

La forma en que las microrredes para centros de datos aumentan la resiliencia, optimizan los costos y mejoran la sostenibilidad

White Paper 289

por Carsten Baumann

Resumen ejecutivo

A medida que los operadores de centros de datos de proveedores de servicios de colocación exploran nuevas maneras de mejorar la resiliencia de sus instalaciones contra la inestabilidad de la red, muchos enfrentan presiones financieras y ambientales continuas.

La tecnología de microrredes más reciente puede ayudar con los servicios de colocación y a los centros de datos que prestan de servicios a mejorar aún más su tiempo activo, reducir el gasto energético y minimizar la huella de carbono. Este artículo presenta la forma en que las microrredes utilizan análisis avanzados para administrar de manera inteligente los activos energéticos (grupos electrógenos, enfriamiento, calefacción y energía combinados, renovables, cargas), así como la forma de optimizar el diseño de la microrred mediante estudios de factibilidad, y la manera en que las arquitecturas modulares simplifican el diseño y la instalación, al igual que la manera en que las opciones de financiamiento, incentivos y modelos operativos pueden ayudar a reducir los riesgos y maximizar los rendimientos.

Introducción

La infraestructura de la energía resistente ha sido una de las principales prioridades desde los inicios de las capacidades computacionales. Los laboratorios de computadoras, los gabinetes de redes de datos y las salas de unidades centrales evolucionaron sus perspectivas de suministro de energía junto con la capacidad computacional.

A medida que la demanda para contar con mayor flexibilidad computacional se expandía proporcionalmente con la llegada de la era de Internet y las empresas punto-com, la arquitectura de nuestra antigua infraestructura computacional evolucionó hasta convertirse en lo que ahora denominamos centros de datos. Internet y sus respectivos proveedores de servicios en la nube permiten que los centros de datos sean uno de los recursos más importantes para la sociedad.

En la actualidad, la industria de los centros de datos en todo el mundo enfrenta varios desafíos técnicos y de negocios. De éstas, les surgen tres preocupaciones relacionadas con la energía a los operadores: resiliencia, costos y sostenibilidad.

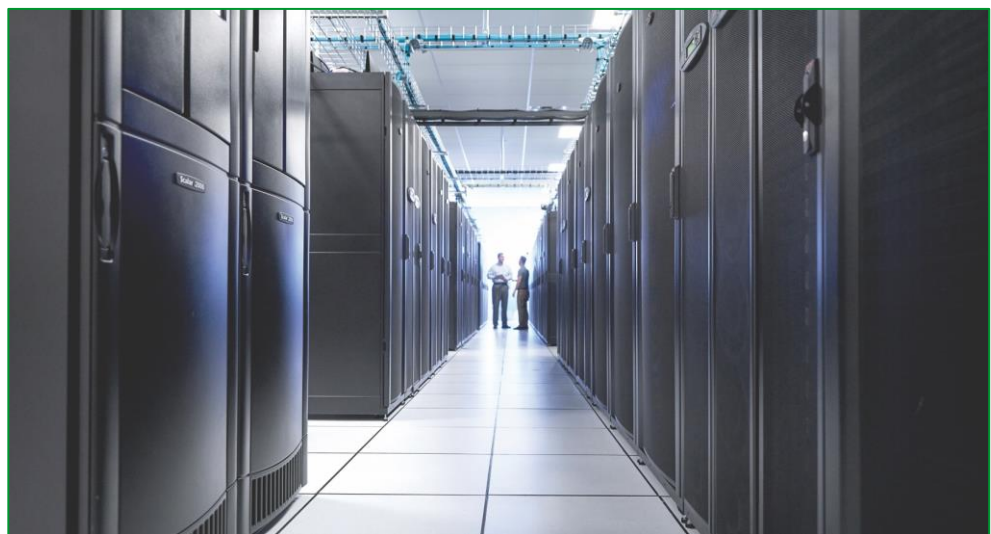
Garantizar el tiempo de funcionamiento y el cumplimiento con los SLA

A menudo, la resiliencia y la confiabilidad se usan indistintamente, pero son claramente diferentes. Por ejemplo, Microsoft explica que: "la confiabilidad es el resultado por el que los proveedores de servicios en la nube se esfuerzan; buscan el resultado. La resiliencia es la capacidad que tiene un servicio en la nube para resistir ciertos tipos de fallas y, pese a éstas, seguir funcionando desde la perspectiva del cliente".¹

La confiabilidad, es decir, la continuidad, del suministro eléctrico es fundamental para el procesamiento de datos. Desde el punto de vista de la infraestructura eléctrica, esto significa no perder energía, asegurándose de que el equipo informático crítico esté siempre operativo y en cumplimiento con todos los acuerdos de nivel de servicio. Para ayudar a garantizar esto, el Uptime Institute desarrolló un conjunto de normas sobre infraestructura a modo de guía para el diseño y medición del desempeño de las infraestructuras de energía del centro de datos.

Figura 1

Los centros de datos necesitan cumplir con los desafíos de mantener el tiempo de funcionamiento y, al mismo tiempo, controlar los costos de la energía, así como cumplir con las regulaciones ambientales.



¹ "Serie de confiabilidad #1: [Confiabilidad vs. resiliencia](#)", David Bills, Microsoft

sin embargo, la creciente demanda de energía, el deterioro de las infraestructuras de transmisión eléctrica, las tormentas violentas que son cada vez más frecuentes y otros desastres naturales o causados por el hombre están haciendo que sean más comunes los problemas de estabilidad de la red eléctrica en muchas regiones. Irónicamente, al reforzar la capacidad de generación de la red mediante con la adición de recursos de energía renovable (tales como el viento y la energía solar) también se están causando mayores variaciones de energía de la red, dado que estas fuentes son intermitentes y pueden conducir a variaciones de voltaje y frecuencia.

La estrategia tradicional de resiliencia de la energía para los centros de datos siempre ha sido contar con generadores de respaldo, predominantemente de diésel. Cuando se han producido interrupciones en la red, se han documentado muchos casos en los que los generadores de respaldo de los centros de datos no arrancaron de la manera confiable en que se esperaba. Por ejemplo, en 2017, un aumento de energía en centro de datos de British Airways reveló que, aunque contaban con un sistema de respaldo, éste "no funcionaba cuando llegaba el momento dado".² En 2019, una falla eléctrica en el centro de datos de Amazon AWS US-EAST-1 en Virginia del Norte provocó que arrancaran los generadores de respaldo, pero de inmediato éstos también presentaron fallas.³

Debido a estos factores, confiar en la red para toda la energía primaria aumenta el riesgo operativo. Incluso con la generación de respaldo tradicional alimentado con diesel y un UPS (sistema de alimentación ininterrumpida) en el lugar, existe la necesidad de contar con mayor resiliencia durante períodos prolongados y sostenidos.

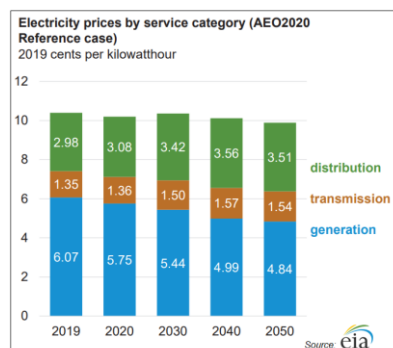
Presiones presupuestarias

Más allá de las 24 horas del día, los siete días de la semana, el costo de la energía también es fundamental para los operadores de los centros de datos. Esta situación está siendo impulsada por tres realidades:

1. Los centros de datos son grandes consumidores de energía, dado que hasta un 2% de la energía de la red eléctrica se requiere para habilitarlos.
2. Muchos proveedores de servicios de colocación están ampliando sus instalaciones y agregando más clientes y servicios en la nube.
3. Por lo general, más del 50% de los costos operativos de un centro de datos provienen del costo de la electricidad y el precio de la energía sigue aumentando. (Figura 2)

Figura 2

Se espera que los costos de la energía sigan aumentando a nivel mundial hasta el año 2050, inclusive en los EE. UU.



² Según un estudio interno de Schneider Electric, el costo de la electricidad osciló entre el 40% y el 51% según el tipo de centro de datos (es decir, empresa, coubicación e hiperescala) sin incluir la depreciación de TI.

Esta situación está poniendo bajo presión a los presupuestos de los costos operativos que de por sí son limitados, lo que obliga a los operadores a buscar maneras de reducir los costos operativos derivados de la energía.

El consumo de energía del sistema de climatización (HVAC, por sus siglas en inglés) es, en sí mismo, un factor clave en el costo de operación de un centro de datos. La eficacia de utilización de la energía (PUE, por sus siglas en inglés) solo se puede reducir al mínimo valor asociado con el rendimiento de los sistemas de enfriamiento implementados. Incluso si se utilizan las soluciones de enfriamiento más eficientes para extraer el calor de la energía computacional, al disminuir el costo de energía para operar un centro de datos, éste no puede ser menor que el costo de la suma de la energía del equipo computacional que se esté usando.

Por lo tanto, para reducir aún más el costo de la energía del centro de datos se requiere reducir el costo de la energía de la red o producir energía por debajo del costo de la energía de la red eléctrica.

Cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad

Al igual que para muchas industrias de muchas regiones, cumplir con las metas ambientales autoimpuestas o, en algunas regiones, con las reglamentaciones ambientales, es un desafío constante para los centros de datos. El consumo de electricidad y combustibles fósiles son parte de la fórmula para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La gestión del consumo y el uso de fuentes de energía más ecológicas suele ser una parte importante de ese cumplimiento de las reglamentaciones, pero los beneficios van mucho más allá del cumplimiento de los mandatos gubernamentales. Reducir la huella de carbono de un edificio al mínimo también puede ayudar a obtener la certificación de edificios ecológicos y crear una imagen 'más ecológica' entre los posibles clientes.

Además, los clientes de los centros de datos exigen cada vez más una mayor sostenibilidad de sus operaciones que se pueda convertir en ventajas competitivas. Hasta ahora, esas exigencias se han satisfecho frecuentemente mediante la adquisición de créditos de energía renovable (REC, por sus siglas en inglés) y acuerdos de compra de energía (PPA, por sus siglas en inglés).

El surgimiento de la microrred del centro de datos

Una solución completa de microrredes coordina de manera inteligente una gran variedad de activos de generación de energía distribuida en el sitio para optimizar los costos y la estabilidad de la energía, incluida la opción de 'aislarlos' de la red eléctrica para evitar su exposición a paros o interrupciones. Cuando aumenta el costo de la energía de la red eléctrica, la microrred puede aumentar el consumo de energía renovable o almacenada en el sitio. La energía almacenada también se puede vender a la red cuando resulta más económica. Y el consumo de energía renovable puede maximizarse para cumplir con los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

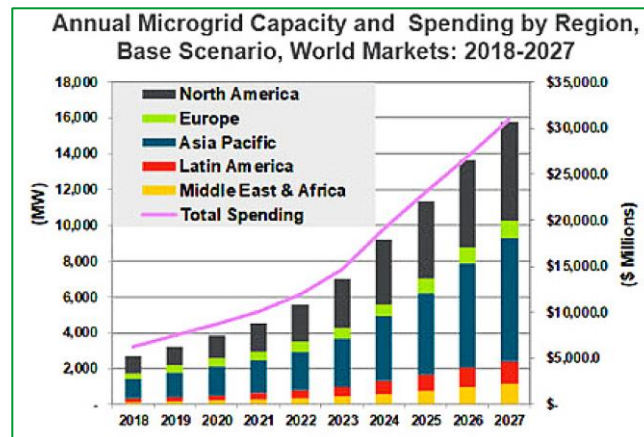
Debido a la necesidad de contar con grandes cantidades de energía continua, limpia y asequible, los centros de datos son excelentes candidatos para beneficiarse de las microrredes. Y nunca ha habido un mejor momento para dar este paso. La tecnología de microrredes ha alcanzado un alto nivel de madurez, dado que se ha adoptado en muchos tipos de aplicaciones de infraestructura e instalaciones, tales como: servicios públicos, servicios comunitarios, oficinas

gubernamentales, bases militares, grandes industrias, hospitales y campus educativos.⁴ Estos últimos suelen incluir instalaciones de investigación.

Figura 3

La tecnología de microrredes ha alcanzado la madurez, con un crecimiento sostenido esperado de más del 20% al año.

Gráfica cortesía de *Microgrid Knowledge y Guidehouse Insights*



Se prevé que la capacidad de las microrredes en todo el mundo crezca más de un 20% al año (vea la Figura 3). Impulsado por un crecimiento masivo anterior, el costo total de la instalación de microrredes se ha reducido aproximadamente de 25% a 30% desde 2014, y se espera que continúe en esa trayectoria;⁵ sin embargo, las aplicaciones de microrredes son únicas para cada organización y, por lo tanto, se debe realizar un estudio de factibilidad para determinar los beneficios organizacionales, que incluyen la inversión frente a la recuperación financiera estimada y las ganancias operacionales potenciales, incluida la mejora ante la resiliencia.

Este artículo plantea una introducción a los beneficios que pueden ofrecer las microrredes a los proveedores de servicios de colocación y centros de datos, incluidos los siguientes:

- **Arquitectura** de las microrredes inteligentes: conexión de los recursos de energía distribuida (DER, por sus siglas en inglés) al control inteligente
- **Mayor resiliencia:** mediante el uso de múltiples recursos energéticos y controles inteligentes habilitados por el internet de las cosas para garantizar el nivel de continuidad operativa y redundancia necesaria, así como el nivel de calidad de energía que necesita el equipo sensible
- **Oportunidades** de ahorro de costos: maximización del uso de energías renovables y minimización de los costos energéticos mediante análisis energéticos avanzados

El documento también describirá brevemente las consideraciones y opciones que ayudarán a garantizar que una solución de microrredes esté totalmente optimizada:

- **Realización de un estudio de factibilidad: garantizar un rendimiento adecuado de la inversión**
- **Dimensión adecuada de los recursos de energía distribuida: para lograr las metas energéticas del centro de datos**
- **Aprovechamiento de los diseños modulares y preempaquetados de las microrredes: para optimizar la instalación, operación y mantenimiento**

⁴ "¿Quién usa las microrredes y por qué?", Conocimiento de las microrredes, 2017

⁵ "¿Qué está provocando que las microrredes se conviertan en un mercado de \$30,900 millones?," Conocimiento de las microrredes

Arquitectura de microrredes inteligentes

- **Opciones de financiamiento y operación de la microrred:** optimizar la inversión y gestión de microrredes

La adopción de microrredes ha crecido en los últimos años. También se han hecho mucho más públicas, de modo que su naturaleza y propósito son cada vez más del conocimiento general. Una microrred es un sistema energético localizado que interactúa con la red de servicios, que abarca uno o más recursos de generación de energía eléctrica y los controles necesarios de gestión de la energía para suministrar electricidad segura a los consumidores. A diferencia de las grandes redes eléctricas, las microrredes localizan todos los activos energéticos, desde la generación hasta las cargas, en las proximidades, para servir a varios edificios o, inclusive, estar dentro de una sola instalación o parte de un gran centro de datos.

Por lo general, una microrred está conectada a la red eléctrica principal, lo que genera energía de la compañía cuando es económicamente ventajoso, usando una combinación de energía eléctrica y recursos energéticos en el sitio. Las microrredes también se configuran con la capacidad de desconectarse y funcionar en modo autónomo cuando sea necesario. Esto se denomina "aislamiento", ya que la microrred se convierte temporalmente en su propia isla energética, ya que opera por separado de la red principal. Este modo de inicio es común en muchas operaciones del centro de datos, aunque el mecanismo para determinar el aislamiento está impulsado exclusivamente por la calidad de la energía entrante, no por factores económicos ni de resiliencia.

Primeros pasos para contar con energía en el sitio

Todos los centros de datos de todo el mundo tienen alguna forma de sistema de energía de respaldo que suministra energía a los equipos computacionales y a la infraestructura crítica. A veces esto se denomina sistema de suministro eléctrico de emergencia (EPSS, por sus siglas en inglés). Por lo general, esto toma la forma de uno o más generadores diésel, a menudo respaldados por un UPS que suministra la calidad de la electricidad y de la energía de respaldo mientras se inician los generadores.

Para efectos de este documento, aunque los sistemas de energía de respaldo son esenciales para garantizar la continuidad del servicio, no se consideran una microrred, ya que no están diseñados para funcionar continuamente.

Transición hacia una microrred verdadera

En otras industrias, los sistemas combinados de calor y energía (CHP, por sus siglas en inglés) o de enfriamiento-calentamiento-y-energía (CCHP, por sus siglas en inglés) son recursos energéticos distribuidos cada vez más populares. Estos sistemas a menudo se configuran como microrredes, ya que incluyen un recurso energético local que suministra -al menos parcialmente- la electricidad de una instalación, así como el calor útil para los enfriadores de absorción. Los proveedores de servicios de colocación y de centros de datos pueden obtener los mismos beneficios de dichos sistemas.

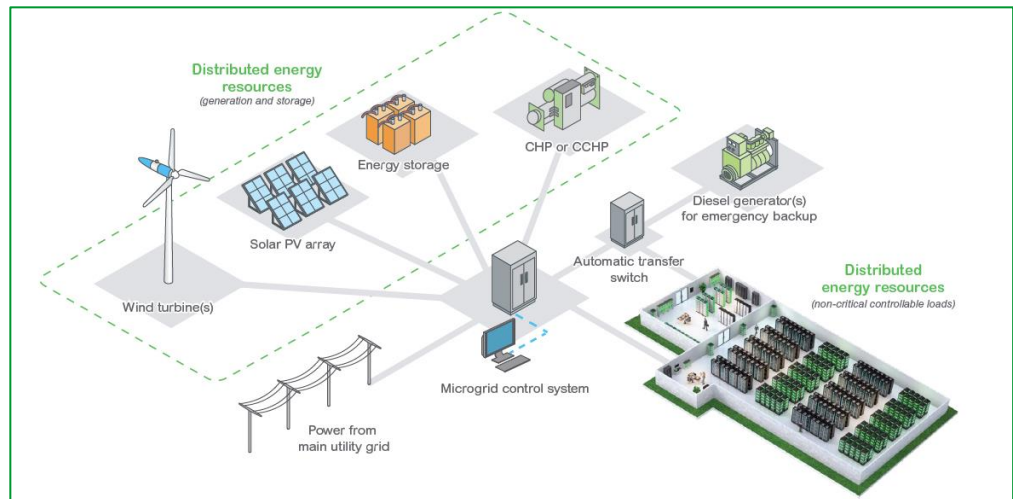
Para optimizar los costos, sostenibilidad y resiliencia, una solución de microrredes más integral puede abarcar una variedad de DER, incluyendo CHP y CCHP, renovables, celdas de combustible y almacenamiento de energía. La elección de DER dependerá de las consideraciones económicas y ambientales.

En cuanto a las operaciones, la coordinación de los recursos energéticos distribuidos la maneja un sistema de control de microrredes (véase Figura 4). En

caso de una interrupción en la red eléctrica, el sistema de control es el responsable de realizar la desconexión segura de la red y de la transición confiable al modo isla. En modo isla, el sistema administra todos los recursos energéticos distribuidos para mantener la estabilidad de la energía.

Figura 4

Una microrred moderna aprovecha una variedad de recursos energéticos distribuidos, coordinados por un sistema de control de microrredes inteligentes.



Con este nivel de conectividad y control digital, es fundamental que las redes de comunicación estén seguras en contra las amenazas cibernéticas. Una solución de microrredes debe cumplir con las mejores prácticas de ciberseguridad de extremo a extremo y ajustarse a las normas, tal como las IEC 62443-4-2 e IEC/ISA 62443-3-3 y usar componentes de ciberseguridad de proveedores confiables.⁶

Alternativas de recursos energéticos distribuidos

Como se muestra en la Figura 4, una microrred puede incluir una amplia variedad de recursos energéticos distribuidos. La elección de los recursos energéticos distribuidos dependerá de varios factores.

Generadores de respaldo

Como se mencionó anteriormente, los generadores de diésel son de uso extendido en los centros de datos para satisfacer las necesidades de respaldo. Por lo general, se necesitan para cumplir con los acuerdos de nivel de servicio al igual que los requerimientos del Sistema de Clasificación de Nivel del Uptime Institute. El diésel es una fuente de combustible confiable que se puede almacenar fácilmente en el sitio; Sin embargo, los generadores diésel presentan tres debilidades potenciales:

1. Existen límites en cuanto a la cantidad de combustible que se puede almacenar en ellos y, por lo tanto, el tiempo de autonomía total que puede esperar un centro de datos a menudo se limita a algunos días.
2. Las normas ambientales sobre emisiones restringirán el tiempo que un generador diésel puede funcionar durante el año.
3. Aunque muchos operadores de centros de datos prueban sus generadores de respaldo con frecuencia, no es una garantía del 100% que los generadores arrancarán de manera confiable en caso de que se produzca un apagón de la red eléctrica. Los ejemplos que mencionamos en la introducción deben ser una llamada de atención que nos indica que es prudente tomar medidas para mejorar la confiabilidad de los sistemas de respaldo. Para los generadores de diésel, esto implica principalmente que se debe realizar un mantenimiento

⁶ "Protéjase: Marcos de trabajo para el ciclo de vida de la ciberseguridad de extremo a extremo", Schneider Electric, 2017

frecuente, donde se incluyan pruebas periódicas a la calidad del combustible, la carga y las condiciones de la batería del arrancador.

Tecnología combinada de calor y energía (CHP) y combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP)

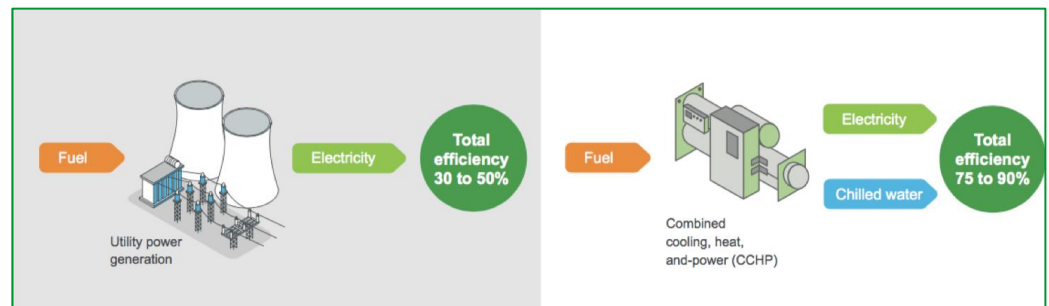
A veces denominados de *cogeneración*, estos sistemas combinan la generación eléctrica con la producción de calefacción o refrigeración. La tecnología combinada de calor y energía (CHP) ha estado disponible durante décadas y, por lo general, utiliza un motor o una turbina de combustión recíproca como motor principal, alimentado con más frecuencia por gas natural. El mayor beneficio de la tecnología combinada de calor y energía (CHP) y combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP) es la eficiencia. El sistema genera electricidad al mismo tiempo que el motor principal produce calor, el cual se captura y se pone en uso (ver la Figura 5).

Para alimentar un centro de datos, una solución más interesante y relacionada, que combine enfriamiento, calor y energía (CCHP), también conocida como trigeneración, es similar a la tecnología combinada de calor y energía (CHP), excepto por la capacidad de proporcionar enfriamiento. Usando enfriadores de absorción, el calor residual del motor principal proporciona la energía para producir agua fría, que luego se usa para enfriar.

Por lo general, un sistema de combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP) se ejecuta continuamente y se mantiene mejor que los generadores en espera, lo que significa que está listo y puede suministrar energía en caso de que se produzca un apagón. Además, de acuerdo con el Departamento de Energía de los EE. UU.: "la infraestructura de gas natural por lo general no se ve afectada por las condiciones meteorológicas adversas".⁷ Esto convierte a los sistemas de combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP) en buenos candidatos para una microrred de centros de datos. En algunos casos, dependiendo del precio de la energía y del combustible, así como de las reglamentaciones o políticas locales, el sistema de combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP) se puede adecuar para suministrar energía primaria a las instalaciones, con la utilidad funcionando como respaldo.

Figura 5

Eficiencia energética del sistema de combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP) en comparación con el suministro tradicional de electricidad y enfriamiento.



Por supuesto que se deberá considerar a cualquier emisión producida por el sistema de combinación de enfriamiento, calor y energía (CCHP). Y el sistema de microrredes necesitará equilibrar continuamente los requerimientos con los costos. Esto incluye determinar, en un momento dado, cuál es la diferencia entre el costo de la electricidad de red y el gas natural, también llamado "esparcimiento de chispas" (teniendo en cuenta que no hay carga pico de demanda para el gas natural). Asimismo, es importante comprender el equilibrio de enfriamiento con respecto a la producción de electricidad y determinar en qué punto se debe comprar

⁷"Calor y energía combinada para efectos de resiliencia," Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2016

electricidad adicional de la compañía de electricidad en comparación con venderla de vuelta a la red. Estos puntos se tratarán con más detalle en este documento.

Las energías renovables

Como señaló el Departamento de Energía de los EE. UU., poder determinar si las energías renovables tienen sentido para una instalación en particular dependerá de la disponibilidad y los costos, políticas e incentivos y de los factores del mercado local, así como los precios y regulaciones de la electricidad. Vale la pena considerar una serie de opciones renovables.

Dado que los centros de datos operan las 24 horas del día, los siete días de la semana, la generación de energía solar puede ser una buena opción, ya que el consumo se puede maximizar; sin embargo, toma alrededor de 4-5 acres de espacio generar un megavatio de electricidad solar. Para aquellos que tienen el espacio en el tejado o un terreno cercano disponible, el hecho de que los precios de la energía solar van a la baja la convierten en una buena opción. Según Energy Sage: "hace 10 años, en 2009, el costo de una instalación de paneles solares era de \$8.50 por watt... [en 2019] el precio de la energía solar ha disminuido en más de un 60 por ciento, a sólo \$3.05 por watt."⁸

La energía eólica puede ser una opción potencial; sin embargo, para usar grandes turbinas independientes se deben tomar en cuenta las preocupaciones de la comunidad local. También deben estar lo suficientemente lejos de las estructuras existentes para evitar problemas de ruido y seguridad, lo que puede dificultar la conexión al centro de datos. Las turbinas eólicas verticales más pequeñas pueden instalarse en un techo. Es fundamental que las condiciones de viento sean constantes y buenas. De manera similar a la energía solar, contar con una conexión a la red eléctrica para vender el exceso de energía puede ser una opción.

La energía de la biomasa puede ser una buena opción si hay disponibilidad de recursos, ya que puede incluir materia vegetal, residuos o desechos. Las consideraciones importantes son el costo del recurso, así como el nivel de emisiones de partículas que pueden producir algunos tipos de biomasa cuando se quema.

Celdas de combustible

De acuerdo con la Asociación de Energía de Celdas de Combustible e Hidrógeno: "las celdas de combustible pueden proporcionar energía primaria, de respaldo o calor y energía combinados (CHP)".⁹ En lugar de utilizar la combustión, las celdas de combustible generan electricidad a partir de una reacción química que combina hidrógeno y oxígeno. Los únicos subproductos de las celdas de combustible son el agua y calor.

El hidrógeno para las celdas de combustible se produce comúnmente a partir de gas natural o biogás (metano) utilizando un proceso denominado reforma de gas natural.¹⁰ Sin embargo, el hidrógeno también puede ser producido a partir de agua mediante un proceso denominado electrólisis que puede ser alimentado por una fuente de energía renovable, como la solar o la eólica. En este caso, el combustible de hidrógeno resultante puede considerarse un recurso renovable. Las celdas de combustible son consideradas por las políticas y las leyes como recursos renovables (incluso con la reforma del gas natural) en cinco estados de los Estados

⁸ ["¿Cómo han cambiado el costo y la eficiencia de los paneles solares con el tiempo?", Energy Sage, 2019](#)

⁹ "Celdas de combustible y aplicaciones en hospitales", FCHEA

¹⁰ "Producción de hidrógeno: [reforma del gas natural](#)", [Energy.gov](#)

Unidos: Connecticut, Nueva York, Ohio, Indiana y Oklahoma. A menudo, están exentos de permiso de aire debido a sus emisiones ultra bajas.

Las celdas de combustible tienen un tamaño mucho menor y pesan menos que las alternativas de la competencia. Dependiendo del financiamiento, los incentivos y los costos del combustible, estos sistemas también pueden ofrecer ahorros energéticos significativos. Por estas razones, muchos centros de datos han adoptado celdas de combustible para suministrar electricidad a sus instalaciones.

Almacenamiento de energía

Contar con la capacidad de almacenar energía en el sitio ofrece una amplia gama de beneficios para los centros de datos. Primero, como parte de un UPS, el almacenamiento de energía puede ayudar a respaldar la resiliencia contra una interrupción de la red eléctrica de servicios, en coordinación con los generadores de backup, sistemas combinados de enfriamiento, calor y energía y renovables. En segundo lugar, puede maximizar el valor de la generación de energía renovable al ahorrar la energía excedente para su usarla cuando los generadores solares o eólicos no producen electricidad. Finalmente, la energía almacenada, tanto dentro del sistema UPS como de los sistemas dedicados al almacenamiento de energía de batería (BESS, por sus siglas en inglés), se puede enviar para administrar la demanda máxima, lo que ayuda a reducir la cantidad de energía consumida por la red eléctrica durante períodos de alto costo energético. Aunque el almacenamiento de energía requiere de mucho capital, es una buena opción para enfrentar los picos de carga, mientras que otros recursos energéticos distribuidos (tales como los sistemas combinados de enfriamiento, calor y energía o las celdas de combustible) son más adecuados para soportar la carga base.

Mejora de la resiliencia

Un sistema de microrredes se puede considerar como una arquitectura de tres niveles (ver la Figura 6). El primer nivel incluye a todos los productos inteligentes (habilitados para el internet de las cosas), conectados, así como a los dispositivos de monitoreo y control, activos de energía distribuida, etc. El nivel medio es donde se lleva a cabo el 'control de borde' local en tiempo real. Esta es la combinación del controlador de la microrred y el software asociado que supervisa a todos los activos, toma decisiones críticas e implementa acciones con costos optimizados para controlar a los activos de generación y consumo para mejorar la resiliencia y maximizar el uso de las energías renovables.

El nivel superior incluye a las aplicaciones, análisis y servicios de soporte que mejoran la solución de microrredes. Los análisis avanzados de energía, que con frecuencia están alojados en la nube, ayudan a optimizar el cuándo y la forma de producir, consumir y almacenar energía para minimizar costos y maximizar la sostenibilidad. Esto se detalla más adelante en este documento.

A nivel del control, el sistema de microrredes supervisa todos los recursos energéticos distribuidos y utiliza algoritmos inteligentes y compatibles con la inteligencia artificial (IA) para tomar las medidas adecuadas según se requiera:

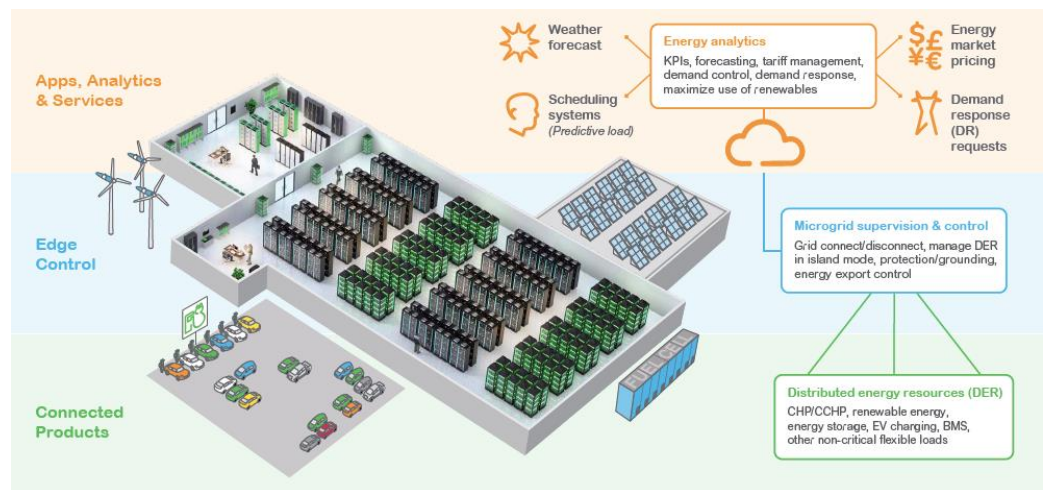
- **Administrar la conexión de red:** El sistema deberá poder desconectarse de la red, soportar cargas críticas y volver a conectarse después de un evento.
- **Administración de los recursos energéticos distribuidos durante el modo de isla:** El sistema deberá garantizar que la cantidad de producción de la energía se equilibre con el consumo.
- **Garantizar la seguridad de la microrred:** El sistema de microrredes deberá administrar la protección de la red eléctrica en toda la instalación, en modo de red e isla, para cada combinación de recursos energéticos distribuidos. Esto se hace para asegurar que se mantenga la coordinación del disyuntor y, a su

vez, se minimice el impacto en caso de que se presente una falla eléctrica en cualquier parte de la instalación.

- **Administración de los recursos energéticos distribuidos en modo conectado a la red eléctrica:** El controlador deberá programarse para maximizar el uso de las energías renovables cuando sea posible. La previsión meteorológica deberá considerarse automáticamente para predecir de forma adecuada la producción futura de energía de los recursos renovables, en particular la energía eólica y solar. La energía excedente deberá reservarse en un sistema de almacenamiento de energía, o venderse de vuelta a la red eléctrica o ambos. El sistema de microrredes deberá gestionar el nivel de exportación de la energía autorizada a la red eléctrica. Esto puede ser una reacción a una señal de los servicios como respuesta a la demanda, una señal de terceros o un umbral predefinido.

Figura 6

Los tres niveles funcionales de una arquitectura de microrredes funcionan en estrecha coordinación para maximizar la resiliencia, el ahorro de costos y el uso de



El sistema de microrredes requiere una velocidad y rendimiento excepcionales. La respuesta rápida de conmutación ayuda a garantizar la estabilidad de la energía de la instalación mediante el equilibrio de la demanda de carga con la generación disponible de activos de los recursos energéticos distribuidos.

Implementar una redundancia en el sistema de control de microrredes puede facilitar aún más que el funcionamiento sea confiable bajo cualquier circunstancia. Además, un sistema de microrredes deberá proporcionar opciones para el control automático en comparación con el manual, en caso de que sea necesario anular los algoritmos de control del sistema en circunstancias especiales.

De manera similar a la mayoría de las infraestructuras energéticas de los centros de datos existentes, en caso de que se presente una interrupción en la red principal - posiblemente debido a daños por tormentas o a un problema de sobrecarga de la red- la microrred se aislará automáticamente de la red eléctrica para proteger la calidad de la energía en la instalación y atender continuamente a todas las cargas críticas. Si aún no está activa, los activos de generación deberán contar con la capacidad de comenzar de inmediato, de forma independiente a la red eléctrica y funcionar sin necesidad de contar con una señal de red eléctrica. Y, por supuesto que deberá haber una capacidad suficiente de generación para soportar todas las cargas críticas.

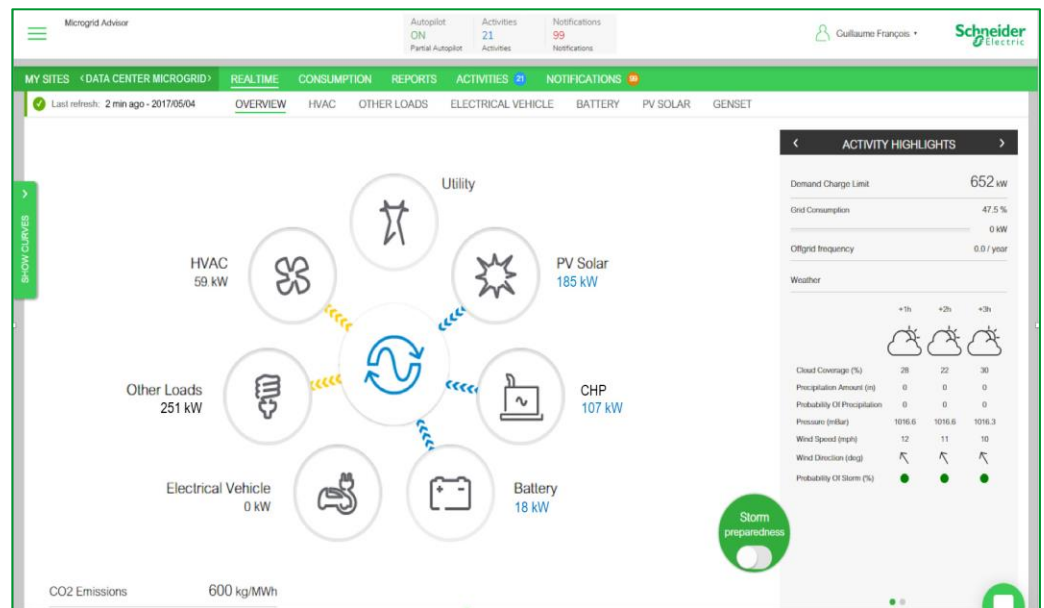
Las soluciones de microrredes más avanzadas también proporcionan capacidades de protección proactiva. Como respuesta a los datos y alertas meteorológicas, un sistema de microrredes puede "predecir" a efecto de afrontar las condiciones y prepararse para aislarse de la red eléctrica antes de que llegue una gran tormenta y

dar suficiente tiempo al personal de las instalaciones para que tome las respectivas medidas preventivas.

La desconexión de la red no necesariamente debe ser una respuesta a una interrupción completa de la red eléctrica. Si hay inestabilidad en la red principal, el aislamiento puede ayudar a proteger a los equipos sensibles contra los efectos perjudiciales de una energía de mala calidad. Por ejemplo, una tormenta de rayosa nivel local puede causar variaciones de tensión masivos que pueden pasar como interrupciones a lo largo de la red de distribución de energía de las instalaciones.

Figura 7

El sistema de control de microrredes toma las acciones apropiadas para desconectar el centro de datos de la red eléctrica, luego, administra los recursos energéticos distribuidos para balancear la generación contra la demanda y garantizar una operación segura.



Dependiendo del nivel de capacidad actual, una microrred de un centro de datos puede responder a un problema relacionado con el suministro de servicios, según corresponda. Con niveles cada vez mayores de recursos energéticos distribuidos, es posible alcanzar un nivel de resiliencia mayor. Por ejemplo:

- **Sin microrred; solo energía de respaldo:** Si la instalación cuenta con generadores de respaldo y existe un UPS, la energía no se interrumpe, ya que el UPS suministra energía de carga crítica hasta que los generadores vuelvan a estar en línea. El sistema de respaldo se utiliza a través de interruptores de transferencia automática (ATS) para alimentar a los circuitos críticos. Si los generadores no arrancan, o no logran seguir en funcionamiento, se perderá la energía de toda la instalación. Además, debido a la necesidad de combustible diésel, los generadores genset tienen una capacidad de duración limitada.
- **Microrred con renovables - sin sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía:** El sistema de microrredes no entra en conflicto con los generadores de respaldo de emergencia, los cuales aún estarán involucrados como primera línea de defensa contra cualquier falla de la red principal. Las energías renovables pueden utilizarse para complementar los generadores de respaldo de emergencia a fin de conservar el consumo de combustible. Además, si la generación de respaldo opera de manera confiable para alimentar a los circuitos críticos, la microrred puede usar los recursos energéticos distribuidos para alimentar a otros circuitos en el centro de datos a fin de mantener algunos servicios en funcionamiento durante la interrupción de la red eléctrica. Esto puede ser extremadamente importante en caso de un desastre natural a gran escala.

- **Microrred con sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía:** Los sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía estarán funcionando de forma continua y satisfaciendo las necesidades eléctricas parciales del centro de datos. Por lo general, los sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía se dimensionan a efecto de satisfacer la demanda. La demanda de electricidad puede aumentarse en la red eléctrica y si los sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía tienen el tamaño suficiente para abastecer a toda la instalación, no será necesario involucrar a los generadores de respaldo en caso de interrupciones en la red eléctrica.
- **Microrred con sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía, más renovables:** Con recursos energéticos distribuidos adicionales, la microrred puede alcanzar una autonomía casi ilimitada, dependiendo del suministro de combustible para los sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía. Los recursos renovables adicionales -tales como el almacenamiento solar, eólico y de energía- se pueden usar para aumentar el suministro de energía eléctrica de los sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía para atender las cargas en toda la instalación.

Oportunidades de ahorro de costos y sostenibilidad

Además de ayudar a un centro de datos a mejorar su resiliencia contra la posibilidad de un apagón de la red o inestabilidad de la energía, las microrredes pueden ayudar a optimizar los costos energéticos y maximizar el uso de la energía renovable. Hace diez años, la resiliencia era la única razón por la que se compraba una microrred, ya que la autogeneración energética era puramente prohibitiva en términos de costos: nunca era más barata que una red eléctrica. Hoy en día, con fotovoltaicos (PV), y sistemas combinados de calor y energía/enfriamiento, calor y energía con gas natural, en muchos estados [dentro de los Estados Unidos] se puede generar energía más barata de lo que resulta comprarla.

Incluso en regiones donde la energía proveniente de la red eléctrica no siempre es más costosa, las microrredes ofrecen muchas oportunidades para lograr ahorros. Esto se debe a la forma en que las microrredes habilitan un nuevo modelo dinámico entre una compañía eléctrica y sus clientes. En otras palabras, se genera una interdependencia de servicios con un costo optimizado. IEEE señaló que las microrredes que no son de servicios provocan que un sistema de energía centralizado unidireccional pase a un sistema bidireccional con nuevas variables de suministro y carga en el perímetro de la red.¹¹

Análisis avanzado de energía

Las variables de suministro a las que hace referencia IEEE son los recursos de energía distribuida de la microrred. Con herramientas y métodos sofisticados, la flexibilidad energética y el valor funcional de los recursos energéticos distribuidos se pueden monetizar en su totalidad.

Para obtener el mejor ROI (rendimiento sobre la inversión), las soluciones de microrredes más avanzadas proporcionan inteligencia analítica que integra a los datos externos:

- Predicción climática
- Disponibilidad de la energía solar y eólica
- Precios en el mercado de la energía, incluidos los precios de la electricidad de la red eléctrica y de otras fuentes de combustible como gas natural, hidrógeno y diésel

El nivel de análisis rastrea y visualiza todos los indicadores clave del desempeño mencionados con anterioridad. Uso de modelado avanzado con inteligencia artificial; la aplicación predice la demanda de las instalaciones con base en los pronósticos del tiempo y el uso histórico de la energía. Luego determina los mejores tiempos y medios para generar, usar, almacenar o vender energía (ver la Figura 8). Algunos ejemplos de hipótesis pueden incluir:

- Evitar multas por reclamaciones
- Gestión de tarifas
- Participar en el programa de respuesta a la demanda (DR)
- Optimizar el autoconsumo de las energías renovables

Cuanta más flexibilidad tenga su microrred en términos de generación in situ, almacenamiento de energía y cargas controlables, más oportunidades de optimización puede aprovechar el centro de datos. Además, entre mayor sea la

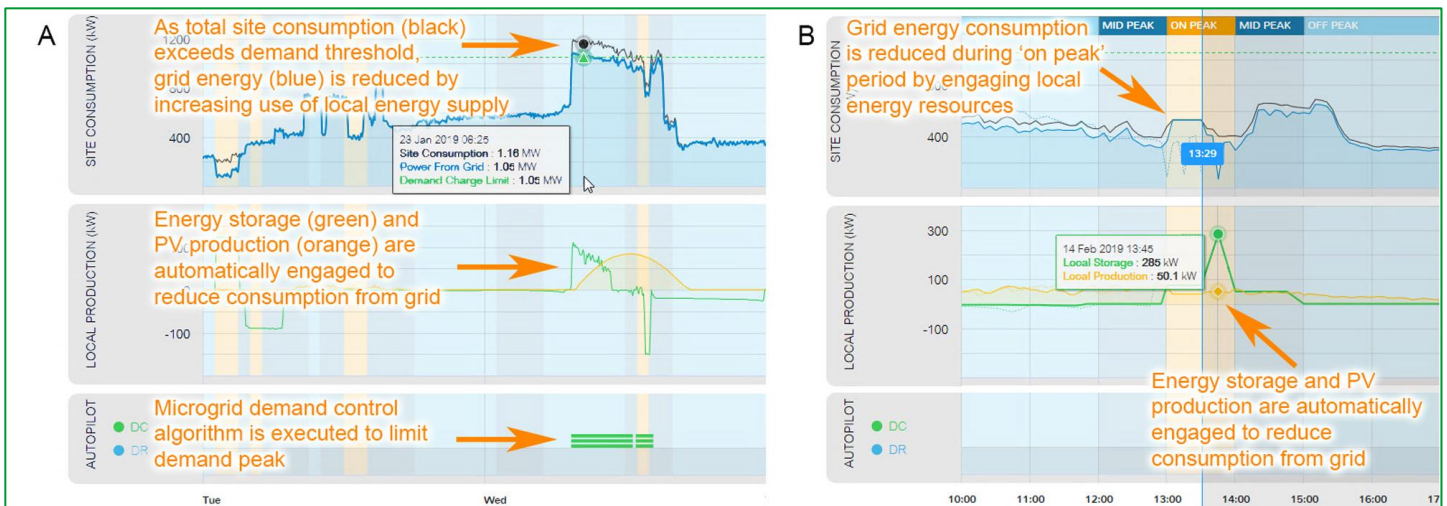
¹¹ ["Servicios y otros problemas relacionados con las microrredes: caso empresarial de una central eléctrica, ...", IEEE, 2014](#)

variedad de los recursos energéticos distribuidos, mayor será la resiliencia contra un solo modo de interrupción.

El sistema de microrredes es una forma inteligente y transparente de gestionar los recursos energéticos distribuidos del centro de datos, así como una forma simple y automatizada de participar en programas de redes inteligentes como *prosumidor* de energía. Un prosumidor es una operación que puede producir y consumir energía *de manera proactiva*. La plataforma de la microrred considera a las necesidades energéticas, ambientales y económicas del centro de datos, y luego propone automáticamente la regulación óptima entre las diferentes oportunidades.

Figura 8

La microrred realiza el control de la demanda (A) y la gestión de tarifas (B) de manera automática activando los recursos energéticos distribuidos según sea necesario. El almacenamiento de energía se recarga en los momentos óptimos, a partir de las energías renovables o de la red eléctrica.



Grupos de microrredes: a mayor demanda, mayor aprovechamiento

En algunas regiones del mundo, los operadores de redes eléctricas utilizan "agregadores" comerciales para ayudar a combinar eficazmente a los clientes que consumen energía en bloques más grandes de demanda denominados "centrales de energía virtual" (VPP, por sus siglas en inglés).

A medida que más proveedores de servicios de colocación y centros de datos comienzan a implementar los recursos energéticos distribuidos en el sitio, la combinación con otros propietarios de los recursos energéticos distribuidos crea *grupos* de microrredes. Éstos brindan una economía de escala potencial que puede ofrecer más oportunidades para monetizar la flexibilidad de la energía trabajando con agregadores de red y operadores.

Diseño de una microrred óptima para centros de datos

Una nueva era en el diseño de microrredes

Las microrredes han existido por décadas, aunque es posible que no las llamemos microrredes. Las limitaciones de los diseños e implementaciones de microrredes pasadas se debieron a los esquemas de control complejos y estáticos de los múltiples recursos energéticos distribuidos. A todos les falta el modelado dinámico que ahora con el que ahora es posible contar gracias a los dispositivos habilitados para el internet de las cosas, los potentes análisis y la reducción de costos.

Acuerdos de cero neto

El cero neto no significa que no se importará energía desde la red eléctrica. Más bien, como el cálculo de balance se hace por lo general de forma anual, se puede llegar a un cero neto exportando a tales niveles que excedan el consumo durante los períodos de producción fotovoltaica pico de (es decir, durante los meses de verano) para compensar los períodos de producción baja o nula (es decir, en los meses de invierno) cuando se consume la energía de la red eléctrica. El tamaño de la producción y el almacenamiento de la energía renovable se deberá ajustar de la mejor manera a efecto de cumplir con el acuerdo de cero neto.

Debido a la necesidad de cumplir los objetivos operativos y financieros, junto con la selección de una de las arquitecturas de sistemas posibles, los diseños de las microrredes siguen siendo complejos. Afortunadamente, están surgiendo herramientas de diseño que utilizan algoritmos de modelado avanzados para ayudarnos en el análisis de viabilidad de las múltiples opciones de diseño que existen.

Una herramienta de diseño de sistemas de microrredes crea un modelo de microrredes tomando en cuenta las limitaciones de los equipos, costos, funcionalidad y ejecución de los proyectos existentes. Para desarrollar el modelo más completo y preciso, también se deben incluir:

- Las limitaciones físicas del sitio y pronósticos meteorológicos locales
- Los perfiles de carga y utilización de la energía de base
- Las estructuras tarifarias de electricidad y recargos por demanda
- El acceso a diferentes combustibles y sus costos (por ejemplo, gas natural, diésel)
- El costo de la generación eléctrica y activos de almacenamiento de la información
- Los costos de operación y mantenimiento
- Cómo planea la planta usar su energía: desde dónde comprar, cómo generar, almacenar, vender y participar en mercados de servicios auxiliares
- Los límites de exportación de la energía o acuerdos de cero netos (ver barra lateral)
- Los planes de expansión futuros

A través de algoritmos de control avanzados y un análisis simultáneo de los múltiples tipos de recursos energéticos distribuidos, una herramienta de diseño necesita garantizar que se satisfaga la demanda eléctrica y térmica de la instalación a lo largo del año. Esto también ayuda a optimizar el tamaño, tipo y combinación de los recursos energéticos distribuidos para cumplir con los requisitos de resiliencia y lograr el más alto rendimiento financiero y, a su vez, el menor período de recuperación de la inversión.

Al planificar un proyecto de microrred, es ventajoso que la herramienta de diseño aplique los mismos algoritmos utilizados en los sistemas de control de microrredes finales. La compatibilidad entre el modelo y el sistema operativo instalado ayuda a garantizar el rendimiento óptimo de la microrred.

Además, el modelo de diseño puede utilizarse en la fase de operación a modo de 'gemelo digital' para comparar los datos reales y simulados a fin de validar el rendimiento, comprobar la adaptación potencial de las soluciones de control a la evolución del sitio y respaldar los estudios de situaciones hipotéticas (por ejemplo, la optimización de tarifas).

Arquitecturas de microrredes modulares

Debido a la madurez del mercado de las microrredes, los avances en el conocimiento y la tecnología se ha producido una nueva generación de soluciones de microrredes basadas en los componentes de los sistemas estandarizados y preempaquetados. Estos módulos, junto con las arquitecturas predefinidas, permiten configurar sistemas de microrredes a la medida. Esto ayuda a reducir el tiempo de entrega de las microrredes y los costos al mínimo, a la vez que maximiza el rendimiento sobre la inversión (ROI), gracias a un diseño, instalación, soporte y mantenimiento simplificados. Los diseños también son más confiables gracias a las

arquitecturas comprobadas y validadas, ya que son más fáciles de adaptar con el paso del tiempo.

Centros de control prediseñados

Los centros de control de microrredes prediseñados permiten realizar una instalación preliminar de los componentes seleccionados durante la fabricación para luego ofrecer una solución lista para su uso. Los diseños más nuevos incluyen:

- Controladores de microrredes y gestión de la energía que supervisan la distribución y el control del flujo de la energía eléctrica entre la red eléctrica, los recursos energéticos distribuidos y todas las cargas críticas y flexibles.
- Protección y monitoreo, tales como relés de protección, disyuntores, medición inteligente de energía con capacidad de monitoreo de la calidad de la energía e interfaz de pantalla táctil en el panel frontal.
- Escalabilidad y adaptabilidad, para cumplir con los requisitos de los sitios pequeños o grandes, y para permitir la expansión futura y la rápida integración de los recursos energéticos distribuidos adicionales.

Algoritmos de control predefinidos

Además de los diseños de tableros modulares, el software de gestión de microrredes prefabricado incluye algoritmos prediseñados impulsados por inteligencia artificial para soportar todas las aplicaciones importantes de control y toma de decisiones, entre ellas: gestión de la conexión a la red eléctrica, gestión de los recursos energéticos distribuidos en modo de red eléctrica e isla, y garantizar la seguridad. También incluye una variedad de decisiones y acciones para reducir los costos al mínimo y maximizar la sustentabilidad, entre ellas: evitar multas por la demanda, gestión de tarifas, participación como respuesta a la demanda y optimización del autoconsumo de las energías renovables. La secuencia de operaciones (SOO) tradicional en los diseños de centros de datos se reemplaza ahora por estos algoritmos nuevos y más sofisticados.

Microrredes asequibles

Guidehouse Insights anticipa que: "el sector energético en constante evolución y los factores de los clientes incrementarán la demanda de contar con opciones innovadoras de financiamiento los recursos energéticos distribuidos" y que "los usuarios de energía de I+D buscarán cada vez más soluciones energéticas que sean rentables, personalizadas e integrales [que] garanticen la reducción del consumo energético y ahorros sin producir gastos de capital ni afectar sus operaciones diarias para satisfacer las necesidades de sostenibilidad y eficiencia operativa".¹²

Con base en los numerosos beneficios descritos en este documento, para tomar la decisión de avanzar con la implementación de una microrred en el centro de datos se deberán incluir una gran variedad de consideraciones financieras.

Por ejemplo, el equipo de gestión deberá evaluar el estado actual de su infraestructura energética. ¿Los enfriadores están por llegar al final de su vida útil y necesitan ser reemplazados? En caso afirmativo, este puede ser el momento perfecto para reemplazar la microrred basada en un sistema combinado de enfriamiento, calor y energía. Y, como se mencionó en la sección anterior, la estructura local de tarifas y penalizaciones por la demanda, junto con los precios

¹² ["Marcador: la energía como proveedores de soluciones de servicios", Guidehouse Insights, primer trimestre de 2019](#)

locales del gas natural, influirán en si son lógicos los recursos energéticos en el sitio tienen desde el punto de vista económico.

Si los factores apuntan positivamente hacia una solución de microrredes, el último paso será determinar la mejor manera de financiar y operar la nueva infraestructura. Parte de las preguntas sobre financiación incluirán la investigación de todos los incentivos gubernamentales que haya disponibles.

Opciones de financiación de las microrredes

En la actualidad existen dos tipos principales de modelos de financiación y funcionamiento para las microrredes:

1. Propiedad del cliente

Algunas organizaciones prefieren poseer sus microrredes de forma directa ya sea usando efectivo o préstamos. En esta situación, el operador conserva el control total del sistema y se beneficia de las ganancias financieras. En este modelo, la microrred es un gasto de capital; sin embargo, todo el riesgo financiero, técnico y operativo recae en el administrador del centro de datos.

2. Energía como servicio (EaaS)

Este modelo ofrece una estructura de propiedad flexible, que es esencialmente un modelo de acuerdo de compra de energía que puede aprovechar una estructura de financiamiento de capital y deuda. Las partes involucradas podrían incluir a un proveedor, un financiador y, a veces, al servicio. Un acuerdo EaaS puede incorporar una gama de conceptos e innovaciones financieros y de contratación,¹³ entre ellos:

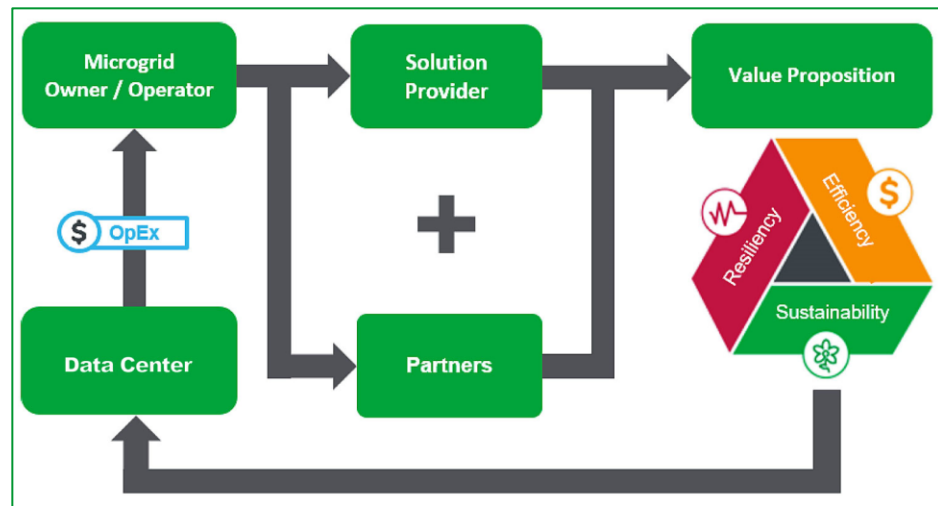
- Arrendamientos/préstamos de equipos
- Acuerdos de compra de energía
- Acuerdos de ahorro de eficiencia
- Contratos de rendimiento para ahorro de energía
- Acuerdos de ahorros compartidos
- Acuerdos de concesión de activos energéticos

El operador del centro de datos pagará una tarifa mensual por los gastos operacionales al propietario externo de la microrred. Este modelo elimina la inversión de capital del propietario del centro de datos y reduce el riesgo financiero. El riesgo operativo puede estructurarse de manera flexible para garantizar la continuidad operativa dentro del nivel de comodidad para la administración de cada instalación. También permite que las instalaciones se beneficien de la experiencia de los desarrolladores que se especializan en diseño y modelado de sistemas de energía.

¹³ ["La guía para los encargados de tomar decisiones financieras sobre las microrredes de energía como servicio, Microgrid Knowledge, 2018"](#)

Figura 9

Cadena de valor típica proporcionada por un modelo de financiamiento y operación de la energía como servicio.



Incentivos para las microrredes, renovables y almacenamiento de energía

Dependiendo de la región del mundo en la que opere el centro de datos, puede haber una variedad de políticas e incentivos gubernamentales nacionales y locales que promuevan la inversión en generación solar y microrredes. Algunos ejemplos son los siguientes:

- **Créditos** fiscales. Estos pueden cubrir una parte significativa de los costos de la instalación de la energía solar y de las microrredes.
- **Normas** de cartera renovable. Es más probable que las regiones con compromisos de ese tipo apoyen las políticas y los incentivos solares.
- **Medición neta**. Estas políticas permiten que el centro de datos reciba el pago por la energía solar que produce, a veces, compensando el costo de instalación en cuestión de años.
- **Políticas** de interconexión. Algunas regiones pueden eximir a un centro de datos de las tarifas de estudio de interconexión que son parte del desarrollo de una microrred.
- **Programas** de subvenciones. Éstos pueden proporcionar financiamiento parcial para microrredes, energía solar y otras tecnologías de generación y almacenamiento de información.

Conclusión

Para proveedores de servicios de colocación y centros de datos, las microrredes brindan valor todos los días, no solo cuando se corta la energía. Las microrredes van más allá de los sistemas de respaldo de energía basados en diesel al permitir el uso de sistemas combinados de enfriamiento, calor y energía, renovables, celdas de combustible y almacenamiento de energía. Ayudan a aumentar la resiliencia contra las interrupciones en la red eléctrica, reducir los costos operativos relacionados con la energía y garantizar la sustentabilidad, con capacidades de análisis de energía avanzadas. De acuerdo con toda la legislación nacional y local aplicable, una microrred ayuda a optimizar y equilibrar el uso de la red eléctrica con los recursos de energía en el sitio.

En última instancia, la microrred aumenta la confianza del operador del centro de datos en el tiempo de actividad, lo que garantiza que se satisfagan las necesidades de continuidad informática de los ocupantes. Este es el momento ideal para que los administradores de infraestructuras de centros de datos adopten una solución de microrredes. La tecnología es madura, lo que hace que las soluciones sean más accesibles y fáciles de implementar que nunca. Para garantizar una solución optimizada, recurra a

un experto de confianza que pueda ofrecerle las herramientas de planificación de microrredes y arquitecturas modulares más recientes, junto con las opciones de EaaS para reducir los riesgos financieros mientras maximiza el rendimiento de su inversión.

Recursos

Microrredes para centros de datos

["Centros de datos y microrredes avanzadas: cumplimiento de los objetivos de resiliencia, eficiencia y sostenibilidad a través de una infraestructura energética inteligente y más limpia"](#), Guidehouse Insights, cuarto trimestre de 2017

Microrred de los recursos de energía distribuida (**)

["La evolución de los recursos energéticos distribuidos"](#), Microgrid Knowledge, 2018

["Potencial técnico de calor y energía combinados \(CHP\) en los Estados Unidos"](#), Departamento de Energía de los EE. UU., 2016

["La forma en que el costo y la eficiencia de los paneles solares ha cambiado con el tiempo"](#), Energy Sage, 2019

Financiación y funcionamiento de la microrred

[Marcador:La energía como proveedores de soluciones de servicios"](#), Guidehouse Insights, primer trimestre de 2019

["Guía para los encargados de tomar decisiones financieras sobre las microrredes de energía como servicio"](#), Microgrid Knowledge, 2018

Ciberseguridad

["Asegurarse:mediante un entorno integral aplicable al ciclo de vida de la ciberseguridad"](#), Schneider Electric



Acerca de los autores

Carsten Baumann (Ingeniero Eléctrico)

Carsten es el Director y Arquitecto de Soluciones de Schneider Electric. Carsten ayuda a los clientes de los centros de datos a evaluar las oportunidades de las microrredes. Ha desarrollado y enseñado muchas clases sobre una amplia gama de temas técnicos en los campos de los centros de datos, TI, telecomunicaciones, procesamiento de señales y compresión de datos. Sus artículos técnicos han sido publicados en revistas revisadas por colegas y él habla frecuentemente sobre instalaciones nacionales e internacionales.