencial AS3AP del Instituto Nacional de Estándares de Estados Unidos.

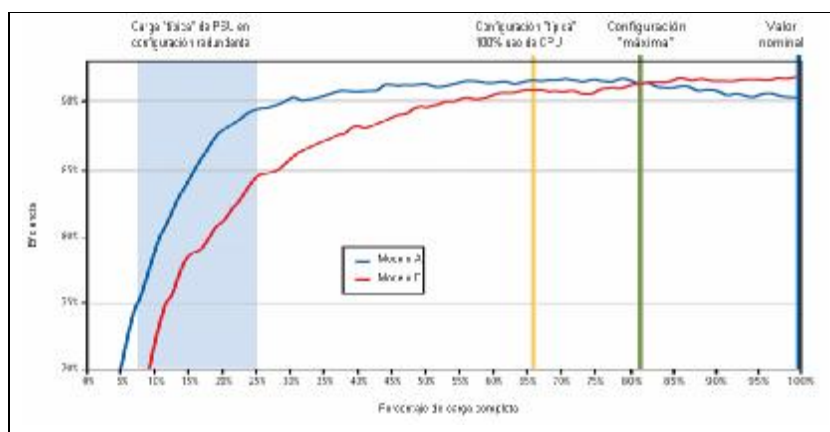
Las mejores fuentes de energía en su clase que están disponibles actualmente proporcionan una eficiencia de 90 por ciento. El uso de estas fuentes de energía reduce el consumo de energía dentro del centro de proceso de datos en 124 kW u 11 por ciento del total de 1127 kW.

En cuanto a otros sistemas de centros informáticos, la eficiencia de la fuente de energía del servidor varía dependiendo de la carga. Algunas fuentes de energía rinden mejor con cargas parciales que otros, y esto es especialmente importante en dispositivos de cordón dual en los que la utilización de la fuente de energía puede promediarse en menos de 30 por ciento. La Figura 9 muestra la eficiencia de la fuente de energía a cargas distintas para los dos modelos de fuentes de energía. A una carga de 20 por ciento, el modelo A tiene una eficiencia de aproximadamente 88 por ciento

mientras que el modelo B tiene una eficiencia cercana al 82 por ciento.

La Figura 9 también resalta otra oportunidad de aumentar la eficiencia: adaptar las fuentes de energía más cerca de su carga real. Nótese que la configuración máxima es aproximadamente 80 por ciento del valor nominal y la configuración típica es 67 por ciento del valor nominal. Los fabricantes de servidores deben permitir a los compradores elegir las fuentes de energía adaptadas para una configuración típica o máxima.

*Aunque el cambio a servidores ultradelgados es comúnmente no motivado por consideraciones de energía, los servidores ultradelgados pueden afectar la reducción del consumo de energía.*



**Figura 9. La eficiencia de la fuente de energía puede variar significativamente dependiendo de la carga, y con frecuencia las fuentes de energía se adaptan a una carga que excede la máxima configuración del servidor.**

### 3. Software de gestión de energía

Los centros informáticos están adaptados para condiciones máximas que rara vez pueden ocurrir. En un centro de proceso de datos típico, la demanda diaria aumenta progresivamente desde casi las 5 a.m. a las 11 a.m., y luego comienza a disminuir nuevamente a las 5 p.m. (Figura 10).

El consumo de energía del servidor permanece relativamente alto pues la carga del servidor disminuye (Figura 11). En modo de reposo, la mayoría de servidores consume entre 70 y 85 por ciento de la energía operativa completa. En consecuencia, un centro que funciona simplemente a una capacidad de 20 por ciento puede utilizar 80 por ciento de la energía al igual que el mismo centro funcionando a una capacidad de 100 por ciento.

Los procesadores de servidores tienen características de gestión de energía incorporadas que pueden reducir la energía cuando el procesador está en reposo. Muy frecuentemente estas características están desactivadas debido a inquietudes concernientes al tiempo de respuesta; sin embargo, esta decisión puede necesitar ser reevaluada a la luz del ahorro significativo que esta tecnología puede permitir.

En el modelo, suponemos que el consumo de energía en reposo es 80 por ciento del consumo de energía máximo sin gestión de energía, y reduce a 45 por ciento el consumo de energía máximo pues la gestión de energía está activada. Con este escenario, la gestión de energía puede ahorrar 86 kW adicionales u ocho por ciento de la carga del centro de proceso de datos no optimizado.

### 4. Servidores ultradelgados

Muchas organizaciones han implementado servidores ultradelgados para

*La implementación de virtualización proporciona una reducción incremental de ocho por ciento en el consumo de energía total del centro de proceso de datos de 5.000 pies.*

cumplir con los requisitos de procesamiento y mejorar la gestión del servidor. Aunque el cambio a servidores ultradelgados es comúnmente no motivado por consideraciones de energía, los servidores ultradelgados pueden afectar el consumo de energía.

Los servidores ultradelgados consumen aproximadamente 10 por ciento menos energía que los servidores equivalentes instalados en bastidor porque los servidores múltiples comparten fuentes de energía comunes, ventiladores de enfriamiento y otros componentes.

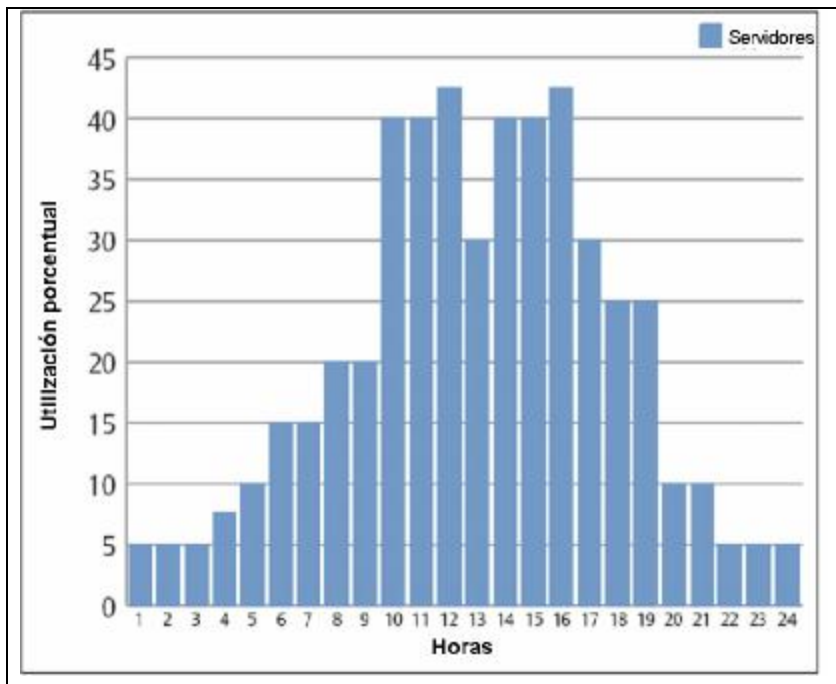


Figura 10. Utilización diaria de un centro de proceso de datos típico.

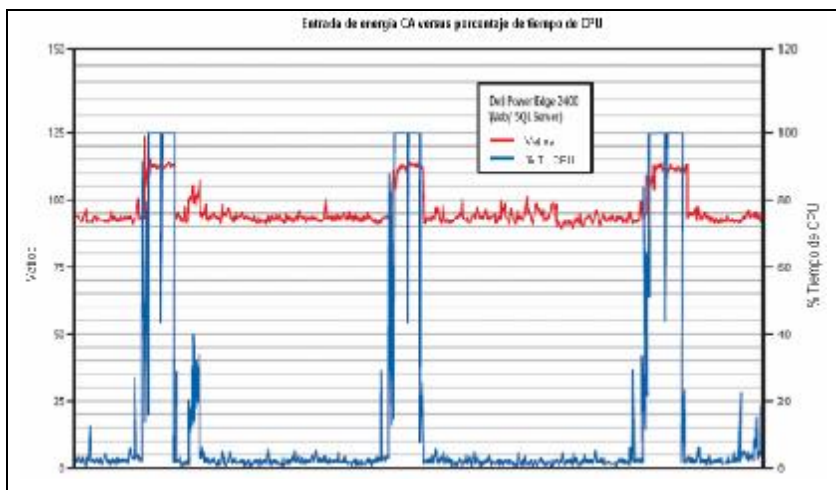


Figura 11. Actividad de procesador baja no se traduce en consumo de energía bajo.

En el modelo, observamos una reducción de uno por ciento en el consumo de energía total cuando se reemplaza el 20 por ciento de servidores en bastidor con servidores ultradelgados. Más importante, los servidores

ultradelgados facilitan el cambio a una arquitectura de centro de proceso de datos de alta densidad, lo cual puede reducir significativamente el consumo de energía.

#### 5. Virtualización de servidores

En la medida que se optimicen las tecnologías de servidores, la virtualización se utiliza cada vez más para aumentar la utilización de servidores, y reducir el número de servidores requerido.

En nuestro modelo, suponemos que se virtualiza el 25 por ciento de servidores con ocho servidores físicos no virtualizados que son reemplazados por un servidor físico virtualizado. También suponemos que las aplicaciones virtualizadas estaban en servidores de un solo procesador y de dos procesadores, y las aplicaciones virtualizadas se encuentran en servidores con por los menos dos procesadores.

La implementación de virtualización proporciona una reducción incremental de ocho por ciento en el consumo de energía total del centro de proceso de datos de 5.000 pies.

#### 6. Mejores prácticas de enfriamiento

La mayoría de centros informáticos han implementado ciertas mejores prácticas comerciales, por ejemplo la disposición de los bastidores en pasillo caliente/ pasillo frío (hot aisle/ cold aisle). Existe el potencial de sellar las brechas de los pisos, usar paneles en blanco en espacios desocupados en los bastidores, y evitar la mezcla de aire caliente y frío. La ASHRAE ha publicado varios estudios excelentes sobre estas mejores prácticas.

La dinámica de fluidos computacional (CFD) se puede utilizar para identificar las ineficiencias y optimizar el flujo de aire del centro de proceso de datos (Figura 12). Muchas organizaciones, incluyendo Emerson Network Power, ofrecen el procesamiento de imágenes de CFD como parte de los servicios de evaluación del centro de proceso de datos enfocados en la mejora de la eficiencia de enfriamiento.

Además, las temperaturas en el pasillo frío deben poder elevarse si las temperaturas actuales están por debajo de 68°F (20°C). Las temperaturas del agua fría con frecuencia pueden elevarse de 45°F (7,2°C) a 50°F (10°C).

En el modelo, se mejora la eficiencia del sistema de enfriamiento en cinco por ciento simplemente mediante la implementación de las mejores prácticas, lo cual reduce el total de costos de energía del centro en uno por ciento virtualmente sin inversión en nueva tecnología.

#### 7. Distribución de energía de 415 VCA

El sistema de energía crítica representa otra oportunidad para reducir el consumo de energía, sin embargo, incluso más que otros sistemas, se debe tener cuidado de asegurar que las reducciones del consumo de energía no se logren a costas de la reducción de la disponibilidad de los equipos.

La mayoría de centros informáticos utilizan un tipo de UPS denominado sistema de doble conversión. Estos sistemas convierten la energía entrante a corriente continua, y luego nuevamente a corriente alterna dentro de la UPS, permitiendo así que la UPS genere una forma de onda limpia y uniforme para los equipos de tecnología de información, y aísla

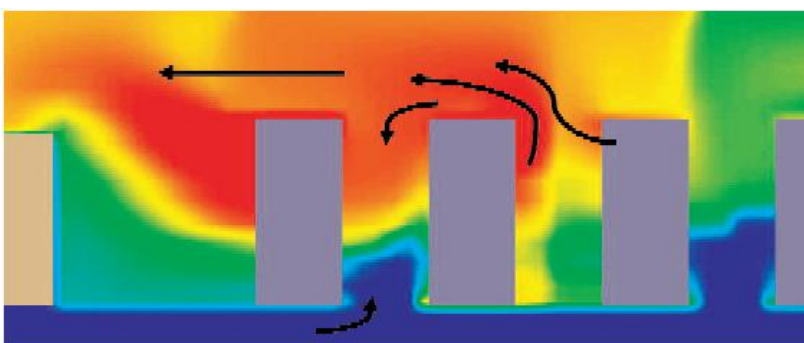
*Las tecnologías recientes, por ejemplo los compresores Digital Scroll y los motores de frecuencia variable en los acondicionadores de aire de sala de cómputo (CRAC), permiten el mantenimiento de alta eficiencia a cargas parciales.*

*Las unidades de enfriamiento suplementarias se instalan en la parte superior o al lado de los bastidores de los equipos (Figura 14), y extraen el aire caliente directamente del pasillo caliente y proporcionan aire frío al pasillo frío.*

eficazmente a los equipos de tecnología de información de la fuente de energía.

Los sistemas UPS que no convierten la energía entrante (sistemas de línea interactiva o espera pasiva) pueden operar a mayor eficiencia debido a las pérdidas asociadas con el proceso de conversión. Estos sistemas pueden comprometer la protección de los equipos porque no acondicionan plenamente la energía entrante.

Existe una mayor oportunidad pasando la UPS. En la mayoría de centros informáticos, la UPS proporciona energía a 480 V, que luego se convierte mediante un transformador, con presencia de pérdida, a 208V en el sistema de distribución de energía. Estas pérdidas de conversión reductora se pueden eliminar convirtiendo la energía de salida de la UPS a 415 V.



**Figura 12.** El procesamiento de imágenes de CFD se puede utilizar para evaluar la eficiencia de enfriamiento y optimizar el flujo de aire. Esta imagen muestra el aire caliente recirculando mientras es atraído hacia el acondicionador de aire de sala de cómputo, que está mal ubicado.

La entrada trifásica de 415 V proporciona una entrada monofásica de 240 V de línea a neutral directamente al servidor (Figura 13). Este voltaje mayor no sólo elimina las pérdidas por conversión reductora, sino también permite un aumento de la eficiencia de la fuente de energía del servidor. Los servidores y otros equipos de tecnología de información pueden manejar una entrada de 240 VCA sin problema.

En el modelo, una reducción incremental de dos por ciento en el consumo de energía del centro se logra mediante la distribución de energía de 415 VCA.

#### 8. Enfriamiento de capacidad variable

Los sistemas de centros informáticos se adaptan para manejar cargas máximas, que rara vez se presentan. En consecuencia, la eficiencia operativa a carga completa con frecuencia no es una buena indicación de la eficiencia operativa real.

Las tecnologías recientes, por ejemplo los compresores Digital Scroll y los motores de frecuencia variable en los acondicionadores de aire de sala de cómputo (CRAC), permiten el mantenimiento de alta eficiencia a cargas parciales.

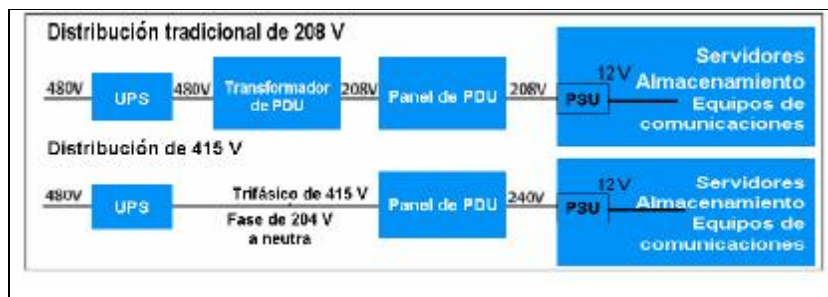
Los compresores Digital Scroll permiten que la capacidad de los acondicionadores de aire de la sala coincida exactamente con las



condiciones de la sala sin apagar o encender los compresores.

Comúnmente, los ventiladores de acondicionadores de aire de sala de cómputo funcionan a una velocidad constante y proporcionan un volumen constante de flujo de aire. Convertir estos ventiladores a ventiladores con motores de frecuencia variable permite que se reduzca la velocidad del ventilador y consumo de energía en la medida que disminuye la carga. La energía del ventilador es directamente proporcional al cubo de la revoluciones por minuto del ventilador, y una reducción de 20 por ciento en la velocidad del ventilador proporciona un ahorro de casi 50 por ciento en consumo de energía del ventilador. Estos motores están disponibles en equipos readaptados que facilitan la actualización de los acondicionadores de aire de sala de cómputo (CRAC) existentes con una recuperación de menos de un año.

*El modelo de Energy Logic también proporciona un esquema de trabajo para la industria brindando la información y tecnologías que los administradores de centros informáticos pueden utilizar para optimizar sus centros.*



**Figura 13. La distribución de energía de 415 V proporciona una alternativa más eficiente para utilizar la energía de 208 V.**

El sistema de acondicionamiento de aire basado en agua fría utilizado en este análisis, el uso de los motores de frecuencia variable proporciona un ahorro incremental de cuatro por ciento en el consumo de energía del centro de proceso de datos.

#### 9. Enfriamiento suplementario de alta densidad

Los sistemas tradicionales de enfriamiento de sala han comprobado ser muy eficaces en el mantenimiento de un ambiente controlado y seguro para los equipos de tecnología de información. Sin embargo, optimizar la eficiencia de energía del centro de proceso de datos requiere el cambio de densidades de centros informáticos tradicionales (2 a 3 kW por bastidor) a un ambiente que puede soportar densidades mucho mayores (más de 30 kW).

Esto requiere la implementación de un enfoque de enfriamiento que cambie parte de la carga de enfriamiento de los acondicionadores de aire de sala de cómputo tradicionales a unidades de enfriamiento suplementarias. Las unidades de enfriamiento suplementarias se instalan en la parte superior o al lado de los bastidores de los equipos (Figura 14), y extraen el aire caliente directamente del pasillo caliente y proporcionan aire frío al pasillo frío.

Las unidades de enfriamiento suplementarias pueden reducir los costos de enfriamiento en 30 por ciento en comparación con los enfoques tradicionales de enfriamiento. Este ahorro se logra debido a que el enfriamiento suplementario acerca el enfriamiento a la fuente de calor, reduciendo la energía del ventilador para mover el aire. Asimismo utilizan intercambiadores de calor más eficientes y proporcionan solamente



*Un estándar industrial de eficiencia del centro de proceso de datos que mide el rendimiento por vatios de energía sería sumamente beneficioso en la medición del avance de los esfuerzos de optimización del centro de proceso de datos.*

enfriamiento sensible, que es ideal para el calor seco generado por equipos electrónicos.

El refrigerante se proporciona a los módulos de enfriamiento suplementarios a través de un sistema de tuberías instaladas en áreas altas, las cuales una vez instaladas permiten que se añadan o se reubiquen fácilmente los módulos de enfriamiento en la medida que cambie el medio ambiente.



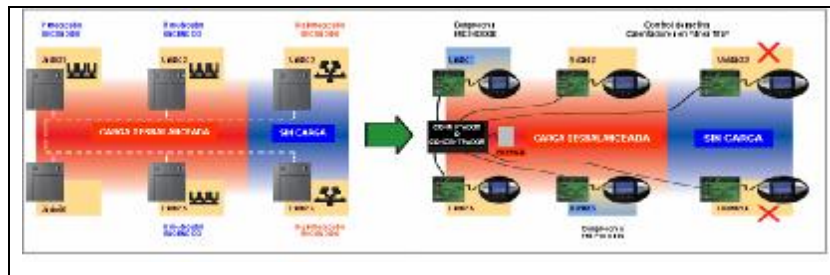
**Figura 14. El enfriamiento suplementario permite densidades de bastidores mayores y mejora la eficiencia del enfriamiento.**

En el modelo, 20 bastidores a una densidad de 12 kW por bastidor utilizan un enfriamiento suplementario de alta densidad mientras los 40 bastidores restantes (a una densidad de 3,2 kW) tiene un sistema tradicional de enfriamiento de sala, lo cual crea una reducción incremental de seis por ciento en los costos energéticos totales del centro de proceso de datos. En la medida que evolucione el centro y más bastidores cambien a alta densidad, aumentará el ahorro.

#### 10. Supervisión y optimización

Una de las consecuencias de aumentar las densidades de los equipos ha sido el aumento de la diversidad dentro del centro de proceso de datos. Las densidades de bastidor son rara vez uniformes en un centro y ello puede crear ineficiencias de enfriamiento si no se implementa la supervisión y optimización. Las unidades de enfriamiento de sala a un lado de un centro pueden estar humedeciendo el ambiente en base a las condiciones locales mientras que las unidades al lado opuesto del centro pueden estar deshumedeciendo.

Los sistemas de control de enfriamiento pueden supervisar las condiciones en todo el centro de proceso de datos y coordinar las actividades de varias unidades para evitar conflictos y aumentar el trabajo en equipo (Figura 15).



**Figura 15.** El control a nivel del sistema reduce el conflicto entre los acondicionadores de aire de la sala que operan en zonas distintas del centro de proceso de datos.

*En conjunto estas estrategias crearon una reducción de 52 por ciento en consumo de energía en el modelo de centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados desarrollado por Emerson Network Power mientras se eliminan las limitaciones de crecimiento.*

En el modelo, un ahorro incremental de uno por ciento se logra como resultado de la supervisión y control a nivel del sistema.

### Otras oportunidades de ahorro

Energy Logic prioriza las estrategias de reducción de energía más eficaces, pero no pretende ser una lista completa de las medidas que reducen energía. Además de las medidas en la estrategia de Energy Logic, los administradores de centros informáticos deben considerar la viabilidad de lo siguiente:

- Consolidar el almacenamiento de datos desde el almacenamiento conectado directamente al almacenamiento conectado a la red. Asimismo, los discos más rápidos consumen más energía; por ello se debe considerar la reorganización de datos de modo que los datos utilizados con menos frecuencia deben estar en unidades de archivamiento más lentas.
- Utilizar economizadores donde sea apropiado para permitir la utilización del aire exterior para sostener el enfriamiento en el centro de proceso de datos durante los meses más fríos, creando oportunidades de enfriamiento sin energía. Con los actuales entornos de cómputo de alta densidad, los economizadores pueden reducir costos en mucho más ubicaciones de lo que podría esperarse.
- Supervisar y reducir las pérdidas parásitas de los generadores, iluminación exterior y control de acceso perimetral. Para una carga de 1 MW, se han medido pérdidas de generador de 20 kW a 50 kW.

### ¿Qué puede aprender la industria del modelo de Energy Logic?

El modelo de Energy Logic no sólo prioriza las medidas para los administradores del centro de proceso de datos, sino también proporciona un esquema de trabajo para la industria brindando la información y tecnologías que los administradores de centros informáticos pueden utilizar para optimizar sus centros. He aquí medidas específicas que la industria puede tomar para apoyar el aumento de la eficiencia del centro de proceso de datos.

#### 1. Definir parámetros universalmente aceptados para la eficiencia del procesador, servidor y centro de proceso de datos

Han ocurrido avances tecnológicos tremendos en los procesadores de servidores en la última década. Hasta el año 2005, se vinculó el rendimiento mayor del procesador con altas velocidades del reloj y chips

más calientes que consumen más energía. Los avances recientes en tecnología multinúcleo han causado el aumento del rendimiento mediante la utilización de más núcleos de cómputo operando a velocidades de reloj relativamente menores, lo cual reduce el consumo de energía.

Actualmente los fabricantes de procesadores ofrecen varios procesadores de servidores de los cuales un cliente necesita seleccionar el procesador correcto para la aplicación determinada. Lo que falta es una medida fácil de comprender y fácil de utilizar, por ejemplo los valores de eficiencia de combustible automotor en millas por galón desarrollados por el Departamento del Transporte de Estados Unidos, que pueden ayudar a los compradores a seleccionar el procesador ideal para una carga determinada. La medida de rendimiento por vatio está evolucionando gradualmente mediante la utilización de la calificación SPEC como medida de rendimiento del servidor, pero es necesario mayor trabajo.

Esta misma filosofía podría aplicarse a nivel del centro. Un estándar industrial de eficiencia del centro de proceso de datos que mide el rendimiento por vatios de energía sería sumamente beneficioso en la medición del avance de los esfuerzos de optimización del centro de proceso de datos. El cociente de eficacia del consumo de energía (PUE) de Green Grid proporciona una medición de la eficiencia de infraestructura, pero no la eficiencia total del centro. La gerencia de tecnología de información necesita trabajar con los equipos de tecnología de información y fabricantes de infraestructura para desarrollar las millas por galón equivalentes para los sistemas y los centros.

## 2. Gestión de energía más sofisticada

Aunque permitir las características de gestión de energía proporciona tremendo ahorro, los administradores de tecnología de información con frecuencia prefieren alejarse de esta tecnología pues no se ha establecido claramente el impacto en la disponibilidad. En la medida que se hagan disponibles más herramientas para administrar las características de gestión de energía, y haya datos disponibles para asegurar que la disponibilidad no resulte afectada, debemos considerar que esta tecnología logrará la aceptación del mercado. Controles más sofisticados que permitan que estas características estén activadas sólo durante periodos de baja utilización, y se apaguen cuando se procesan las aplicaciones críticas, eliminarían la mayor parte de la resistencia a utilizar la gestión de energía.

## 3. Hacer coincidir la capacidad de las fuentes de energía con la configuración del servidor

Los fabricantes de servidores tienden a sobredimensionar las fuentes de energía que se adaptan a la configuración máxima de un servidor determinado. Algunos usuarios pueden estar dispuestos a sacrificar la eficiencia por la flexibilidad de actualizarse más fácilmente, pero muchos preferirían elegir entre una fuente de energía adaptada a una configuración estándar y una adaptada para la máxima configuración. Los fabricantes de servidores deben considerar poner estas opciones disponibles y los usuarios necesitan educarse acerca del impacto que tiene la capacidad de la fuente de energía en el consumo de energía.

#### 4. Diseño para alta densidad

Persiste la percepción de que los entornos de alta densidad son más costosos que simplemente esparcir la carga en un espacio mayor. Los entornos de alta densidad que utilizan servidores ultradelgados y virtualizados en realidad son económicos pues reducen los costos de energía y eliminan las limitaciones de crecimiento, y con frecuencia retrasan o eliminan la necesidad de construir nuevos centros.

#### 5. Distribución de alto voltaje

Se utiliza comúnmente en Europa la distribución de energía de 415 V, pero los sistemas UPS que fácilmente soportan esta arquitectura no están disponibles fácilmente en Estados Unidos. Los fabricantes de equipos críticos de energía deben proporcionar 415 V de energía como opción en los sistemas UPS, y pueden hacer más para educar a sus clientes sobre la distribución de energía de alto voltaje.

#### 6. Medición y control integrados

Los datos que se pueden recolectar fácilmente de los sistemas de tecnología de información y los bastidores que los sostienen tienen que ser eficazmente integrados con los controles de los sistemas de soporte. Este nivel de integración permitiría a los sistemas de tecnología de información, aplicaciones y sistemas de soporte a ser administrados con más eficacia en base a las condiciones reales a nivel del equipo de tecnología de la información.

### **Conclusión**

Los gerentes y diseñadores del centro de proceso de datos, los fabricantes de equipos de tecnología de información y proveedores de infraestructura deben todos colaborar para optimizar verdaderamente la eficiencia del centro de proceso de datos.

Para los gerentes del centro de proceso de datos, hay varias medidas que pueden tomarse actualmente que pueden reducir significativamente el consumo de energía mientras liberan el espacio físico y la energía y capacidad de enfriamiento para sostener el crecimiento.

Las iniciativas de reducción de energía deben comenzar con políticas que alienten el uso de tecnologías de información eficientes, procesadores de energía específicamente baja y fuentes de energía de alta eficiencia, lo cual permitirá la introducción de tecnologías más eficientes en el centro de proceso de datos como parte del ciclo normal de reemplazo de los equipos.

El software de gestión de energía también debe ser considerado en aplicaciones donde sea apropiado a fin de proporcionar mayor ahorro que otras tecnologías, dependiendo de la utilización del centro de proceso de datos.

Los proyectos de consolidación de tecnología de información también desempeñan un papel importante en la optimización del centro de proceso de datos. Los servidores ultradelgados y la virtualización contribuyen con el ahorro de energía y sostienen un entorno de alta densidad que facilita la optimización real.

Los pasos finales en la estrategia de optimización de Energy Logic son enfocarse en los sistemas de infraestructura, el empleo de una combinación de mejores prácticas y tecnologías eficientes para aumentar la eficiencia de energía y los sistemas de enfriamiento.

En conjunto estas estrategias crearon una reducción de 52 por ciento en consumo de energía en el modelo de centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados desarrollado por Emerson Network Power mientras se eliminan las limitaciones de crecimiento.

El Apéndice B muestra exactamente el modo en que se logra este ahorro con el tiempo en la medida que se desfasen las tecnologías de legado y se genera ahorro entre los sistemas como cascada.

## Apéndice A: Supuestos de centro de proceso de datos utilizados para el modelo de consumo de energía

Para cuantificar los resultados de las opciones de mejora de eficiencia presentados en este documento, se creó un centro de proceso de datos hipotético que no ha sido optimizado para la eficiencia de energía. Luego se aplicaron las diez medidas de eficiencia presentados en este documento a este centro en forma secuencial para cuantificar los resultados.

Este centro de proceso de datos de 5.000 pies cuadrados tiene 210 bastidores con una densidad de calor promedio de 2,8 W/bastidor. Los bastidores se disponen en una configuración de pasillo caliente/pasillo frío. Los pasillos fríos tienen cuatro pies de ancho (1,21 m), y los pasillos calientes tienen tres pies de ancho (0,91) m. En base a esta configuración y parámetros operativos, se calculó el consumo de energía promedio del centro en 1127 kW. A continuación se muestran los detalles adicionales en el análisis.

### Servidores

- La antigüedad se basa en el ciclo de reemplazo promedio de servidores de 4 a 5 años.
- La energía de diseño térmico promedio es 91 W/procesador.
- Todos los servidores tienen fuentes de energía redundantes duales. Se supone que la eficiencia promedio de conversión de CC-CC es 85% y la eficiencia promedio de conversión de CA-CC es 79 por ciento para la combinación de servidores de cuatro años de antigüedad y servidores nuevos.
- El consumo de energía diurno se supone que ocurre durante 14 horas los días laborales y 4 horas los fines de semana. El consumo de energía nocturno es 80 por ciento del consumo de energía diurno.
- Véase la Figura 16 para obtener más detalles sobre la configuración del servidor y los parámetros de operación.

	Un receptáculo	Dos recep- táculos	Cuatro recep- táculos	Más de cuatro	Total
Número de servidores	157	812	84	11	1064
Consumo de energía diurno (vatios/servidor)	277	446	893	4387	–
Consumo de energía nocturno (vatios/servidor)	247	388	775	3605	–
Total consumo de energía diurno (kW)	44	362	75	47	528
Total consumo de energía nocturno (kW)	39	315	65	38	457
Promedio consumo de energía de servidor (kW)	41	337	70	42	490

Figura 16. Parámetros operativos del servidor utilizados en el modelo de Energy Logic.

### **Almacenamiento**

- Tipo de almacenamiento: Almacenamiento conectado a la red.
- La capacidad es 120 terabytes.
- El consumo de energía promedio es 49 kW.

### **Equipos de comunicaciones**

- Ruteadores, conmutadores y concentradores requeridos para interconectar los servidores, almacenamiento y puntos de acceso a través de la Red de Área Local, y proporcionar el acceso seguro a las redes públicas.
- El consumo de energía promedio es 49 kW.

### **Unidades de Distribución de Energía (PDU, por sus siglas en inglés):**

- Proporciona una salida de 208 V, trifásica a través de cables auxiliares y tomacorrientes múltiples a servidores de energía, almacenamiento, equipos de comunicaciones e iluminación. (La carga promedio es 539 kW).
- La entrada de UPS es trifásica de 480 V.
- La eficiencia de distribución de energía es 97,5 por ciento.

### **Sistema UPS**

- Dos módulos UPS de conversión doble de 750 kVA dispuestos en configuración redundante dual (1 + 1) con filtros de entrada para la corrección del factor de energía (factor de energía = 91 por ciento).
- La unidad UPS recibe una entrada de energía de 480 V para el panel de distribución y proporciona energía trifásica de 480 V a las unidades de distribución de energía en el piso del centro de proceso de datos.
- Eficiencia de la unidad UPS a la carga parcial de: 91,5 por ciento

### **Sistema de refrigeración**

- El sistema de refrigeración se basa en agua fría.
- El total de la carga de calor sensible en el sistema de enfriamiento de precisión incluye el calor generado por los equipos de tecnología de información, la unidad UPS y las unidades de distribución de energía, las pérdidas del edificio y la carga humana.
- Componentes del sistema de enfriamiento:
  - Ocho sistemas de enfriamiento de precisión basados en agua fría de 128,5 kW colocados al final de cada pasillo caliente. Se incluye una unidad redundante.
  - La fuente de agua fría es una planta enfriadora compuesta de tres enfriadores de 200 toneladas (n+1) con condensadores equivalentes para el rechazo de calor y cuatro bombas de agua fría (n+2).
  - El enfriador, bombas y acondicionadores de aire reciben energía del panel de distribución del edificio (trifásico de 480 V).
  - El consumo total de energía del sistema de enfriamiento es 429 kW.

**Subestación del edificio:**

- La subestación del edificio proporciona una energía trifásica de 480 V al UPS y al sistema de enfriamiento.
- La carga promedio en la subestación del edificio es 1.099 kW.
- La entrada de energía es una conexión trifásica de 13,5 kVA.
- El sistema está compuesto de un transformador con panel conmutador de aislamiento en la línea de entrada, panel conmutador, cortacircuitos y panel de distribución en la línea de bajo voltaje.
- La eficiencia compuesta de la subestación, transformador y panel conmutador de la entrada del edificio es 97,5 por ciento.



**Apéndice B: Periodo transcurrido para obtener los beneficios de las medidas de mejora de eficiencia**

Área de mejora de eficiencia		Ahorro (kW)	Estimación de ahorro anual acumulado				
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Políticas de tecnología de información	Procesadores de baja energía	111	6	22	45	78	111
	Fuente de energía de mayor eficiencia	124	12	43	68	99	124
	Gestión de energía del servidor	86	9	26	43	65	86
Proyectos de tecnología de información	Servidores ultradelgados	7	1	7	7	7	7
	Virtualización	86	9	65	69	86	86
Mejores prácticas	Distribución de energía de 415 VCA	20	0	0	20	20	20
	Mejores prácticas de enfriamiento	15	15	15	15	15	15
	Enfriamiento de capacidad variable	49	49	49	49	49	49
Proyectos de infraestructura	Enfriamiento suplementario de alta densidad	72	0	57	72	72	72
	Supervisión y optimización	15	0	15	15	15	15
		<b>585</b>	<b>100</b>	<b>299</b>	<b>402</b>	<b>505</b>	<b>585</b>

---

**Nota:** Energy Logic es un enfoque desarrollado por Emerson Network Power para proporcionar a las organizaciones la información que necesitan para reducir el consumo de energía del centro de proceso de datos. No está directamente vinculado a un producto o servicio de Emerson Network Power. Alentamos el uso del enfoque de Energy Logic en los debates industriales sobre la eficiencia de energía y permitirá el uso de los gráficos de Energy Logic con la siguiente atribución:

Enfoque de Energy Logic desarrollado por Emerson Network Power.

Para solicitar un gráfico, envíe un correo electrónico a [energylogic@emersonnetworkpower.com](mailto:energylogic@emersonnetworkpower.com).

Emerson Network Power  
1050 Dearborn Drive  
P.O. Box 29186  
Columbus, Ohio 43229  
800.877.9222 (Sólo Estados Unidos y Canadá)  
614.888.0246 (Fuera de Estados Unidos)  
Fax: 614.841.6022

**EmersonNetworkPower.com**  
**Liebert.com**

Aunque se han tomado todas las precauciones para asegurar la precisión e integridad de estos documentos, Liebert Corporation no supone responsabilidad, y no se hace responsable de los daños que resulten del uso de esta información o de los errores u omisiones.

Las especificaciones se sujetan a cambios sin notificación previa.

© 2008 Liebert Corporation. Todos los derechos reservados en todo el mundo.

Las marcas comerciales o las marcas comerciales registradas son propiedad de sus respectivos propietarios.

®Liebert y el emblema de Liebert son marcas comerciales registradas de Liebert Corporation.

Business-Critical Continuity (Continuidad Crítica de los Negocios), Emerson Network Power y el emblema de Emerson Network Power son marcas comerciales y marcas de servicio de Emerson Electric Co.

WP154-158-117  
SL-24621 (0408)

**Emerson Network Power.**      **EmersonNetworkPower.com**

El líder mundial en Business-Critical Continuity<sup>MR</sup> (Continuidad Crítica de los Negocios)

- |                |                         |                                      |                                     |
|----------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| ■ Energía CA   | ■ Computación integrada | ■ Planta externa                     | ■ Bastidores y gabinetes integrados |
| ■ Conectividad | ■ Energía integrada     | ■ Conmutación y controles de energía | ■ Servicios                         |
| ■ Energía CC   | ■ Supervisión           | ■ Enfriamiento de precisión          | ■ Enfriamiento de precisión         |